



**PRATICHE AGROECOLOGICHE  
NELL'ALLEVAMENTO DEL BOVINO**

# **ALLEVAMENTO E CAMBIAMENTI CLIMATICI**

Il presente volume è parte della collana manualistica "Pratiche agroecologiche nell'allevamento del bovino" articolata in 6 uscite tematiche.

Questi i titoli dei sei volumi:

1. Agroecologia e salute animale
2. Allevamento e cambiamenti climatici
3. Pascoli, parassitosi e agroforestazione
4. Foraggiere temporanee e permanenti
5. Alimentazione foraggera e agroecologia
6. Progettazione dell'allevamento in agroecologia

Un video viene emesso contemporaneamente alla diffusione dell'edizione a stampa di ciascun volume ed è disponibile nella playlist dedicata sul canale YouTube di Veneto Agricoltura cliccando sul QRcode a lato.  
(Produzione video Massimo Artusi, IPStream)



#### **Coordinamento scientifico e ideazione**

Francesca Pisseri, medica veterinaria agroecologa, Associazione Italiana di Agroecologia, gruppo Agroecovet

#### **Coordinamento editoriale**

Stefano Barbieri, Veneto Agricoltura

#### **Impaginazione grafica**

Danilo Calderaro, JDW

#### **Correzione bozze**

Simona Baratti, dottoressa in lettere moderne

#### **Stampa**

Grafiche Venete

#### **Attribuzione capitoli e paragrafi**

Introduzione alla collana - F. Pisseri

#### **Cap. 1**

par. 1.1, 1.2, 1.3 G. Robbiati, A. Maienza, S. Baronti

par. 1.4 G. Robbiati, E. Marabotto

par. 1.5 E. Ferrari

par. 1.6 M. Rambaldi

par. 1.7 F. Pisseri, E. Marabotto

par. 1.8 S. Baronti, A. Maienza

par. 1.9 L. Conte

par. 1.10 S. Baronti, A. Maienza, G. Robbiati, F. Pisseri

#### **Cap. 2**

par. 2.1 e 2.2 G. Robbiati

par. 2.3 F. Pisseri, A. Mazzone, G. Robbiati

par. 2.4 F. Pisseri, A. Mazzone, G. Robbiati

par. 2.4.1 A. Panozzo, S. Piotto, F. Pisseri; par. 2.4.2 – F. Pisseri, E. Marabotto

par. 2.5 G. Robbiati

par. 2.6 L. Conte

Tablelle G. Robbiati, E. Marabotto

#### **Cap. 3**

par. 3.1 F. Pisseri

par. 3.2 e 3.3 P. Bàrberi

par. 3.4 E. Marabotto

par. 3.5 A. Maienza

#### **Edito da Veneto Agricoltura**

Viale dell'Università 14 - Legnaro, PD - Tel. 049 8293711 - info@venetoagricoltura.org

Aprile 2024



**CC BY-NC-SA 4.0 CODICE LEGALE**

Attribuzione - Non commerciale - Condividi allo stesso modo 4.0 Internazionale

La licenza d'uso delle presente pubblicazione è condizionata dalla licenza d'uso Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 (CC BY-NC-SA), che consente di copiare, modificare e sviluppare il lavoro con qualsiasi mezzo e formato, purché si citi il nome degli autori e si indichi se sono state apportate modifiche ai contenuti. Il lavoro può essere utilizzato solo per scopi non commerciali, e purché si concedano in licenza le nuove creazioni secondo termini identici. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/legalcode.it>

PRATICHE AGROECOLOGICHE  
NELL'ALLEVAMENTO DEL BOVINO

# ALLEVAMENTO E CAMBIAMENTI CLIMATICI



FEADER



Regione del Veneto



VENETO  AGRICOLTURA 

FONDO EUROPEO AGRICOLO PER LO SVILUPPO RURALE. L'EUROPA INVESTE NELLE ZONE RURALI

**Come citare questo volume** Pisseri F., a cura di, 2023. "Allevamento e cambiamenti climatici". Ed. Veneto Agricoltura - ISBN 978-88-6337-297-7 Legnaro (Pd)

**Come citare un capitolo o un paragrafo** (esempio): G. Robbiati, A. Maienza, S. Baronti, par. 11, in Pisseri F., a cura di, 2023. "Allevamento e cambiamenti climatici". Ed. Veneto Agricoltura - ISBN 978-88-6337-297-7 Legnaro (Pd)

#### **Autori e autrici del volume**

*Paolo Bàrberi*, Gruppo di Agroecologia, Centro di Scienze delle Piante, Scuola Superiore Sant'Anna, Pisa;

*Silvia Baronti*, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto per la Bioeconomia, Area della Ricerca di Firenze

*Luca Conte*, agroecologo, esperto in agricoltura biologica;

*Elisa Ferrari*, medica veterinaria libera professionista, gruppo Agroecovet;

*Angelica Mazzone*, dottoressa di ricerca e medica veterinaria, gruppo Agroecovet;

*Anita Maienza*, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto per la Bioeconomia, Area della Ricerca di Firenze;

*Elia Marabotto*, medico veterinario libero professionista, gruppo Agroecovet;

*Anna Panozzo*, Dipartimento di Agronomia, Animali, Alimenti, Risorse naturali e Ambiente, Università degli Studi di Padova;

*Francesca Pisseri*, medica veterinaria agroecologa, Associazione Italiana di Agroecologia, gruppo Agroecovet;

*Simone Piatto*, Dipartimento di Agronomia, Animali, Alimenti, Risorse naturali e Ambiente, Università degli Studi di Padova;

*Margherita Rambaldi*, medica veterinaria libera professionista, gruppo Agroecovet;

*Giorgia Robbiati*, Msc Gestione ambientale delle aree montane, gruppo Agroecovet.

#### **Hanno contribuito ai contenuti dei manuali e dei video tramite lo sviluppo e la condivisione di pratiche ed esperienze le aziende pilota del progetto "Pascolamento Sostenibile" di Veneto Agricoltura**

Al Confin (Camisano Vicentino, Vi), Bifarm (Quarto d'Altino, Ve), La Casa del Pastore società agricola (Montepiano, Lastebasse, Vi), Fattoria Ai Capitani (Schio, Vi), Juvenilia società agricola (Schio, Vi), Nicoli e Pozzato (Bressanvido, Vi), Soc. Agr. Donadel & Marangon (Mogliano Veneto, Tv).

---

La collana si pone la finalità di capitalizzare il lavoro sviluppato nei corsi di formazione in tema di pratiche agroecologiche nell'allevamento dei ruminanti svolti dal 2020 al 2023 nell'ambito del Programma di Formazione consulenti Mis 2.3.1 PSR Veneto.

#### **In particolare trattasi dei seguenti corsi**

- Pratiche agroecologiche nell'allevamento dei ruminanti (1°ed) – 21 ore - 15/16/17/18/19 - 06/2020
- Pratiche agroecologiche nell'allevamento dei ruminanti (2°ed) – 24 ore - 6/9/20/23/27/30 - 04/2021
- Gestione agroecologica della catena di pascolamento in un allevamento di ruminanti – 8 ore - 18 e 20/10/2021
- Allevamento dei ruminanti e biodiversità – 4 ore - 12/7/22
- Gestione della razione foraggera del bovino – 4 ore - 6/10/22
- Pratiche agroecologiche nell'allevamento dei ruminanti (3°ed) – 28 ore – dal 10/11 al 6/12/22
- Etologia del bovino e relazione con le persone – 8 ore - 31/01/2023.

Programmi e slide dei citati corsi sono disponibili nella sezione "Formazione" del sito [www.venetoagricoltura.org](http://www.venetoagricoltura.org) consultando "eventi precedenti".

Materiale prodotto nell'ambito delle attività formative intervento 2.3.1 "Formazione dei consulenti" Programma di Sviluppo Rurale per il Veneto 2014-2020

**Organismo responsabile dell'informazione:** Veneto Agricoltura

**Autorità di gestione:** Regione del Veneto - Direzione ADG FEASR Bonifica e irrigazione

# INDICE

Prefazione	6
------------	---

Introduzione alla collana	8
---------------------------	---

<b>Mitigazione dei cambiamenti climatici</b>	<b>10</b>
----------------------------------------------	-----------

1.1 Allevamento e cambiamenti climatici	11
1.2 Contributo dell'allevamento ai cambiamenti climatici	12
1.3 Cos'è la mitigazione	16
1.4 Pratiche di mitigazione	17
1.5 Miglioramenti produttivi per ridurre l'intensità delle emissioni	19
1.6 Dall'analisi dei dati aziendali al miglioramento dell'efficienza	21
1.7 Strategie alimentari	25
1.8 Gestione degli effluenti zootecnici	29
1.9 Il processo di compostaggio	30
1.10 Gestione agronomica e del pascolamento	35



<b>Adattamento ai cambiamenti climatici</b>	<b>40</b>
---------------------------------------------	-----------

2.1 Impatti dei cambiamenti climatici sull'allevamento	41
2.2 Pratiche di adattamento	41
2.3 Impatti dei cambiamenti climatici su salute, benessere animale e produzioni zootecniche	42
2.4 Pratiche zootecniche per l'adattamento	45
2.5 Impatti dei mutamenti climatici sulle produzioni agricole	52
2.6 Pratiche di gestione del terreno agrario	52



<b>Biodiversità e allevamento del bovino</b>	<b>56</b>
----------------------------------------------	-----------

3.1 Allevamento e biodiversità	57
3.2 La biodiversità animale e vegetale	60
3.3 La biodiversità funzionale	61
3.4 Il bovino e la biodiversità genetica	62
3.5 Qualità del suolo e biodiversità	64



Bibliografia	67
--------------	----

# PREFAZIONE

Le produzioni zootecniche delle varie specie animali sono in continua crescita a livello mondiale, per il costante aumento della domanda di alimenti proteici di origine animale, collegata alla crescita della popolazione e sostenuta da una maggiore disponibilità economica nei Paesi emergenti.

I modelli di allevamento che maggiormente si sono imposti negli ultimi cinquant'anni anche in Italia sono quelli con gli animali confinati, dove il controllo puntuale della razione alimentare combinato con il miglioramento genetico e il management gestionale, hanno costantemente incrementato le performance produttive.

Così gli allevamenti e le filiere di prodotto si sono fortemente specializzate e concentrate in aree o distretti limitati, con un'agricoltura più intensiva, per la produzione di cereali foraggeri (mais principalmente).

Questi modelli produttivi, che oggi sono ancora alla base della larghissima percentuale del prodotto offerto su base nazionale, sono attualmente oggetto di critiche, a volte non sufficientemente motivate dal punto di vista scientifico, da parte dei media e dell'opinione pubblica, che imputano agli allevatori una scarsa attenzione all'ambiente, al benessere degli animali in allevamento, nell'uso dei farmaci veterinari, ecc.

È indubbio che questo modello produttivo abbia bisogno di sostanziali

correzioni, per renderlo più "sostenibile" nel medio e lungo periodo. Gli allevatori hanno certamente fatto molti passi in avanti in questa direzione, spesso sopportando i maggiori costi di investimenti e di gestione, registrando però una sostanziale riduzione dei loro margini reddituali, con un preoccupante aumento del numero di allevamenti che hanno cessato l'attività. In ogni caso, l'allevamento di ruminanti (bovini e ovicapri) resta la principale soluzione disponibile per valorizzare le aree marginali e di montagna, evitando il loro spopolamento con conseguenze negative sul mantenimento della sicurezza idrogeologica del territorio, il paesaggio e il tessuto socio-culturale.

I cambiamenti climatici in corso, in particolare la sempre più frequente carenza idrica che impatta negativamente sulle produzioni foraggere, con una velocità verosimilmente inattesa fino a pochi anni fa, stanno spingendo molti allevamenti verso una complicata sopravvivenza.

Di fronte a questa epocale criticità la transizione verso nuovi sistemi di allevamento non risulta né semplice né indolore e comporta sempre grossi rischi per la sopravvivenza delle aziende nel breve periodo.

Le soluzioni che larga parte del mondo scientifico e tecnico propongono vanno verso un miglioramento dell'efficienza nella produzione (alimentazio-

ne, miglioramento genetico, robotizzazione, precision livestock, ecc.) come strumento per contenere il costo di produzione prodotto (latte, carne), ma anche verso forme di allevamento meno performanti ma più connesse al territorio, alla reale produzione aziendale di alimenti e con maggiore attenzione ai desiderata dei consumatori (benessere animale, minor utilizzo di farmaci, minor impatto ambientale, ecc.) soprattutto nello sviluppo di microfilieri locali e forme di vendita diretta dei prodotti.

È indubbio che questa seconda alternativa offra dei vantaggi evidenti, ma anche prodotti più costosi, e dovremmo chiederci se saremo in grado di assicurare a tutti i consumatori l'accesso ai prodotti essenziali per una dieta sana ed equilibrata, ad un prezzo accettabile.

Inoltre, forme di allevamento più sostenibili ma con costi di produzione più elevati, necessitano sempre di un tempo medio-lungo di adattamento anche in relazione alla necessità di ricostruire, ove possibile, una rete di servizi necessari all'allevamento, che sono andati persi soprattutto nelle aree marginali e di montagna più vocate all'allevamento bovino in forma estensiva (es. la mancanza di strutture di macellazione e lavorazione carni, l'alto costo dei trasporti degli animali, ecc.).

In ogni caso, la zootecnia dovrebbe orientarsi verso modelli che evitino eccessive concentrazioni di allevamenti, sia per i rischi sanitari che queste potrebbero comportare, ma soprattutto per razionalizzare il rapporto tra la quantità di reflui zootecnici prodotti e la superficie coltivata disponibile, in modo tale che tali reflui diventino

un fattore positivo per il ripristino dei livelli di sostanza organica dei terreni, elemento critico in molte aree.

In ogni caso le scelte aziendali circa l'adozione di tali pratiche di allevamento vanno valutate rispetto all'insieme della gestione di impresa considerando il contesto ambientale, il sistema dei costi aziendali e la valorizzazione commerciale del prodotto che si è in grado di realizzare.

Veneto Agricoltura è impegnata da diversi anni nello sperimentare, sia presso le proprie aziende pilota e dimostrative che in aziende partner, modelli di allevamento (bovini da carne in area montana, suini, avicoli), sia con metodo biologico che convenzionale, che affrontino con particolare attenzione la sostenibilità ambientale, economica e sociale, per un migliore utilizzo delle aree marginali oltre alla valorizzazione della biodiversità zootecnica (conservando e utilizzando le risorse genetiche autoctone). Allo stesso modo, vengono testate tecniche colturali più sostenibili e rotazioni meno esigenti dal punto di vista idrico, al fine di offrire agli allevatori utili informazioni per affrontare le criticità di autoapprovvigionamento foraggero.

I manuali di questa collana, cercano di offrire agli allevatori di bovini alcuni spunti di riflessione e suggerimenti tecnico-pratici utili a migliorare la gestione e la sostenibilità degli allevamenti in primis, quelli di piccole o medie dimensioni, collocati in aree vocate dove la disponibilità di pascolo e di aree marginali non rappresenta un elemento limitante come in pianura.

Veneto Agricoltura  
Unità Organizzativa Colture Estensive ed Allevamenti



# INTRODUZIONE ALLA COLLANA “PRATICHE AGROECOLOGICHE NELL’ALLEVAMENTO DEL BOVINO”

In questa collana manualistica, nata dall’elaborazione dei contenuti di una serie di corsi di formazione promossi da Veneto Agricoltura per i consulenti agricoli nell’ambito del Programma di Sviluppo Rurale del Veneto, trattiamo sia le basi teoriche che i metodi di applicazione in campo delle pratiche agroecologiche nell’allevamento del bovino da latte e da carne. Tali pratiche mirano:

- ad utilizzare al massimo le risorse interne al sistema;
- ad attivare sinergie, tra le produzioni agricole e quelle zootecniche;
- a gestire in modo razionale pascoli e foraggi di elevata qualità per rendere ottimale la dieta degli animali e migliorare la gestione dei territori.

Scopo di questo manuale non è quello di proporre un nuovo rigido modello valido in qualsiasi situazione produttiva,

quanto di presentare un set di strumenti applicabili in differenti misure e modalità a seconda dei contesti produttivi e ambientali. Si tratta quindi di strumenti attuabili in modo più o meno graduale, in allevamenti biologici, in sistemi estensivi e in sistemi intensivi. La messa in opera non è standardizzata e ciascuna azienda potrà trovare specifiche diverse soluzioni.

In un sistema agroecologico ben gestito l’animale viene supportato dalla biodiversità da un punto di vista alimentare e della salute, e a sua volta l’animale supporta la biodiversità.

La collana è articolata in sei volumi. Nella collana trattiamo le pratiche agroecologiche che possono mitigare gli effetti negativi dell’allevamento sulle emissioni climalteranti e forniamo soluzioni per l’adattamento ai

cambiamenti climatici. Vediamo come promuovere la salute degli animali e ridurre l'utilizzo di antibiotici tramite analisi epidemiologiche, promozione della biodiversità, biosicurezza e buone pratiche aziendali.

Affrontiamo la gestione razionale dei sistemi di pascolo, come renderli efficienti dal punto di vista zootecnico, e come creare una catena di pascolamento. Vediamo come organizzare e gestire sistemi silvopastorali e agrosilvopastorali tramite tecniche di agroforestazione.

Illustriamo come riconoscere e gestire le principali specie foraggere, e come si può costruire una razione alimentare basata su foraggi di qualità. Spieghiamo come progettare un allevamento del bovino basato sull'agroecologia, quali sono i collegamenti tra salute del suolo e gestione zootecnica.

Illustriamo i metodi di progettazione, e vediamo come la conoscenza dell'etologia possa fornire utili soluzioni per una gestione rispettosa e sicura degli animali.

Ad ogni uscita dei manuali a stampa è abbinata una collana di video disponibili sul canale YouTube di Veneto Agricoltura. Tramite alcuni video tutorial mostriamo l'applicazione in campo di alcune tecniche descritte, e tramite dei documentari evidenziamo come la zootecnia impostata con pratiche agroecologiche può essere un importante strumento di rivitalizzazione delle aree interne del nostro Paese e di mantenimento del paesaggio rurale.

La trattazione degli argomenti dei manuali riflette la visione sistemica dell'agroecologia, nella quale si evidenziano le relazioni tra parti dell'azienda e del territorio e le interazioni sinergiche tra gli elementi. Molti autori, afferenti a di-

versi campi disciplinari, hanno contribuito a quest'opera. Si è fatto un lavoro transdisciplinare, e cioè non solo collegare le discipline, ma creare contenuti nuovi a partire da ambiti diversi come quello veterinario, forestale, agronomico, naturalistico, zootecnico. La scrittura stessa dei manuali in diversi momenti ha seguito un modello di tipo partecipativo, tramite confronti di gruppo e processi di scrittura condivisa.

Un importante contributo è stato inoltre offerto dal lavoro sviluppatosi, parallelamente ai corsi di formazione, nel Gruppo di aziende che hanno partecipato al "Progetto Pascolamento sostenibile" promosso da Veneto Agricoltura Unità Organizzativa Colture Estensive ed Allevamenti, e che ha visto alcuni imprenditori agrozootecnici confrontarsi tra loro sulle migliori pratiche da adottare.

Il modello agroecologico si basa su una visione di insieme in cui le diverse parti dell'azienda sono in sinergia, partendo dal presupposto che un "ecosistema è dotato di omeostasi, cioè capacità di mantenere un rapporto costante di componenti in un flusso continuo di materia ed energia, tramite le capacità adattative dei singoli elementi e lo sviluppo di nuovi modelli organizzativi" (Caporali, 1991). La nostra specie, Homo Sapiens, convive da migliaia di anni con i bovini domestici, in una relazione definita mutualistica, nella quale cioè entrambe le specie hanno dei vantaggi. Noi riceviamo da loro beni come il cibo e diamo loro cure e protezione. Il prendersi cura degli animali allevati e dell'ambiente è un elemento fondamentale affinché l'allevamento possa essere eticamente accettabile e generi concreto benessere animale.

# 01

**MITIGAZIONE  
DEI CAMBIAMENTI  
CLIMATICI**

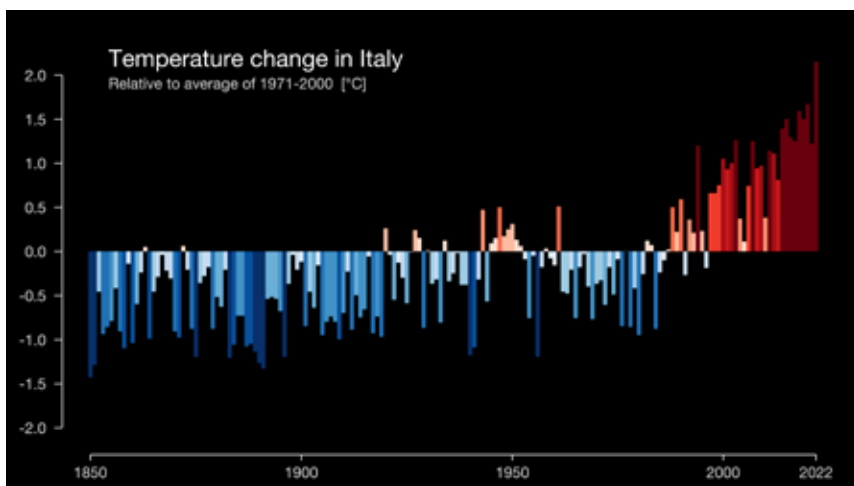


## 1.1 Allevamento e cambiamenti climatici

Le emissioni di gas serra delle attività agricole e zootecniche rappresentano una delle maggiori preoccupazioni della comunità scientifica e della più ampia società, perché contribuiscono al cambiamento climatico. Tuttavia, agricoltura e allevamento sono anche i settori più vulnerabili alle mutate condizioni climatiche: l'innalzamento della temperatura (Figura 1) e l'aumento in frequenza ed intensità degli eventi climatici estremi (forti piogge, inondazioni, ondate di calore, siccità, gelate tardive, ecc.) danneggiano le produzioni agricole, compromettono lo stato di salute degli animali allevati e contribuiscono alla perdita di biodiversità vegetale e animale (Rojas-Downing *et al.* 2017; FAO 2021a). Oggi si parla

di cambiamento climatico antropogenico (Lynas *et al.* 2021; IPCC 2023) in quanto le attività umane sono basate in larga parte su modelli di produzione e di consumo insostenibili. La causa principale dell'alterazione del bilancio energetico della Terra, e quindi del cambiamento climatico, è attribuibile al fenomeno noto come "effetto serra", determinato da alcuni gas naturalmente presenti in atmosfera in limitate concentrazioni, comunemente noti come gas serra (GHG, ovvero GreenHouse Gases) (MIT 2020).

Il vapore acqueo ( $H_2O$ ), il biossido di carbonio ( $CO_2$ ), il protossido di azoto ( $N_2O$ ), il metano ( $CH_4$ ) e l'ozono ( $O_3$ ) sono i principali gas serra in atmosfera, sia di origine naturale che antropica; a questi si aggiungono dei GHG esclusivamente prodotti dall'uomo come gli idrofluorocarburi (HFC), i perfluorocarburi (PFC) e l'esaffluoro di



**Figura 1** Variazione della temperatura in Italia nel periodo 1850-2022, rappresentata graficamente con le barre di calore di Hawkins. Ogni barra rappresenta la temperatura media annuale registrata, ed il passaggio dal blu al rosso intenso indica l'incremento. La temperatura media del periodo 1971-2000 è il valore soglia per il passaggio tra i colori blu e rosso. Fonte: University of Reading, UK Prof. Ed Hawkins <https://showyourstripes.info//europe/italy/all>

zolfo ( $\text{SF}_6$ ).

L'effetto serra naturale consente la vita sulla Terra, perché ci assicura una temperatura media terrestre di  $14^\circ\text{C}$  invece dei  $-19^\circ\text{C}$  che si avrebbero in assenza dei gas serra in atmosfera; tuttavia le fonti antropiche ne hanno aumentato la concentrazione (Figura 2): le emissioni di  $\text{CO}_2$ , principalmente legate all'uso di combustibili fossili, alla deforestazione e alla produzione di alimenti, sono le maggiori responsabili delle alterazioni del bilancio energetico della Terra (IPCC 2021).

## 1.2 Contributo dell'allevamento ai cambiamenti climatici

A partire dagli anni Sessanta, a livello mondiale il settore zootecnico ha conosciuto una forte crescita sia in termini di produzione che nel numero di animali allevati. Ad esempio, tra il 1961 ed il 2021, si è passati dai circa 942 milioni di bovini allevati ai 1529 milioni di capi, nonostante alcune differenze di trend tra i diversi paesi (HYDE & FAO 2017; FAO 2023; Kozicka *et al.* 2023). La popolazione mondiale in continuo aumento, l'urbanizzazione e la preferenza al consumo di prodotti di origine animale nei paesi ad alto reddito hanno portato alla progressiva e non sempre sostenibile intensificazione del settore (Niamir-Fuller 2016). Oggi

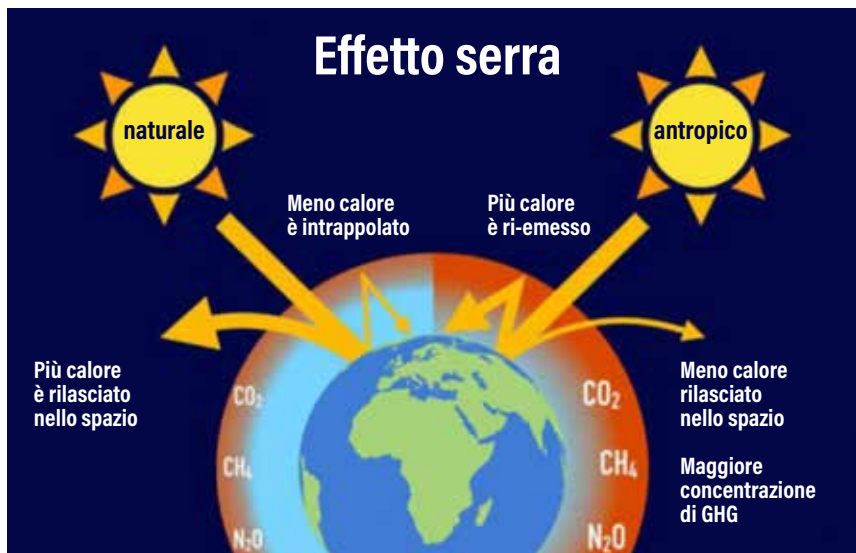
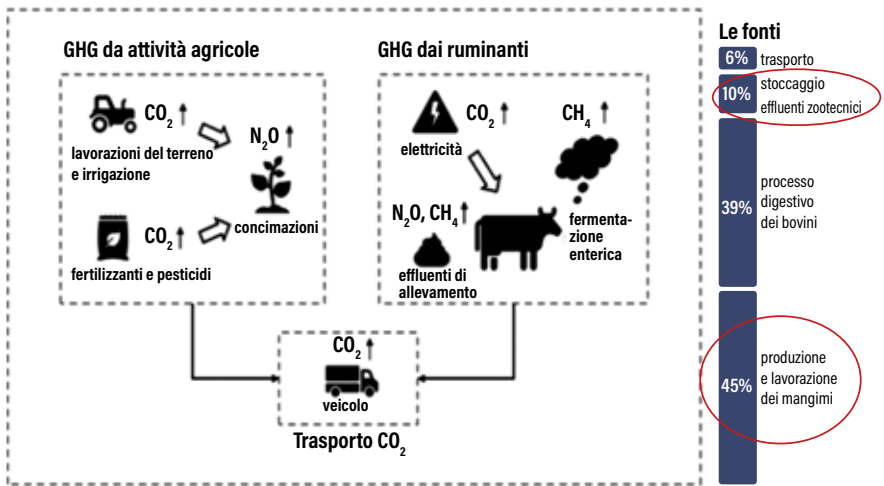


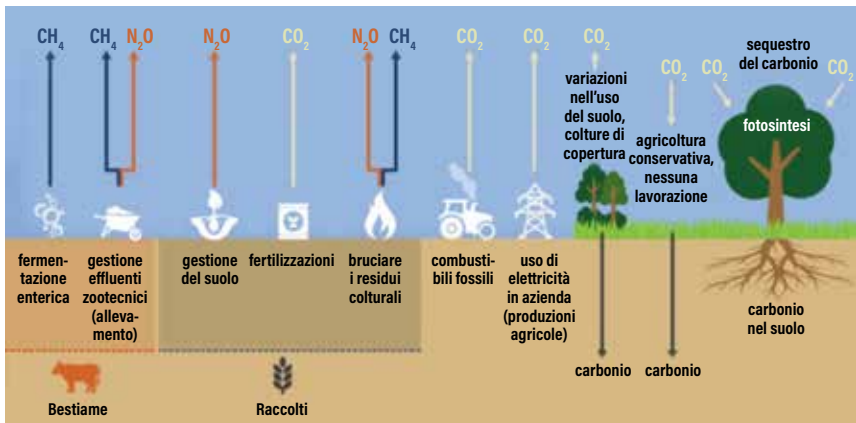
Figura 2 Effetto serra naturale e antropico. A sinistra, effetto serra naturale: i livelli di  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$  creati dai normali processi vitali intrappolano una parte del calore solare prevenendo il rischio di congelamento della Terra. A destra, effetto serra antropico: aumenta la concentrazione di GHG legati alle attività umane, che intrappolano una quantità eccessiva di calore determinando il riscaldamento globale. Fonte: <https://www.shutterstock.com/search/greenhouse-effect-symbol>.



**Figura 3** Emissioni dirette e indirette del settore zootecnico  
 Fonti: dati percentuali da Gerber *et al.* 2013b; Grossi *et al.* 2019. Elemento grafico riadattato da [https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S0301479720303777-fx1\\_lrg.jpg](https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S0301479720303777-fx1_lrg.jpg); <https://www.carnisostenibili.it/wp-content/uploads/2019/05/1-gas-serra-prodotti-nel-settore-zootecnico-fonte-FAO.jpg>

la zootecnia è ritenuta responsabile del 12% delle emissioni di gas serra di origine antropica (FAO 2023), che derivano dalle fonti illustrate in Fig. 3. Le **emissioni dirette** sono quelle generate dalle fermentazioni ruminali e dal deposito, stoccaggio e distribu-

zione delle deiezioni. Le **emissioni indirette** sono legate alle produzioni agricole destinate all'alimentazione animale (es. fertilizzazioni, trattamenti fitosanitari), ai cambiamenti di uso del suolo per l'espansione di coltivazioni e pascoli, ed ai consumi energie-



**Figura 4** Provenienza dei gas climalteranti dai diversi processi dell'allevamento e sequestro del carbonio.  
 Fonte: riadattato da [https://www.everycrsreport.com/files/2022-10-06\\_IF11404\\_755a555488921a8aa-a759f4c344f74691fc2ad9b.pdf](https://www.everycrsreport.com/files/2022-10-06_IF11404_755a555488921a8aa-a759f4c344f74691fc2ad9b.pdf)

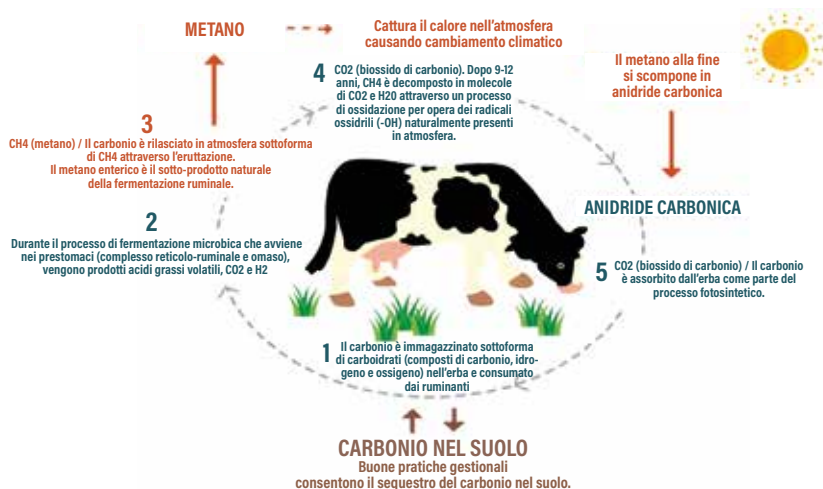


Figura 5 Il metano nel ciclo biogenico del carbonio.

tici legati ai processi di trasformazione e trasporto (Gerber *et al.* 2013a). I principali gas serra emessi dagli allevamenti sono il metano ed il protossido di azoto, ed in misura minore il biossido di carbonio (Figura 4). L'anidride carbonica ha una bassa capacità di trattenere calore ma può permanere in media in atmosfera per centinaia di anni; il metano ha una maggiore capacità di trattenere calore ma una vita media in atmosfera di circa 12 anni, mentre il protossido di azoto ha un effetto riscaldante di quasi 300 volte maggiore della CO<sub>2</sub> e una permanenza di 121 anni (IPCC 2013; Lynch 2019; Thompson *et al.* 2020). Alcuni studi ritengono che il diverso comportamento dei gas serra non sia tenuto abbastanza in considerazione dallo standard di riferimento Global Warming Potential (GWP), con conseguenti valutazioni di impatto dei diversi settori, come quello zootecnico, non sempre realistiche (Correddu *et al.* 2023).

Il metano è il secondo gas serra più diffuso in atmosfera dopo l'anidride carbonica: il 32% delle emissioni antropogeniche di questo gas si origina nell'allevamento dalla fermentazione enterica e da processi di decomposizione, in condizioni di anaerobiosi, delle deiezioni (Grossi *et al.* 2019; FAO 2022). Ridurre le emissioni è diventata una priorità nelle politiche di mitigazione del cambiamento climatico, in quanto si presenta come una rapida soluzione. La forte attenzione sul metano rischia di distogliere l'attenzione dalla CO<sub>2</sub> e connessa dipendenza da combustibili fossili, ed in particolare di valutare negativamente l'allevamento al pascolo di ruminanti per le elevate emissioni di CH<sub>4</sub> per kg di prodotto (Garnett *et al.* 2017). Per una comprensione del problema, vanno considerati i seguenti aspetti:

- la metodologia di analisi classica in uso per valutare l'impatto dell'allevamento sul cambiamento climatico

non tiene in sufficiente considerazione i diversi tempi di permanenza in atmosfera dei gas, né i servizi ecosistemici forniti da alcuni sistemi zootecnici;

- il metano da fermentazione enterica è parte del ciclo biogenico del carbonio: dopo circa un decennio viene scomposto e riconvertito in CO<sub>2</sub> e vapore acqueo, che sono poi nuovamente assorbiti dalle piante foraggere, le quali forniranno nuovo nutrimento per i ruminanti (Figura 5);
- le pratiche di mitigazione che pos-

sono essere messe in campo per la riduzione delle emissioni di metano negli allevamenti, ivi compreso l'adeguamento del carico animale alle risorse disponibili localmente.

Il **protossido di azoto** (N<sub>2</sub>O) si origina dai processi di trasformazione dell'ammoniaca, ad opera di batteri. Le emissioni di N<sub>2</sub>O sono legate allo stoccaggio e allo spandimento dei reflui zootecnici in campo e al pascolo, e all'utilizzo dei fertilizzanti azotati di sintesi (Grossi *et al.* 2019). Il livello di N<sub>2</sub>O atmosferico è aumentato del 20%

## METODOLOGIE DI ANALISI DELLE EMISSIONI DI GAS CLIMALTERANTI NEGLI ALLEVAMENTI

La metodologia LCA (Life Cycle Assessment) quantifica le emissioni legate ad un prodotto, un processo o un'attività lungo l'intero ciclo produttivo (Lynch, 2019). Il metodo prende in esame tutti i processi che avvengono entro i confini scelti: per le aziende agricole e zootecniche si utilizza in genere l'approccio "dalla culla al cancello". L'analisi non considera i sequestri di carbonio che possono controbilanciare le emissioni di GHG: si basa infatti sul presupposto che il bilancio del carbonio nel suolo sia in equilibrio se non ci sono variazioni di uso del suolo o nelle pratiche di gestione (De Vries *et al.* 2015). L'intensità delle emissioni, espressa in CO<sub>2</sub> equivalenti, è generalmente rapportata all'unità di prodotto (kg di latte corretto per grassi e proteine -FPCM-, kg di carcassa), oppure all'estensione della superficie impiegata. Secondo vari autori (Salvador *et al.* 2017; Salvador *et al.* 2016; Kiefer *et al.* 2015), tale tipologia di analisi tende a penalizzare gli allevamenti estensivi, che valorizzano le terre marginali inadatte all'agricoltura attraverso il pascolo degli animali, e di conseguenza non entrano in competizione per l'uso delle terre arabili ai fini della produzione di alimenti per l'uomo o di mangimi per gli animali. Analogamente, non premia i sistemi multifunzionali che contribuiscono al mantenimento della diversità genetica allevando razze autoctone, e che hanno una bassa dipendenza da risorse extra-aziendali; essi generano meno emissioni per la produzione ed il trasporto di alimenti ad uso zootecnico. L'impiego di procedure alternative di allocazione delle emissioni, che integrano la fornitura di servizi ecosistemici, mostrano che i sistemi estensivi sono associati ad una riduzione delle emissioni o addirittura al raggiungimento della neutralità carbonica (Kiefer *et al.* 2015; Salvador *et al.* 2016; Salvador *et al.* 2017). Anche i documenti recenti della FAO specificano la necessità di includere nelle metodologie di analisi dei sistemi zootecnici la stima del sequestro di carbonio al suolo per una più accurata valutazione, che consenta di disegnare delle politiche nazionali mirate di mitigazione e sicurezza alimentare attraverso il settore zootecnico (Dondini *et al.* 2023).

Quindi le metriche ed i metodi di analisi standard presentano alcuni limiti nel rappresentare il ruolo dei diversi sistemi zootecnici nel cambiamento climatico.





Suolo di un'area di pascolo razionale turnato: la presenza di gallerie di lombrichi, macropori e abbondanti radici ben distribuite denotano un suolo in salute.

rispetto all'era pre-industriale (Tian *et al.* 2020).

Sebbene l'**ammoniaca** ( $\text{NH}_4$ ) non sia un gas serra, è il precursore del protossido di azoto e può causare diversi problemi ambientali, come l'acidificazione dei suoli, l'eutrofizzazione delle acque e l'inquinamento da particolato. La formazione dell'ammoniaca avviene ad opera di batteri a partire dall'urea presente nelle urine, e per degradazione della proteina non digerita presente nelle feci. L'ammoniaca tende a volatilizzare, soprattutto in presenza di alte temperature e di ventilazione (AAVV 2012).

Le emissioni di **biossido di carbonio** ( $\text{CO}_2$ ) sono legate ai processi che richiedono l'uso di combustibili fossili, quali le lavorazioni del terreno, le fertilizzazioni, il trasporto e la lavorazione delle materie prime.

Il suolo è il principale serbatoio di carbonio atmosferico: per questo è allo

stesso tempo un alleato per ridurre gli impatti del cambiamento climatico ed una risorsa da tutelare e preservare in quanto fonte di cibo.

Tramite pratiche volte a mantenere il suolo in salute come le minime lavorazioni, il mantenimento del terreno coperto, il pascolo turnato, si avrà una prevalenza degli effetti benefici: sequestro di carbonio al suolo, incremento della fertilità (Garnett *et al.* 2017).

### 1.3 Cos'è la mitigazione

"Mitigazione" significa agire sulle cause del cambiamento climatico riducendo le emissioni di gas serra prodotte dalle attività umane e/o aumentando i siti di assorbimento (*sink*) di GHG. Le misure di mitigazione sono processi, tecnologie, pratiche o meccanismi in grado di prevenire o diminuire le emissioni di gas climalteranti in atmosfera, o di rimuoverli, rendendo meno gravi gli impatti del cambiamento climatico (IPCC 2022). Tra le misure di mitigazione vi sono pratiche di rimozione della  $\text{CO}_2$  che si traducono in una gestione sostenibile del territorio: un pascolamento ben gestito, ad esempio, favorisce il sequestro del carbonio al suolo compensando le emissioni prodotte dal sistema di allevamento (Garnett *et al.* 2017).

La scelta delle pratiche di mitigazione da mettere in campo dipende da vari fattori, tra cui l'orizzonte temporale su cui intendiamo agire, la praticabilità, l'economicità, ecc. Sono convenienti le pratiche che hanno più ricadute positive, per esempio quella sopracitata ne ha su efficienza aziendale, salute e benessere animale, biodiversità, mul-

tifunzionalità aziendale.

La riduzione delle emissioni di metano è stata identificata come una delle strategie più efficaci per ridurre gli incrementi di temperatura sul breve periodo. Tale riduzione si può ottenere, ad esempio, diminuendo il numero di animali allevati e il consumo di prodotti di origine animale (Garnett *et al.* 2017; Beauchemin *et al.* 2020). Si avrà invece un impatto neutro sul clima mantenendo inalterato il numero di animali e mettendo in atto pratiche che consentano di diminuire le emissioni evitando un ulteriore riscaldamento da metano (Liu *et al.* 2021).

Nell'ambito delle strategie con breve orizzonte temporale, l'uso sostenibile del suolo, nei settori agricolo, forestale e zootecnico (Agriculture, Forestry and Other Land Use -AFOLU- sector), ha un ottimo potenziale mitigante perché consente di ridurre le emissioni e al tempo stesso di rimuovere importanti quantità di CO<sub>2</sub> dall'atmosfera, ad esempio attraverso pratiche che favoriscono il sequestro del carbonio (IPCC 2022). La messa in campo di pratiche basate su una tecnologia semplice, sia dal punto di vista operativo che del mantenimento, è preferibile e ne facilita l'adozione.

## 1.4 Pratiche di mitigazione

Le misure mitiganti sono distinte in tre macro-categorie, in riferimento alle tre soluzioni proposte dalla FAO (FAO 2017), come riportato in tabella 1. Tali soluzioni possono essere applicate in maniera combinata aumentando la resilienza dei sistemi zootecnici.

Molte delle pratiche indicate sono già

messe in atto nelle aziende biologiche e biodinamiche ed alcune di esse possono essere adottate con efficacia anche dalle aziende convenzionali. Queste pratiche fanno parte delle tecniche utilizzate in permacultura e agroecologia.

Parlando del primo gruppo di soluzioni, la **zootecnia di precisione** fornisce utili strumenti per migliorare l'efficienza nella gestione dell'allevamento, tuttavia è bene tenere conto di alcune possibili problematiche come il peggioramento del rapporto animale-allevatore/allevatrice (AAVV, 2022).

Il terzo gruppo include le pratiche che favoriscono una maggiore integrazione delle attività di allevamento nel sistema bioeconomico per aumentare il riciclo di materie prime e di energia che altrimenti sarebbero sprecate. Un'**economia circolare** è orientata a minimizzare l'impiego di risorse extra-aziendali, favorendo l'efficienza dei processi aziendali, le pratiche di riuso ed il ciclo chiuso dei nutrienti. Ad esempio, un buon livello di autosufficienza foraggera e l'**impiego di sottoprodotti agricoli per l'alimentazione animale**. Di questo ne parleremo nel vol.5 dedicato



Impiego di sottoprodotti dell'orto per l'alimentazione dei bovini.

SOLUZIONE	PRATICA
1. MIGLIORAMENTI PRODUTTIVI E GESTIONALI PER RIDURRE L'INTENSITÀ DELLE EMISSIONI	<p>1.1. aumento efficienza nella gestione zootecnica                      monitoraggio e analisi condivisa delle performance produttive aziendali (par. 1.6)                      allungamento carriera produttiva (par. 1.5)                      salute e benessere animale (par. 1.6 e 1° vol.)                      zootecnia di precisione</p> <p>1.2. variazioni nella composizione/dimensione della mandria                      razze rustiche a duplice attitudine (par. 1.5)                      diminuzione del numero di capi allevati (par. 1.3, 1.5)                      Aumento del potenziale produttivo del singolo capo attraverso la selezione genetica (par. 1.5)</p> <p>1.3. Strategie alimentari                      utilizzare un'ampia quota di foraggi poliennali autoprodotti (par. 1.7)                      aumentare la quota di fibra digeribile in razione (par. 1.7)                      trinciatura foraggi per aumento digeribilità (par. 1.7)                      corretto apporto proteico in razione (par. 1.7)                      aumento mangimi concentrati (par. 1.7)                      controllo dei parametri nutrizionali di foraggi e mangimi (par. 1.7)                      Additivi (1,7)</p> <p>1.4. Gestione degli effluenti zootecnici                      rimozione regolare delle deiezioni in stalla (par. 1.8)                      corretta gestione della lettiera compost (1° vol.)                      copertura delle vasche di stoccaggio degli effluenti non palabili (par. 1.8)                      rispetto quantità e tempistiche di distribuzione degli effluenti (par. 1.8)                      impiego di iniettori (par. 1.8)</p> <p>2.1. piani di pascolamento e agroforestazione                      piani di pascolamento e pascolo turnato (vol 3°)                      no pascolamento su suoli bagnati (par. 1.10)                      pascolamento multispecie (par. 1.10, vol 3°)                      agroforestazione (par. 1.10, vol 3°)</p>
2. SEQUESTRO DEL CARBONIO ATTRAVERSO UNA MIGLIORATA GESTIONE AGRONOMICA E DEL PASCOLAMENTO	<p>2.2. preservare la presenza di vita nel terreno                      proteggere il suolo e disturbarlo il meno possibile (par. 1.10, cap. 2, par. 2.6)                      lavorazioni dei pascoli (strigliatura, arieggiatura) (cap. 2, par. 2.6, vol 3°)                      evitare l'impiego di concimi a pronto effetto (cap. 2, par. 2.6)</p>
3. MAGGIORE INTEGRAZIONE DELL'ALLEVAMENTO IN UNA BIOECONOMIA CIRCOLARE	<p>3.1. autosufficienza foraggera e territorialità                      efficienza d'uso delle risorse aziendali (par. 1.7)                      prediligere foraggi e mangimi locali (par. 1.7)</p> <p>3.2. riciclaggio (o riuso) e diversificazione                      compostaggio (par. 1.9)                      impiego di scarti agricoli per alimentazione animale (5° vol)                      ciclo chiuso dei nutrienti (1.2, 1.4, 1.7, 1.8, 1.9, 3°Vol e 5° vol)                      produzione di energia dagli effluenti zootecnici (biogas, biometano) (par. 1.8)</p>

**Tabella 1** Pratiche di mitigazione dei cambiamenti climatici nell'allevamento del bovino. In verde le pratiche agroecologiche, in giallo quelle che presentano aspetti controversi. Tra parentesi è indicato il paragrafo del presente volume in cui si tratta la pratica citata.

### all'alimentazione zootecnica.

Esse sono applicabili anche su una scala più ampia: in territori in cui si è

andati nella direzione di una specializzazione produttiva esse diventano di difficile applicazione a livello azienda-

le, ma possono essere attuate attraverso accordi di cooperazione tra aziende o gruppi di aziende. Ad esempio, le aree coltivate a frutteti, vigneti o altre produzioni vegetali possono utilizzare il letame in eccesso prodotto da allevamenti concentrati in un'area limitrofa, andando così a riequilibrare la distribuzione di nutrienti azotati a livello territoriale. Una quarta via di mitigazione proposta dalla FAO (2017) è agire sulla domanda di prodotti di origine animale laddove il consumo è troppo elevato.

## 1.5 Miglioramenti produttivi per ridurre l'intensità delle emissioni

Hanno un effetto mitigante tutte le pratiche di gestione zootecnica volte ad aumentare l'efficienza nella gestione dell'allevamento e ad avere un basso tasso di rimonta, soprattutto esterna.

### Allungamento della carriera produttiva delle bovine da latte.

Più cresce l'età media della bovina, più latte è in grado di produrre nella sua vita produttiva e meno metano per kg di latte emette (Van Duifhuizen & Den Bosch, 2015). In Italia, nel 2021, la vita media delle bovine di razza Frisona era di 2,4 lattazioni (Fantini, 2021a). Nel mondo, per la stessa razza, si ha un range di 3-4,5 anni (De Vries, 2019). Il tasso di rimonta è variabile da azienda ad azienda, ma a livello mondiale è del 38% annuale. Degna di nota è la relazione esistente tra numero medio di lattazioni e dimensione aziendale: le aziende medio-piccole hanno bovine più longeve rispetto ad aziende di grandi dimensioni; il miglior dato, di

3,5 lattazioni, si osserva in aziende con un massimo di 100 capi in produzione. Tra i motivi potrebbero esservi la minor produzione di latte oppure un miglior rispetto del benessere animale, o un equilibrio tra tutti i fattori gestionali (Fantini, 2021a). Importante diviene differenziare tra riforma involontaria o volontaria (Fantini, 2021a). Le aziende con elevata quota di capi giovani capitalizzano sul rapido progresso genetico che porta primipare ad avere produzioni superiori alle pluripare, ma possiedono vacche adulte meno efficienti e hanno costi di rimonta più elevati (De Vries, 2019). Aumentare la vita produttiva delle bovine condurrebbe ad una riduzione dell'impronta ambientale per kg di latte prodotto: più gli animali sono longevi, meno quota di rimonta è necessaria (van Duifhuizen & Den Bosch, 2015). Infatti le giovani manze contribuiscono per il 20-33% a tutte le emissioni di metano enterico (Knapp, 2014). Se il numero medio di lattazioni passasse da 2,5 a 5, a livello mondiale si potrebbe ridurre la produzione di metano del 3,5%. Le bovine più adulte sembrano essere più efficienti poiché la loro permanenza in azienda implica che non abbiano avuto problemi di salute, sarebbe quindi utile preservare la loro genetica. Inoltre non devono utilizzare energia per crescere e quindi anche l'efficienza alimentare è superiore (van Duifhuizen & Den Bosch 2015). Mediamente, i motivi di uscita sono legati a turbe riproduttive, mastiti e traumi (De Vries, 2019). Il criterio fondante per allungare la vita produttiva di una bovina da latte è il rispetto del benessere animale (De Vries, 2019). Esso prevede il rispetto di sei esigenze di base della bovina: presenza di cibo e acqua, riposo, aria, luce e spazio e queste sono



L'attività di pascolamento è una esigenza etologica fondamentale per il bovino.

soddisfatte appieno con un pascolo ben gestito.

### Aumento del potenziale produttivo degli animali da latte attraverso la selezione genetica.

Al fine di ridurre le inefficienze di produzione, alcuni studi (es. Gerber *et al.* 2013b; FAO 2017; Grossi *et al.* 2019) la considerano tra le pratiche mitiganti. Tuttavia le opinioni a riguardo non sono concordi: un processo di miglioramento legato esclusivamente agli indici di quantità produttiva può non risultare coerente con le altre pratiche agroecologiche. Negli ultimi 100 anni le produzioni delle bovine da latte sono aumentate di 5 volte rispetto al passato, passando da una media di 2000 kg per anno prima degli anni '90 ai 10000 kg odierni. La tendenza è di ulteriore aumento; tali produzioni si sono raggiunte a seguito di un cambio di selezione genetica, di modifiche delle condizioni manageriali e della nutrizione (VandeHaar & St-Pierre, 2006). L'aumento delle produzioni è andato di

pari passo con modifiche anatomiche, fisiologiche e con problemi di salute.

L'aumento della ingestione determina un aumento del flusso ematico nel ruminante e nel fegato, con aumento cronico della massa addominale (Sangsrivong *et al.* 2002). L'aumento del flusso ematico al fegato (fino a 1400 litri/ora) può causare variazioni nell'assetto e nel metabolismo ormonale. Si osservano variazioni molto ampie nelle tempistiche di ovulazione, cicli estrali più corti della norma, assenza di ovulazioni (Wiltbank 2006, Sangsrivong *et al.* 2002), fertilità ridotta, aumento di mortalità embrionale nei primi 3 mesi di gravidanza, aumento di gemellarità (Wiltbank *et al.* 2006, Macmillan *et al.*, 2018, Lopez *et al.* 2005). Le necessità energetiche e proteiche per il mantenimento di tali produzioni sono progressivamente aumentate. L'alta efficienza alimentare crea un effetto di diluizione (Bach *et al.* 2020), che riduce le emissioni dirette di metano per kg di prodotto; risultano invece elevate le emissioni indirette dovute alla maggiore necessità di mangimi e quindi alle aumentate esigenze di superficie delle colture dedicate. Allevare razze a duplice attitudine è una pratica di mitigazione riconosciuta a livello internazionale (Gerber *et al.* 2013b) in quanto questi animali hanno rusticità e si adattano a contesti con risorse limitate. Al contrario, gli animali molto selezionati sono in grado di realizzare il loro potenziale produttivo solo in sistemi controllati con elevati input (mangimi, concimi, ecc.) (Grossi *et al.* 2019). Diversamente dalle razze da latte, quelle a duplice attitudine producono più carne per kg di latte, di conseguenza è necessario un minor numero di animali allevati



Razze bovine a duplice attitudine: Burlina, Rendena, Grigio alpina, Pezzata rossa.

per produrre lo stesso quantitativo di latte e carne, con conseguenti minori emissioni di GHG rispetto ai sistemi zootecnici specializzati (Schader *et al.* 2014).

## 1.6 Dall'analisi dei dati aziendali al miglioramento dell'efficienza

Per massimizzare le risorse si rende necessario ridurre gli sprechi e le inefficienze. Il primo passo è la conoscenza dei fattori che incidono sulla operatività e nelle decisioni gestionali, partendo sempre dal presupposto che ogni realtà è a sé, e soluzioni vantaggiose in un contesto potrebbero risultare dannose in un altro. La mole di dati che al giorno d'oggi si ha

a disposizione non deve allontanare dallo studio "in campo" di ciò che accade in azienda: le interazioni sociali tra il personale, il benessere animale, il rapporto umano-animale, l'evoluzione dell'erba nei pascoli sono fattori di difficile misurazione, e tuttavia sono tasselli fondamentali. Per una corretta valutazione, l'osservazione del contesto è complementare alla raccolta e all'analisi dei dati.

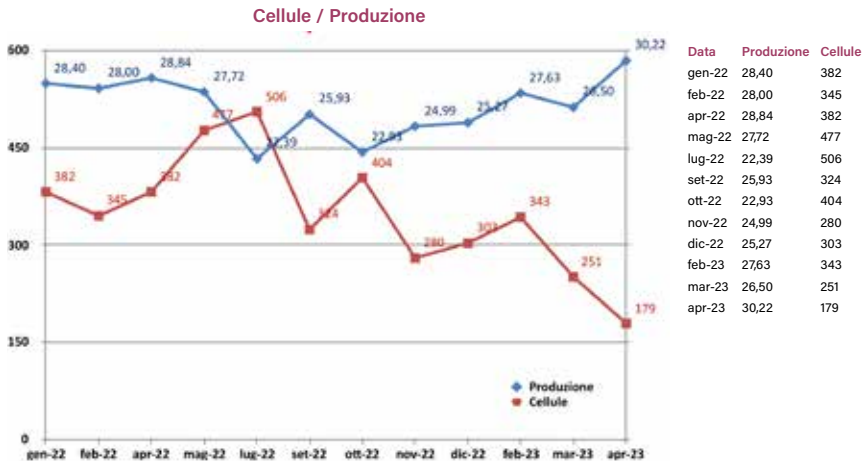
Il veterinario rappresenta una figura chiave per l'azienda, egli infatti è prima di tutto clinico, quindi osservatore, e sa mettere in relazione stato di salute, o di malattia, con benessere e produttività, consigliando pratiche manageriali volte ad aumentare l'efficienza aziendale. Ad oggi molte aziende dispongono di software che raccolgono dati relativi a produzione latte o incrementi di peso, fertilità, salute e alimentazione:



Osservare gli ambienti di allevamento e gli animali permette di rilevare punti critici e segni di disagio.

la loro elaborazione e consultazione, se fatta in modo continuativo e con cadenze regolari, permette di fissare obiettivi e punti critici su cui lavorare in una équipe che comprenda allevatore, veterinario, agronomo, podologo, alimentarista, ecc. Se non si dispone di programmi gestionali ad hoc, si possono utilizzare tabelle e report: trascrivendo in un foglio di calcolo, per esempio, le informazioni dei singoli capi, delle date del parto, si possono estrarre dati quali inter-parto, giorni medi in mungitura, ecc. È importante che i dati vengano raggruppati e sintetizzati in modo da essere facilmente valutabili, è quindi necessario che una figura all'interno dell'équipe si occupi di questo aspetto. Per quanto riguarda la salute, in particolare quella della mammella, l'analisi dei dati aiuta a individuare problematiche e mancati ricavi. Si prendano ad esempio i controlli funzionali periodici: essi forniscono informazioni sulle produzioni, le cellule somatiche, la qualità

del latte, i giorni di lattazione e molto altro. Per esempio, l'entità delle cellule somatiche è un importante indicatore di **salute della mammella**. Cellule somatiche nel latte di massa al di sotto delle 200.000 CS/ml indica una mandria complessivamente sana, superare questa soglia in modo continuativo per più controlli significa che almeno il 15% delle bovine ha quarti infetti. I problemi alla mammella e la presenza di infezioni batteriche possono essere secondari a errori gestionali come problemi all'impianto di mungitura o a squilibri alimentari, ed è quindi essenziale procedere con indagini ad ampio raggio per identificare l'origine del problema. Il latte con più di 200.000 CS/ml avrà, proporzionalmente con l'aumentare delle cellule somatiche, una riduzione percentuale di grasso, caseina, lattosio e calcio, quindi una resa casearia minore e un valore nutrizionale inferiore, oltre ad accompagnarsi a una diminuzione della pro-



**Grafico 1** Produzioni latte (Kg) e cellule somatiche (CS) in una azienda intensiva di bovini da latte, si noti come alla diminuzione delle cellule somatiche (in rosso) aumenti la produzione (in blu).

duzione (Grafico 1). Bovine con più di tre controlli superiori alle 200.000 CS/ml sono definite croniche, con scarse probabilità di guarigione, e scarsa produzione lattea (Martins *et al.*, 2020).

In ambito salute della mammella, con un semplice foglio di calcolo è possibile raggruppare gli eventi “mastiti” di una mandria, e analizzare:

- se sono interessate soprattutto bovine fresche, a metà lattazione o a fine lattazione;
- se sono interessate bovine primipare, secondipare, o pluripare;
- se vi sono periodi senza mastiti alternati ad altri con molti eventi mastiti (ciò permette di indagare le differenze gestionali tra un periodo e l'altro);
- se vi sono mesi più interessati di altri. Ciò si evidenzia in particolar modo in allevamenti che pascolano/alpeggiano e con gestione quasi stagionale: gli eventi mastiti sono solitamente presenti in inverno, quando le bovine sono stabulate in

azienda e spariscono nel periodo estivo. La disponibilità di maggiore spazio e la diminuzione della carica batterica della lettiera si riflettono sulla capacità della bovina di non manifestare clinicamente la mastite;

- quali sono i quarti colpiti: vi sono casi in cui ad essere colpiti sono soprattutto alcuni quarti e non altri. Ciò può indicare un errore nella routine di mungitura e necessità di formazione del personale di sala;
- se vi sono eventi mastiti ripetuti;
- tali elementi, inseriti nel loro contesto, consentono di intraprendere azioni globali e sistemiche che possono davvero fare la differenza sulla salute delle bovine e l'efficienza del sistema-azienda.

Altre raccolte dati e analisi sulla salute, attuabili mediante un foglio di calcolo, possono eseguirsi per le patologie podali e articolari, per le forme respiratorie dei vitelli, per le patologie enteriche dei vitelli e per le problematiche del post parto (ad es. ritenzioni di placen-



BREVE PERIODO	LUNGO PERIODO
% gravide	interparto (365-410 gg)
parto-concepimento (90-120 gg)	bovine vuote da + 150 gg
giorni di lattazione	% rimonta
% gravide alla 1° inseminazione	% parti
n° inseminazioni per gravidanza	età al primo parto

Tabella 2 Indicatori riproduttivi da analizzare nel breve e nel lungo periodo.

ta, chetosi). Associazioni di produttori e servizi di consulenza aziendali propongono utili software ad hoc. Oltre ai dati sanitari, anche quelli **zootecnici** sono estremamente utili per il controllo, ad esempio, degli indici riproduttivi e quindi per applicare strategie correttive. Alcuni parametri sono in grado di fornire informazioni istantanee sulla fertilità della mandria e sui risultati di scelte intraprese nel breve periodo, mentre altri indici variano più lentamente per cui rappresentano l'andamento riproduttivo nel lungo periodo (Nocco A., 2012), alcuni esempi sono riportati in tabella 2. Ad esempio, un numero elevato di parti in un breve periodo farà "accorciare" molto rapidamente i giorni medi in lattazione,

causando però squilibri nel numero di capi munti e quindi nella gestione della mandria. Al contrario, nel lungo periodo, la percentuale di rimonta interna di un'azienda rispecchia la fertilità degli ultimi 24 mesi, quanti animali sono nati e cresciuti in azienda, quante manze si preparano al parto, qual è la distribuzione per gruppi di età, ecc. Un eccesso di rimonta può rappresentare un elevato costo non necessario, pertanto è importante stimare bene il proprio fabbisogno aziendale. Nel Grafico 2 è possibile osservare come all'aumentare dei giorni di lattazione cali la produzione lattea, e viceversa. Riuscire a tenere a livelli costanti i giorni di lattazione e le cellule somatiche permette di mantenere



Grafico 2 Azienda di bovine da latte. In rosso giorni medi in mungitura; in blu produzioni lattee (Kg).

efficienti le produzioni, oltre che di diminuire i costi legati ai “giorni aperti” e al mancato guadagno legato al costo razione/bassa produzione.

Il miglioramento della salute e della produttività riducono gli sprechi causati da malattie e da inefficienza riproduttiva. Oltre a rappresentare un metodo di lavoro virtuoso per l'economia aziendale, il benessere animale, la lotta all'antibiotico-resistenza, fanno parte delle strategie che ogni azienda dovrebbe mettere in atto per mitigare l'impatto dell'allevamento bovino sui cambiamenti climatici (Statham J. *et al.*, 2017).

## 1.7 Strategie alimentari

La gestione della razione alimentare dei bovini da latte e da carne può avere alcuni effetti mitiganti” (Beauchemin K.A. *et al.*, 2022).

Al fine di impostare una razione alimentare che contenga le emissioni di GHG è necessario agire su più fronti:

1. prediligere coltivazioni in grado di stoccare carbonio nel suolo e usare foraggi di alta qualità, **alto contenuto di fibra digeribile** (Toensmeier E. 2016. Samal L. & Dash S. K., 2022).
2. ridurre la quantità di **azoto contenuta nelle escrezioni** (urine e feci), che origina protossido di azoto (Ronchi B. *et al.*, 2022);
3. **aumentare l'efficienza d'uso delle risorse aziendali** e diminuire le emissioni dovute ai trasporti;
4. ridurre le **emissioni enteriche** di metano dei bovini tramite aumento della **digeribilità** della razione (Beauchemin K.A. *et al.*, 2022);
5. ridurre le **emissioni enteriche** di metano tramite utilizzo di additivi.

Vediamo come intervenire punto per punto.

1. Incentivare le produzioni vegetali che hanno effetti mitiganti e **aumentare la componente di fibra digeribile della razione.**

I ruminanti sono allevati da millenni per convertire alimenti fibrosi, che l'essere umano non può digerire (erba, arbusti, foglie di alberi), in fonti di cibo edibili (Beauchemin K.A. *et al.*, 2022. Toensmeier E. 2016). I mangimi concentrati sono costituiti principalmente da semi di graminacee e leguminose, per la cui produzione sono necessarie colture annuali che emettono più GHG rispetto alle poliennali e a quelle permanenti (Toensmeier E. 2016). Va anche ricordato che le lavorazioni del suolo e la conversione di prati pascoli e boschi in colture annuali aumenta le emissioni di GHG (FAO, 2013). I mangimi concentrati, rispetto ai foraggi, determinano meno emissioni di metano dalle fermentazioni enteriche dei bovini, tuttavia aumentare la quota di mangimi concentrati nella loro dieta comporta problemi di competizione alimentare tra essere umano e animale, nonché rischi per la loro salute. (Beauchemin *et al.*, 2020). Al contra-



Le frasche stimolano la salivazione e la ruminazione del bovino aumentandone l'efficienza digestiva.

rio i foraggi che derivano da **colture poliennali**, come ad esempio i prati di erba medica, **permanenti**, come i prati e i pascoli naturali, **e da alberi e arbusti**, da un lato sequestrano attivamente gas serra nel suolo, dall'altro, grazie alla minore frequenza delle lavorazioni del terreno, ne limitano le emissioni. (Toensmeier E., 2016); è tuttavia necessario che le foglie di alberi e arbusti non siano eccessivamente lignificate, poiché questo fattore può aumentare le emissioni di metano. Parliamo dell'uso dei foraggi arborei nella razione dei bovini nel 3° e nel 5° vol. della collana.

Esistono prove scientifiche sostenenti l'ipotesi che, considerando tutto il sistema azienda, e non solo l'elemento razione, le maggiori emissioni dei bovini nutriti principalmente a foraggi possono essere controbilanciate dal sistema foraggero, e in alcuni casi il bilancio dei gas serra risulta essere in pareggio o negativo, perché la quota di carbonio stoccata nel suolo, sotto forma di sostanza organica, supera o bilancia la quota di gas serra emessi (Rowntree *et al.*, 2020, Soussana *et al.*, 2010). Tali sistemi forniscono inoltre una serie di servizi ecosistemici, descritti nel cap. 1. Basare la razione dei bovini su produzioni foraggere locali rende inoltre l'azienda maggiormente indipendente dal mercato globale. Sulla base di quanto riportato, proponiamo una prima indicazione per l'impostazione della razione dei bovini: utilizzare un'ampia quota **di foraggi locali o autoprodotti di elevata qualità**.

2. Ridurre la quantità di **azoto contenuta nelle escrezioni** (urine e feci), che origina protossido di azoto.

Il modo principale per contenere le escrezioni azotate è avere un *basso tenore proteico* in razione (Ronchi *at al.*, 2022). Il bovino con produzioni medie è in grado di ricavare dalle fermentazioni ruminali della fibra, la maggior parte delle proteine di cui ha bisogno (proteine di origine microbica), e affinché ciò si realizzi in modo efficiente è necessario che la fibra sia facilmente digeribile e che la razione sia bilanciata. Bisogna anche tener conto del fatto che animali con elevate produzioni necessitano di diete a maggiore concentrazione proteica rispetto ad animali con produzioni medio-basse. È quindi fondamentale trovare un punto di equilibrio tra produzione, esigenze nutrizionali e razionamento. Tratteremo questi aspetti nel 5° vol. della collana, dedicato all'alimentazione. Da ricordare che l'eccesso di azoto nelle escrezioni causa modificazioni della composizione dei prati e dei pascoli, favorendo specie nitrofile come il romice.

3. **Aumentare l'efficienza d'uso delle risorse aziendali** e diminuire le emissioni dovute ai trasporti.

**L'efficienza d'uso delle risorse aziendali** si può ottenere incentivando l'autoproduzione di alimenti per gli animali, facendo attenzione all'equilibrio nutrizionale della razione e alla sua adeguatezza alla fase fisiologica del bovino, con una maggiore attenzione alla somministrazione degli alimenti agli animali (spazi in mangiatoia, ecc.) e con una riduzione degli sprechi tramite strutture e attrezzature funzionali. Una ottimale qualità dell'erba e dei foraggi conservati rende efficiente il sistema in quanto l'energia investita per la produzione degli alimenti viene ripagata da adegua-



Erba in stadio vegetativo giovanile e fieno fine e morbido danno importanti apporti di proteine e fibra digeribile.

te produzioni, anche perché foraggi di qualità sono appetibili e quindi determinano una ottimale ingestione da parte dei bovini, oltre a fornire energia e proteina di origine microbica. **Il controllo dei parametri nutrizionali dei foraggi e dei mangimi** aiuta a verificare che la nutrizione dell'animale sia rispondente alla formulazione della razione.

Alcune fonti citano l'**aumento della proteina nella razione** come strategia di mitigazione, in quanto aumenta le produzioni animali, ma a nostro avviso non è consigliabile poiché rende l'azienda maggiormente dipendente da fonti proteiche esterne (e spesso di importazione, come la soia), ed anche dal mercato globale (volatilità dei costi), rende meno economica la razione, e rende le deiezioni animali ricche di azoto con aumento delle emissioni legate ai reflui. Inoltre, quando si aumenta la quota proteica in razione, è necessario aumentare anche la sua quota energetica incrementando il livello di amido, per fornire ai microrganismi ruminanti l'energia necessaria per utilizzare l'azoto proveniente dalla maggiore degradazione proteica (Ronchi B. *et al.*, 2022). Come fonte amidacea si usano i cereali, con i pro-

blemi di maggiori emissioni già citati al punto 1.

4. Ridurre le **emissioni enteriche** di metano dei bovini.

Si ottiene **migliorando la digeribilità della razione** (Beauchemin *et al.*, 2019); nel caso dei foraggi la loro digeribilità diminuisce all'aumentare della lignificazione della fibra. La presenza di lignina nella razione si limita facendo attenzione alle lavorazioni dei fieni, e impostare il piano di pascolamento in modo che l'erba e le foglie di alberi e arbusti consumate siano ad uno stadio vegetativo giovanile. Si parla di qualità dei fieni nel 5° vol. di questa collana, e di gestione dei pascoli nel 3° vol. La digeribilità della fibra si può aumentare con la trinciatura, che tuttavia riduce la produzione di saliva e le sollecitazioni meccaniche ruminanti, e quindi è consigliabile un uso moderato in razione.

5. Ridurre le emissioni enteriche di metano tramite utilizzo **di additivi**.

Per non aumentare la dipendenza dell'azienda da fonti esterne, è consigliabile orientarsi verso gli additivi mitiganti naturalmente presenti nei foraggi. I **tannini** sono composti polifenolici presenti per esempio nelle fra-

ADDITIVO	POTENZIALE DI RIDUZIONE EMISSIONI CH4	PRATICITÀ	LIMITAZIONI
Acidi organici (Fumarato, Malato)	Basso/Medio	Poco praticabile per scarsa economicità	Scarsa economicità
Oli essenziali	Medio/Alto	Naturalmente presenti in alcune piante. Integrabili alla razione in animali in stalla	Possibili problemi di dismicrobismo ruminale e riduzione digeribilità della razione
Tannini	Medio/basso	Possono essere aggiunti alla razione e sono naturalmente presenti in alcuni foraggi	Bisogno di studi in vivo. Potenziale effetto negativo sulla digeribilità della fibra
Ionofori (Monensina)	Basso	Vietato l'utilizzo in Europa nell'alimentazione animale in quanto antibiotico	Vietato l'utilizzo in Europa nell'alimentazione animale in quanto antibiotico
Integrazione lipidica	Medio	Alta in animali nutriti in stalla. Bassa in animali al pascolo	Può essere costosa. Può diminuire la digeribilità della fibra. Necessità di studi sull'effetto sulla qualità di latte e carne
Recettori di elettroni (nitrati, solfati)	Medio/basso	Utile in diete con basse % di proteina. Uso di blocchi per animali al pascolo	Rischio tossicità. Può aumentare l'escrezione di azoto
Inibitori metanogenesi (3NOP, Metil CoM)	Alto	Alta in animali nutriti in stalla. Bassa in animali al pascolo	Parere EFSA del 2021: sicuro per vacche da latte. Non pericoloso per il consumatore finale. Irritante per cute e occhi, da indagare il suo potenziale mutageno sul DNA
Biochar	Medio/Basso	Alta in animali nutriti in stalla. Bassa in animali al pascolo	Risultati su efficacia non univoci in letteratura. Diminuzione degradabilità della fibra. Presenza di idrocarburi aromatici policiclici

**Tabella 3** Additivi per la riduzione della metanogenesi a livello ruminale: potenziale di riduzione, praticità e limiti (Patra *et al.*, 2017, Llonch *et al.*, 2017).

sche di olivo e quercia e nella cicoria. Sono utili ai bovini per la loro attività antimicrobica, antiossidante, antiparassitaria e antidiarroica (vedi 1° vol.) e riducono la sintesi di metano a livello ruminale (Ku-vera *et al.*, 2020, Ugbo-gu *et al.*, 2019). Gli **oli essenziali** sono composti aromatici prodotti come metaboliti secondari dalle piante con una grande varietà di funzioni (vedi 1° vol). Alcuni di essi hanno dimostrato di possedere un'attività antimicrobica ad ampio spettro nei confronti di batteri, virus, funghi e protozoi. Tra i più studiati al fine della mitigazione delle emissioni troviamo quelli ottenuti da

origano, timo, cannella e agrumi. Si suppone che possano inibire i microrganismi ruminali produttori di metano. Il loro utilizzo in razione deve essere attentamente valutato in quanto può risultare dannoso per i microrganismi e quindi alterare le fermentazioni ruminale e la digeribilità degli alimenti. Va inoltre evidenziato che l'uso interno di alcuni oli essenziali può comportare un rischio di tossicità per gli animali. Sono state formulate in prodotti commerciali delle miscele di oli essenziali ottenuti da piante diverse con lo scopo di ridurre le emissioni di metano. Il **biochar** è carbone vegetale otte-



Copertura area stoccaggio reflui zootecnici.



nuto dalla pirolisi di legno o paglia. In medicina veterinaria è utilizzato come rimedio per i disturbi digestivi, somministrandolo nella razione per periodi limitati di tempo. Negli ultimi anni ha suscitato interesse per il suo potenziale di ridurre le emissioni di metano anche se il suo meccanismo d'azione all'interno del ruminante deve ancora essere chiarito. In letteratura sono presenti alcuni studi promettenti sulla sua efficacia (Honan *et al.* 2021, Black *et al.* 2021), ma vanno considerati la presenza di idrocarburi aromatici policiclici (sostanze potenzialmente cancerogene) e possibili effetti collaterali quali la diminuzione della digeribilità della fibra (Hilber *et al.*, 2019). C'è necessità di maggiori studi in vivo per verificare la sua efficacia come riduttore delle emissioni di metano e sulla sua sicurezza sanitaria a breve e lungo termine. Per il principio di precauzione se ne sconsiglia l'uso per periodi prolungati nell'alimentazione animale.

## 1.8 Gestione degli effluenti zootecnici

Nella gestione delle deiezioni, i fattori che maggiormente influenzano le emissioni sono la quantità prodotta, che dipende dal numero di capi allevati e dal tasso di produzione per animale, la gestione delle deiezioni in stalla, le condizioni di stoccaggio e le modalità di distribuzione degli effluenti in campo. La rimozione regolare delle deiezioni negli ambienti di stalla e paddock risulta importante per ridurre le emissioni di ammoniaca, precursore del protossido di azoto, quando si ha una gestione classica della lettiera. Considerazioni diverse invece vanno fatte per la corretta gestione della lettiera permanente (vedi vol 1°) e compostaggio. La realizzazione di **coperture degli stoccaggi dei reflui** zootecnici rappresenta un'importante misura di contenimento delle emissioni di ammoniaca e di metano. Tuttavia, essa comporta dei costi elevati.

La distribuzione degli effluenti in campo risulta un'altra fase critica: nel caso di effluenti liquidi, ad esempio, l'impiego di iniettori può ridurre le emissioni

di GHG. La specie coltivata condiziona le emissioni di protossido sia in funzione della sua capacità di assorbire l'azoto che in relazione al tipo di pratiche colturali che essa richiede. A colture che necessitano di un maggior livello di fertilizzazioni azotate come il mais, o di lavorazioni del terreno più frequenti, è in generale associato un livello di emissioni più elevato.

Per approfondire si consiglia di consultare il manuale di "Tecniche di distribuzione degli effluenti zootecnici e agro-energetici" edito da Veneto Agricoltura (2014) e scaricabile inquadrando il QRcode a fianco.



Secondo l'approccio agroecologico, che prevede il ciclo chiuso dei nutrienti, la concimazione organica va sempre preferita alla concimazione con composti azotati di sintesi. Si consiglia comunque di seguire un piano di concimazione preciso, considerando che l'iperconcimazione dei campi causa lisciviazione dell'azoto nelle acque con eutrofizzazione e inquinamento da nitrati.

### I digestori anaerobici

Gli impianti per la produzione di biogas sono associati a sistemi zootecnici con un elevato carico animale, e la loro realizzazione è un modo per valorizzare i reflui in eccesso. Lo stoccaggio dei reflui in condizioni anaerobiche nei digestori abbatte le emissioni di protossido di azoto, secondo le linee guida IPCC (Eggleston *et al.*, 2006), poiché tale gas per formarsi ha bisogno anche di ossigeno. Per saperne di più: <https://www.consorziobiogas.it/>, <https://farmingforfuture.it/>

## 1.9 Il processo di compostaggio

Con questa pratica possiamo riciclare in condizioni controllate la sostanza organica di scarto delle nostre attività, ottenendo un prodotto, il compost, eccellente per fertilizzare il terreno e al tempo stesso limitare le emissioni di metano, di ammoniaca e di protossido di azoto dei reflui zootecnici.

### Ciclo della sostanza organica e compostaggio

Per sostanza organica intendiamo l'insieme di sostanze vegetali, animali e microbiche in qualsiasi stadio di trasformazione: sostanza organica, per esempio, è una foglia, un frutto, una radice, sono le deiezioni di un animale, il corpo di un insetto morto, la maggior parte dei prodotti della loro decomposizione e l'humus. La sostanza organica è cibo per animali e microrganismi che la trasformano e la riciclano. Per esempio, una foglia caduta a terra può essere il punto di partenza per una catena alimentare in cui qualcuno la mangia, dopodiché costui viene mangiato da qualcun altro, oppure i residui del suo pasto sono usati da altri come alimento e così via, fino alla trasformazione della materia originaria **in humus ed elementi nutritivi** per le piante. L'humus migliora la fertilità del terreno aumentandone le capacità di trattenere acqua e principi nutritivi, di far circolare acqua e ossigeno e di ridurre forme di perdita della fertilità fisica, come la formazione di crosta superficiale, compattamento ed erosione. I principi nutritivi sono assorbiti dalle piante e usati come materia prima per produrre nuove sostanze con



Cumulo di compost.



Lettiera bovina prima del compostaggio.

cui la pianta costruirà fusti, fiori, frutti, foglie e radici, chiudendo così il ciclo dei nutrienti.

La trasformazione della sostanza organica è dunque un fenomeno biologico spontaneo in natura, basti osservare nel corso delle stagioni in un bosco l'evoluzione dello strato di foglie e di detriti (lettieria) che si accumula a terra: è un processo che si svolge con discontinuità e lentezza, in altre parole con "i tempi della Natura". Il compostaggio è invece un processo più veloce e che sviluppa un rilevante calore: si tratta infatti di una "ossidazione biologica" della sostanza organica operata da organismi che, alla presenza di ossigeno, trasformano la materia grezza di

partenza in un prodotto relativamente stabile (cioè potenzialmente soggetto solo a trasformazioni molto lente), sicuro dal punto di vista sanitario, ricco di nutrienti per le piante e di composti che andranno a formare le sostanze umiche.

Il processo si compone di:

- a) una fase iniziale di intense trasformazioni delle sostanze più facilmente degradabili, che genera un elevato aumento delle temperature;
- b) una fase di maturazione, durante la quale il prodotto si evolve e poi si stabilizza, arricchendosi di precursori delle sostanze umiche.

AGENTE PATOGENO	TEMPI E TEMPERATURE
Cryptosporidium spp	Inattivato* in 72 ore a 37°C
Mycobacterium avium subsp. paratuberculosis	Inattivato in 72 ore a 53-55°C
Eimeria spp	Inattivate in 24 ore a 70°C
Uova di nematodi	Inattivate in 48 ore a 70°C
Streptococcus pyogenes	Muore in 10' a 54°C
Mycobacterium tuberculosis var. hominis	Muore in 15-20' a 66°C
Salmonella typhosa	Muore in 30' a 55-60°C e in 20' a 60°C
Escherichia coli	Inattivato in 41 giorni a 37°C, inattivato in 84 ore a 52.5°C

**Tabella 4** Inattivazione o morte di alcuni agenti patogeni della specie umana e del bovino in funzione della temperatura della fase di compostaggio (King & Monis, 2007, Collins, 2003, Idler *et al.*, 2019, Papajová, 2010). \*inattivazione: sospensione dell'attività



### Prima fase: il calore igienizza il cumulo

Questa fase è condotta prevalentemente da batteri aerobi (cioè che operano soltanto in presenza di adeguate quantità di ossigeno) e interessa sostanze facilmente degradabili come zuccheri solubili (per esempio glucosio, fruttosio, saccarosio), acidi organici, proteine, alcuni tipi di grassi.

In questo passaggio il consumo di ossigeno è notevole, così come la liberazione di calore che fa aumentare la temperatura della massa a 60°C e più (la rottura dei legami che tengono assieme gli atomi che formano queste sostanze libera energia sotto forma di calore). **Perché questa fase riesca bene, è necessario che la massa sia adeguatamente idratata e che sia permeabile all'aria in modo che acqua e ossigeno necessari ai microrganismi siano presenti nelle giuste quantità.**

In questa fase rapida e tumultuosa - tipica del compostaggio domestico, aziendale ed industriale, ma rara negli ecosistemi naturali - la degradazione della materia porta alla temporanea formazione di composti tossici per le piante che però sono in breve tempo resi innocui dalle popolazioni microbiche: si tratta di sostanze che riconosciamo per l'odore acre (in questo caso il compost puzza). Se questo passaggio avvenisse nel terreno, a contatto con le radici o i semi delle piante coltivate, sarebbe dannoso: ecco, dunque, perché non è opportuno usare come fertilizzante del compost che ancora "scalda" e/o ha un odore pungente, a meno che non lo si interri con largo anticipo rispetto all'inizio delle coltivazioni, cioè almeno 2-3 mesi prima, affinché questa particolare fase si

concluda per tempo. L'innalzamento di temperatura è da considerarsi positivo: se questa è mantenuta a 60°C per almeno una settimana, la maggior parte dei semi delle erbe infestanti e degli organismi dannosi per le piante, l'uomo e gli animali da allevamento sono devitalizzati: in altre parole la massa viene "igienizzata".

Va tenuto presente che l'igienizzazione riguarda solo la parte del cumulo che raggiunge le alte temperature, cioè quella idratata e ossigenata: la parte che non subisce questo trattamento dev'essere portata nelle condizioni di riceverlo e pertanto il cumulo va rivoltato dopo 2-3 settimane, in modo da far arrivare al centro quello che stava in periferia e spostare in periferia quello che era al centro e che è già stato igienizzato.

Il prodotto che si ottiene al termine di questa fase è il così detto "compost fresco", un materiale bonificato da organismi dannosi e semi di erbe infestanti, ma non ancora abbastanza evoluto per essere considerato un



Compost fresco: i materiali vegetali sono ancora visibili.

buon fertilizzante, non essendo ancora entrato nella fase di maturazione, cioè quella che avvierà la formazione delle sostanze umiche. Considerati i necessari rimescolamenti del cumulo, in genere questa fase si conclude dopo 2-3 mesi dall'ultima introduzione di materia grezza.

### Seconda fase: il cumulo matura

Questa fase è condotta prevalentemente da funghi e attinomiceti (batteri dal corpo filamentoso simile a quello dei funghi) e inizia quando quasi tutte le sostanze più facilmente aggredibili sono già state trasformate e, di conseguenza, gran parte dei microrganismi che le avevano usate come nutrimento è morta di fame. Da questo momento in poi l'evoluzione del cumulo procede più lentamente, interessando in particolare cellulosa, lignina, suberina, cere e amido, cioè sostanze più recalcitranti alla decomposizione rispetto a quelle della prima fase. La temperatura si abbassa a 40-45 °C per poi portarsi stabilmente a qualche grado sopra quella ambientale. Nella fase di maturazione il cumulo è colonizzato anche da piccoli animali (insetti, lombrichi, millepiedi, acari, ecc.) la cui attività è essenziale perché essi triturano ancor più finemente il materiale in trasformazione, rendendolo meglio accessibile ai microrganismi, rimescolano il cumulo e lo arieggiano, contribuendo in modo significativo alla buona riuscita del compostaggio.

Il prodotto che ne risulta è il così detto "compost maturo", cioè un fertilizzante che si dovrebbe riconoscere per le seguenti caratteristiche:

1. ha la consistenza del terriccio;
2. non si riconoscono più i materiali di partenza da cui ha tratto origine;



Compost maturo: materiali vegetali non più riconoscibili, aspetto di terriccio e colore scuro.

3. ha un colore marrone molto scuro, quasi nero;
4. non scalda più;
5. ha un buon "odore di bosco".

Se il compostaggio è stato ben eseguito, questo risultato viene raggiunto a partire da 8-10 mesi dall'allestimento del cumulo. Il prodotto ora è stabile, non libera più composti pericolosi e non scalda più, e pertanto può essere interrato anche pochi giorni dall'inizio delle semine e dei trapianti o venire a contatto con le radici delle piante.

### Quali materiali usare nell'allestimento del cumulo

Affinché il processo di compostaggio si svolga bene, è fondamentale fornire "buon cibo" agli organismi da cui dipende. A tal fine possiamo ripartire gli ingredienti del cumulo in due grandi gruppi:

A) materiali ben dotati di azoto e acqua, come sfalci d'erba, residui erbacei delle coltivazioni, scarti di cucina, deiezioni animali (tal quali), residui da biodigestato;



Macchina in azione per rivoltare il cumulo.

B) materiali ben dotati in lignina - sostanza essenziale per la genesi delle sostanze umiche - come foglie secche, paglia e legno (quest'ultimo non trattato con vernici o antiparassitari).

**Questi due gruppi di materiali dovrebbero essere prima sminuzzati e poi mescolati in volumi uguali.**

Il letame (deiezioni + lettiera) già contiene i due gruppi di ingredienti.

**Foglie secche, paglia e residui legnosi** sminuzzati sono importanti anche perché danno spessore (struttura) alla massa in trasformazione, facilitando la persistenza di canali che consentono un buon rifornimento di ossigeno (necessario ai microrganismi aerobi) e l'allontanamento dell'anidride carbonica (prodotto di rifiuto del metabolismo dei microrganismi aerobi). Oltre a questa fondamentale misura preventiva, anche il **rivoltamento periodico** del cumulo (possibilmente ogni 2-3 settimane) aiuta a ripristinare la permeabilità in eventuali zone compattate e quindi asfittiche (cioè la cui atmosfera



Stoccaggio della lettiera senza processo di compostaggio, non si ha maturazione del materiale i liquidi percolano generando inquinamento, pratica scorretta e illegale.

è povera di ossigeno e/o troppo ricca di anidride carbonica), evitando che si inneschino trasformazioni operate da microrganismi anaerobi, pericolose per la liberazione di sostanze tossiche per piante, animali e la maggior parte dei microrganismi.

Il calore generato nella prima fase fa perdere al cumulo acqua sotto forma di vapore ed occorre pertanto fare attenzione: se la massa si disidratasse troppo, il processo di compostaggio si fermerebbe non essendo i microrganismi più nelle condizioni di operare. In questa fase il cumulo dovrebbe essere per circa il 50% del suo peso fatto d'acqua ed è fondamentale, pertanto, monitorarne periodicamente l'umidità, per esempio stringendo forte in un pugno un po' di materiale: se gocciola c'è troppa acqua, se non gocciola ma il palmo resta umido ce n'è una giusta quantità, se il palmo resta asciutto ce n'è troppo poca. Di conseguenza, qualora ci fosse penuria d'acqua si bagnerà il cumulo,

qualora ce ne fosse in sovrabbondanza lo si rivolterà più spesso favorendone l'ossigenazione e l'evaporazione. Questa prova è possibile solo se eseguita su materiali sminuzzati. Troppi residui ricchi di lignina (più del 50% rispetto al volume del cumulo) rallentano il processo di compostaggio a causa della penuria di acqua e azoto necessari ai microrganismi. Invece troppi residui ricchi di acqua e azoto (più del 50% rispetto al volume del cumulo) appesantiscono il cumulo abbassandone la presenza di canali (l'acqua pesa) e di conseguenza ostacolando la circolazione dell'ossigeno a favore dei microrganismi anaerobi (indesiderati), la cui attività produce sostanze volatili tossiche e maleodoranti (metano, ammoniaca, acido solfidrico e altri composti tossici per tutti gli organismi, umani inclusi).

In ogni caso la gestione del cumulo e del compostaggio va fatta nel rispetto della normativa e si consiglia di documentarsi su quella in vigore nel territorio di interesse.




### Compostaggio e cambiamenti climatici

Anche il compostaggio svolge un ruolo importante nella mitigazione del cambiamento climatico, consente infatti di ridurre le emissioni dirette e indirette di gas climalteranti per:

- minor impiego di fertilizzanti di sintesi e di pesticidi;
- minori operazioni meccaniche di lavorazione del suolo grazie al miglioramento delle proprietà fisiche dello stesso;
- minori consumi energetici per l'irrigazione grazie alla maggiore capacità di ritenzione idrica dei suoli;
- l'accumulo di sostanza organica recalcitrante alla decomposizione che favorisce un aumento del contenuto di carbonio organico nel suolo e quindi il sequestro di anidride carbonica dall'atmosfera.



Pascolamento multispecie: bovini e volatili condividono l'area di pascolo.

UMIDITÀ DEL SUOLO		
Impressione sotto le dita	Osservazione	Conclusioni
 <p><b>DURA</b></p>	Sotto le dita, la terra si rompe a fatica	Rinunciare al lavoro del suolo. Spese energetiche troppo alte e degradazione meccanica del suolo dovuta agli attrezzi. Portanza ideale. Circolazione possibile senza limiti (tracce poco visibili).
 <p><b>FRIABILE</b></p>	La terra si sbriciola fra le dita e si frammenta naturalmente.	Ideale per la lavorazione. Il suolo è mobile e si frammenta naturalmente. Portanza media. Circolazione possibile, ma rischio di costipamento. (tracce visibili)
 <p><b>PLASTICA</b></p>	La terra si deforma o si impasta, senza rompersi	Rinunciare alla lavorazione. Anziché essere smosso il suolo si deforma e si compatta; rischio di danni permanenti. Portanza insufficiente. Forte rischio di costipamento. (tracce profonde).

Valutazione delle condizioni del suolo al fine di programmare le lavorazioni.

(Fonte "Costantini E., Conte L., La gestione del suolo in agricoltura biologica, 2008. Veneto Agricoltura)

## 1.10 Gestione agronomica e del pascolamento

La gestione del suolo è uno degli aspetti principali sia per la mitigazione che per l'adattamento ai mutamenti climatici. Tra i modelli di gestione del suolo che favoriscono la capacità di stoccaggio di CO<sub>2</sub> troviamo l'introduzione di colture da foraggio; impianto o preservare le siepi, le macchie e le

fasce tampone arbustive; aumentare la conversione dei seminativi a prati; incentivare la non lavorazione del terreno (Strategia Italiana di lungo termine sulla riduzione delle emissioni dei gas a effetto serra, 2021).

Il **pascolamento multispecie** ha un'importante capacità di sequestro del carbonio al suolo, e presenta delle emissioni nette di gas serra (somma delle emissioni e dei sequestri) infe-

riori rispetto ad un sistema convenzionale monospecifico (Rowntree *et al.* 2020). Tuttavia, il quadro normativo ne riduce la praticabilità per ragioni di biosicurezza.

Il transito delle macchine agricole sul terreno in tempera o plastico causa compattamento, così come il pascolamento animale nelle medesime condizioni, in particolare con carichi eccessivi.

Pratiche che agiscono positivamente sul processo di sequestro del carbonio al suolo, con effetto sia di mitigazione che di adattamento, sono quelle che riguardano la corretta gestione degli animali al pascolo, attraverso l'implementazione di **piani di pascolamento**, che vedremo nel terzo volume della collana. Al tempo stesso, è importante adottare delle pratiche agronomiche orientate a **preservare la presenza di vita nel terreno**, che trattiamo nel par. 6 del cap. 2 del presente volume. La modalità di gestione di un terreno (es. le lavorazioni, altre tecniche colturali) influenza il livello di emissioni di **protossido di azoto** ( $N_2O$ ). La profondità della lavorazione principale, infatti, condiziona la struttura del suolo, la capacità di infiltrazione dell'acqua e di conseguenza l'umidità e la concentrazione di ossigeno. Inoltre, la riduzione delle lavorazioni contiene la mineralizzazione della sostanza organica e la lisciviazione dell'azoto, oltre che ridurre il consumo di carburante per l'esecuzione degli interventi. Il volume di acqua somministrato con l'**irrigazione** e la tecnica di distribuzione possono influenzare le emissioni: irrigazioni con volumi eccessivi di acqua, soprattutto in terreni compatti, favoriscono condizioni di ristagno e la creazione di

un ambiente riducente, che induce la denitrificazione; questa condizione comporta anche rischi sanitari, come vediamo nel 1° vol.

## DOMANDE

- Quali pratiche di gestione dell'azienda metti in atto per contribuire alla mitigazione dei cambiamenti climatici?
- Quali conseguenze può avere l'eccessivo calpestamento del suolo/pascolo?
- Distribuire letame/liquame può avere effetti sull'accumulo di nitrati nelle falde?
- Quali conseguenze può avere l'eccessivo uso di fertilizzanti?
- Una coltura di mais e un prato hanno lo stesso impatto sul clima?
- Che impatti possono avere le lavorazioni profonde?
- Quali colture aumentano la fertilità del terreno?

**Cambiamento climatico:** variazione significativa dello stato medio del clima o della sua variabilità che si protrae per un periodo esteso, tipicamente di decenni o più.

**Global Warming Potential (GWP):** standard di riferimento internazionale, misura la quantità di energia che l'emissione di 1 kg di gas serra è in grado di assorbire in uno specifico intervallo di tempo rispetto all'emissione di 1 kg di CO<sub>2</sub>, il cui potenziale di riferimento è pari a 1 (Lynch 2019). In un arco temporale di 100 anni (GWP<sub>100</sub>), 1 kg di CH<sub>4</sub> corrisponde a 28 kg di CO<sub>2</sub>e, e l'emissione di 1 kg di N<sub>2</sub>O corrisponde all'emissione di 265 kg di CO<sub>2</sub>e.

**Fermentazione enterica:** processo digestivo che, con l'ausilio di microrganismi, scinde i carboidrati complessi strutturati in molecole semplici producendo energia e sottoprodotti quali il metano. La formazione di questo gas è particolarmente elevata nei ruminanti per la peculiarità dell'apparato digerente ed è invece di minore entità nelle altre tipologie animali.

**Effluenti zootecnici:** insieme delle deiezioni solide (palabili) e liquide (feci e urina, non palabili), da eventuali materiali solidi di origine vegetale usati come lettiera, da acqua di bevanda e di lavaggio, da resti di alimenti non utilizzati.

**Giorni aperti:** giorni tra il parto e il futuro concepimento della bovina. Più aumenta il valore di parto-concepimento più aumentano i giorni in cui la bovina non è gravida, ogni giorno in più rappresenta una perdita economica.

**Impronta carbonica:** l'impronta carbonica, o carbon footprint (anche chiamata inventario GHG, ossia dei GreenHouse Gas), è una misura che esprime in CO<sub>2</sub> equivalente il totale delle emissioni di gas ad effetto serra associate direttamente o indirettamente ad un prodotto, un'organizzazione o un servizio.

**Nitrificazione** (ione ammonio ossidato in nitrato in condizioni di aerobiosi).

Denitrificazione (nitriti e nitrati trasformati in N<sub>2</sub>O e N<sub>2</sub> in condizioni di anaerobiosi).

Sink di GHG: attività, processi, o meccanismi di rimozione (e sequestro) di biossido di carbonio (CO<sub>2</sub>) dall'atmosfera.

**Principio di precauzione:** strategia di gestione del rischio nei casi in cui si evidenzino indicazioni di effetti negativi sull'ambiente o sulla salute degli esseri umani, degli animali e delle piante, ma i dati disponibili non consentano una valutazione completa del rischio.

**Rimonta:** quota di giovani animali (manze) necessari a sostituire le bovine che escono dall'allevamento. Può essere interna quando le sole manze dell'allevamento sono sufficienti a garantire il ricambio delle bovine, esterna quando si devono acquistare animali da altri allevamenti.

**Riforma:** eliminazione di un animale dall'azienda. È involontaria quando gli animali escono dall'allevamento per un motivo indipendente dalla decisione del proprietario (ad esempio per malattia). È volontaria quando il proprietario decide, secondo criteri specifici, di togliere animali per fare spazio ad altri più sani o produttivi.

**Effetto di diluizione:** è un effetto che si crea quando in un sistema, a fronte di un certo input, si ottiene un più alto output rispetto ad un altro sistema. Nel caso delle bovine da latte, un certo ingresso di energia con l'alimentazione (input) genera una quantità di latte (output) più elevata rispetto ad una bovina dalle prestazioni inferiori. Questo permette di ridurre le emissioni di metano per kg di latte prodotto.

**Settore LULUCF:** (uso del suolo, cambiamenti di uso del suolo e silvicoltura), comprende l'uso di terreni, alberi, piante, biomassa e legname. L'ottimizzazione del LULUCF che può dare un contributo importante alla mitigazione. (REGOLAMENTO UE 2018/841).



# 02

**ADATTAMENTO  
AI CAMBIAMENTI  
CLIMATICI**



## 2.1 Impatti dei cambiamenti climatici sull'allevamento

L'innalzamento delle temperature, la maggiore variabilità climatica, l'aumento della frequenza ed intensità degli eventi estremi e l'incremento delle concentrazioni atmosferiche di biossido di carbonio si ripercuotono sulla salute animale e sulla produttività agricola funzionale all'allevamento (Cheng *et al.*, 2022).

La combinazione di più fattori, ad esempio l'aumento della temperatura, la maggiore concentrazione di CO<sub>2</sub> e la variabilità delle precipitazioni, influenza la quantità e qualità dei foraggi prodotti; alterazioni di temperatura e precipitazioni causano un aumento nell'insorgenza di malattie anche zoonotiche (Rojas-Downing *et al.*, 2017; Cheng *et al.* 2022; Bezner Kerr *et al.*, 2022).

## 2.2 Pratiche di adattamento

“Adattamento” significa agire sugli effetti attuali o previsti del cambiamento climatico, per prevenire o ridurre al minimo le conseguenze avverse, oppure sfruttare in positivo le opportunità che ne possono derivare. L'allevatore deve rendere il proprio sistema produttivo più resiliente, cioè adattabile agli stress e ai cambiamenti. Si effettua programmando le pratiche in un orizzonte temporale: a breve, medio e lungo termine. Sul **breve periodo** si potrà attuare un “adattamento progressivo” basandosi anche su esperienze pregresse, ad esempio anticipare l'epoca di sfalcio delle foraggere. Sul **medio e lungo periodo**, e dinanzi ad un cambiamento climatico più intenso, può essere necessario un “adattamento sistemico”, come una variazione della composizione o della dimensione della mandria o delle varietà colturali, oppure un “adattamento trasformativo”, che può comportare il passaggio ad un al-

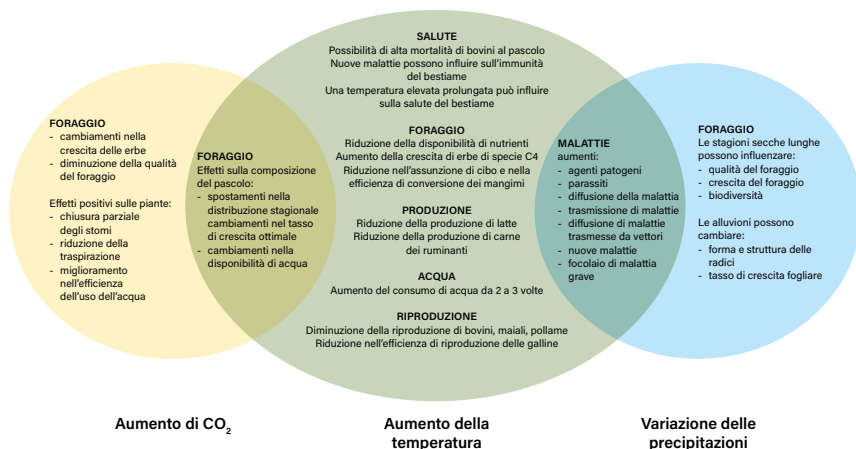


Figura 1 Impatti dei cambiamenti climatici sull'allevamento.



Vacche di razza Burlina al pascolo (Azienda pilota dimostrativa di Veneto Agricoltura, Villiagio - Sedico, BL).



Bovini al pascolo in ambiente con microclimi diversificati (Az. La casa del pastore, Montepiagno, Lastevasse, Vi).

tro sistema produttivo, ad esempio da sistema convenzionale specializzato a sistema agrosilvopastorale (Vermeulen *et al.* 2013). L'adattamento degli animali deve andare di pari passo con la **capacità adattiva dell'allevatore**, cioè l'abilità nel mettere in campo delle soluzioni gestionali in un contesto di clima che cambia.

In una prospettiva agroecologica è da auspicare l'esistenza di animali con ampia varietà di profili genetici e di razze a duplice attitudine, che siano adattabili a cambi del clima e a regimi alimentari legati ai territori, infatti la standardizzazione sia degli animali che delle condizioni di allevamento è in contraddizione col paradigma agroecologico che richiede un adattamento degli animali a condizioni locali in sistemi poco artificializzati legati al loro ambiente fisico (Phocas *et al.*, 2016). Tale pratica ha anche un effetto di mitigazione sui cambiamenti climatici, come illustrato nel cap. 1 di questo volume. Conviene optare per pratiche di adattamento che offrano benefici multipli, con ricadute positive anche in termini zootecnici e di servizi ecosistemici (Opio, 2020). Numerose pratiche di adattamento sono anche pratiche di mitigazione, come illustrato in figura 2.

### 2.3 Impatti dei cambiamenti climatici su salute, benessere animale e produzioni zootecniche

L'ambiente termico è dato dalla combinazione di temperatura, umidità e



Figura 2 Strategie di mitigazione e adattamento (Zhang *et al.* 2017, modificato), le pratiche elencate nella sezione al centro hanno effetti sia di mitigazione che di adattamento.

SOLUZIONE	PRATICA
Soluzioni alimentari	<ul style="list-style-type: none"> <li>- aumentare la quota di fibra digeribile in razione</li> <li>- ridurre la competizione sociale in mangiatoia per acqua e alimenti</li> <li>- corretto apporto proteico in razione</li> <li>- adeguare la razione alle risorse disponibili</li> <li>- integrazioni vitaminico-minerali</li> <li>- additivi</li> <li>- variazioni nella composizione/dimensione della mandria</li> <li>- adeguare il numero di animali alle risorse disponibili</li> <li>- prediligere razze bovine dotate di biodiversità genetica</li> <li>- aumento efficienza nella gestione zootecnica</li> <li>- adeguata frequenza di monitoraggio parassitologico</li> <li>- assicurare ombra e acqua per attenuare lo stress da caldo</li> <li>- adeguamento delle produzioni con il massimo potenziale nutritivo dei pascoli</li> <li>- salute e benessere animale</li> <li>- piani di pascolamento e pascolo turnato</li> <li>- agroforestazione</li> </ul>
Soluzioni gestionali	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ambienti con microclimi diversificati</li> <li>- accesso ad aree ombreggiate e protette da alberature</li> <li>- transumanza e monticazione</li> <li>- orientamento, composizione, struttura siepi frangivento</li> <li>- pascolamento multispecie (con funzione di contenimento della carica parassitaria, es. avicoli-bovini)</li> <li>- preservare la presenza di vita nel terreno</li> <li>- proteggere il suolo e disturbarlo il meno possibile</li> <li>- adeguare il calendario delle operazioni colturali (es. anticipo epoca sfalcio)</li> <li>- prediligere specie/varietà vegetali dotate di biodiversità genetica</li> <li>- corretto apporto dell'acqua di irrigazione</li> <li>- evitare l'impiego di concimi a pronto effetto</li> <li>- gestione ambienti di stalla</li> <li>- preferire un orientamento est-ovest</li> <li>- ottimale circolazione dell'aria</li> <li>- ridurre l'impatto delle alte e basse temperature</li> <li>- costruire con oculatezza</li> <li>- sistemi di fitodepurazione per reflui zootecnici</li> </ul>
Soluzioni formative	<ul style="list-style-type: none"> <li>- corsi in pratiche e tecnologie agroecologiche</li> <li>- rafforzamento competenze gestionali</li> <li>- utilizzo di sistemi di previsione e allerta precoce (es. allerte meteo, bollettini fenologici, bollettini epidemiologici, di difesa colture)</li> <li>- pianificazione, progettazione</li> </ul>
Altre soluzioni	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pianificazione di una strategia di adattamento di breve, medio e lungo termine</li> <li>- progettare con oculatezza</li> <li>- reimpiego di scarti agricoli per alimentazione animale</li> </ul>

**Tabella 4** Pratiche di adattamento ai cambiamenti climatici.

movimento dell'aria. Quando l'animale si trova in una zona di "confort termico" ha buone performance produttive con basso dispendio energetico. Le **ondate di calore** determinano una riduzione dell'assunzione di cibo e un

incremento di quella di acqua, aumentano la frequenza respiratoria e la sudorazione. Con un valore di THI (temperature humidity index) compreso tra 72 e 78 l'animale non riesce a termoregolare e vive una situazione di stress:

aumenta la temperatura corporea, si alterano il metabolismo energetico, lipidico, proteico, minerale, la funzionalità epatica e il sistema immunitario. Gli effetti negativi non si arrestano allo scomparire delle elevate temperature, ma possono permanere a lungo (Bagatha *et al.* 2019). Quando un elevato tasso di umidità è associato ad un'elevata temperatura, la termoregolazione è più difficoltosa. L'allevatore ha costi aggiuntivi per la

salute animale e minori proventi per la ridotta produttività (Rojas-Downing *et al.* 2017). Lo stress termico causa meno cali produttivi nelle vacche di razze a duplice attitudine (Gaughan *et al.* 2019). I bovini da latte sono più vulnerabili rispetto ai bovini da carne; le vacche a elevata produttività, a causa dell'intenso metabolismo, presentano maggiori problemi.

**Malattie emergenti** sono collegate al cambiamento climatico, sia per una

## SCEGLIERE LE SOLUZIONI DI ADATTAMENTO

La scelta delle soluzioni di adattamento dipende dalla tipologia dei fattori di stress (es. aumento della presenza di agenti patogeni, riduzione della produttività e qualità foraggera), dall'orizzonte temporale che si considera, e va ponderata sulla base del contesto territoriale e aziendale.

*Un esempio: in un contesto di cambiamento climatico caratterizzato da un innalzamento delle temperature ed una riduzione della frequenza e quantità di pioggia, un allevatore che alleva vacche da latte altamente produttive, con prati da sfalcio ed una coltivazione di mais da insilato gestita con tecniche agronomiche convenzionali, si trova a dover fronteggiare fattori di stress multipli che aumentano la vulnerabilità del sistema zootecnico. Le bovine sono più soggette a problemi sanitari e dismetaboliche, e si riduce il tasso di concepimento. La scarsità di precipitazioni si traduce in una minor disponibilità di acqua a fini irrigui per soddisfare i fabbisogni del mais e in una ridotta produzione di biomassa sia di fieno che di mais insilato. Lo stress da caldo favorisce la proliferare di muffe e di conseguenza di micotossine, le quali compromettono la qualità del prodotto e lo rendono inutilizzabile a fini mangimistici. Tale situazione può compromettere la sostenibilità economica aziendale, nel momento in cui la diminuzione delle produzioni di latte è accompagnata dall'aumento dei costi alimentari e della dipendenza da materie prime extra-aziendali. L'allevatore potrà affrontare il rischio climatico adottando una **strategia di adattamento sul breve periodo** che preveda, ad esempio, una variazione della razione alimentare, e opportune pratiche di gestione del terreno agrario. Per quanto riguarda le micotossine è consigliabile coltivare cereali a minore rischio come sorgo e cereali autunno vernini e, al momento della mietitura, fare analisi rapide per dividere i lotti già infestati in campo dagli altri. Su un **orizzonte temporale di medio periodo**, l'allevatore potrà decidere, ad esempio, di apportare delle migliorie strutturali per un maggior raffrescamento dell'ambiente di stalla, di impiegare mezzi meccanici per rimuovere il mangime contaminato da micotossine, di scegliere colture con meno esigenze idriche come il sorgo. Secondo una **strategia di lungo periodo**, potrà decidere di allevare razze più termotolleranti e con minori esigenze nutrizionali, sviluppando una strategia commerciale per valorizzare il latte prodotto, aumentare l'ombreggiamento delle aree limitrofe alla stalla attraverso la piantumazione di specie arboree, prediligendo la produzione di fieno, essendo un prodotto meno a rischio di contaminazione da micotossine, e così via.*

diversa sopravvivenza ambientale dei microrganismi e/o dei loro vettori, sia per le alterazioni delle risposte immunitarie. L'innalzamento della temperatura aumenta la morbilità e mortalità animale e può favorire l'emergenza di nuove malattie anche con potenziale zoonotico. Inverni miti consentono la sopravvivenza delle popolazioni di patogeni e la primavera anticipata una loro maggiore proliferazione. Da un'indagine su 514 allevamenti italiani risulta che 7 allevatori su 10 hanno riscontrato una maggiore frequenza di malattie e attacchi parassitari sia ai vegetali che agli animali in relazione ad ondate di calore (ISMEA, 2018). Patologie del bovino la cui incidenza è in aumento in relazione al cambiamento climatico sono le **malattie trasmesse da vettore**, come babesiosi e febbre catarrale, emergenti come il virus di Schmallenberg, o la cheratocongiuntivite infettiva del bovino, causata da *Moraxella bovis* e principalmente trasmessa da mosche. Mutate condizioni pedoclimatiche sono responsabili del cambiamento nell'epidemiologia delle **parassitosi al pascolo**.

Un'elevata umidità dell'aria favorisce la moltiplicazione di batteri, parassiti e muffe. In queste condizioni, soprat-

tutto se associate a sovraffollamento, può aumentare l'incidenza e la severità delle patologie respiratorie del bovino e delle dermatofitosi, le cosiddette "tigne".



Grave caso di pediculosi complicata da micosi, favorite dal clima umido.

## 2.4 Pratiche zootecniche per l'adattamento

Per ridurre gli effetti avversi si deve innanzitutto monitorare la situazione e comprendere le risposte degli animali. È necessario, inoltre, adottare un approccio sistemico volto a ridurre gli stress ambientali e mantenere gli animali in salute, per garantirne il benessere e ottenere performance produttive soddisfacenti.

### EFFETTI NEGATIVI DELLO STRESS DA CALORE

- **sanitari:** immunodepressione, malattie metaboliche, malattie infettive, aumentata incidenza di laminiti, mastiti, metriti, prolasso uterino, acidosi e dislocazione dell'abomaso;
- **mortalità** con caldo elevato e prolungato;
- **produttivi:** calo della quantità di latte, peggioramento della qualità (calo di grasso, proteine e aumento delle cellule somatiche);
- **riproduttivi:** riduzione delle manifestazioni estrali, diminuzione tasso di concepimento e aumento dell'intervallo interparto.

(Bagatha *et al.* 2019; Cheng *et al.* 2022)

Per quanto riguarda la **gestione sanitaria** è necessario monitorare i patogeni emergenti e mettere in atto strategie di contenimento, come illustrato nel primo volume della collana. Pratiche come la **transumanza** e la **monticazione** sono di aiuto. Un'altra utile pratica è l'**adeguamento delle produzioni**: nelle bovine da latte far coincidere il **picco della produzione** lattea con il **potenziale nutritivo** dato dai pascoli, evitando che il picco di lattazione coincida con i mesi caldi.

### Le strutture

Sul breve periodo gli animali sono in grado di attivare dei meccanismi di acclimatazione e l'allevatore può incentivare tale adattamento con opportune pratiche. I **ricoveri** devono essere costruiti in modo da **ridurre l'impatto delle alte e basse temperature** tenendo presente il clima del territorio, inclusi i venti dominanti. Alle latitudini che caratterizzano il territorio italiano, la mag-

giore incidenza delle radiazioni solari nelle stalle con orientamento nord-sud peggiora le condizioni microclimatiche ed è quindi da preferire l'**orientamento est-ovest**.

È consigliabile che le strutture siano coibentate e aperte, con un'ottimale circolazione d'aria, anche per eliminare gas nocivi come ammoniaca, anidride carbonica e idrogeno solforato, oltre a umidità ambientale e polveri, senza che correnti d'aria fredda colpiscano direttamente gli animali, in particolare i giovani. Assicurarsi inoltre che ci siano **ombra** ed **acqua** sufficienti per attenuare lo stress da caldo, e adeguare il **numero di animali** alle risorse presenti. Vi devono essere almeno 10 cm a capo per l'abbeverata a vasca, o, nel caso di abbeveratoi a tazza, almeno uno ogni 10 animali. Se non vi sono spazi adeguati bisognerebbe ridurre il numero di bovini, in quanto essi tendono ad abbeverarsi in modo sincrono. La tempera-



Una buona coibentazione della stalla e circolazione d'aria determinano un clima favorevole (Fattoria Ai Capitani, Schio, Vi).

## INDICATORI DI STRESS DA CALDO

Gli animali evitano di sdraiarsi su aree isolate (con lettiera o tappetini) e giacciono su pavimenti duri e non isolati

Il mantello dei bovini è intriso di sudore

Aumento della frequenza del respiro

Perdita dell'appetito e riduzione dell'assunzione giornaliera di sostanza secca

Diminuzione della produzione di latte e degli incrementi di peso

BOX

tura dell'acqua non dovrebbe superare i 27°C. Consigliabili i **sistemi di raffrescamento** come ventilatori e docce. È opportuno ventilare anche la zona di riposo, oltre la corsia di alimentazione, per evitare che gli animali restino in piedi. Finestrature in plexiglass nei tetti contribuiscono all'aumento della temperatura ed è perciò consigliabile dipingerle o coprirle di nero.

### La genetica

Nei bovini l'adattamento può essere di tipo **fenotipico**, se si considera un orizzonte temporale breve, oppure **genetico**, se il periodo di tempo è più lungo. Una genetica molto produttiva porta gli animali ad avere un metabolismo più accelerato e quindi ad avere una minor capacità di adattamento verso lo stress da caldo (Becker C.A. *et al.*, 2020). Alimenti sensibili a carenza di acqua come il mais, rispetto a una genetica rustica. Le razze bovine dotate di **biodiversità genetica** sono in grado di esprimere capacità di adattamento secondo i meccanismi dell'epigenetica, che consentono alle popolazioni di animali di esprimere una grande variabilità di geni in tempi rapidi (Gaughan *et al.* 2019). Utile allevare le razze autoctone, già adattate al clima locale e a possibili stress nutrizionali. Animali più rustici hanno maggiori possibilità di salute e mantenimento delle produzioni in condizioni climatiche estreme, anche perché sono meno esigenti in termini di fabbisogni nutrizionali, ma tendono ad avere basse performance produttive (Gaughan *et al.* 2019). Si può attuare un miglioramento genetico tramite l'incrocio con razze tolleranti. Vi sono studi di **genomica** (Conte G. *et al.* 2023) che si stanno occupando di identificare geni che ren-



Strutture con cui si regolano ombra e circolazione d'aria.



Una soluzione è una fessurazione lungo la linea di colmo del tetto (Lastaben, 2020).





Recupero aree prative tramite pascolo razionale turnato.



Bovini al pascolo in sistema agrosilvopastorale, Az. Bifarm (Quarto d'Altino, Ve).

dono gli animali più adattabili alle alte temperature. La selezione di animali più termotolleranti si prefigura come una strategia di **lungo periodo**.

*Un esempio: allevare razze a duplice attitudine è una pratica di adattamento, trattandosi di animali rustici, ma ha anche un effetto di mitigazione, come visto nel cap. 2. Inoltre, essendo buoni pascolatori e con contenuti fabbisogni nutrizionali, si può limitare il costo razione e utilizzare risorse foraggere anche in aree interne, con recupero di prati rimboschiti e di paesaggio, come*



Le siepi sono oasi di biodiversità.

*avviene nell'azienda "La Casa del Pastore" a Lastebasse (Vi).*

#### 2.4.1 - Siepi e alberature

Un progetto agroforestale è di grande aiuto per l'adattamento al clima. Le **siepi** frangivento riducono in modo significativo la velocità del vento e consentono di mitigare sia le alte che le basse temperature.

Sul lato nord dell'azienda è utile utilizzare piante sempreverdi in modo che vi sia fogliame in inverno, mentre a sud può convenire la presenza di piante a foglie caduche per permettere che du-

rante l'inverno arrivano luce e calore sulla stalla. In aperta campagna le siepi rallentano la velocità del vento, riducono i fenomeni erosivi e l'evapotraspirazione, consentendo di preservare l'umidità nel terreno a vantaggio delle essenze del pascolo (Pavari, 1956; Pasini, 2022; Panozzo *et al.*, 2022; Piotto *et al.*, 2023-a; Piotto *et al.*, 2023-b).

Al **pascolo** gli effetti frangivento e ombreggiamento delle **alberature** riducono le temperature giornaliere dell'aria e del suolo nella zona protetta, e nei mesi estivi la temperatura dell'aria può abbassarsi fino a 2-3°C durante le ore più calde della giornata rispetto al pieno sole (Pasini, 2022; Panozzo *et al.*, 2022). Nei mesi invernali, invece, la presenza di siepi frangivento può limitare l'impatto di correnti d'aria fredda, innalzando la temperatura media dell'aria nelle aree protette e riducendo il rischio di gelate, come si vede in figura 3.



I bovini hanno a disposizione aree con differenti ombreggiate (Az. Juvenilia, Schio, VI).

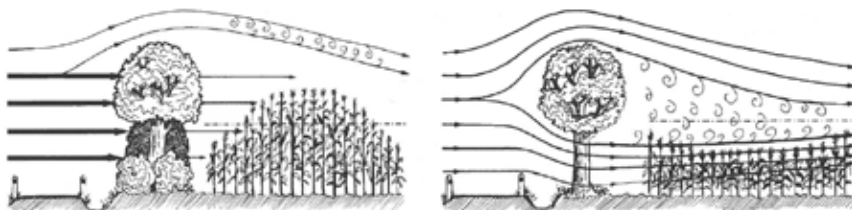
L'ideale è che i bovini abbiano a disposizione **ambienti con microclimi diversificati** in modo che le loro capacità di adattamento li guidino verso gli ambienti più indicati in ogni periodo, orario della giornata, attività quali pascolamento, riposo, ruminazione. È fondamentale, quindi, che abbiano accesso sia a versanti aperti e ventilati, sia ad aree protette, tenendo conto



- 1 In inverno, le siepi orientate N-S limitano l'impatto di correnti d'aria fredda provenienti da est, innalzando la temperatura media dell'aria nelle aree protette e riducendo il rischio di gelate.
- 2 In estate, le siepi orientate E-O non bloccano i venti dominanti da est consentendo la presenza di brezze fresche, mentre l'ombreggiamento del pascolo a N del filare riduce le temperature medie dell'aria durante il giorno.

- 3 La presenza di boschetti consente di rinfrescare le aree circostanti.
- 4 La presenza di alberature isolate nelle aree di pascolo può migliorare la circolazione dei venti.
- 5 Una densità di alberature isolate troppo bassa favorisce il sovrapascolamento nell'area circostante (da evitare).

**Figura 3** Schema illustrativo degli effetti delle siepi nel caso di un'azienda con pascolo situata in un'area con venti dominanti provenienti da est (credits: Simone Piotto).



**Figura 4** Effetto frangivento di una siepe con struttura omogenea, costituita da alberi e arbusti ben distribuiti (sinistra). In assenza di arbusti si creano aperture attraverso le quali il vento si incanala aumentando la sua velocità (destra) (Disegno di Elena Luise, tratto da Azienda Regionale Forestale del Veneto, 1994).

che le siepi modificano la velocità del vento fino ad una distanza pari a 10-15 volte la loro altezza (*Ibidem*; Azienda Regionale Foreste del Veneto, 1994). Parliamo di progettazione e gestione, sia forestale che zootecnica, di pascolo arborato e bosco pascolato nel terzo volume della collana.

È necessario fare attenzione alla distribuzione e all'orientamento delle siepi, sia al pascolo che intorno alla stalla, affinché non siano responsabili della stratificazione di masse d'aria calda durante i mesi estivi o fredda durante i mesi invernali, ostacolando così l'effetto benefico dei venti. Nella figura 3 illustriamo effetti di siepi e alberature in relazione ai venti dominanti.

Per quanto riguarda le **siepi**, un'efficace azione frangivento e termica è determinata da struttura, **orientamento** e composizione. La **struttura** deve essere omogenea lungo il profilo verticale, costituita da arbusti e alberi tra loro intervallati, in modo da garantire un certo livello di permeabilità, così da consentire un parziale attraversamento delle masse d'aria nell'area protetta ed evitare la generazione di moti turbolenti nelle zone sottovento (Pasini, 2022; Azienda Regionale Foreste del Veneto, 1994) (Figura 4).

La **scelta delle specie** e della loro di-

sposizione deve tener conto delle caratteristiche pedoclimatiche e degli obiettivi: funzione frangivento, foraggio per gli animali, produzione di legname e/o di frutta, rifugio per fauna selvatica, chiudenda viva, etc. (Agostinetto, 2007; Veneto Agricoltura, 2008-a,b,c; Minotta e Devecchi, 2017; Reif e Schmutz, 2011). **Specie arboree** che forniscono **foraggio palatabile** per gli animali ad integrazione delle essenze del pascolo nelle zone di pianura sono ad esempio il gelso, l'olmo e l'orniello, trattiamo gli aspetti nutrizionali nel quinto volume della collana. Nelle zone collinari e montane si presta il frassino maggiore, la cui frasca veniva largamente impiegata per l'alimentazione del bestiame nelle aree delle Piccole Dolomiti vicentine (Del Favero e Pividori, 2014; Mezzalira, 2023). Specie come platano e robinia possono essere interessanti per produrre **legna da ardere** di buona qualità con turni relativamente brevi (Agostinetto, 2007). Oltre a queste, nelle siepi frangivento di pianura si possono utilizzare alberi come l'acero campestre, il salice bianco e l'ontano nero, e arbusti come il biancospino, il sambuco nero, il prugnolo e il ligustrello. In collina invece troviamo meno specie igrofile e più specie xerofile, con alberi come il carpino nero, l'orniello e

la roverella ed arbusti come lo spincervino e il corniolo.

Per la delimitazione dei diversi appezzamenti possono essere realizzate delle siepi basse di soli arbusti, ricche di specie spinose (prugnolo, biancospino, spin cervino, rosa canina, rovo); queste possono essere associate nei primi anni alle tradizionali chiudende elettrificate od in filo spinato, ma con il tempo possono essere completamente sostituite, riducendo gli oneri di manutenzione delle recinzioni. Le siepi di delimitazione possono avere nel contempo un valore nutraceutico e migliorano in modo molto significativo il paesaggio e l'habitat per la fauna selvatica.

*Nell'azienda Rodriguez si allevano bovine di razza rendena, a duplice attitudine, nell'area delle Prealpi vicentine (comune di Gambugliano). Gli animali hanno a disposizione ampie aree di bosco e aree a pascolo arborato, che consentono di avere microclimi favorevoli nei mesi sia estivi che invernali, e proteggono la vegetazione dell'erba nelle aree sottochioma. L'azienda attua una sincronia tra stagionalità e produzioni facendo coincidere il picco di lattazione con il periodo di maggiori produzioni dei pascoli, la primavera, e in tal modo l'efficienza aziendale ne risulta migliorata.*

#### 2.4.2 - Strategie alimentari

Per limitare lo stress da caldo si indica l'aumento della quota di fibra digeribile in razione e l'adeguamento della razione alle risorse disponibili in azienda e sul territorio (vedi tabella 4). Sconsigliamo l'aumento di proteine in razione in quanto causa di incremento delle emissioni di protossido di azoto dalle deiezioni. Trattiamo l'alimentazione fo-



Siepe con presenza di specie che presentano ritmi di accrescimento diverso. Da sinistra a destra: carpino nero (crescita media), bagolaro (crescita lenta, sotto il carpino), acero campestre (crescita lenta), olmo (crescita media), salice bianco (crescita veloce) (Az. Biologica Al Confin, Camisano Vicentino, Vi).



Mosaico di pascoli, prati, bosco, pascolo arborato con alberi singoli e in filari (Az. Rodriguez, Gambugliano Vi).

raggera del bovino nel quinto volume della collana. L'orizzonte temporale in cui si attuano le strategie alimentari di adattamento può variare da un'azienda all'altra.

*Un esempio: per rendere l'azienda resiliente ai cambiamenti climatici si opta per una pratica di **transizione alimentare** da una dieta a base di concentrati ad una a base foraggera. In una stalla A dove sono presenti bovini già adattati ad una razione foraggera (es. vacche di razza pezzata rossa), la transizione ad un'alimentazione a base foraggera potrà effettuarsi in qualche settimana. Invece, in una stalla B dove*



Bovini di razza pezzata rossa italiana sono ottimi trasformatori di fibra (Fattoria Zoff, Cormons, Ud).

*sono allevate, per esempio, bovine ad alta produzione lattifera, bisognerà prima cambiare la genetica degli animali per renderli adatti ad un'alimentazione a base foraggera. Questo cambiamento richiederà qualche anno. Quindi, la stessa pratica sarà un'azione di adattamento a breve termine per l'azienda A, mentre sarà una pratica a lungo termine per l'azienda B. Da considerare che nell'ambito di ciascuna razza vi possono essere differenze tra le diverse popolazioni e linee genetiche che ne condizionano la velocità di adattamento.*

## 2.5 Impatti dei mutamenti climatici sulle produzioni agricole

La produttività dei pascoli può aumentare se temperatura, precipitazioni e deposizioni azotate aumentano. Tuttavia, lo **stress idrico-termico** può aumentare il contenuto in lignina nei foraggi, poiché ne accelera la maturazione; in tal modo si riduce la digeribilità e il tasso di degradazione ruminale, ed aumentano quindi le emissioni di metano di origine enterica. L'accumulo



Fieno che presenta graminacee a avanzato stadio di maturazione: steli grossi, colore giallo.

di lignina è una comune azione difensiva che molte specie di piante mettono in atto rispetto allo stress idrico-termico. L'aumento della temperatura e della concentrazione di CO<sub>2</sub> influenzano qualità e quantità di foraggi, l'impatto è variabile a seconda dell'area geografica e delle caratteristiche del sistema zootecnico. Una maggiore concentrazione di CO<sub>2</sub> può stimolare una maggiore crescita dell'erba: aumenta la fotosintesi e induce una parziale chiusura degli stomi, riducendo la traspirazione e aumentando l'efficienza d'uso dell'acqua; l'effetto è positivo su specie bene adattate ai climi temperati, come per esempio i cereali autunno-vernini, la colza, la barbabietola, le vecce, i trifogli, l'erba medica, mentre invece non è rilevante su specie amanti del caldo come mais, sorgo, sudangrass, panico, miglio.

La riduzione della disponibilità di risorse idriche è un possibile effetto indiretto combinato di riscaldamento globale, variabilità nella frequenza ed intensità delle precipitazioni e aumento della domanda di acqua sia per la produzione vegetale che per l'abbeverata degli animali (Cheng *et al.* 2022).

## 2.6 Pratiche di gestione del terreno agrario

Migliorare la gestione del suolo aiuta ad adattarsi ai mutamenti climatici. Le sostanze più importanti del terreno sono l'ossigeno e le sostanze umiche (humus). In penuria di **ossigeno** le radici non assorbono né acqua, né principi nutritivi e gli organismi terricoli non trasformano i fertilizzanti e i residui colturali in humus e principi nutritivi. La povertà di **sostanze umiche** porta il terreno a subire i colpi delle piogge e la compressione prodotta dal transito delle macchine agricole e degli animali al pascolo portandolo con più facilità a formare crosta superficiale, a compattarsi e ad erodersi, a manifestare cioè tre forme, di gravità crescente, di perdita delle fertilità (Conte & Chiarini, 2010). Un terreno povero di humus inoltre **trattiene meno CO<sub>2</sub>**, acqua e principi nutritivi, richiede più energia per essere lavorato, è meno ospitale per gli organismi terricoli promotori della fertilità. Due sono le cose che in generale l'agricoltore dovrebbe fare:

- 1) Gestire bene il **bilancio umico del terreno** (figura 5), facendo sì che la quantità di sostanze umiche, ogni anno inevitabilmente persa (freccia azzurra), sia perlomeno compensata da quella prodotta a seguito della trasformazione dei fertilizzanti e dei residui colturali operata dagli organismi terricoli (freccia rossa). I fertilizzanti da impiegare dovrebbero dunque essere buoni produttori di humus: per esempio letame, compost, erbai da sovescio maturi (cioè interrati nella fase di fioritura), concimi organici e residui colturali do-



Terreno ricco di humus.



Prateria permanente, cotico erboso ricco con suolo in salute, gli alberi contribuiscono all'equilibrio dell'agroecosistema.



Figura 5 Bilancio umico del terreno.

tati di buone quantità di lignina (letami pellettati compostati, stoppie e paglie, in prati/pascoli apparati radicali che si rinnovano, foglie secche e ramaglie tritate di piante arboree).

- 2) Preservare la **presenza di vita** nel terreno:
- **disturbandolo il meno possibile** e cioè lavorandolo solo in caso di necessità ed in modo superficiale, minimo e gentile;
  - **nutrendo fauna e microrganismi** con del "buon cibo", cioè con fertilizzanti organici a lento rilascio di nutrienti e buoni produttori di humus (v. sopra);
  - **evitando l'impiego** di concimi a pronto effetto, erbicidi e antiparassitari, in quanto tossici per gli organismi terricoli;
  - mantenendo il più possibile il terreno **adeguatamente ossigenato**, prevenendo o correggendo prontamente la crosta superficiale e il compattamento;
  - **proteggendo** il più a lungo possibile il terreno dalla luce diretta del sole (i raggi UV sono nocivi agli organismi terricoli) e dai colpi della pioggia che produce erosione (perdita di suolo) e crosta superficiale (impedimento all'infiltrazione di ossigeno e dell'acqua nel suolo).

**Linea di colmo (tetto):** punto di incontro dei due piani inclinati che costituiscono il tetto e che rappresenta il punto di altezza massima.

**Dermatofitosi:** infezione micotica della cute, causata da funghi presenti sulla cute del bovino o nell'ambiente di stabulazione e che, in condizioni di stress, determinano la comparsa di una dermatite crostosa multifocale.

**Babesiosi:** malattia causata dal parassita monocellulare *Babesia* spp e trasmessa da zecche. La malattia si manifesta con sintomi associati all'emolisi, in particolare ittero, anemia e abbattimento.

**Cheratocongiuntivite:** infiammazione della cornea (lo strato più esterno del bulbo oculare) e della congiuntiva (la mucosa che riveste le palpebre).

**Virus di Schmallenberg:** virus trasmesso a bovini e ovini da moscerini del genere *Culicoides*. La patologia è caratterizzata da disturbi riproduttivi quali aborti, feti malformati e natimortalità.

**Febbre catarrale:** "blue tongue" nell'ovino, malattia virale trasmessa da moscerini del genere *Culicoides*. Nel bovino si manifesta raramente clinicamente, ma il bovino può rappresentare un serbatoio della malattia che si manifesta invece con forme molto gravi nell'ovino.

**Rusticità:** capacità degli animali di sopravvivere, riprodursi e mantenere la produzione in una vasta gamma di condizioni ambientali.

**Indice temperatura-umidità (THI),** si calcola con la seguente formula  $THI=0.8*T + RH*(T-14.4) + 46.4$ . Vi sono sensori che si possono utilizzare in azienda, collegati con un software che lo calcola automaticamente.

**Stress idrico-termico:** fenomeno che interessa la pianta quando l'acqua scarseggia e le temperature sono alte; influisce sulla traspirazione, fenomeno che grazie all'evaporazione dell'acqua dalle foglie ne rinfresca i tessuti prevenendone il danneggiamento (come accade a noi con la sudorazione).

**Erbai da sovescio maturi:** in gergo agronomico un erbaio da sovescio si definisce "maturo" quando è nella fase di fioritura, momento in cui l'analisi costi-benefici è favorevole alla sua trinciatura ed interrimento (buona resa in humus, nessuna dispersione di seme fertile).

- Quali conseguenze hanno i cambiamenti climatici sulla salute degli animali?
- Quali conseguenze hanno sulle produzioni agricole?
- Quali pratiche di adattamento si possono implementare in un sistema di pascolo?
- Quali pratiche di adattamento si possono implementare in stalla?
- Quali piante si possono inserire per favorire un microclima utile al benessere animale?
- Quali tipi di strategie si possono utilizzare per adattare l'azienda ai mutamenti climatici?
- Quali tipi di strategie per favorire l'adattamento degli animali?
- Quali strategie per favorire l'adattamento delle produzioni agricole?



# 03

**BIODIVERSITÀ  
E ALLEVAMENTO  
DEL BOVINO**



La biodiversità costituisce la ricchezza di vita sulla terra: i milioni di piante, animali e microrganismi, i geni che essi contengono, gli ecosistemi. L'Italia ha un patrimonio di specie significativo a livello europeo: oltre il 30% di specie animali e quasi il 50% di quelle vegetali, su una superficie di circa 1/30 di quella del continente (<https://www.mite.gov.it/pagina/biodiversita>). Molte popolazioni locali di **piante e animali domestici** sono scomparse poiché negli ultimi decenni ci si è concentrati sull'allevare poche razze e varietà, questo mina la resilienza dei sistemi agricoli nei confronti di minacce quali i parassiti, i patogeni e i cambiamenti climatici. L'erosione della biodiversità può minacciare direttamente o indirettamente la qualità degli ecosistemi, ripercuotendosi sia sulla produzione di beni, tra cui i prodotti zootecnici, sia sui servizi ecosistemici.

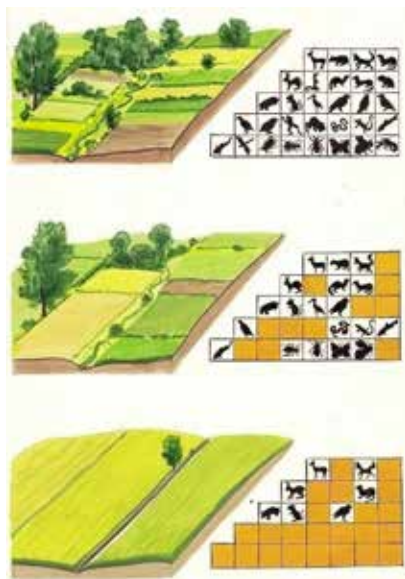
L'agroecologia ci insegna a costruire agricoltura e allevamento ad alto valore naturale, possibili in sistemi a medio-bassa intensità; la biodiversità è inversamente proporzionale al livello di intensivizzazione, i sistemi intensivi infatti sono più semplici, contenendo un minor numero di specie e di diversificazione genetica.

Le interazioni tra gli organismi viventi e l'ambiente fisico danno luogo a relazioni funzionali che caratterizzano i diversi ecosistemi garantendo la loro resilienza, il loro mantenimento in un

buono stato di conservazione e la fornitura dei servizi ecosistemici.

### 3.1 Allevamento e biodiversità

La produzione intensiva di prodotti lattiero-caseari ha un impatto diretto sulla biodiversità attraverso i cambiamenti nell'uso del suolo all'interno dell'azienda, e indiretto, attraverso i



**Figura 1** Elevata biodiversità in agroecosistemi ad elevata complessità del paesaggio (coltivazioni diverse, presenza di allevamento e colture, presenza di siepi e boschi); scarsa biodiversità in agroecosistemi con semplificazione del paesaggio.

## DEFINIZIONE DI BIODIVERSITÀ

La Convenzione sulla Diversità Biologica delle Nazioni Unite definisce la diversità biologica (o biodiversità) come "la varietà e la variabilità tra gli organismi di ogni sorta, inclusi ... gli ecosistemi terrestri, marini e acquatici e i complessi ecologici di cui sono parte; ciò include la diversità entro specie, tra specie e degli ecosistemi" (Convenzione ONU Diversità Biologica, 1992).



Le siepi, importanti infrastrutture ecologiche.



La presenza di aree alberate fiorite determina bellezza del paesaggio.

processi di produzione dei mangimi e la conversione del terreno ad essi associata all'esterno dell'azienda (Clay *et al.*, 2020). L'attuale tendenza verso sistemi di produzione a minor impatto, come l'agricoltura conservativa e le colture di copertura, cerca di ridurre gli effetti sulla biodiversità che si possono generare con un uso intensivo di pesticidi e diserbanti nella coltivazione di prodotti per l'alimentazione animale (Cherlet *et al.*, 2018). La perdita di biodiversità si può riscontrare anche in sistemi zootecnici estensivi con una gestione intensiva dei prati-pascolo, dove l'aumento delle concimazioni e degli sfalci produce un incremento di produttività ma al contempo provoca la degradazione della composizione floristica tipica (Ramanzin *et al.*, 2019). Per questo l'agroecologia ci induce a utilizzare la biodiversità funzionale per

diminuire questi input.

L'allevamento al pascolo, se condotto con una corretta gestione, contribuisce alla conservazione di habitat ricchi di biodiversità: le praterie, che costituiscono i **prati stabili** (da sfalcio) e i **pascoli**, sono ricche di specie (vedi vol. 3). Gli allevatori possono **supportare la biodiversità** mantenendo o inserendo nella loro azienda **siepi** e **aree alberate**, che sono habitat per molti insetti e uccelli e possono fornire foraggio e ombra agli animali (vedi cap. 2 di questo volume e vol. 3), stabilizzano il suolo dal punto di vista idrogeologico, contribuiscono alla diversificazione del paesaggio e alla connettività ecologica, forniscono inoltre servizi ricreativi per attività turistiche e didattiche.

È importante che gli agricoltori sentano la responsabilità della gestione di

## BIODIVERSITÀ, ALLEVAMENTO E SERVIZI ECOSISTEMICI

L'allevamento animale fornisce servizi ecologici

- di supporto, per il mantenimento dei prati-pascolo permanenti, della fertilità e capacità idrica dei suoli;
- di regolazione, per la riduzione di fenomeni erosivi ed il sequestro di carbonio al suolo;
- di approvvigionamento in prodotti alimentari e non alimentari, in capitale e forza-lavoro;
- di tipo culturale, attraverso il mantenimento di paesaggi ricchi di biodiversità e dei sistemi socio-ecologici locali, la conservazione dei saperi tradizionali e delle razze locali, l'integrazione con attività didattiche e turistiche (Caporali, 2019).

queste aree intraprendendo azioni di tutela attiva come piantumazione di siepi, ripristino stagni, recupero di prati abbandonati.

### Come l'allevamento del bovino può influire positivamente sulla biodiversità

1. mantenimento di ecosistemi praterie tramite il pascolamento e lo sfalcio dei prati
2. formazione di ecotoni
3. conservazione razze locali e popolazioni rustiche
4. disseminazione di semi vegetali tramite le feci
5. conservazione e incremento della fertilità dei suoli tramite le restituzioni fecali
6. creazione di habitat particolari per specie come gli scarabei stercorari
7. mantenimento paesaggio rurale diversificato

### Come l'allevamento del bovino può influire negativamente sulla biodiversità

1. danni derivanti dalla diffusione ambientale dei farmaci veterinari (ecotossicità), sia a livello di microbiota, sia a livello di organismi vegetali e animali
2. danni da nitrati: incremento della flora nitrofila, diminuzione delle leguminose nei prati e nei pascoli, semplificazione della flora spontanea
3. diminuzione del patrimonio genetico della zootecnia bovina
4. danni per uso pesticidi e diserbanti
5. compattamento del suolo per eccessi di carico animale al pascolo e per utilizzo di macchine agricole pesanti



Il mantenimento di aree prative favorisce la presenza di impollinatori (Az. biologica Juvenilia, Schio, Vi).



Un pascolo ad elevata biodiversità fornisce ai bovini foraggio nutriente e ricco di aromi.

### Come la biodiversità può aiutare l'allevamento del bovino

1. ricchezza genetica aiuta la resilienza degli animali rispetto ai cambiamenti climatici e all'adattabilità in generale
2. sostegno alla salute animale tramite microbiota del suolo (vedi vol. 1), e organismi che contribuiscono a mantenere bassa la carica parassitaria ambientale (vedi vol. 3)
3. boschi, siepi, formazioni alberate aiutano nell'adattamento al clima (vedi cap. 2 di questo volume)
4. prati e pascoli possono fornire foraggi di elevata qualità organolettica e nutrizionale (vedi vol. 5)
5. qualità dei prodotti alimentare per le



Agrobiodiversità presso la Fattoria Ai Capitani (Schio, VI).

- persone (formaggi, carni)  
6. ambienti ricchi di biodiversità consentono l'espressione del repertorio etologico.

### 3.2 La biodiversità animale e vegetale

La parte della biodiversità totale utile per i sistemi agro-alimentari è detta "agrobiodiversità". In dettaglio, essa comprende la variabilità negli animali, piante e microrganismi che sono utilizzati, direttamente o indirettamente, in agricoltura e per la produzione di cibo; comprende quindi le colture, gli allevamenti e gli alberi. L'agrobiodiversità si distingue in due **tipi**: *agrobiodiversità pianificata* (gli elementi deliberatamente inseriti nell'agroecosistema, ad es. le colture o le razze animali allevate) e *agrobiodiversità associata* (gli elementi naturalmente presenti nell'agroecosistema, ad es. le piante spontanee e gli insetti). Entrambi i tipi sono importanti per la produzione agricola sostenibile in generale e per l'agroecologia in particolare.

Inoltre, l'agrobiodiversità include **tre livelli**: agrobiodiversità (i) *genetica*, (ii) di *specie* e (iii) di *habitat*, tutti importanti per la produzione agroecologica.

#### Agrobiodiversità genetica

È la variabilità genetica all'interno di una stessa specie.

Comprende i diversi genotipi (popolazioni) delle piante coltivate (cultivar), degli animali allevati (razze) e dei microrganismi utili (ceppi) impiegati in agricoltura (agrobiodiversità pianificata). Comprende anche la variabilità genetica all'interno delle specie di piante, animali e microrganismi naturalmente presenti nell'agroecosistema (agrobiodiversità associata).

Include anche i genotipi delle piante e animali selvatici affini a quelli coltivati o allevati (parenti selvatici). La loro conservazione è molto importante perché sono fonte di caratteri potenzialmente utili al miglioramento genetico delle piante coltivate e degli animali allevati.

#### Agrobiodiversità di specie

- È la variabilità delle specie di piante, animali e microrganismi presenti nell'agroecosistema, sia quelle direttamente impiegate nella produzione agricola, sia quelle naturalmente presenti.
- Comprende le diverse specie di piante coltivate, sia erbacee (ad es. frumento, mais, cavolfiore, spinacio) che legnose (ad es. albicocco, pero, farnia, pioppo); le diverse specie di animali allevati (ad es. bovini, ovini, pollame, suini) e le diverse specie di microrganismi utili, impiegati direttamente nel processo produttivo agricolo (ad es. funghi micorrizici, batteri azotofissatori, microrganismi pre-



Agrobiodiversità di specie presso l'azienda biologica Al Confin, Camisano Vicentino (VI): aree di pascolo erbaceo per bovini, suini, polli, ortive, siepi, aree alberate, colture di cereali.



Elementi diversi nel paesaggio determinano agrobiodiversità di habitat.

senti nel letame e nel compost).

- Comprende anche piante e animali utilizzati a supporto della produzione agricola (ad es. le colture di copertura, gli insetti utili per l'impollinazione delle piante o il controllo di insetti dannosi) e tutte le specie di organismi viventi naturalmente presenti nell'agroecosistema, comprese quelle dannose (ad es. parassiti, patogeni, piante infestanti).

### Agrobiodiversità di habitat

- È la variabilità degli elementi naturali o semi-naturali presenti nell'agroecosistema (ad es. alberi singoli o in filare, siepi, zone boschive, fasce inerbite, specchi d'acqua).
- Si può riferire ad elementi presenti da moltissimo tempo e caratterizzanti l'ecosistema originario della zona, o ad elementi deliberatamente introdotti in periodi recenti a scopo agricolo o paesaggistico. Questi elementi possono anche non essere costituiti da organismi viventi, ad es. i muretti a secco, le recinzioni e le staccionate che, rappresentando discontinuità a livello paesaggistico,

fungono da *ecotoni*, cioè ambienti di transizione tra due ecosistemi, e più in generale tra due ambienti omogenei, caratterizzati da un'elevata biodiversità e ricchezza di organismi.

- Può essere costituita da elementi lineari (ad es. fasce inerbite, filari di alberi o arbusti) o non lineari (ad es. boschetti e laghetti naturali o artificiali). Gli habitat si caratterizzano per la loro composizione (tipo di elementi) e la loro struttura (numero e livello di connettività o frammentazione).
- Oltre a svolgere un'importante funzione paesaggistica, questi habitat possono fungere da supporto alla produzione agricola, ad es. favorendo l'impollinazione delle colture e il controllo degli insetti dannosi attraverso l'incoraggiamento della presenza dei loro nemici naturali, e migliorando il benessere degli animali allevati (zone di abbeveramento e ombreggiamento).



Biodiversità funzionale: la microfauna trasforma il letame bovino rendendo disponibili i nutrienti per il suolo e fa diminuire la forme infestanti dei parassitari bovini.

### 3.3 La biodiversità funzionale

Non tutta la biodiversità presente in un agroecosistema è utile per la produzione agricola; anzi, parte di questa può essere dannosa: ad esempio, anche parassiti e patogeni delle piante e degli animali fanno parte della biodiversità. Conoscere e privilegiare gli elementi della biodiversità di un agroecosistema – a livello genetico, di specie e di habitat – che sono in grado di supportare, direttamente o indirettamente, la produzione agricola è un aspetto fondamentale dell’approccio agroecologico. A ciascuno di questi elementi è possibile associare una o più *funzioni*, in grado di fornire *servizi ecosistemici*, legati alla produzione di cibo e di altri materiali, o al mantenimento delle risorse naturali e dei cicli vitali che rappresentano un fondamentale supporto alla produzione stessa. L’approccio agroecologico alla produ-

zione agricola si basa sull’uso conscio e razionale dell’agrobiodiversità funzionale, al fine di produrre utilizzando al meglio le risorse naturali (ad es. specie vegetali locali per costituire o migliorare prati, prati-pascoli e pascoli; razze autoctone), ridurre fortemente l’uso di input esterni (ad es. mangimi) e fornire prodotti di qualità nel rispetto dell’ambiente.

Uno studio su scala globale dimostra come la presenza di biodiversità sostenga la produttività dell’azienda agricola e permetta di ridurre l’utilizzo dei pesticidi (Dainese *et al.*, 2019). Secondo la visione agroecologica, agricoltura e natura non sono in contrapposizione, ma collaborano attivamente e si supportano a vicenda.

### 3.4 Il bovino e la biodiversità genetica

A livello planetario nell’ultimo secolo il 9% delle specie allevate si sono estinte e mille sono a rischio estinzione. La riduzione di diversità genetica si traduce in un aumento della consanguineità, la quale porta gli animali ad essere più deboli e meno resilienti verso le specie parassite, i patogeni e i cambiamenti climatici. Ne consegue un indebolimento dell’intero sistema e quindi una minaccia alla produzione mondiale di cibo (IPBES, 2019). Delle 35 razze bovine italiane monitorate a livello globale, 20 sono catalogate a rischio estinzione secondo i criteri FAO (DAD-IS FAO, 2024). Consultando l’Anagrafe Bovina Nazionale si nota come, escludendo incroci e meticci, l’87% delle vacche da latte allevate sia di razza Frisona, mentre le razze da

STATO	DEFINIZIONE
RAZZA ESTINTA	Nessun individuo in vita.
RAZZA IN SITUAZIONE CRITICA	N° femmine $\leq 100$ e n° maschi $\leq 5$ . Oppure popolazione =1200 individui, ma % femmine rispetto ai maschi <20%.
RAZZA IN PERICOLO	N° femmine fra 100 e 1000, maschi fra 5 e 20. O n° individui fra 80 e 100, crescita positiva, ma n° femmine >80%. O n° individui fra 1000 e 1200, ma % femmine rispetto ai maschi <80%.
NON A RISCHIO	N° femmine >1000 e n° maschi > 20. Oppure n° individui >1200 e popolazione in crescita
A RISCHIO IN SITUAZIONE CONTROLLATA	Presenza di progetti di conservazione attivi e le specie sono mantenute da enti pubblici o privati o di ricerca

**Tabella 1** Categorie di rischio estinzione di una razza secondo i criteri FAO. Una razza è definita a rischio se è in situazione critica o in pericolo (FAO, 1998 [www.fao.org/dad-is](http://www.fao.org/dad-is)).

carne maggiormente allevate nel nostro paese sono le francesi Charolaise, Limousine e Garonnese, che sommate superano per numero quelle italiane (BDN, 2024).

Le **razze rustiche e locali** (Eisler *et al.*, 2014) presentano livelli produttivi meno spinti, una conformazione fisica e un metabolismo plasmati sulle capacità di adattamento al territorio, maggiore resistenza alle malattie. Allevare tali razze ha anche motivazioni di natura organolettica e nutrizionale (qualità delle produzioni) e socio-economiche. Perderle è rischioso perché alcune caratteristiche genetiche che attualmente sembrano di scarso valore potrebbero averne molto in futuro e le razze, una volta perse, non sono più recuperabili (Leoni, 2010. MIPAAF, 2008.). A che cosa è dovuta questa perdita di variabilità genetica nella specie bovina? Selezionare per pochi caratteri, come la produttività, significa aumentare la frequenza dei geni desiderati nella popolazione. A tale scopo si tende ad utilizzare per la riproduzione il seme di pochi tori, per esempio negli Stati Uniti nel 2013 due tori, padre e figlio, sono stati re-

sponsabili del 7% dell'intero genoma della popolazione di Frisona americana (Francis, 2015). Con la tecnica dell'embrio-transfert si possono ottenere molti embrioni da una vacca, per esempio una grande produttrice di latte, da impiantare in vacche riceventi, ottenendo così un alto numero di figlie. Tale tecnica può essere utile in razze a rischio estinzione. Bisogna essere attenti a gestire la consanguineità nelle generazioni successive.

L'aumento di produttività generato dalla selezione genetica non è stato privo di conseguenze indesiderate quali diminuzione della fertilità e aumento di alcune patologie quali zoppie, mastiti



Gruppo di bovini con biodiversità genetica.



e disordini metabolici, specialmente quando il sistema di allevamento non è adeguato alle maggiori esigenze alimentari delle vacche (Mackey *et al.*, 2006. Schuster *et al.* 2020). Come già scritto nel paragrafo 2.4, i bovini con produzioni elevate soffrono maggiormente lo stress da caldo (Becker *et al.* 2020). Un **aumento di alcune patologie** quali zoppie, mastiti e disordini metabolici. Inoltre questa razza, originaria del nord Europa, è poco adatta alle estati italiane sempre più torride, con gravi conseguenze sulla sua salute e le produzioni. L'Agroecologia promuove, così come il regolamento del biologico 848/2018, le razze autoctone e le popolazioni, ovvero animali che vivono in un agro-ecosistema da generazioni. In questo modo si possono garantire un grado elevato di diversità genetica, e di conseguenza vitalità, resistenza alle malattie e ai problemi sanitari presenti in quel determinato territorio, e quindi longevità.

L'introduzione di popolazioni bovine rustiche in aziende che allevano razze selezionate ad elevate produzioni è una pratica a lungo termine (Eisler *et al.*, 2014). Per avviare una transizione ecologica in maniera **graduale** si possono realizzare degli **incroci** in modo da sostituire nel tempo la razza presente con una più rustica. Un esempio è l'incrocio della razza bovina frisona con la **pezzata rossa italiana**, razza a duplice attitudine che ha buona capacità di trasformare la fibra per l'ottimo sviluppo del ruminale, arti robusti per il movimento al pascolo, latte di ottima qualità. Questo processo si può effettuare fecondando le bovine frisone con un toro pezzato rosso, continuando l'incrocio anche con le generazioni successive, fino a una totale sosti-



Bovine di razza pezzata rossa italiana al pascolo (Fattoria Zoff, Cormons, Ud).

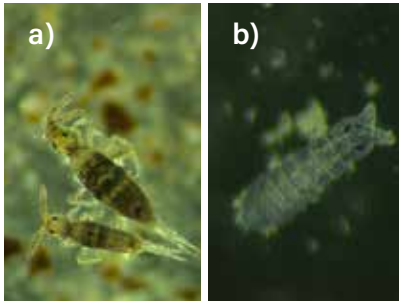
tuzione del patrimonio genetico. In agroecologia fare selezione genetica significa collaborare attivamente con gli allevatori tramite processi di selezione partecipativa, già molto utilizzati in campo vegetale.

### 3.5 Qualità del suolo e biodiversità

La biodiversità del suolo è fondamentale per la salute delle persone, animali, e piante, come vediamo nel primo volume della collana, una manciata di suolo in salute può contenere



Il compattamento del suolo implica perdita di biodiversità, sia per quanto riguarda la copertura vegetale, sia per quanto riguarda gli organismi del suolo.



Gruppi funzionali di Collembola (principale gruppo di microartropodi del suolo per abbondanza). I due gruppi in foto presentano diversi gradi di adattamento alla via edafica e dunque diverso indice ecomorfologico a) adattato alla superficie b) più adattata agli orizzonti minerali.



Pseudoscorpione, un taxa molto raro, a densità di individui per metro quadro molto bassa e tipico dei boschi ed ambienti naturali. In questo caso la fotografia è stata scattata in un bosco pascolato (pratica silvopastorale) e gestito con bassa intensità di carico animale.

oltre un miliardo di batteri e oltre un chilometro di funghi essenziali per la vita animale vegetale (Fortuna A, 2012). La biodiversità dei suoli contribuisce alla formazione della sostanza organica e all'aumento della riserva di carbonio del pianeta, e rende i nutrienti disponibili alle piante. La perdita di biodiversità del suolo è una delle principali minacce, ed è connessa a cambiamenti di uso del suolo, sfruttamento, inquinamento, cambiamenti climatici, introduzione di specie esotiche.

Le condizioni del suolo influenzano la sua capacità di sostenere le attività agricole e la fornitura di servizi ecosistemici. Suoli sani erogano servizi tra cui stoccaggio di carbonio, purificazione dell'acqua, qualità delle biomasse, contribuendo in modo essenziale alla biodiversità (Wagg *et al.*, 2014). La salute del suolo è direttamente influenzata dall'uso del territorio e dalle pratiche di gestione (DeFries *et al.*, 2004).

Il monitoraggio svolge un ruolo chiave nell'ottenimento di dati per valutare l'impatto dei sistemi di gestione, sulla biodiversità del suolo ed le relative

funzioni ad essa connesse. Tra i molti indicatori utilizzati, per monitorare la qualità biologica del suolo, l'indice QBS\_ar (Parisi *et al.*, 2005) offre il vantaggio di essere a basso costo, di facile applicazione e valido per monitoraggio su larga scala, anche per valutazioni della sostenibilità del pascolo.

Tramite l'indice di qualità biologica QBS-ar si è valutato l'effetto del pascolo turnato in ambiente alpino dimostrando che tale gestione può far evitare i fenomeni di degradazione che emergono nel tempo nel pascolo gestito in modo continuo (Maienza *et al.*, 2022). In ambiente Mediterraneo l'indice è stato applicato in un sistema silvo-pastorale, mostrando come una gestione razionale di una mandria bovina può mantenere livelli di biodiversità assimilabili ad un bosco non pascolato (Maienza *et al.*, 2023).

## ORGANISMI DEL SUOLO

La comunità biologica del suolo viene generalmente divisa per dimensione ed in base al ruolo trofico/funzionale.

Generalizzando, le macro aree a cui si fa riferimento sono:

Macrofauna (piccoli mammiferi, formiche, lombrichi)

Mesofauna (collemboli e microatropodi)

Microfauna (nematodi, protozoi)

Funghi e batteri (ed in minore percentuale, virus alghe e microalghe, attinomiceti)

La *pedofauna* può essere suddivisa in altri due gruppi (Menta, 2018):

- Eudafici: costituito da organismi che occupano la fascia del suolo minerale e quindi non raggiunta dalla luce;
- Emièdafici, costituito da organismi che occupano la fascia di suolo organica con organismi viventi negli strati più superficiali, e hiperèdaphon, con organismi che occupano lo strato erbaceo.

Le funzioni attribuite alla componente biotica del suolo sono:

- partecipazione ai processi pedogenetici;
- mantenimento e modificazione della struttura del suolo;
- costituzione dei complessi umo-argillosi e organo-minerali;
- bioturbazione, ovvero creazione di micro e macroporosità con modificazione della disponibilità idrica;
- decomposizione/mineralizzazione della sostanza organica con aumento del C del suolo;
- influenza sui cicli biogeochimici;
- disponibilità dei nutrienti.

BOX

DOMANDE

- **Come la biodiversità aiuta l'allevamento del bovino?**
- **Come l'allevamento del bovino può sostenere la biodiversità?**
- **Quali tipi di biodiversità esistono?**
- **Quali pratiche introdurresti in un allevamento bovino per incrementare la biodiversità funzionale?**
- **Quali pratiche useresti per conservare e incrementare la biodiversità del suolo?**

## Bibliografia

- AAVV, 2012. Linee guida per la mitigazione delle emissioni di ammoniaca e gas serra dell'allevamento bovino. Progetto GHGE. <https://www.unicarve.it/attivita/ricerca-e-sperimentazione/progetto-ghge/>
- AAVV, 2022. Dodici minacce del Precision Livestock Farming (PLF) al benessere animale. Ruminantia. <https://www.ruminantia.it/dodici-minacce-del-precision-livestock-farming-plf-al-benessere-animale/#contributo>.
- Agostinetto L., 2007. Piantare e coltivare le fasce tampone. Diapositive del seminario organizzato a Biella dall'unità complessa per le agroenergie di Veneto Agricoltura - 23 settembre 2007.
- Azienda Regionale Foreste del Veneto, 1994. La siepe come laboratorio didattico. A cura di Federico Vianello e Mimmo Vita.
- Bach A., Terré M., Vidal M., 2020. Symposium review: Decomposing efficiency of milk production and maximizing profit. *Journal of dairy science*, 103(6), 5709-5725.
- Bagatha T.M., Krishnana G., Devaraja C., Rashamola V.P., Pragnab P., Leesc A.M., Sejian, V., 2019. The impact of heat stress on the immune system in dairy cattle: A review. *Research in Veterinary Science*, 126: 94-102.
- Beauchemin K.A., Ungerfeld E.M., Abdalla A.L., Alvarez C., Arndt C., Becquet P., Benchaar C., Berndt A., Mauricio R.M., McAllister T.A., Oyhantçabal W., Salami S.A., Shalloo L., Sun Y., Tricarico J., Uwizeye A., De Camillis C., Bernoux M., Robinson T., Kebreab E., 2022. Invited review: Current enteric methane mitigation options. *J. Dairy Sci.* 105:9297-9326
- Beauchemin K. A., Ungerfeld E. M., Eckard R. J., Wang M., 2020. Review: fifty years of research on rumen methanogenesis: lessons learned and future challenges for mitigation. *Animal* 14 Suppl 1: S2-S16.
- Becker C. A., Collier R. J., and Stone A. E., 2020. Invited review: Physiological and behavioral effects of heat stress in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 103:6751-6770
- Banca Dati Nazionale, consultata il 08/03/2024. Dati forniti dalla BDN dell'Anagrafe Zootecnica istituita dal Ministero della Salute presso il CSN dell'Istituto "G. Caporale" di Teramo".
- Bezner Kerr, R., T. Hasegawa, R. Lasco, I. Bhatt, D. Deryng, A. Farrell, H. Gurney-Smith, H. Ju, S. Lluch-Cota, F. Meza, G. Nelson, H. Neufeldt, and P. Thornton, 2022. Food, Fibre, and Other Ecosystem Products. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* ed HO Pörtner et al.: 713-906.
- Black J. L., Davison T. M., Box I., 2021. Methane emissions from ruminants in Australia: mitigation potential and applicability of mitigation strategies. *Animals*, 11(4), 951.
- Caporali, F. 2019. *Agricoltura e Servizi Ecologici*. Città Studi Edizioni, DeAgostini Scuola, Novara.
- Cherlet M., Hutchinson C., Reynolds J., Hill J., Sommer S. von Maltitz G. (2018). *World Atlas of Desertification*, Publication Office of the European Union, Luxembourg. <https://wad.jrc.ec.europa.eu>
- Cheng M., McCarl B., Fei C., 2022. *Climate Change and Livestock Production: A Literature Review*. *Atmosphere*, 13, 140. <https://doi.org/10.3390/atmos13010140>
- Clay N., Garnett T. & Lorimer, J., 2020- Dairy intensification: Drivers, impacts and alternatives. *Ambio* 49, 35-48 (2020). <https://link.springer.com/article/10.1007/s13280-019-01177-y#citeas>
- Collins M. T., 2003. Update on paratuberculosis: 1. Epidemiology of Johne's disease and the biology of *Mycobacterium paratuberculosis*. *Irish Veterinary Journal*, 56(11), 565-574.

Correddu F., Lunesu M. F., Caratzu M. F., Pulina G., 2023. Recalculating the global warming impact of Italian livestock methane emissions with new metrics. *Italian Journal of Animal Science*, 22(1), 125-135.

Conte L., Chiarini F., Avvicendamenti, concoscienze e fertilità del suolo in agricoltura biologica, Veneto Agricoltura, 2010. <https://www.venetoagricoltura.org/upload/pubblicazioni/Biodemo%20Completo.pdf>

Conte G., Correddu F., Gallo A., Atzori A.S., Pegolo S., Scerra M., Natalello A. 2023. Cambiamento climatico e produzione animale: la chiave è anche nei geni per l'adattamento – in Ruminantia, Gruppo Editoriale ASPA [www.ruminantia.it/cambiamento-climatico-e-produzione-animale-la-chiave-e-anche-nei-geni-per-ladattamento/](http://www.ruminantia.it/cambiamento-climatico-e-produzione-animale-la-chiave-e-anche-nei-geni-per-ladattamento/)

Convenzione ONU sulla diversità biologica, 1992. [www.naturaitalia.it/apriParagrafiArticoloSezioneMenu.do?idArticolo=239&paragrafo=1](http://www.naturaitalia.it/apriParagrafiArticoloSezioneMenu.do?idArticolo=239&paragrafo=1).

CowSignals Training Company & Vetvice 2015. 30% reduction of methane exhaust in the dairy industry is possible. [www.cowsignals.com](http://www.cowsignals.com)

Dainese M. et al., 2019. A global synthesis reveals biodiversity-mediated benefits for crop production. *Sci. Adv.* 5. <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.aax0121>.

DeFries R. S., Foley J. A., & Asne G. P., 2004. Land-use choices: Balancing human needs and ecosystem function. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2(5), 249-257.

Del Favero R., Pividori M., 2014. *Selvicoltura per i prodotti non legnosi*. Editore: Compagnia delle Foreste, Arezzo. ISBN: 8898850050.

De Vries M. D., Van Middelaar C. E., De Boer, J. M., 2015. Comparing environmental impacts of beef production systems: A review of life cycle assessments. *Livestock Science*, 178, 279-288.

De Vries A., 2019. Symposium review: Why revisit dairy cattle productive lifespan?, *J. Dairy Sci.* 103:3838-3845- 2019.

Dondini M., Martin M., De Camillis C., Uwi-zeye A., Soussana J.-F., Robinson T. Stein-feld H., 2023. Global assessment of soil carbon in grasslands – From current stock estimates to sequestration potential. *FAO Animal Production and Health Paper No. 187*. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc3981en>

Eggleston, H. S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., & Tanabe, K. (2006). 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories.

Eisler M.C., Lee M.R.F and colleagues, 2014. Steps to sustainable livestock. With improved breeding and cultivation, ruminant animals can yield food that is better for people and the planet, say. *Nature*, vol 507.

Fantini A., 2021a. Esistono allevamenti di frisona italiana con più di 3 lattazioni medie? Ruminantia mese, <https://ruminantiamese.ruminantia.it/esistono-allevamenti-di-frisona-italiana-con-piu-di-3-lattazioni-medie/>

FAO (Food and Agriculture Organization), 1998. Secondary Guidelines for Development of National Farm Animal Genetic Resources Management Plans - Management of small populations at risk. <https://www.fao.org/3/w9361e/w9361e.pdf>

FAO (Food and Agriculture Organization), 2023. Pathways towards lower emissions. A global assessment of the greenhouse gas emissions and mitigation options from livestock agrifood systems. <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cc9029en>

FAO (Food and Agriculture Organisation), 2017. Livestock solutions for climate change. <https://www.fao.org/3/i8098e/i8098e.pdf>

FAO (Food and Agriculture Organisation), 2021a. How to feed the world in times of pandemics and climate change? Opportunities for innovation in livestock systems. Rome. Disponibile a: <https://doi.org/10.4060/cb2913en>.

FAO (Food and Agriculture Organization), 2022. Methane Emissions in Livestock and Rice Systems – Sources, quantification,

mitigation and metrics (Draft for public review). Livestock Environmental Assessment and Performance (LEAP) Partnership. FAO, Rome, Italy. [www.fao.org/3/cc2468en/cc2468en.pdf](http://www.fao.org/3/cc2468en/cc2468en.pdf)

FAO (Food and Agriculture Organization), 2023 – processed by Our World in Data. “Meat, total - Production (tonnes)” ; “Milk - Production (tonnes)” ; “Cattle - Stocks (animals)” [dataset]. Food and Agriculture Organization of the United Nations, “Production: Crops and livestock products” [original data]. Disponibile a: <https://ourworldindata.org/meat-production#global-livestock-numbers-over-the-long-term>

Fotrana A, 2012. The soil Biota . Nature Education Knowledge

Francis R.C., 2015. Domesticated. Evolution in a man-made world. Ed. W.W. Norton and Company.

Garnett T., Godde C., Muller A., Rööß E., Smith P., de Boer I., zu Ermgassen E., Herrero M., van Middelaar C., Schader C., Van Zanten H., 2017. Grazed and confused?: ruminating on cattle, grazing systems, methane, nitrous oxide, the soil carbon sequestration question-and what it all means for greenhouse gas emissions. FCRN.

Gaughan, J. B., Sejian, V., Mader, T. L., & Dunshea, F. R., 2019. Adaptation strategies: ruminants. *Animal Frontiers*, 9(1), 47-53.

Gerber P. J., Henderson B., Makkar H. P., 2013a. Mitigation of greenhouse gas emissions in livestock production: a review of technical options for non-CO2 emissions (No. 177). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

Gerber P.J., Steinfeld H., Henderson B., Mottet A., Opio C., Dijkman J., Faluccia A., Tempio G., 2013b. Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.

Grossi G., Goglio P., Vitali A., Williams A.G., 2019. Livestock and climate change: Impact of livestock on climate and mitigation

strategies. *Animal Frontiers*, 9(1), 69–76. <https://doi.org/10.1093/af/vfy034>.

Hilber I., Arrigo Y., Zuber M., Bucheli T. D., 2019. Desorption resistance of polycyclic aromatic hydrocarbons in biochars incubated in cow ruminal liquid in vitro and in vivo. *Environmental science & technology*, 53(23), 13695-13703.

HYDE (History Database of the Global Environment) & FAO (Food and Agriculture Organisation), 2017 – processed by Our World in Data. “Asses” [dataset]. Livestock counts - HYDE & FAO (2017) [original data]. Disponibile a: <https://ourworldindata.org/meat-production#global-livestock-numbers-over-the-long-term>.

Honan M., Feng X., Tricarico J. M., Keberab, E., 2021. Feed additives as a strategic approach to reduce enteric methane production in cattle: Modes of action, effectiveness and safety. *Animal Production Science*, 62(14), 1303–1317. <https://doi.org/10.1071/AN20295>

IPBES(Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services), 2019.The global assessment report on biodiversity and ecosystem services, summary for policymakers.

IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

IPCC, 2021. Masson-Delmotte, V.; Zhai P., Pirani A., Connors S. L., et al., 2021. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press (In Press).

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2022.Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of

Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Shukla P.R., Skea J., Slade R., Al Khourdajie A., van Diemen R., McCol- lum D., Pathak M., Some S., Vyas P., Fradera R., Belkacemi M., Hasija A., Lisboa G., Luz S., Malley J. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. doi: 10.1017/9781009157926.009.

IPCC, 2022: Annex I: Glossary [van Die- men, R., J.B.R. Matthews, V. Möller, J.S. Fug- lestvedt, V. Masson-Delmotte, C. Méndez, A. Reisinger, S. Semenov (eds)]. In IPCC, 2022: Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. Doi: 10.1017/9781009157926.020.

IPCC, 2023. Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. A Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Core Writing Team, Lee H. and Romero J. IPCC, Geneva, Switzerland, 36 pages.

ISMEA-MIPAAFT-RETE RURALE NAZIO- NALE, 2018. La risposta delle aziende zo- otecniche italiane ai cambiamenti clima- tici - I risultati di un'indagine - SCHEDA 14.1 ISMEA - CAMBIAMENTI CLIMATI- CI, EMISSIONI DI GAS SERRA E CICLO DELL'AZOTO.

ISPRA, <https://www.isprambiente.gov.it/attivita/biodiversita/le-domande-piu-fre-quenti-sulla-biodiversita/cose-la-biodiver- sity>.

ISTAT, 2023. <https://www.istat.it/it/files/2023/05/Dati-meteoclimatici-Anni-1971-2021.pdf>

Kiefer L. R., Menzel F., Bahrs E., 2015. In- tegration of ecosystem services into the

carbon footprint of milk of South Ger- man dairy farms. *Journal of Environmen- tal Management*, 152, 11-18. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479715000262>.

King, B. J., Monis, P. T., 2007. Critical pro- cesses affecting *Cryptosporidium* oocyst survival in the environment. *Parasitology*, 134(3), 309-323.

Knapp J. R., Laur G. L., Vadas P. A., Weiss W. P., Tricarico J. M., 2014. Invited review: Enteric methane in dairy cattle production: Quantifying the opportunities and impact of reducing emissions. *Journal of dairy science*, 97(6), 3231-3261.

Kozicka, K., Žukovskis, J., Wójcik-Gront, E., 2023. Explaining Global Trends in Cattle Population Changes Between 1961 and 2020 Directly Affecting Methane Emis- sions Disponibile a: <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/13/10533>.

Ku-Vera J. C., Jiménez-Ocampo R., Va- lencia-Salazar S. S., Montoya-Flores M. D., Molina-Botero I. C., Arango J., Góme- z-Bravo C. A., Aguilar-Pérez C. F., Solo- rio-Sánchez F. J., 2020. Role of secondary plant metabolites on enteric methane mi- tigation in ruminants. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 584. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00584>.

Lastaben, 2020. Analisi e interventi miglio- rativi degli aspetti strutturali e gestionali della STALLA per il BENessere della bovina da Latte - LASTABEN. Università degli stu- di di Milano, dipartimento di scienze agrar- ie e ambientali.

Leoni V., 2010. Biodiversità e conservazio- ne delle bovine autoctone italiane in via di estinzione. Tesi di laurea.

Liu S., Proudman J., Mitloehner F. M., 2021. Rethinking methane from animal agriculture. *CABI Agriculture and Bioscience*, 2(1), 1-13.

Llonch P., Haskell M. J., Dewhurst R. J., Tur- ner S. P., 2017. Current available strategies to mitigate greenhouse gas emissions in livestock systems: an animal welfare per- spective. *Animal*, 11(2), 274-284.

- Lopez H., Caraviello D. Z., Satter L. D., Fricke P. M., Wiltbank M. C., 2005. Relationship between level of milk production and multiple ovulations in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 88(8), 2783-2793.
- Lovarelli D., Finzi A., Mattachini G. and Riva E., 2020. A Survey of Dairy Cattle Behavior in Different Barns in Northern Italy. *Animals*, 10, 713; doi:10.3390/ani10040713.
- Lynas M., Houlton B. Z., Perry S., 2021. Greater than 99% consensus on human caused climate change in the peer-reviewed scientific literature. *Environmental Research Letters*, 16(11), 114005.
- Lynch J., 2019. Availability of disaggregated greenhouse gas emissions from beef cattle production: A systematic review. *Environmental impact assessment review*, 76, 69-78. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195925518303603>.
- Mackey D.R., Gordon A.W., McCoy M.A., Verner M., Mayne C.S Associations between genetic merit for milk production and animal parameters and the fertility performance of dairy cows, 2006. *Animal journal*, 29-43.
- Macmillan K., Kastelic J. P., Colazo M. G., 2018. Update on Multiple Ovulations in Dairy Cattle, *Animals (Basel)*.
- Maienza A., Baronti, S., Lanini G. M., Ugo lini F., Ungaro F., & Vaccari F. P. (2022). The QBS-ar Index: a Sensitive Tool to Assess the Effectiveness of an Agroecological Practice in the Italian Alpine Region. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 22(3), 3740-3744.
- Maienza A., Gignone S., Lumini E., 2023. Scanning soil biodiversity in a Silvopastoral system in Mediterranean area: results from central Italy. *Book of Abstracts GSB23*
- Martins L, Barcelos MM, Cue RI, Anderson KL, Santos MV dos, Gonçalves JL. Chronic subclinical mastitis reduces milk and components yield at the cow level. *Journal of Dairy Research*. 2020;87(3):298-305. doi:10.1017/S0022029920000321.
- Mezzalana, G., 2023. Comunicazione personale, 2 agosto 2023.
- Minotta G., Devecchi M., 2017. Siepi e filari campestri – Progettazione, realizzazione e mantenimento. Edagricole.
- MIPAAF. 2008. Piano nazionale sulla biodiversità di interesse agricolo. [https://www.mase.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/biodiversita/piano\\_nazionale\\_biodiversita\\_interesse\\_agricolo.pdf](https://www.mase.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/biodiversita/piano_nazionale_biodiversita_interesse_agricolo.pdf)
- MIT (Massachusetts Institute of Technology), 2020. Explainer: Radiative Forcing. Adapted from Chandler D., 2010. Explained: Radiative Forcing. MIT News. <https://climate.mit.edu/explainers/radiative-forcing>
- Niamir-Fuller M., 2016. Towards sustainability in the extensive and intensive livestock sectors. *Revue scientifique et technique (International Office of Epizootics)*, 35(2), 371-387. <https://pdf.booksbenefit.com/download/2.-Towards-sustainability-in-the-extensive-and-intensive-livestock-sectors-author-M.-Niamir-Fuller.pdf>
- Nocco A., 2012. Valutare un allevamento. Categorie: 9-2012, Ambiente e Management, Ruminantia <https://ruminantiamese.ruminantia.it/valutare-un-allevamento/>
- Opió, C., 2020. Livestock under climate change. Adaptation of livestock systems to climate change. *Koronivia workshop on: improved livestock management systems, including agropastoral production systems and others*. FAO's Sub-regional Office for Mesoamerica, Panama. Disponibile a: [https://unfccc.int/sites/default/files/resource/2\\_FAO\\_Carolyn\\_UNFCCC%20Koronivia%20Nov%202020\\_Livestock%20Adaptation.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/2_FAO_Carolyn_UNFCCC%20Koronivia%20Nov%202020_Livestock%20Adaptation.pdf)
- Panozzo A., Huang H.Y., Bernazeau B., Meunier F., Turc O., Duponnois R., Prin Y., Vameralli T., Desclaux D., 2022. Impact of olive trees on the microclimatic and edaphic environment of the understorey durum wheat in an alley orchard of the Mediterranean area. *Agronomy* 12: 527.
- Papajová I., Juriš P., Venglovský J., Sasáková N., Rudohradská P., 2010. Process of com-



posting from the parasitological point of view. *Significance*, 28(100), 100.

Parisi V., Menta C., Gardi C., Jacomini C., & Mozzanica, E. (2005). Microarthropod communities as a tool to assess soil quality and biodiversity: a new approach in Italy. *Agriculture, ecosystems & environment*, 105(1-2), 323-333.

Pasini A., 2022. Come aumentare la biodiversità in frutticoltura attraverso le "infrastrutture verdi". Diapositive del corso a distanza "Frutticoltura biologica" organizzato da Veneto Agricoltura - 13, 20, 27 gennaio e 3 febbraio 2022.

Patra A., Park T., Kim M., Yu Z. 2017. Rumen methanogens and mitigation of methane emission by anti-methanogenic compounds and substances. *Journal of animal science and biotechnology*, 8, 1-18.

Pavari A., 1956. I Frangiventi. Edizioni Reda.

Phocas F., Belloc C., Bidanel J., Delaby L., Dourmad J. Y., Dumont B., ... & Brochard M., 2016. Towards the agroecological management of ruminants, pigs and poultry through the development of sustainable breeding programmes. II. Breeding strategies. *Animal*, 10(11), 1760-1769.

Piotto S., Panozzo A., Pasqualotto G., Carraro V., Barion G., Mezzalana G., Furlan L., Moore S.S., Vamerali T., 2023-a. Phenology and radial growth of poplars in wide alley agroforestry systems and the effect on yield of annual intercrops in the first 4 years of the trees' lifespan. *Agriculture, Ecosystems and Environment* (submitted). Available at SSRN 4363133.

Piotto S., Panozzo A., Pasqualotto G., Carraro V., Barion G., Nale S., Furlan L., Anfodillo T., Vamerali T., 2023-b. Impact of Alley Poplar Silvoarable Systems with Soybean on Microclimatic Variables. *Atti di Convegno del 51° Convegno Nazionale della Società Italiana di Agronomia*, Portici, 25-27 Settembre 2023.

Pisseri F., Robbiati G., Baronti S., Caporali F., Carlesi S., Carloni S., Cattafesta M., Cherotti O., Donati M., Maienza A., Pelle-

grini F., Pisoni L., Rinaldo M., Re M., Seppi B., Zanazzi S. & Bàrberi P. (2020). Quanto è sostenibile la mia azienda? Manuale DEXi-INVERSION, per la valutazione della sostenibilità delle aziende zootecniche, 82 p., <http://www.progettoinversion.it/materiali-progetto/>, ISBN 978-88-901624-3-5.

Ramanzin M., Battaglini L., Bovolenta S., Gandini G., Mattiello S., Sarti F. M. & Sturaro E. (2019). Sistemi Agro-zootecnici e Servizi Ecosistemici. Versione 1.0 giugno 2019. Commissione di studio ASPA "Allevamento e Servizi Ecosistemici"; <http://aspa.unitus.it/index.php/it/commissioni-aspa/servizi-ecosistemici-dell-allevamento>.

Reif, A., Schmutz, T., 2011. Impianto e manutenzioni delle siepi campestri in Europa. Institut pour le Développement Forestier. Traduzione in italiano edita e pubblicata da Veneto Agricoltura nel 2011.

Rojas-Downing M. M., Nejadhashemi A. P., Harrigan T., Woznicki S. A., 2017. Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation. *Climate Risk Management*, 16, 145-163. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2017.02.001>

Ronchi B., Savoini G., Tribalza Marinucci M., 2022. Manuale di nutrizione dei ruminanti da latte. Edises Editore.

Rowntree J. E., Stanley P. L., Maciel I. C., Thorbecke M., Rosenzweig S. T., Hancock D. W., Guzman A., Raven M. R., 2020. Ecosystem impacts and productive capacity of a multi-species pastured livestock system. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, 232.

Salvador S., Corazzin M., Piasentier E., Bovolenta S., 2016. Environmental assessment of small-scale dairy farms with multifunctionality in mountain areas. *Journal of Cleaner Production*, 124, 94-102.

Salvador S., Corazzin M., Romanzin A., Bovolenta S., 2017. Greenhouse gas balance of mountain dairy farms as affected by grassland carbon sequestration. *Journal of environmental management*, 196, 644-650.

- Samal L. & Dash S.K., 2022. Nutritional Interventions to Reduce Methane Emissions in Ruminants. From the edited volume "Animal feed science and nutrition - production, health and environment" edited by amlan kumar patra.
- Sangsrivong S., Combs D. K., Sartori R., Armentano L. E., Wiltbank M. C., 2002. High feed intake increases liver blood flow and metabolism of progesterone and estradiol-17 $\beta$  in dairy cattle. *Journal of dairy science*, 85(11), 2831-2842.
- Schader C., Jud K., Meier M. S., Kuhn T., Oehen B., Gattinger A., 2014. Quantification of the effectiveness of greenhouse gas mitigation measures in Swiss organic milk production using a life cycle assessment approach. *Journal of Cleaner Production*, 73(January 2016), 227-235.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.077>
- Schuster J.C., Barkema H. W., De Vries A., Kelton D. F. and Orsel K, 2020. Invited review: Academic and applied approach to evaluating longevity in dairy cows . *J. Dairy Sci.* 103:11008-11024.
- Soussana J.F., Tallec T., Blanford V., 2010, Mitigation the greenhouse gas balance of ruminant production systems through carbon sequestration in grasslands. *Animal*, 4: 334-350.
- Statham J., Green M., Husband J., Huxley J., 2017. Climate change and cattle farming. In *Practice*, 39(1), 10-19.
- Strategia Italiana di lungo termine sulla riduzione delle emissioni dei gas a effetto serra, 2021, [https://www.mase.gov.it/sites/default/files/lts\\_gennaio\\_2021.pdf](https://www.mase.gov.it/sites/default/files/lts_gennaio_2021.pdf)
- Toensmeier E. 2016. The carbon farming solution. A global toolkit of perennial crops and regenerative agriculture practices for climate change mitigation and food security. Chelsea Green Publishing.
- Thomas C., Idler C., Ammon C., Herrmann C., Amon, T., 2019. Inactivation of ESBL-/AmpC-producing *Escherichia coli* during mesophilic and thermophilic anaerobic digestion of chicken manure. *Waste Management*, 84, 74-82.
- Thompson L. R., Rowntree J. E., 2020. Invited review: methane sources, quantification, and mitigation in grazing beef systems. *Applied Animal Science*, 36(4), 556-573.
- Tian H., Xu R., Canadell J. G., Thompson R. L., Winiwarter W., Suntharalingam P., ... & Yao Y., 2020. A comprehensive quantification of global nitrous oxide sources and sinks. *Nature*, 586(7828), 248-256.
- Ugbogu E. A., Elghandour M. M. M. Y., Ikpeazu V. O., Buendía G. R., Molina O. M., Arunsi U. O., Emmanuel O., Salem A. Z. M., 2019. The potential impacts of dietary plant natural products on the sustainable mitigation of methane emission from livestock farming. *Journal of Cleaner Production*, 213, 915-925. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.233>
- VandeHaar M. J., St-Pierre n., 2006. Major Advances in Nutrition: Relevance to the Sustainability of the Dairy Industry, *J. Dairy Sci.* 89:1280-1291.
- Van Duifhuizen T., student HAS Den Bosch, 2015. 30% reduction of methane exhaust in the dairy industry is possible, 2015, Cow signals Training company. <https://www.cowsignals.com/server/multimediaserve/2475?hash=2be6bee261c051aaa40158d50d75b4df0c-c036ad1e881c555f647e1388479ade>
- Veneto Agricoltura, 2008-a. Siepi e Fauna Selvatica, <https://www.venetoagricoltura.org/upload/pubblicazioni/SIEPI-E218.pdf>.
- Veneto Agricoltura, 2008-b. Siepi Perimetrali, [https://www.venetoagricoltura.org/upload/pubblicazioni/SIEPI-E219\\_screen.pdf](https://www.venetoagricoltura.org/upload/pubblicazioni/SIEPI-E219_screen.pdf).
- Veneto Agricoltura, 2008-c. Siepi da Legna, [https://www.venetoagricoltura.org/upload/pubblicazioni/SIEP-%20E220\\_screen.pdf](https://www.venetoagricoltura.org/upload/pubblicazioni/SIEP-%20E220_screen.pdf).
- Veneto Agricoltura, 2009. Compost: una nuova fertilità. Regione del Veneto - DCR 24 del 04/05/2004; DDR 162 del 21/09/2005 - Progetto "Utilizzo del compost di qualità in agricoltura e sperimentazione tecnica

ed economica finalizzata alla riduzione dei concimi azotati tradizionali". [https://www.venetoagricoltura.org/upload/pubblicazioni/COMPOST\\_E287/Low\\_02.pdf](https://www.venetoagricoltura.org/upload/pubblicazioni/COMPOST_E287/Low_02.pdf) <https://www.venetoagricoltura.org/2009/03/editoria/compost-una-nuova-fonte-di-fertilita-2008librocod-e287/>; <https://www.venetoagricoltura.org/2007/08/editoria/progetto-compost-2008-ristampascheda-cod-e302esaurita/>

Vermeulen, S. J., Challinor, A. J., Thornton, P. K., Campbell, B. M., Eriyagama, N., Vervoort, J. M., ... & Smith, D. R., 2013. Addressing uncertainty in adaptation planning for agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(21), 8357-8362.

Wagg C., Bender S. F., Widmer F., & Van Der Heijden, M. G. (2014). Soil biodiversity and soil community composition determine ecosystem multifunctionality. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(14), 5266-5270.

Wiltbank M., Lopez H., Sartori R., Sangsritavong S., Gümen A., 2006. Changes in reproductive physiology of lactating dairy cows due to elevated steroid metabolism, *Theriogenology* 2006

Zhang, Y. W., McCarl, B. A., Jones, J. P., 2017. An overview of mitigation and adaptation needs and strategies for the livestock sector. *Climate*, 5(4), 95.



ISBN 978-88-6337-297-7



9 788863 372977