



Politecnico
di Torino

Politecnico di Torino
DAD
Laurea magistrale
Architettura per la Sostenibilità
A.A. 2024/2025

TRANSIZIONE SOSTENIBILE DEGLI ALLEVAMENTI

STRATEGIE PROGETTUALI E SCENARI FUTURI

candidata
Federica GERBALDO

relatrici
Silvia TEDESCO
Elena Piera MONTACCHINI

Alla mia famiglia

Una nazione merita il suolo e gli scenari che ha ereditato solo se, con tutte le sue azioni e le sue arti, si preoccupa di renderli ancor più gradevoli per i propri figli.

John Ruskin

ABSTRACT

Gli allevamenti intensivi rappresentano uno dei settori più impattanti all'interno della filiera agroalimentare a livello globale, contribuendo in modo significativo al consumo di suolo, acqua ed energia, nonché alle emissioni di gas climalteranti e al degrado degli ecosistemi. Oltre agli aspetti ambientali, questi sistemi pongono rilevanti questioni etiche legate al benessere animale, spesso messo in secondo piano a priorizzare l'interesse economico. Questo lavoro vuole analizzare in modo critico gli effetti ambientali, sociali ed etici degli allevamenti moderni, con particolare attenzione ai modelli intensivi, per individuare strategie e soluzioni capaci di mitigare gli impatti.

Attraverso una prima fase di ricerca, vengono esaminati i principali meccanismi che generano pressioni sugli ecosistemi e contribuiscono alla crisi climatica, evidenziando le connessioni tra produzione animale, uso delle risorse ed emissioni. Sulla base di queste analisi, vengono poi proposti interventi progettuali e gestionali mirati, che includono l'ottimizzazione dei processi produttivi, l'impiego di energie rinnovabili, pratiche avanzate di gestione dei reflui e l'integrazione sistematica del benessere animale come elemento fondante di un modello più responsabile e resiliente. Viene adottato un approccio multidisciplinare e orientato alla trasformazione graduale dei sistemi esistenti attraverso interventi puntuali ma cumulativamente significativi.

Nella fase conclusiva, il lavoro esplora scenari futuri oltre l'allevamento tradizionale, ipotizzando una riconversione funzionale delle strutture zootecniche verso attività alternative, quali produzioni alimentari sostenibili, agricoltura rigenerativa o funzioni sociali e comunitarie.

Tale visione si inserisce all'interno di un paradigma di economia circolare e di una prospettiva di lungo periodo, che richiede il coordinamento tra politiche pubbliche, innovazione tecnologica e responsabilità etica.

Questo lavoro vuole mostrare come la progettazione architettonica e ambientale possa svolgere un ruolo strategico nel guidare la transizione verso sistemi produttivi più equi, efficienti e rispettosi del pianeta, contribuendo a costruire un futuro sostenibile per le generazioni presenti e future.

ABSTRACT

english version

Intensive livestock farming is among the most impactful sectors within the global agri-food system, contributing significantly to land, water and energy consumption, as well as to greenhouse gas emissions and ecosystem degradation. Beyond environmental concerns, these systems also raise important ethical issues related to animal welfare, often sidelined in favor of economic priorities. This work critically examines the environmental, social and ethical effects of contemporary livestock systems, with particular attention to intensive models, in order to identify strategies and solutions capable of mitigating their impacts.

The first part of the research investigates the main mechanisms that exert pressure on ecosystems and contribute to the climate crisis, highlighting the connections between animal production, resource use and emissions. Building on this analysis, the study proposes targeted design and management interventions, including the optimization of production processes, the adoption of renewable energy sources, advanced livestock waste management practices, and the systematic integration of animal welfare as a foundational component of a more responsible and resilient model. The approach is multidisciplinary and oriented toward the gradual transformation of existing systems through focused yet cumulatively significant measures.

In its final section, the work explores future scenarios beyond traditional livestock farming, envisioning a functional reconversion of existing facilities toward alternative activities such as sustainable food production, regenerative agriculture or social and community services. This vision aligns with the principles of the circular economy and a long-term

perspective requiring coordinated efforts between public policies, technological innovation and ethical responsibility.

This thesis aims to demonstrate how architectural and environmental design can play a strategic role in guiding the transition toward more equitable, efficient and environmentally respectful production systems, contributing to the construction of a sustainable future for present and future generations.

INTRODUZIONE

01 L'IMPATTO DEGLI ALLEVAMENTI

IL CONTESTO ATTUALE

1.1 GLI ALLEVAMENTI E L'IMPATTO AMBIENTALE	023
1.1.1 GLI ALLEVAMENTI E L'IMPATTO SUL SUOLO	025
1.1.2 GLI ALLEVAMENTI E L'IMPATTO SULL'ACQUA	026
1.1.3 GLI ALLEVAMENTI E L'IMPATTO SULL'ARIA	028
1.2 GLI ALLEVAMENTI E IL BENESSERE ANIMALE	029
1.3 GLI ALLEVAMENTI E L'INTERESSE ECONOMICO	032
1.4 GLI ALLEVAMENTI E IL CONTESTO NORMATIVO	035
1.4.1 IL QUADRO GLOBALE: LE LINEE GUIDA DELLA FAO	035
1.4.2 IL QUADRO EUROPEO: LA IED 2.0	037
1.4.3 IL QUADRO ITALIANO: LA PROPOSTA DI LEGGE WWF	038
INTRODUZIONE	018

02 LE STRUTTURE ZOOTECNICHE ESISTENTI

TIPOLOGIE

2.1 LE STRUTTURE ZOOTECNICHE BOVINE	043
2.1.1 I BOVINI NELLE TIE STALL	043
2.1.2 I BOVINI NELLE FREE STALL CON CUCETTE	043
2.1.3 I BOVINI NELLE STALLE LOOSE HOUSING	044
2.1.4 I BOVINI NELLE FREE STALL CON ATTIVITÀ DI PASCOLO	044
2.2 LE STRUTTURE ZOOTECNICHE SUINE	044
2.2.1 I SUINI NELLE STALLE INDOOR	044
2.2.2 I SUINI NELLE STALLE CON DEEP LITTER	045
2.2.3 I SUINI NEL FREE RANGE	045
2.3 LE STRUTTURE ZOOTECNICHE AVICOLE	046
2.3.1 GLI AVICOLI NEI CAPANNONI AD ALTA DENSITÀ	046
2.3.2 GLI AVICOLI NEL CAGE SYSTEM	046
2.3.3 GLI AVICOLI NEL SISTEMA AVARIO	046
2.3.4 GLI AVICOLI NEL FREE RANGE HOUSING	047
2.4 TABELLE RIASSUNTIVE	047

1.2 GLI ALLEVAMENTI E IL BENESSERE ANIMALE	029
1.3 GLI ALLEVAMENTI E L'INTERESSE ECONOMICO	032
1.4 GLI ALLEVAMENTI E IL CONTESTO NORMATIVO	035
1.4.1 IL QUADRO GLOBALE: LE LINEE GUIDA DELLA FAO	035
1.4.2 IL QUADRO EUROPEO: LA IED 2.0	037
1.4.3 IL QUADRO ITALIANO: LA PROPOSTA DI LEGGE WWF	038
INTRODUZIONE	018

03 ALLEVAMENTI PIÙ SOSTENIBILI RIDURRE GLI IMPATTI

3.1 ALLEVAMENTI PIÙ SOSTENIBILI PER RIDURRE L'IMPATTO SUL SUOLO	056
3.1.1 RIDURRE L'IMPATTO SUL SUOLO ATTRAVERSO LA GESTIONE REFLUI	056
3.1.2 RIDURRE L'IMPATTO SUL SUOLO ATTRAVERSO LA GESTIONE DEI MANGIMI	060
3.1.3 RIDURRE L'IMPATTO SUL SUOLO ATTRAVERSO LA GESTIONE DEL PASCOLO	063
3.2 ALLEVAMENTI PIÙ SOSTENIBILI PER RIDURRE L'IMPATTO SULL'ACQUA	065
3.2.1 RIDURRE L'IMPATTO SULL'ACQUA ATTRAVERSO I SISTEMI DI DRENAGGIO	065
3.2.2 RIDURRE L'IMPATTO SULL'ACQUA ATTRAVERSO I SISTEMI DI FITODEPURAZIONE	066
3.2.3 RIDURRE L'IMPATTO SULL'ACQUA ATTRAVERSO I SISTEMI DI RACCOLTA E RIUTILIZZO ACQUA	068
3.3 ALLEVAMENTI PIÙ SOSTENIBILI PER RIDURRE L'IMPATTO SULL'ARIA	069
3.3.1 RIDURRE L'IMPATTO SULL'ARIA ATTRAVERSO LA GESTIONE DEI REFLUI	069
3.3.2 RIDURRE L'IMPATTO SULL'ARIA ATTRAVERSO LA SCELTA DEI MATERIALI	070
3.3.3 RIDURRE L'IMPATTO SULL'ARIA ATTRAVERSO L'USO DI ENERGIA RINNOVABILE	071
3.4 ALLEVAMENTI PIÙ SOSTENIBILI PER MIGLIORARE IL BENESSERE DEGLI ANIMALI	073
3.4.1 MIGLIORARE IL BENESSERE DEGLI ANIMALI ATTRAVERSO IL MICROCLIMA	073
3.4.2 MIGLIORARE IL BENESSERE DEGLI ANIMALI ATTRAVERSO LA DISTRIBUZIONE INTERNA	075

3.5 CASI STUDIO	080
3.6 LINEE GUIDA PER RENDERE GLI ALLEVAMENTI PIÙ SOSTENIBILI	091

04 ALTERNATIVE AGLI ALLEVAMENTI SCENARI FUTURI

4.1 DALLA CARNE ALLE PROTEINE ALTERNATIVE	116
4.1.1 IL FENOMENO DELLE PROTEINE VEGETALI	117
4.1.2 IL FENOMENO DELLA CARNE COLTIVATA	119
4.1.3 IL FENOMENO DEGLI INSETTI COMMESTIBILI	121
4.2 POTENZIALITÀ DI RICONVERSIONE DELLE STRUTTURE ZOOTECNICHE	123
4.2.1 TRANSIZIONE IN: SANTUARIO E CARE FARM	126
4.2.2 TRANSIZIONE IN: SERRA	128
4.2.3 TRANSIZIONE IN: COLTIVAZIONE FUNGHI	129
4.2.4 TRANSIZIONE IN: AGRI-PV	132
4.2.5 TRANSIZIONE IN: CO-HOUSING E SOCIALE	134

CONCLUSIONI riferimenti

138
142

INTRODUZIONE

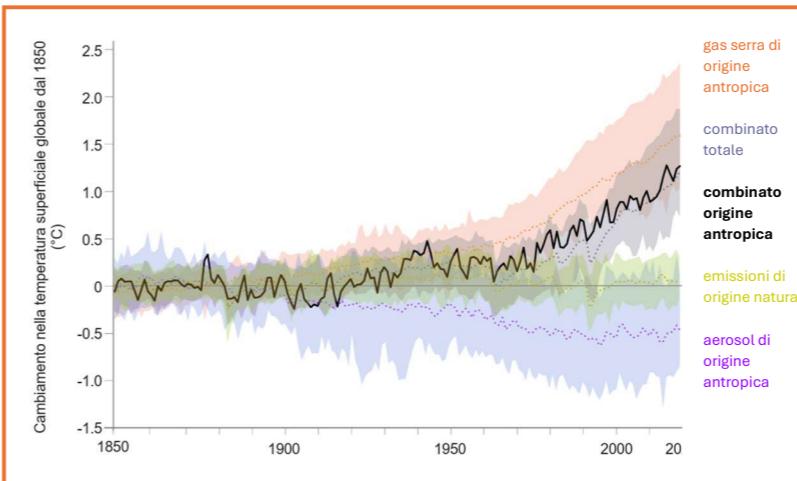
Gli allevamenti intensivi sono tra le produzioni più impattanti all'interno della produzione alimentare a livello globale. Questo tipo di produzione richiede enormi quantità di energia, suolo e risorse idriche e genera enormi quantità di emissioni e inquinanti rilasciati poi nell'ambiente.

Il mio percorso universitario, particolarmente incentrato sulla progettazione sostenibile e sulla ricerca di metodi e approcci per cercare di ridurre gli impatti ambientali che ad oggi comportano gravi effetti negativi sul pianeta e sulla sua abitabilità, mi ha portato a cercare un argomento che potesse contribuire in modo efficace al cambiamento, per cercare di mitigare gli effetti delle azioni antropologiche sull'ambiente. A livello personale, oltre agli aspetti ambientali, l'interesse particolare che ho verso il maltrattamento degli animali e, in particolare nel caso degli allevamenti, le enormi quantità di animali che vengono uccisi ogni anno e allevati in ambienti e situazioni inumane, mi ha spinto alla ricerca soluzioni che potessero garantire oltre ad una produzione più sostenibile anche degli allevamenti che fossero in grado di rispondere meglio alle esigenze degli animali allevati.

Questa tesi vuole quindi ricercare le problematiche principali e più importanti che gli allevamenti moderni hanno rispetto alla crisi climatica e al benessere animale per poi cercare di trovare delle soluzioni progettuali e strategiche per mitigare gli effetti negativi. Il testo si sviluppa quindi in una prima parte di ricerca incentrata sugli impatti degli allevamenti per poi passare all'esposizione delle possibili soluzioni progettuali da applicare nei diversi ambiti della produzione. Nella parte conclusiva si espongono poi una serie di scenari alternativi nell'ipotesi più utopistica di un futuro in cui gli allevamenti venissero completamente abbandonati per sfruttare al meglio le risorse e le strutture che altrimenti andrebbero dismesse.

01 L'IMPATTO DEGLI ALLEVAMENTI CONTESTO ATTUALE

Figura 1 - simulazione climatica delle temperature globali misurate tra il 1850 e il 2020. In arancione le emissioni dovute ad attività antropiche.
Fonte: Cambiamento Climatico 2021: Sintesi per tutti, IPCC, UNEP, 2021



Negli ultimi due secoli, la concentrazione di anidride carbonica in atmosfera è aumentata del 40%, raggiungendo il livello più alto degli ultimi 650.000 anni, e la concentrazione di metano è raddoppiata rispetto all'epoca preindustriale, contribuendo a un innalzamento medio delle temperature globali di circa 1,6 °C, nel 2024, superando ufficialmente la soglia di 1,5 °C fissata dall'Accordo di Parigi del 2015. È stimato che senza l'adozione di misure di mitigazione efficaci, ci sarà un aumento ulteriore delle temperature compreso tra 1,4°C e 5,8°C entro il 2100, con gravi conseguenze sul clima globale, tra cui scioglimento dei ghiacciai, innalzamento dei livelli del mare, perdita di habitat naturali e diminuzione

della biodiversità¹. Il comparto zootecnico costituisce una delle principali fonti antropiche di produzione di gas effetto serra, con un impatto rilevante sul cambiamento climatico globale, favorendo processi di riscaldamento globale. Parallelamente, il settore

zootecnico contribuisce in modo significativo al degrado del suolo e delle risorse idriche, attraverso l'uso estensivo di terreno, l'elevato consumo di acqua dolce, la produzione di reflui contaminanti, la dispersione di nutrienti e sostanze chimiche nocive e i processi erosivi legati direttamente o indirettamente alle attività di allevamento.

¹ H. Steinfeld, et al., Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options, FAO, Roma, 2006

L'aumento della produzione di carne solleva anche importanti questioni rispetto a salute pubblica e benessere animale.

Il consumo eccessivo di carne rossa è associato a un rischio maggiore di obesità, diabete e malattie cardiovascolari, mentre gli allevamenti intensivi favoriscono la diffusione di malattie zoonotiche e la resistenza agli antibiotici.

Gli animali vengono allevati in ambienti inumani e insalubri che oltre a incidere sul benessere dell'animale stesso influiscono anche sulla qualità del prodotto finito.

Dal punto di vista socioeconomico le produzioni animali rappresentano circa il 40% del valore economico dell'agricoltura mondiale e impiegano oltre 1,3 miliardi di persone. Allo stesso tempo, la crescente industrializzazione del settore ha comportato la progressiva scomparsa delle piccole aziende agricole, a favore di grandi conglomerati industriali che monopolizzano il mercato e intensificano i ritmi produttivi. Questa tendenza, sebbene economicamente redditizia, ha ridotto la sostenibilità del sistema alimentare e ampliato le disparità sociali².

Il quadro degli allevamenti intensivi e dei suoi impatti ambientali è oggi oggetto di normative sempre più stringenti e articolate. Inoltre, la connessione tra sostenibilità ambientale e benessere animale appare sempre più evidente e rende necessario un approccio integrato: riduzione delle emissioni, migliore gestione degli allevamenti, condizioni di vita degli animali più dignitose, e una governance che favorisca la transizione del settore nel suo complesso.

1.1 GLI ALLEVAMENTI E L'IMPATTO AMBIENTALE

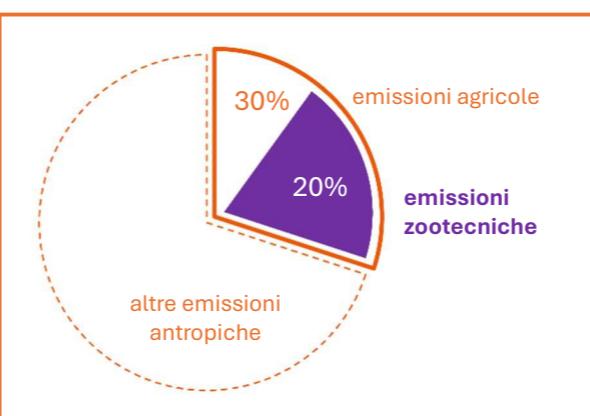
La produzione alimentare globale rappresenta uno dei settori più impattanti a livello ambientale e contribuisce in maniera significativa alla crisi climatica, alla perdita di biodiversità e all'inquinamento di aria, acqua e suolo. All'interno di questo contesto, la produzione animale gioca un ruolo importante: è responsabile, infatti, di una quota rilevante delle emissioni di gas a effetto serra (greenhouse gases, GHG), sia in modo diretto, attraverso le emissioni generate dagli animali stessi, sia in modo indiretto, mediante le attività correlate all'allevamento, come la produzione di mangimi e i processi di trasformazione, trasporto e distribuzione dei prodotti di origine animale.

A livello globale, la produzione alimentare contribuisce al 30% delle emissioni totali di gas serra antropogenici, di cui la sola produzione animale rappresenta circa il 60%. Questo significa che gli allevamenti contribuiscono al 20% alle emissioni globali complessive (*Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC*)³.

Gli allevamenti sono quindi una delle principali fonti di inquinamento e di pressione sugli ecosistemi a livello globale. Le emissioni derivano soprattutto da anidride carbonica (CO_2), metano (CH_4) e protossido di azoto (N_2O). La CO_2 è prodotta soprattutto dalle attività industriali e dai trasporti associati alla filiera alimentare, mentre il metano e il protossido di azoto provengono

principalmente dai processi digestivi del bestiame e dalla gestione dei reflui zootechnici⁴. Gli allevamenti determinano anche emissioni indirette attraverso la deforestazione e la conversione di habitat naturali in terreni agricoli per la produzione di mangimi. Tali processi comportano una riduzione della capacità di assorbimento del carbonio da parte delle foreste, aggravando ulteriormente la concentrazione di GHG in atmosfera⁵. Allo stesso tempo, la gestione dei rifiuti organici provenienti dagli allevamenti è una fonte rilevante di inquinamento di acque e suoli, con effetti a cascata sugli ecosistemi locali.

Figura 2 - rappresentazione grafica dell'impatto degli allevamenti nelle emissioni di gas serra a livello globale



² What's Cooking? An assessment of the potential impacts of selected novel alternatives to conventional animal products, UNEP, 2023

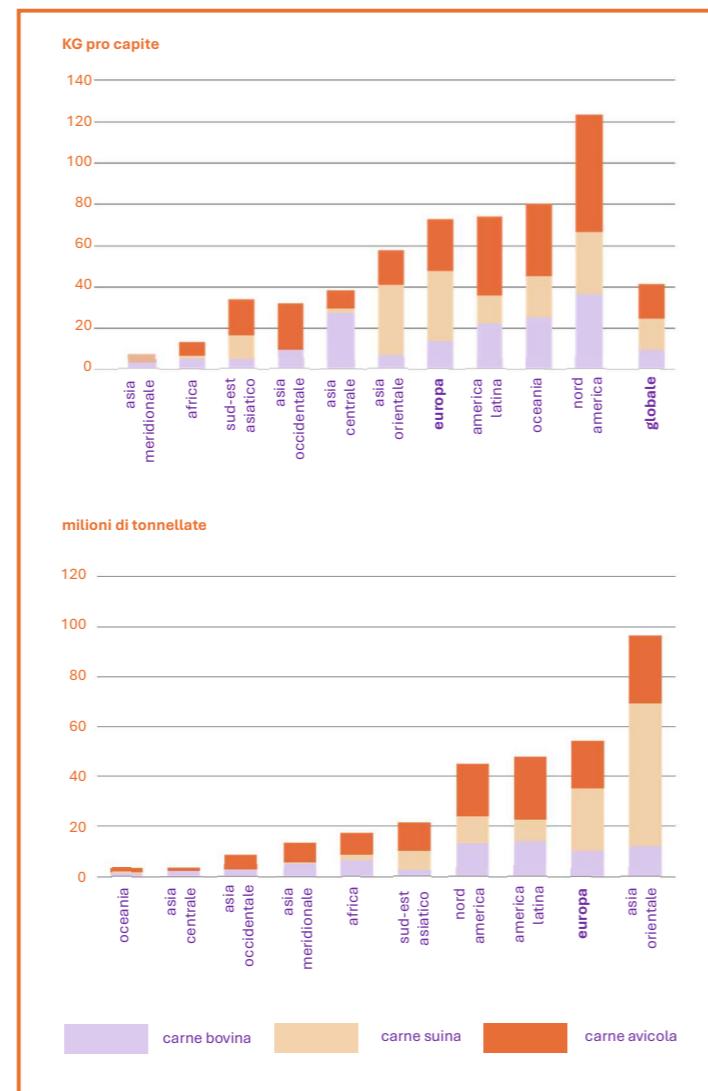
³ UNEP, op cit

⁴ FAO, op cit

⁵ UNEP, op cit

L'aumento della domanda di carne e prodotti di origine animale è il principale motore di questa crisi ambientale. Tale crescita è imputabile a fattori demografici ed economici, come l'incremento della popolazione mondiale, l'urbanizzazione e l'aumento dei redditi medi, ma anche al sostegno politico ed economico delle industrie agroalimentari⁶. Nell'arco di 60 anni, il consumo globale di carne è quintuplicato, mentre il consumo pro-capite è più che raddoppiato, a dimostrare che sì il consumatore medio consuma più carne ma il fattore principale di aumento della domanda riguarda l'importante crescita della popolazione mondiale. Le proiezioni indicano che entro il 2050 la produzione e il consumo di carne potrebbero aumentare del 50%, con effetti devastanti in termini ambientali. Le differenze geografiche nella produzione e nel consumo sono notevoli. Se da una parte l'Europa e il Nord America presentano i più alti consumi pro-capite, è l'Asia il principale produttore mondiale, responsabile del 43% della produzione totale di carne, seguita da Europa (21%), Nord e Sud America (15% e 14%) e Africa (7%)⁷. Tale concentrazione produttiva si accompagna a una crescente delocalizzazione delle attività industriali, favorita dal minor costo del lavoro e dalla minore rigidità delle normative ambientali in alcune regioni del mondo. Questo fenomeno contribuisce ad amplificare le disuguaglianze ambientali, spostando l'inquinamento verso i paesi in via di sviluppo, dove spesso le risorse naturali vengono sfruttate senza adeguate misure di protezione⁸.

Figura 3 - consumi pro-capite e nazionali di carne nel 2020
Fonte: *What's Cooking? An assessment of the potential impacts of selected novel alternatives to conventional animal products*, UNEP, 2023



1.1.1 GLI ALLEVAMENTI E L'IMPATTO SUL SUOLO

Complessivamente, le attività agricole occupano circa il 50% del suolo abitabile del pianeta, come metro di paragone il suolo urbano ne copre soltanto l'1%. Di questo 50%, circa il 77% viene utilizzato direttamente o indirettamente per l'allevamento del bestiame — sia per la coltivazione dei mangimi che per il pascolo⁹.

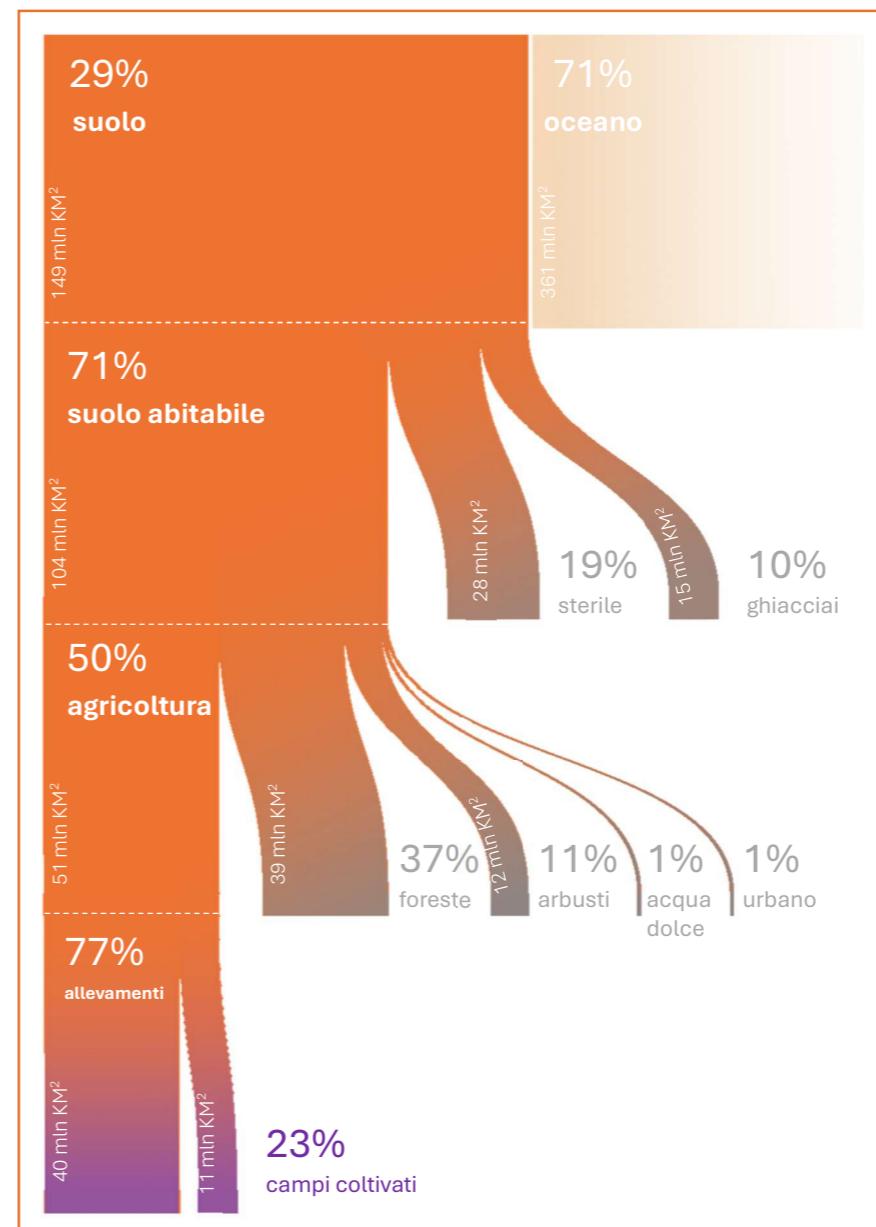
A livello globale, la produzione di mangimi destinati agli animali da allevamento si concentra soprattutto sui cereali, di cui vengono prodotte circa 45 milioni di tonnellate all'anno, seguiti da radici, verdure e legumi,

che insieme occupano decine di milioni di ettari di terreno.

La conversione del suolo da habitat naturale a superfici agricole e pascolive è un processo che ha subito una rapida accelerazione a partire dal XIX secolo, raggiungendo livelli senza precedenti nella seconda metà del XX secolo.

L'espansione delle aree agricole e pastorali ha portato a una profonda alterazione degli ecosistemi naturali, con una progressiva riduzione degli habitat e della biodiversità. Gli allevamenti, infatti, non solo occupano vasti territori, ma contribuiscono anche all'inquinamento del suolo attraverso il rilascio di nutrienti, materia organica, agenti patogeni, soprattutto a causa di

Figura 4 - i consumi di suolo e il contributo degli allevamenti
Fonte: *What's Cooking? An assessment of the potential impacts of selected novel alternatives to conventional animal products*, UNEP, 2023



una cattiva gestione degli effluenti zootecnici, e residui di farmaci

⁶ FAO, op cit

⁷ UNEP, op cit

⁸ FAO, op cit

⁹ UNEP, op cit

veterinari, che possono contaminare il suolo e le acque superficiali e sotterranee. La degradazione del suolo è aggravata dal modello produttivo intensivo dell'attività zootecnica moderna: l'uso eccessivo di pesticidi e fertilizzanti sintetici altera la struttura e la fertilità del terreno, riducendo la disponibilità di nutrienti naturali e innescando un circolo vizioso che porta allo sfruttamento di nuove aree agricole.

Secondo le stime, ogni anno si perdono globalmente circa 75 miliardi di tonnellate di suolo, un fenomeno che compromette la sicurezza alimentare e la stabilità ecologica dei territori¹⁰.

1.1.2 GLI ALLEVAMENTI E L'IMPATTO SULL'ACQUA

Gli allevamenti si configurano come grandi consumatori e al contempo inquinatori di risorse idriche. Il loro impatto si manifesta attraverso l'elevato prelievo di acqua dolce, la produzione di reflui contaminanti, la diffusione di nutrienti e sostanze chimiche nocive, l'erosione del suolo e la progressiva perdita di biodiversità.

In termini generali, l'agricoltura nel suo insieme consuma circa il 70% delle risorse idriche totali utilizzate dall'uomo, rendendola l'attività maggiormente dipendente dall'acqua a livello globale¹¹. L'attività zootecnica, in particolare nella sua forma intensiva, è responsabile di circa il 40% dell'impronta idrica complessiva delle produzioni agricole¹².

All'interno del ciclo produttivo zootecnico, l'acqua viene impiegata in molteplici fasi: è necessaria per l'abbeveraggio degli animali, per la pulizia degli ambienti di stabulazione, per le operazioni di raffrescamento e igienizzazione, nonché per le successive fasi di macellazione, trasformazione e lavorazione del prodotto finale.

Si stima, ad esempio, che la lavorazione delle carcasse bovine richieda circa 15 kg di acqua per ogni chilo di carcassa, mentre la produzione

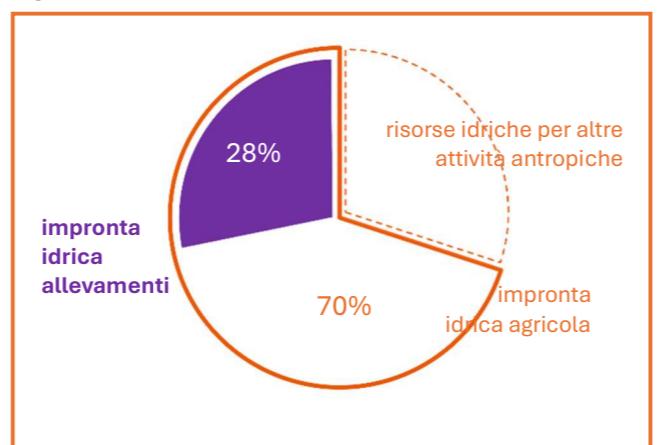


Figura 5 - rappresentazione grafica dell'impatto degli allevamenti sulle risorse idriche globali

avicola necessita di circa 1.590 litri di acqua per animale. Anche la produzione di latte utilizza grandi quantità di acqua: per la produzione di un chilogrammo di latte è necessario circa un litro d'acqua, per un totale stimato di 600 milioni di tonnellate l'anno.

Tuttavia, il consumo diretto rappresenta solo una parte dell'impronta idrica complessiva. Una porzione significativa delle risorse idriche, pari a circa il 45% della disponibilità globale di acqua destinata alla produzione alimentare, è utilizzata nella coltivazione di mangimi destinati all'alimentazione animale¹³.

Parallelamente, un aspetto particolarmente critico riguarda la qualità dell'acqua che viene reimmessa nell'ambiente. La maggior parte dei volumi idrici impiegati nelle attività di allevamento non ritorna come risorsa pulita, bensì come refluo contaminato. I reflui zootecnici contengono elevate concentrazioni di nutrienti, in particolare azoto e fosforo, nonché residui di farmaci e antibiotici veterinari, metalli pesanti, materia organica e agenti patogeni. Una gestione inadeguata di tali materiali determina infiltrazioni nel suolo e rilascio nelle acque superficiali, con conseguente contaminazione diffusa delle risorse idriche. Il fenomeno del *run-off* agricolo, ossia il deflusso superficiale di fertilizzanti e pesticidi, si è intensificato in seguito all'aumento della produzione agricola, costituendo oggi una delle principali cause di inquinamento diffuso delle acque.

L'accumulo di nutrienti nei corpi idrici determina spesso fenomeni di eutrofizzazione, caratterizzati da una crescita eccessiva di alghe e piante acquatiche che riduce la concentrazione di ossigeno dissolto, compromettendo gli equilibri ecologici e causando mortalità nella fauna ittica e perdita di biodiversità¹⁴. Il fosforo tende a interessare principalmente le acque superficiali, mentre l'azoto penetra nel terreno raggiungendo le falde acquifere, con gravi ripercussioni sulla potabilità dell'acqua e sulla sicurezza delle risorse idriche destinate al consumo umano.

Gli antibiotici e gli ormoni della crescita somministrati agli animali, invece, vengono solo parzialmente metabolizzati e finiscono in parte nelle acque di

¹⁰ FAO, op cit

¹¹ FAO, op cit

¹² UNEP, op cit

¹³ FAO, op cit

¹⁴ UNEP, op cit

scarico, dove favoriscono la selezione di batteri antibiotico-resistenti e alterano i sistemi endocrini degli organismi acquatici e, indirettamente, dell'essere umano. Inoltre, i reflui possono contenere microrganismi patogeni come la *Salmonella* e altri batteri zoonotici, in grado di contaminare alimenti e acque e rappresentare un rischio sanitario rilevante¹⁵.

Un ulteriore impatto indiretto è rappresentato dal degrado del suolo. Il pascolo intensivo e l'elevata densità di animali in spazi limitati favoriscono l'erosione del terreno, responsabile di circa il 50% della massa totale di suolo erosa annualmente a livello mondiale. Tale processo riduce la capacità del suolo di trattenere umidità, aumenta il trasporto di sedimenti nei corsi d'acqua e può causare esondazioni e distruzione di habitat acquatici, aggravando ulteriormente la perdita di biodiversità¹⁶.

Anche la coltivazione intensiva di mangimi contribuisce al degrado delle risorse idriche. L'uso massiccio di pesticidi e fertilizzanti chimici nelle colture destinate all'alimentazione animale comporta la contaminazione di suoli e falde acquifere, con effetti tossici sulla fauna acquatica e terrestre. Tra le conseguenze più frequenti si annoverano tumori, alterazioni del sistema immunitario e riproduttivo, lesioni cutanee e mortalità diffusa di organismi acquatici¹⁷.

Tali processi concorrono a ridurre la resilienza ecologica degli ecosistemi e a compromettere in modo crescente la qualità delle acque e l'equilibrio ambientale complessivo.

1.1.3 GLI ALLEVAMENTI E L'IMPATTO SULL'ARIA

Gli animali da allevamento rappresentano una fonte diretta di emissione metano e protossido di azoto. A queste si aggiungono emissioni indirette di anidride carbonica, ammoniaca, azoto e fosforo, connesse principalmente alle pratiche di stoccaggio e smaltimento del letame¹⁸. Le emissioni dirette

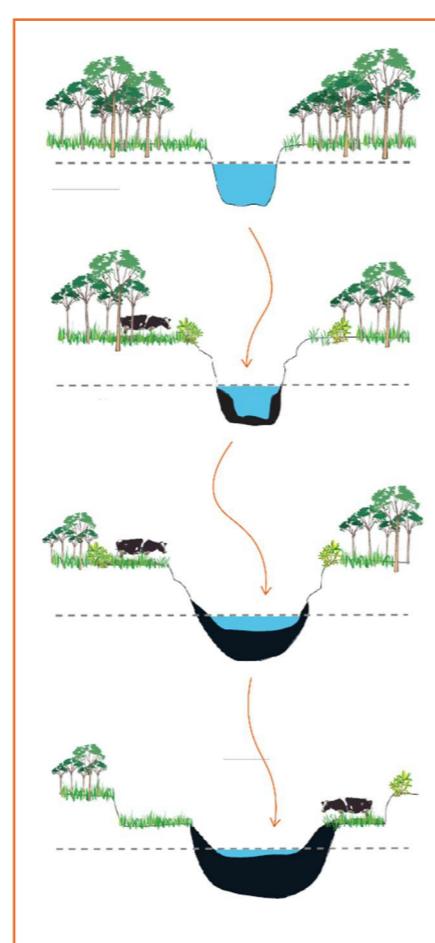


Figura 6 - impatto dell'erosione sulle risorse idriche

Fonte: H. Steinfeld, et al., *Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options*, FAO, Roma, 2006

Figura 7 - principali gas effetto serra e il loro impatto (GWP, global warming potential)

Fonte: Gas climateranti: quali sono e il loro impatto, xclimate.net

gas effetto serra	GWP
anidride carbonica	CO ₂
metano	CH ₄
protossido di azoto	N ₂ O
idrofluorocarburi	HFC
perfluorocarburi	PFC
solfuro di zolfo	SF ₆

provenienti dagli allevamenti costituiscono circa il 35% del totale delle emissioni agricole e quasi la metà di quelle complessive del settore zootecnico. In particolare, la fermentazione enterica – un processo fisiologico tipico dei ruminanti – è responsabile della maggior parte delle emissioni di metano mentre la decomposizione del letame produce significative quantità di protossido di azoto¹⁹.

Gli allevamenti bovini sono i principali responsabili dell'impatto emissivo, seguiti da quelli suini e, in misura minore, da quelli avicoli. I bovini destinati alla produzione di carne generano un'impronta ambientale più elevata rispetto a quelli allevati per la produzione di latte, sia in termini di consumo di risorse naturali sia per le emissioni dirette di gas serra. Le aree geografiche con le maggiori produzioni di carne bovina sono Brasile, Cina, Unione Europea, India e

Stati Uniti che, di conseguenza, sono tra i principali contributori alle emissioni globali di metano²⁰.

Quando si parla invece di reflui zootecnici, se questi non vengono adeguatamente gestiti, determinano la dispersione di nutrienti e materia organica nell'ambiente, contribuendo ulteriormente alle emissioni di gas serra e aggravando i fenomeni di eutrofizzazione.

Le emissioni indirette legate agli allevamenti derivano inoltre dalle attività collegate alla produzione dei mangimi, che rappresentano una componente significativa dell'impatto ambientale complessivo del settore. L'uso intensivo di fertilizzanti e pesticidi chimici nelle colture destinate all'alimentazione animale comporta il rilascio di ossidi di azoto e altre sostanze inquinanti, che incidono negativamente sulla qualità del suolo, sull'integrità delle acque superficiali e sotterranee, e sulla biodiversità²¹.

1.2 GLI ALLEVAMENTI E IL BENESSERE ANIMALE

Con lo sviluppo e la diffusione degli allevamenti intensivi, l'attenzione verso il benessere animale si è gradualmente ridotta fino quasi a scomparire. Gli animali hanno cominciato a essere considerati esclusivamente come

¹⁵ FAO, op cit

¹⁶ FAO, op cit

¹⁷ FAO, op cit

¹⁸ FAO, op cit

¹⁹ UNEP, op cit

²⁰ UNEP, op cit

²¹ FAO, op cit

risorse produttive, strumenti economici finalizzati al profitto e all'efficienza, piuttosto che come esseri viventi dotati di sensibilità²².

Ogni anno decine di miliardi di animali vengono macellati per l'alimentazione umana, animali che per la maggior parte. Nel solo 2018, sono stati uccisi più di 72 miliardi di animali destinati al consumo umano: tra essi, 69 miliardi di polli, 1,5 miliardi di maiali, 650 milioni di tacchini, 600 milioni di pecore, 500 milioni di capre e 300 milioni di bovini. Si tratta di cifre di proporzioni enormi, che ben rappresentano la scala industriale raggiunta dalla produzione animale moderna. La maggior parte di questi animali trascorrono la propria esistenza all'interno di allevamenti intensivi, in condizioni che negano la soddisfazione dei bisogni fisici e psicologici più elementari, allevati in condizioni innaturali, spesso in ambienti piccoli e sovraffollati, privi di luce naturale e di spazi per un movimento adeguato²³. Tali condizioni generano alti livelli di stress, compromettendo il benessere e la salute degli animali, oltre a favorire la diffusione di malattie infettive e il conseguente ricorso massiccio a farmaci antibiotici²⁴.

In questo contesto, la logica economica ha prevalso su ogni altra considerazione etica o naturale, portando alla diffusione di pratiche di allevamento invasive e crudeli: operazioni come la decorazione, lo sbeccamento dei volatili, la castrazione senza anestesia, e l'applicazione di museruole o dispositivi di contenimento sono tuttora diffuse e legalmente ammesse in molti paesi²⁵.

Queste pratiche sono spesso giustificate dalla necessità di "evitare conflitti" tra animali in condizioni di sovraffollamento, ma di fatto rappresentano una forma di violenza strutturale legittimata da un sistema produttivo che antepone l'efficienza economica al rispetto della vita animale²⁶.

²² Y. Narayanan, Where are the Animals in Sustainable Development? Religion and the Case for Ethical Stewardship in Animal Husbandry, Sustainable Development, 2016, DOI: 10.1002/sd.1619

²³ S. Belardinelli, L'impatto dell'industria della carne, tra questioni etiche e interessi economici, Il Bo live – Università di Padova, 26 novembre 2021, https://ilbolive.unipd.it/it/news/societa/impatto_dellindustria_carne-questionetiche (consultato il 27 ottobre 2025)

²⁴ UNEP, op cit

²⁵ Y. Narayanan, op cit

²⁶ Il ruolo della carne in un'alimentazione equilibrata e sostenibile, Nutrimi, aprile 2013

Un riconoscimento significativo della connessione tra benessere animale, salute umana e ambiente è avvenuto nel 2015, in occasione degli Accordi di Parigi, dove per la prima volta a livello globale è stato sottolineato come la protezione degli animali allevati sia essenziale anche per la salvaguardia della salute pubblica e la prevenzione di crisi ecologiche²⁷.

Il benessere animale può essere inteso come lo stato dell'animale in relazione ai suoi tentativi di adattarsi all'ambiente circostante. Questa definizione implica che un animale non può essere considerato "in benessere" se vive in un contesto in cui i suoi meccanismi di adattamento vengono costantemente messi alla prova o addirittura resi inefficaci. Gli ambienti di allevamento, quindi, giocano un ruolo decisivo: condizioni di sovraffollamento, isolamento, rumore costante o luce artificiale continua compromettono la capacità dell'animale di adattarsi e generano stress fisiologico, riducendo la sua immunoresistenza e aumentando la probabilità di malattie zoonotiche.

Le politiche di tutela del benessere animale si fondano su cinque libertà fondamentali, riconosciute a livello internazionale: libertà dalla fame, dalla sete e dalla malnutrizione, libertà dai disagi ambientali, libertà dalle malattie e dalle ferite, libertà di manifestare comportamenti naturali, libertà dalla paura e dallo stress²⁸.

Questi principi, se pienamente applicati, costituirebbero un quadro minimo di tutela per gli animali allevati. Tuttavia, la realtà produttiva è molto diversa e spesso si limita a misure di facciata o a protocolli di certificazione che non garantiscono un reale miglioramento delle condizioni di vita. I protocolli esistenti sono spesso poco vincolanti e vengono aggirati con facilità, e servono di più a "ripulire la coscienza" dei produttori che a garantire un effettivo cambiamento²⁹.

L'Unione Europea destina attualmente circa 70 milioni di euro l'anno a progetti dedicati al benessere animale. Una cifra considerevole ma comunque modesta se confrontata con i fondi destinati all'espansione dell'industria della carne³⁰.

²⁷ Y. Narayanan, op cit

²⁸ Nutrimi, op cit

²⁹ Y. Narayanan, op cit

³⁰ UNEP, op cit

Questa discrepanza dimostra la contraddizione che caratterizza le politiche agricole contemporanee: mentre si promuove retoricamente la sostenibilità e la protezione degli animali, si continuano a sostenere economicamente pratiche di allevamento che producono sofferenza e degrado ambientale³¹.

L'attuale sistema di produzione animale industriale appare fondato su un paradosso: da un lato, la scienza riconosce la senzienza e i bisogni degli animali; dall'altro, l'economia continua a trattarli come beni di consumo, privi di valore intrinseco. Finché le politiche globali continueranno a privilegiare la redditività rispetto alla responsabilità etica e alla sostenibilità ambientale, non sarà possibile attuare un reale cambiamento. Solo una profonda revisione culturale e politica potrà condurre verso un modello di produzione che concili necessità economiche, rispetto della vita animale e tutela dell'ambiente.

1.3 GLI ALLEVAMENTI E L'INTERESSE ECONOMICO

L'industria della carne rappresenta oggi uno dei pilastri centrali del sistema economico e alimentare mondiale. Costituisce circa il 40% del prodotto interno lordo agricolo globale, svolgendo un ruolo determinante nel garantire la sicurezza sociale ed economica di molti Paesi. La produzione animale sostiene intere comunità, contribuendo alla stabilità economica, ma anche alla continuità culturale e sociale delle nazioni. Per tali motivi, la produzione e il consumo di carne sono spesso considerati elementi fondamentali del sistema alimentare globale, capaci di influenzare dinamiche economiche, politiche e culturali su scala globale³².

Nei paesi industrializzati, il peso economico dell'industria della carne è particolarmente evidente: nel 2021 il valore complessivo del settore è stato stimato intorno ai 900 miliardi di dollari, una cifra che testimonia la sua importanza strategica per nell'economia globale³³.

Tale crescita è il risultato di un lungo processo di industrializzazione e

³¹ Y. Narayanan, op cit

³² La sostenibilità economica della carne: un paper scientifico per potenziare gli investimenti, Mangimi & Alimenti, 8 Dicembre 2024, <https://www.mangimiealimenti.it/la-sostenibilita-economica-della-carne-un-paper-scientifico-per-potenziare-gli-investimenti/> (consultato il 27 ottobre 2025)

³³ UNEP, op cit

intensificazione produttiva. L'aumento della domanda globale di carne ha infatti innescato una trasformazione profonda delle modalità di allevamento e produzione: le strutture tradizionali e familiari hanno progressivamente ceduto il passo a grandi complessi industriali, altamente meccanizzati e automatizzati. In questo contesto, il numero di produttori indipendenti è diminuito drasticamente, a vantaggio delle grandi aziende multinazionali che dominano il mercato.

L'obiettivo principale di questo processo di concentrazione è la riduzione dei costi di produzione, ottenuta attraverso l'espansione delle dimensioni aziendali e la standardizzazione delle pratiche industriali, che ha favorito un sistema economico nel quale poche aziende detengono il controllo della filiera, dall'allevamento alla distribuzione, con conseguenze dirette sulla competitività, sulla diversità produttiva e sulla resilienza economica dei piccoli produttori³⁴.

Negli ultimi sessant'anni, la geografia della produzione mondiale di carne ha subito uno spostamento strutturale di portata storica. Se nella seconda metà del Novecento i principali poli produttivi erano situati in Europa e Nord America, oggi l'Asia detiene il primato, con un impressionante 45% della produzione globale, a fronte del 19% europeo e del 15% nordamericano. Questa trasformazione riflette non solo la crescita demografica e il mutamento dei modelli di consumo nei Paesi asiatici, ma anche una ridefinizione delle catene globali e degli equilibri commerciali internazionali³⁵.

A fronte di tali evoluzioni economiche, emergono con sempre maggiore urgenza le criticità ambientali e sociali connesse all'espansione del settore. È ormai ampiamente documentato come la produzione animale intensiva contribuisca in maniera significativa al cambiamento climatico, al consumo eccessivo di risorse idriche e alla perdita di biodiversità.

Dagli Accordi di Parigi del 2015, volti a limitare il riscaldamento globale, si sarebbe dovuto prevedere una diminuzione dei finanziamenti destinati all'allevamento intensivo. Tuttavia, è avvenuto l'esatto contrario: dal 2015 al 2022, tali fondi hanno raggiunto la cifra complessiva di 615 miliardi di

³⁴ FAO, op cit

³⁵ S. Belardinelli, op cit

dollari, accompagnati da un aumento del 9% nella produzione globale di carne (da 325 a 354 milioni di tonnellate) e da un incremento del 14% nella produzione di latte (da 814 a 918 milioni di tonnellate).

I principali destinatari di tali investimenti sono le cinque più grandi multinazionali mondiali del settore, la cui impronta ambientale è estremamente rilevante: sono infatti responsabili della produzione di circa 600 milioni di tonnellate di CO₂ equivalente all'anno, un quantitativo paragonabile alle emissioni complessive di Italia e Paesi Bassi, e incidono per circa il 20% sulla produzione mondiale di carne.

Questi dati mettono in luce un'evidente contraddizione politica e finanziaria: mentre da un lato le istituzioni internazionali promuovono politiche di riduzione del consumo di prodotti di origine animale, dall'altro i grandi istituti di credito e gli investitori privati continuano a sostenere economicamente le imprese più inquinanti del comparto. Le banche e i fondi di investimento che si dichiarano impegnati nella transizione ecologica non sembrano, nei fatti, adeguare le loro pratiche finanziarie ai principi di sostenibilità che millantano³⁶.

In ambito europeo, questa tendenza è ulteriormente amplificata dal ruolo delle politiche agricole. L'Unione Europea destina ogni anno circa 30 miliardi di euro alla Politica Agricola Comune (PAC), una parte dei quali è rivolta proprio al sostegno del settore zootecnico, portando così avanti un modello produttivo ad alto impatto ambientale e difficilmente sostenibile nel lungo periodo.

Inoltre, il consumo di carne rimane fortemente intrecciato con fattori culturali e identitari, che ne rendono complessa la riduzione su larga scala. In molti contesti, la produzione animale è considerata parte integrante delle tradizioni locali e del patrimonio socioeconomico dei territori, ragione per cui le politiche di transizione risultano lente e difficili da attuare³⁷.

Il quadro che emerge è quello di un'industria economicamente potente ma strutturalmente insostenibile, che appare motivato più da interessi economici e politici che da una reale visione di sostenibilità. Finché i

governi e le grandi multinazionali continueranno a privilegiare la crescita economica immediata rispetto alla tutela ambientale e alla salute pubblica, sarà difficile assistere a un cambiamento concreto.

1.4 GLI ALLEVAMENTI E IL CONTESTO NORMATIVO

Negli ultimi anni, istituzioni internazionali, enti regolatori e varie organizzazioni hanno avviato interventi normativi e politiche mirate ad affrontare le criticità legate alla scarsa sostenibilità degli allevamenti. Il settore degli allevamenti intensivi e i loro effetti sull'ambiente sono oggi sottoposti a regole sempre più rigorose e complesse. Allo stesso tempo, il legame tra sostenibilità ambientale e benessere animale è diventato sempre più evidente, rendendo indispensabile una visione integrata: riduzione delle emissioni, gestione più efficiente delle attività zootecniche, condizioni di vita più adeguate per gli animali e un sistema di governance capace di favorire la trasformazione complessiva del comparto zootecnico.

1.4.1 IL QUADRO GLOBALE: LE LINEE GUIDA DELLA FAO

A livello globale sarebbe ovviamente impossibile implementare delle normative, applicabili in tutto il mondo ma le organizzazioni internazionali possono agire redigendo delle linee guida che i governi possano utilizzare per le proprie azioni.

Nel 2013 la Food and Agriculture Organization delle Nazioni Unite (FAO) ha pubblicato il rapporto *Tackling climate change through livestock: A global assessment of emissions and mitigation opportunities*, uno dei documenti più influenti degli ultimi anni in materia di sostenibilità zootecnica e impatti climatici. Secondo il rapporto, il settore dell'allevamento è responsabile di circa il 14,5% delle emissioni antropogeniche totali di GHG, pari a circa 7,1 gigatonnellate di CO₂ equivalente ogni anno e queste emissioni derivano in larga parte dalla produzione e fermentazione enterica nei ruminanti, dalla gestione dei reflui zootecnici, dalla coltivazione di mangimi e dalla trasformazione dei prodotti animali³⁸.

³⁶ I finanziamenti all'industria della carne stanno macellando gli accordi di Parigi, Rinnovabili.it, 18 marzo 2024, <https://www.rinnovabili.it/clima-ambiente/finanziamenti-industria-carne-trend-insostenibile/> (consultato il 27 ottobre 2025)

³⁷ S. Belardinelli, op cit

³⁸ *Tackling climate change through livestock: A global assessment of emissions and mitigation opportunities*, FAO, Roma, 2013

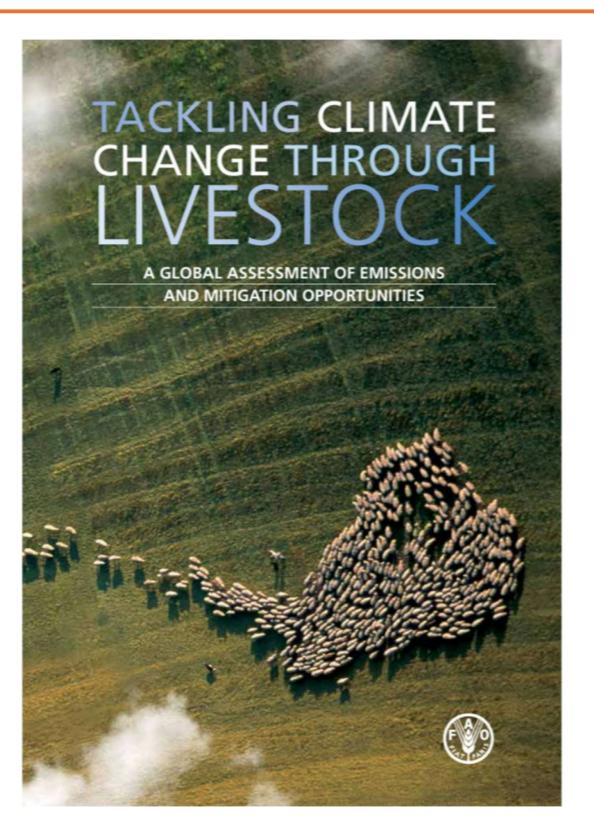
Il documento delinea quindi un quadro di opportunità concrete di mitigazione, basate su tecniche e pratiche già disponibili. Tra queste, la FAO individua come prioritarie l'efficientamento produttivo, una gestione ottimizzata dei reflui e un'alimentazione animale più equilibrata e meno impattante. Interventi di questo tipo – applicabili sia negli allevamenti intensivi sia in quelli di media scala – potrebbero ridurre le emissioni complessive anche fino al 30%, se adottati in modo diffuso e coordinato. Il rapporto ha avuto, e continua ad avere, un ruolo di riferimento per i decisori politici e i governi di tutto il mondo. La sua influenza è riconoscibile nella successiva definizione di molte strategie internazionali sul clima e sull'agricoltura sostenibile. La FAO sottolinea infatti che la transizione verso una produzione zootechnica a basse emissioni non può fondarsi esclusivamente sulla riduzione della produzione animale, ma deve passare anche attraverso l'aumento dell'efficienza e della produttività delle risorse impiegate, nonché mediante una gestione integrata dei sistemi agricoli.

Ciò implica un ripensamento dell'intera catena produttiva – dai mangimi alla trasformazione – per ridurre sprechi, migliorare l'uso dell'energia e limitare l'impatto delle filiere di approvvigionamento.

Allo stesso tempo, il documento mette in evidenza che le sole leggi, pur necessarie, non sono sufficienti per produrre un cambiamento strutturale. È importante accompagnare la regolamentazione con politiche di sostegno, strumenti economici e meccanismi di governance adeguati. Le azioni efficaci di mitigazione richiedono infatti un coordinamento politico tra i diversi livelli di governo, incentivi economici per gli allevatori che adottano pratiche virtuose e sistemi di monitoraggio capaci di misurare con precisione gli impatti e i progressi ottenuti.

Un altro aspetto sottolineato anche se non approfondito nel rapporto riguarda il legame, spesso trascurato ma sempre più riconosciuto, tra sostenibilità ambientale e benessere animale. Migliorare la gestione degli allevamenti, ridurre la densità di popolazione animale, ottimizzare

Figura 8 - copertina del rapporto FAO "Tackling climate change through livestock: A global assessment of emissions and mitigation opportunities"
Fonte: FAO



l'alimentazione e garantire condizioni di stabulazione più adeguate sono misure che non solo contribuiscono a ridurre le emissioni e i rifiuti, ma migliorano anche la salute e il benessere degli animali stessi. La riduzione dello stress, delle patologie respiratorie e delle infezioni derivanti da ambienti sovraffollati si traduce, oltre che in un beneficio etico, in una maggiore efficienza produttiva e in minori perdite economiche.

1.4.2 IL QUADRO EUROPEO: LA IED 2.0 PER GLI ALLEVAMENTI INTENSIVI

Scendendo di scala, all'interno dell'Unione Europea, la normativa di riferimento per le emissioni industriali è stata per anni la *Industrial Emissions Directive* (IED, Direttiva 2010/75/UE), strumento per la regolamentazione delle grandi installazioni zootecniche. Più recentemente, con la revisione nota come IED 2.0 (Direttiva 2024/1785), sono stati inclusi gli allevamenti industriali intensivi – in particolare suini e pollame – tra le attività da autorizzare e controllare.

La nuova direttiva prevede misure più stringenti per gli allevamenti intensivi di suini e pollame quali: permessi ambientali di produzione, applicazione delle cosiddette *Best available techniques* (BAT), ovvero le tecniche di gestione considerate più sostenibili tra quelle disponibili, limiti più stringenti di emissione e maggiore trasparenza verso il pubblico³⁹.

Nello specifico, gli allevamenti che verranno presi in considerazione nell'applicazione di queste direttive sono i grandi allevamenti di suini con più di 350 unità di bestiame e quelli di pollame con limiti di 280 (broiler) o 300 (galline ovaiole)⁴⁰.

L'intento è quello di regolamentare le unità più impattanti, escludendo, almeno nella prima fase, le aziende più piccole. Il limite di questa direttiva sta infatti nella circoscrizione degli allevamenti considerati, esclusi rimangono infatti gli allevamenti bovini, i più impattanti a livello globale.

³⁹ *Industrial and Livestock Rearing Emissions Directive (IED 2.0)*, European Commission, 2024

⁴⁰ Reducing pollution from industry and large livestock farms, European Parliament press release, 12 marzo 2024, <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20240308IPR19007/reducing-pollution-from-industry-and-large-livestock-farms?utm>

1.4.3 IL QUADRO ITALIANO: LA PROPOSTA DI LEGGE

In Italia, alcune società civile hanno promosso nel 2024 la proposta di legge intitolata "Oltre gli allevamenti intensivi. Per una transizione agro-ecologica della zootecnia", presentata da Greenpeace Italia, ISDE Medici per l'Ambiente, LIPU, WWF Italia e non solo⁴¹.

La proposta di legge prevede una moratoria sull'apertura di nuovi allevamenti intensivi, un piano di riconversione del sistema zootecnico finanziato mediante fondo dedicato, e la valorizzazione delle piccole aziende agricole zootecniche considerate più virtuose. Il testo indica come obiettivi la tutela della salute pubblica, della qualità delle risorse naturali, della biodiversità, e, del benessere animale⁴².

Sebbene al momento la proposta sia in esame parlamentare, questa legge rappresenterebbe un segnale politico rilevante della volontà di andare verso un modello zootecnico più sostenibile, combinando obiettivi ambientali e di benessere. In alcuni casi, a livello locale, sono già state approvate mozioni comunali ispirate a questo testo⁴³.

L'approccio a scala nazionale è fondamentale quanto quella scala locale e internazionale. La combinazione di regolamentazione top-down (direttive UE) e iniziative bottom-up (proposte legislative e politiche locali) rafforza la transizione verso sistemi zootecnici meno impattanti.

Figura 9 - un momento della campagna per la proposta di legge "Oltre gli allevamenti intensivi. Per una transizione agro-ecologica della zootecnia
Fonte: Greenpeace



⁴¹ Allevamenti intensivi, la proposta di legge di Greenpeace, ISDE-Medici per l'ambiente, Lipu, Terra! e WWF, lipu.it, 22 febbraio 2024, <https://www.lipu.it/news/allevamenti-intensivi-la-proposta-legge-greenpeace-isde-medici-lambiente-lipu-terra-e-wwf?utm>

⁴² Oltre gli allevamenti intensivi, una proposta di legge, WWF, 22 febbraio 2024, <https://www.wwf.it/pandanews/ambiente/inquinamento/oltre-gli-allevamenti-intensivi-un-proposta-di-legge/?utm>

⁴³ Oltre gli allevamenti intensivi, 3 Comuni approvano la mozione, WWF, 18 aprile 2025, <https://www.wwf.it/pandanews/animali/oltre-allevamenti-intensivi-3-comuni-firmano-mozione/?utm>

02

LE STRUTTURE ZOOTECNICHE ESISTENTI

L'impatto degli allevamenti sull'ambiente e sul benessere animale varia in funzione del tipo di produzione e della tipologia di stalla adottata. In generale, quanto più un allevamento è intensivo, tanto maggiore risulta la produzione, ma anche l'impatto su suolo, acqua, aria e benessere degli animali. Negli allevamenti intensivi, infatti, la massimizzazione della produttività tende spesso a prevalere sulle esigenze degli animali.

Le tipologie di allevamento si distinguono principalmente in intensivi, semi-intensivi o semi-estensivi, ed estensivi¹.

Gli allevamenti intensivi si distinguono per l'elevata concentrazione di animali in spazi limitati, spesso privi di aree esterne accessibili. Tale densità determina un forte impatto ambientale, dovuto alla produzione di deiezioni e all'elevato consumo di risorse, oltre a condizioni di vita che limitano i comportamenti naturali degli animali, come il movimento e la socialità. Questi fattori non solo compromettono il benessere, ma possono avere anche ripercussioni negative sulla salute degli animali e, di conseguenza, sulla qualità del prodotto finale.

Gli allevamenti semi-intensivi o semi-estensivi rappresentano un compromesso verso modelli più sostenibili, anche se ancora lontani da una situazione ideale. In questi sistemi, gli animali dispongono di uno spazio più ampio rispetto agli allevamenti intensivi, sebbene ancora limitato. Spesso vi è una distinzione tra le aree dedicate al riposo e quelle destinate alla permanenza diurna, con la possibilità, in alcuni casi, di accesso a spazi esterni.

¹ I diversi tipi di allevamento suinicolo, Associazione suinicoltori italiani, <https://assosuini.it/i-diversi-tipi-di-allevamento-suinicolo/> (consultato il 09 novembre 2025)

Gli allevamenti estensivi, infine, pongono maggiore attenzione al benessere animale. All'interno delle stalle, gli spazi risultano più ampi e ospitano un numero ridotto di capi, garantendo libertà di movimento e la possibilità di esprimere comportamenti naturali e sociali. Questo tipo di allevamento prevede generalmente attività di pascolo stagionale e l'accesso a spazi esterni, elementi fondamentali per la salute e il benessere complessivo degli animali.

Le diverse tipologie di allevamento richiedono strutture zootecniche differenti, progettate per rispondere alle specifiche esigenze produttive e al contempo alle caratteristiche delle diverse specie allevate. Nelle sezioni seguenti verranno analizzate le principali tipologie di strutture destinate all'allevamento di bovini, suini e avicoli.

2.1 LE STRUTTURE ZOOTECNICHE BOVINE

2.1.1 I BOVINI NELLE TIE STALL

Le *tie stall* rappresentano una tipologia di stalla tipica degli allevamenti intensivi, impiegata prevalentemente per i bovini da latte. In questo sistema, gli animali vengono allevati in postazioni individuali e mantenuti costantemente legati, specialmente nei casi in cui la mungitura avviene direttamente all'interno del box.

Ogni capo è confinato in uno spazio di dimensioni ridotte, che limita fortemente, fino ad annullare, la libertà di movimento. Questo modello di stabulazione è concepito per ottimizzare la gestione aziendale e massimizzare la produttività, a scapito del benessere animale. La costrizione continua riduce infatti la possibilità di esprimere comportamenti naturali e sociali, aumentando al contempo il rischio di infortuni e problematiche fisiche².

Nonostante tali criticità, la *tie stall* rimane una delle tipologie di stalla più diffuse in Italia, in particolare nelle aree alpine.

2.1.2 I BOVINI NELLE FREE STALL CON CUCETTE

Le *free stall* appartengono alla categoria degli allevamenti semi-intensivi. Questa tipologia di struttura offre agli animali spazi più ampi rispetto ai sistemi intensivi, consentendo loro una maggiore libertà di movimento all'interno della stalla durante la giornata, contribuendo al miglioramento del benessere complessivo degli animali. Durante la notte, invece, i capi vengono separati in cuccette individuali, predisposte per il riposo³.

Sebbene questo sistema presenti una gestione più complessa rispetto ad altri modelli, in particolare per quanto riguarda l'alimentazione, garantisce migliori condizioni di vita per gli animali. Le *free stall* rappresentano una delle tipologie di stalla più diffuse in Italia, soprattutto nelle aree di pianura.

² E. Morabito, J. Bewley, *Tie-stall Facilities: Design, Dimensions, and Cow Comfort*, Martin Gatton College of Agriculture, Food and Environment, 26 gennaio 2023, <https://afs.mgcafe.uky.edu/articles/tie-stall-facilities-design-dimensions-and-cow-comfort>

³ *Feeding & Housing Infrastructure*, Dairy Australia, <https://www.dairyaustralia.com.au/feeding-and-farm-systems/farm-systems/feeding-housing-infrastructure> (consultato il 09 novembre 2025)

2.1.3 I BOVINI NELLE STALLE LOOSE HOUSING

Analogamente alle *free stall*, le stalle a *loose housing* rientrano nella categoria degli allevamenti semi-intensivi. In questo sistema, gli animali possono muoversi liberamente all'interno della stalla, senza l'assegnazione di cuccette individuali per il riposo. Nella maggior parte dei casi viene adottato un sistema di *deep litter* o *bedded pack*, in cui l'area di riposo prevede un profondo strato di materiale organico che funge da lettiera.

Questo modello di stabulazione richiede una gestione particolarmente accurata, così da mantenere gli ambienti salubri e garantire un adeguato ricambio della lettiera. Il benessere animale risulta sensibilmente migliorato rispetto ai sistemi più intensivi⁴.

2.1.4 I BOVINI NELLE FREE STALL CON ATTIVITÀ DI PASCOLO

Questa tipologia di struttura è tipicamente adottata negli allevamenti estensivi. In tali sistemi è previsto un numero ridotto di animali, a fronte di un ampliamento dello spazio interno alla stalla, che consente una maggiore libertà di movimento e favorisce le interazioni sociali tra i capi. Oltre all'area interna, è generalmente presente un paddock esterno, una zona recintata collegata direttamente alla stalla, che permette agli animali di usufruire di uno spazio all'aperto per il pascolo e lo sfogo fisico. L'attività di pascolo può estendersi anche oltre i confini della struttura zootecnica, prevedendo periodi di pascolo estensivo stagionale.

Sebbene questo tipo di allevamento implichia una gestione più complessa e impegnativa, garantisce un elevato livello di benessere animale e consente agli animali di esprimere comportamenti naturali in un ambiente più conforme alle loro esigenze⁵.

2.2 LE STRUTTURE ZOOTECNICHE SUINE

2.2.1 I SUINI NELLE STALLE INDOOR

Questa tipologia di allevamento rientra nella categoria degli allevamenti intensivi e, come suggerisce il nome, prevede che gli animali vengano mantenuti interamente all'interno di ambienti chiusi. L'allevamento indoor

si caratterizza per un'elevata densità di popolazione, che limita fortemente la libertà di movimento degli animali.

Questo modello può essere organizzato secondo due principali sistemi: box singoli e box di gruppo. Nel primo caso, gli animali sono confinati in spazi individuali di dimensioni estremamente ridotte, che non consentono comportamenti naturali e sociali. Nel secondo caso, gli animali vengono suddivisi in gruppi, generalmente in base al sesso e alla fase di crescita. Lo spazio disponibile rimane comunque limitato (in media circa 1,4 m² per capo) e insufficiente a garantire un'adeguata libertà di movimento.

Questo tipo di allevamento rappresenta attualmente la tipologia più diffusa in Italia.

2.2.2 I SUINI NELLE STALLE CON DEEP LITTER

Questo tipo di struttura rientra nella categoria degli allevamenti semi-intensivi. Analogamente agli allevamenti bovini, tale sistema prevede spazi più ampi che consentono agli animali una maggiore libertà di movimento e un incremento della superficie minima disponibile per capo.

Gli animali vengono allevati in gruppi, favorendo così la socialità e riducendo lo stress. La pavimentazione è generalmente costituita da un profondo strato di materiale organico, come la paglia, che funge da lettiera (*deep litter*). Questa soluzione garantisce un maggiore comfort e contribuisce a ridurre il rischio di infortuni.

2.2.3 I SUINI NEL FREE RANGE

Questa tipologia di allevamento rientra nella categoria degli allevamenti estensivi e non richiede strutture particolarmente complesse. Gli animali trascorrono la maggior parte del tempo all'aperto e, nella maggior parte dei casi, sono previsti soltanto ripari semplici destinati al riposo e alla protezione dalle intemperie.

In questo contesto, il numero di animali allevati è contenuto, mentre il livello di benessere è elevato. Gli animali dispongono infatti di ampi spazi che consentono loro di muoversi liberamente ed esprimere comportamenti naturali e sociali, in un ambiente più conforme alle loro esigenze⁶.

⁴ Dairy Australia, op cit

⁵ M. Mezzetti, *Allevamento estensivo: tre vantaggi per preservare la natura, rigenerando il territorio*, <https://www.rigeneriamoterritorio.it/allevamento-estensivo-3-vantaggi-per-preservare-natura/> (consultato il 09 novembre 2025)

⁶ Types of housing for piggeries, Business Queensland, <https://www.business.qld.gov.au/industries/farms-fishing-forestry/agriculture/animal/industries/pigs/housing/guide/type> (consultato il 09 novembre 2025)

2.3 LE STRUTTURE ZOOTECNICHE AVICOLE

2.3.1 GLI AVICOLI NEI CAPANNONI AD ALTA DENSITÀ

Questa tipologia di allevamento rientra nella categoria degli allevamenti intensivi. Nei capannoni ad alta densità, come suggerisce il nome, viene ospitato un numero elevato di animali all'interno di spazi limitati. Tale configurazione riduce significativamente la libertà di movimento, costringendo gli animali a vivere in elevata prossimità.

In questo sistema vengono adottate principalmente due tipologie di pavimentazione: *deep litter*, basato su uno spesso strato di materiale organico utilizzato come lettiera, e *slatted floor*, una pavimentazione fessurata che consente il passaggio delle deiezioni verso un sistema di raccolta collocato al di sotto della superficie di calpestio⁷.

Questa è attualmente la tipologia di allevamento più diffusa in Italia.

2.3.2 GLI AVICOLI NEL CAGE SYSTEM

Anche il *cage system* rientra nella categoria degli allevamenti intensivi. A differenza dei capannoni ad alta densità, in questo sistema gli animali vengono suddivisi in piccoli gruppi e confinati in gabbie disposte su più livelli, dove sono tenuti in modo continuativo e dispongono di una libertà di movimento estremamente limitata.

Questo modello consente di allevare un numero molto elevato di animali all'interno di spazi ridotti, a scapito del loro benessere.

2.3.3 GLI AVICOLI NEL SISTEMA AVIARIO

Questa tipologia di allevamento rientra nella categoria degli allevamenti semi-intensivi. Il sistema aviario è impiegato principalmente per l'allevamento delle galline ovaiole e consente agli animali di muoversi liberamente all'interno. Questo tipo di struttura è organizzata su più livelli, nei quali sono collocati nidi e posatoi facilmente accessibili. In alcuni casi, è previsto anche uno spazio esterno che permette un ulteriore grado di libertà.

Rispetto ai sistemi intensivi, il sistema aviario presenta una minore densità di allevamento e garantisce condizioni di benessere animale più elevate,

pur non raggiungendo ancora i livelli ottimali tipici degli allevamenti estensivi.

2.3.4 GLI AVICOLI NEL FREE RANGE HOUSING

Il *free range housing* rientra nella categoria degli allevamenti estensivi, nei quali gli animali dispongono di ampi spazi esterni che consentono una piena libertà di movimento e l'espressione dei comportamenti naturali. Il sistema prevede inoltre la presenza di ricoveri notturni, utilizzati dagli animali per il riposo e per la protezione dalle intemperie e dai predatori selvatici.

Come tutte le tipologie di strutture zootecniche estensive, anche il free range housing garantisce elevati livelli di benessere animale, sebbene richieda ampie superfici e consenta l'allevamento di un numero limitato di animali⁸.

2.4 TABELLE RIASSUNTIVE

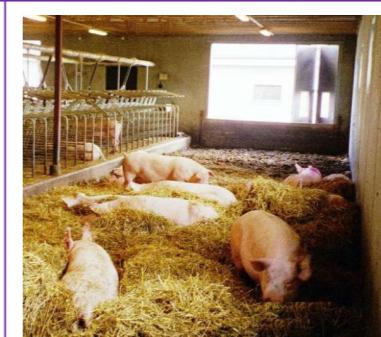
Di seguito sono state riassunte tutte le categorie e tipologie in tabelle suddivise in allevamenti bovini, suini e avicoli. Le tabelle sono organizzate in modo da categorizzare, nella prima colonna, le diverse tipologie di stalle suddivise per tipo di allevamento: intensivo, semi-intensivo ed estensivo. La seconda colonna elenca le varie tipologie di stalle, seguite da una breve descrizione nella colonna successiva. Le stalle sono poi classificate in base al loro livello di benessere animale, che può essere: molto basso, basso, medio o alto. Nella quinta colonna viene indicata la tipologia di stalla più comune in Italia, mentre l'ultima colonna contiene un'immagine rappresentativa di ciascuna tipologia.

⁷ Poultry housing – Types, Equipment, and Construction, AgriGarming, <https://www.agrifarming.in/poultry-housing-types-equipment-and-construction> (consultato il 09 novembre 2025)

⁸ 8 Types of poultry houses: A quick overview, Kukufarm, 21 ottobre 2024, <https://kukufarm.com/8-types-of-poultry-houses-a-quick-overview/>

TIPOLOGIA ALLEVAMENTO	TIPOLOGIA RICOVERO	BREVE DESCRIZIONE	BENESSERE ANIMALE	IN ITALIA	esempio
Intensivo	<i>tie-stall</i>	ogni bovino ha un proprio stallo, spesso viene legato tramite collare o catena, riposa, mangia e spesso viene munto in quello stesso stallo	MOLTO BASSO	molto utilizzato in zona montana	
Semi-intensivo	<i>freestall</i> con cuccette	gli animali hanno aree individuali per il riposo (cubicles/stalli), ma sono liberi di muoversi all'interno del capannone, accedere alla mangiatoia e all'acqua senza essere vincolati	BASSO	molto utilizzato in pianura	
	<i>loose housing</i>	l'area di riposo è su una lettiera (paglia, segatura) che viene mantenuta profonda e gestita come sistema lettiera-compost (es: "bedded pack"), ma sono liberi di muoversi all'interno del capannone, accedere alla mangiatoia e all'acqua senza essere vincolati	BASSO	poco utilizzato	
Estensivo	<i>free stall</i> con pascolo	animali liberi con accesso stagionale all'aperto	ALTO	poco utilizzato	

TIPOLOGIA ALLEVAMENTO	TIPOLOGIA RICOVERO	BREVE DESCRIZIONE
Intensivo	stalle <i>indoor</i>	gli animali sono allevati interamente in ambienti chiusi, gabbie separate per le scrofe, sistema a controllo climatico, alimentazione automatizzata
Semi-intensivo	stalle con <i>deep-litter</i>	scrofe e suini divisi in gruppi più piccoli in gruppi con maggiore spazio e libertà di movimento
Estensivo / all'aperto	<i>free range</i>	animali allevati con accesso all'esterno, ripari semplici (capanni, case riparo), oppure in recinti esterni

BENESSERE ANIMALE	IN ITALIA	esempio
MOLTO BASSO	molto utilizzato	
BASSO	poco utilizzato	
ALTO	poco utilizzato	

TIPOLOGIA ALLEVAMENTO	TIPOLOGIA RICOVERO	BREVE DESCRIZIONE
Intensivo	capannoni ad alta densità	gli animali sono principalmente in ricoveri chiusi, con elevata densità, minor accesso all'esterno, sistemi a lettiera profonda (deep litter)
	cage system	Gli animali sono tenuti in gabbie, spesso in più piani, in ridotta libertà di movimento, pavimenti a griglia (slatted floor)
Semi-intensivo / a terra	aviario	gli animali non sono in gabbia stretta ma hanno più libertà di muoversi in un capannone multi-livello, con posatoi, nidi e talvolta accesso all'esterno
Estensivo	free range housing	animali liberi di muoversi fuori con ricoveri minimi per la notte e aree recintate ad accesso libero

BENESSERE ANIMALE	IN ITALIA	eSEMPIO
MOLTO BASSO	molto utilizzato	
MOLTO BASSO	poco utilizzato	
BASSO	poco utilizzato	
ALTO	poco utilizzato	

03 ALLEVAMENTI PIÙ SOSTENIBILI RIDURRE GLI IMPATTI

La crescente attenzione verso la sostenibilità ambientale e il benessere animale impone oggi una revisione profonda dei modelli insediativi e gestionali degli allevamenti. Le strutture zootecniche, infatti, rappresentano sistemi complessi in cui si intrecciano aspetti produttivi, sanitari, ambientali e sociali; il loro funzionamento determina effetti rilevanti sulla qualità del suolo, delle acque superficiali e sotterranee, e dell'aria, oltre a incidere direttamente sulle condizioni di vita degli animali allevati.

Attraverso un approccio sistematico e strategico alla progettazione delle strutture zootecniche è possibile intervenire per ridurre le pressioni ambientali generate dagli allevamenti, rispetto ai quattro ambiti maggiormente colpiti: suolo, risorse idriche, atmosfera e benessere animale. Grazie a una gestione e organizzazione adeguata degli allevamenti è possibile andare a intervenire su quegli aspetti considerati più impattanti nella produzione animale. La salvaguardia del suolo e delle risorse idriche, la diminuzione delle emissioni e l'aumento del benessere animale sono tutti fattori che potrebbero efficacemente ridurre le problematiche ambientali degli allevamenti, soprattutto quelli intensivi, e fare un primo passo verso una produzione alimentare più etica e sostenibile.

3.1 ALLEVAMENTI PIÙ SOSTENIBILI PER RIDURRE L'IMPATTO SUL SUOLO

3.1.1 RIDURRE L'IMPATTO SUL SUOLO ATTRAVERSO LA GESTIONE REFLUI

I reflui zootecnici rappresentano una delle principali fonti di inquinamento derivanti dagli allevamenti intensivi.

Una gestione accurata dei reflui zootecnici rappresenta un elemento chiave per ridurre in maniera significativa l'impatto ambientale degli allevamenti, in particolare per quanto riguarda la dispersione di sostanze inquinanti nel suolo. L'adozione di pratiche e tecniche mirate può infatti contribuire in modo efficace a limitare gli impatti negativi di questi effluenti durante le diverse fasi della loro gestione.

I reflui zootecnici comprendono principalmente le deiezioni solide e liquide prodotte dagli animali, i residui di mangimi non consumati e le acque utilizzate per l'abbeveraggio e la pulizia degli spazi di allevamento. In base alla loro consistenza, possono essere distinti in due categorie principali: reflui palabili, con struttura solida o semisolida, e reflui non palabili, di natura liquida. Questa classificazione è di fondamentale importanza perché determina le modalità di stoccaggio e il dimensionamento delle strutture necessarie a garantirne una gestione sostenibile, sicura ed efficiente¹.

Il primo passo, e il più importante, per una gestione efficiente dei reflui negli allevamenti è la separazione dei solidi dai liquidi. Questa tecnica costituisce un passaggio fondamentale all'interno dei moderni sistemi di trattamento dei reflui zootecnici per ottimizzare le fasi successive di gestione e ridurre sensibilmente l'impatto ambientale complessivo.

Il processo di separazione permette di diminuire la concentrazione di nutrienti, in particolare di azoto e fosforo, responsabili dei principali fenomeni di inquinamento del suolo e delle acque superficiali. In questo modo, la frazione solida ottenuta può essere più facilmente destinata a pratiche di compostaggio o utilizzata come ammendante agricolo, mentre

la parte liquida, opportunamente trattata, può essere riutilizzata o smaltita in maniera controllata².

A seconda della tipologia di effluente da gestire, possono essere adottate diverse soluzioni per lo stoccaggio e il trattamento dei reflui zootecnici.

Quando si parla di reflui solidi, lo stoccaggio avviene generalmente in vasche esterne situate in prossimità dei ricoveri degli animali, progettate per garantire il contenimento temporaneo del materiale e prevenire il rilascio di sostanze inquinanti nel suolo o nelle acque superficiali. In alcuni casi, tuttavia, si ricorre a sistemi più integrati come le lettiere permanenti, che svolgono una doppia funzione di raccolta e stoccaggio direttamente all'interno della stalla, riducendo la necessità di movimentazione dei materiali.

Per quanto riguarda i reflui liquidi, sono disponibili diverse tecnologie di gestione in grado di adattarsi alle specifiche esigenze aziendali. Tra queste, l'impiego di pavimentazioni fessurate (*slatted floors*) all'interno dei ricoveri rappresenta una soluzione ampiamente diffusa: tali superfici consentono il deflusso immediato delle deiezioni verso vasche interrate collocate sotto i ricoveri, favorendo una raccolta efficiente e riducendo la formazione di odori. In altri casi, i liquami vengono convogliati verso serbatoi esterni di stoccaggio, che possono essere realizzati fuori terra, interrati (come nel caso delle cosiddette lagune) oppure seminterrati, a seconda delle caratteristiche del terreno, delle dimensioni dell'allevamento e delle strategie di gestione adottate³.

Un elemento cruciale nella gestione dei reflui, in particolare del letame, è rappresentato dalla quantità di acqua che entra in contatto con il materiale durante le fasi di raccolta e stoccaggio. Tale parametro incide in modo significativo sia sul volume complessivo da gestire, sia sulle emissioni ambientali derivanti dal processo. Di conseguenza, per minimizzare l'impatto complessivo dell'allevamento, diventa fondamentale una corretta progettazione degli spazi, soprattutto di quelli dedicati agli animali. Una progettazione consapevole consente infatti di ridurre le perdite di

¹ J. W. Worley, *Manure Storage and Treatment Systems*, Small Farm Nutrient Management Primer: For Un-permitted Animal Feeding Operations, University of Georgia, 2006

² T. Bartzanas, *Technology for Environmentally Friendly Livestock Production*, Springer, 2023

³ J. D. Harrison, D. R. Smith, *Types of manure storage: Process improvement for animal feeding operations*, AEMS 2004

nutrienti e contaminanti attraverso fenomeni di ruscellamento superficiale (*run-off*) e di facilitare la separazione e il trasferimento tempestivo dei reflui verso strutture di stoccaggio adeguate⁴.

Una delle soluzioni più semplici ed efficaci per mitigare le perdite provenienti dai reflui zootecnici, prima ancora di parlare di stoccaggio, è sicuramente quella di avere una rimozione costante e tempestiva delle deiezioni. Per farlo nel modo più efficiente possibile è fondamentale disporre di strutture pensate per essere versatili e flessibili, che consentano una gestione ottimale degli spazi destinati al ricovero degli animali. L'adozione di spazi suddivisibili da chiusure mobili, per esempio, permette di spostare gli animali in base alle necessità e alle circostanze, facilitando non solo il controllo e la raccolta continua dei rifiuti organici, ma anche una manutenzione più mirata ed efficiente delle strutture stesse, riducendo così il rischio di accumulo di letame e di conseguenti emissioni dannose. In una fase successiva della gestione, se opportunamente trattato e sottoposto a un processo di fermentazione controllata, il letame può essere reimpiegato nei campi per migliorare la fertilità e la produttività del terreno, al fine di inserirli all'interno di un modello di economia circolare, riducendo così la quantità di rifiuti e favorendo un approccio più sostenibile alla gestione delle risorse. Gli effluenti zootecnici rappresentano in questo campo una risorsa con un enorme potenziale, spesso ancora sottoutilizzata. Attraverso opportuni processi di trattamento e valorizzazione, sostanze considerate di scarto possono essere trasformate in prodotti di riciclo in diversi settori, primo fra tutti quello agricolo. Una delle applicazioni più diffuse e consolidate, infatti, consiste nella loro conversione in fertilizzanti organici.

I fertilizzanti di origine organica, rispetto a quelli chimici, presentano una serie di vantaggi rilevanti. Oltre ad avere un impatto ambientale inferiore legato al processo produttivo – che risulta meno energivoro e meno inquinante rispetto a quello dei concimi chimici – è stato anche dimostrato

che possano garantire una maggiore efficacia in termini di nutrimento e rigenerazione del suolo.⁵

Un ulteriore aspetto da considerare riguarda il ruolo del letame nella gestione del ciclo del carbonio: il suo impiego agricolo permette, infatti, di reintrodurre nel suolo parte della CO₂ che altrimenti verrebbe rilasciata in atmosfera, contribuendo non solo alla fertilità del terreno ma anche al miglioramento della sua struttura organica e alla capacità di trattenere l'acqua e i nutrienti.

Storicamente, nelle pratiche agricole tradizionali – in particolare negli allevamenti estensivi – l'impiego del letame come concime era già diffuso e rappresentava una forma di gestione sostenibile e integrata tra produzione animale e vegetale⁶. Questo tipo di approccio era comune, ad esempio, nelle aree rurali della Pianura Padana, dove l'interdipendenza tra agricoltura e allevamento costituiva un modello efficiente e resiliente.

In un'ottica di transizione ecologica, una strategia auspicabile potrebbe essere la riconnessione tra attività zootecniche e agricole. Integrare nuovamente questi due ambiti all'interno di un sistema produttivo circolare consentirebbe di valorizzare entrambe le parti e utilizzare gli scarti organici dell'allevamento – in particolare il letame – trasformandoli da rifiuto inquinante in risorsa preziosa⁷.

Questo meccanismo dà origine a un ciclo nutrizionale continuo tra suolo, animale e prodotto agricolo, in cui gli animali, alimentandosi grazie ai prodotti della terra, restituiscono al suolo – attraverso gli effluenti – i nutrienti essenziali per la successiva produzione agricola. In tal modo, si genera un ciclo virtuoso che riduce le perdite di risorse, migliora l'autosufficienza delle produzioni e ne aumenta la resilienza⁸.

⁴ H. Steinfeld, et al., *Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options*, FAO, Roma, 2006

⁵ G. Pelizzari, *Visione per un Futuro Alimentare Sostenibile: Il Caso della Carne in Vitro*, Università degli Studi di Padova, 2022

⁶ D. Vitale, Architettura come chiave di sostenibilità: progetto per un allevamento sostenibile tra Langa e Monferrato, Politecnico di Torino, 2024

⁷ D. Bosia, L. Savio, F. Thiebat, *Modello di stalla sostenibile per l'allevamento bovino*, ArchAlp 08, 2022

⁸ G. Pelizzari, op cit

3.1.2 RIDURRE L'IMPATTO SUL SUOLO ATTRAVERSO LA GESTIONE DEI MANGIMI

Un altro aspetto su cui è possibile intervenire per diminuire l'impatto degli allevamenti sul suolo riguarda l'utilizzo di mangimi convenzionali, la cui produzione rappresenta uno dei punti critici di maggiore insostenibilità all'interno della filiera zootecnica.

Una parte significativa delle superfici agricole mondiali viene oggi destinata esclusivamente alla produzione di colture per il bestiame, riducendo di fatto la disponibilità di terreni per la produzione alimentare diretta destinata al consumo umano.

Di fronte a tali criticità, emerge in modo sempre più evidente la necessità di ripensare i modelli produttivi tradizionali, promuovendo strategie alimentari e gestionali più sostenibili, capaci di coniugare le esigenze produttive con la tutela dell'ambiente e il benessere delle comunità rurali⁹.

Una strategia promettente per affrontare queste due criticità consiste nel riutilizzo di sottoprodotti dell'industria alimentare come fonte alternativa per la formulazione dei mangimi.

Lo spreco alimentare è un problema di rilevanza globale, costituisce una minaccia significativa non solo dal punto di vista ambientale, ma anche sotto il profilo sociale ed economico. Secondo le stime più recenti, infatti, circa un terzo del cibo prodotto a livello mondiale viene perso lungo la filiera o sprecato¹⁰.

Si parla di residui alimentari, coprodotti vegetali e altri materiali non più destinati al consumo umano, ma ancora ricchi di valore nutritivo. Questi prodotti conservano un buon contenuto energetico grazie alla presenza di zuccheri e grassi, e risultano altamente digeribili per gli animali. È stato dimostrato che l'integrazione di queste risorse nei mangimi non compromette né la salute degli animali né la qualità finale dei prodotti di origine animale.

Un esempio particolarmente interessante sono i cereali utilizzati nei processi di fermentazione e distillazione per la produzione di bevande alcoliche. I residui di queste lavorazioni presentano spesso un contenuto proteico e fibroso superiore rispetto ai cereali coltivati esclusivamente per l'alimentazione animale, e rappresentano una risorsa preziosa e sottoutilizzata.

L'adozione di queste pratiche comporterebbe benefici significativi sotto molteplici aspetti: innanzitutto, permetterebbe di valorizzare le perdite alimentari, riducendo il volume complessivo di rifiuti organici. In secondo luogo, contribuirebbe a mitigare l'impatto ambientale legato alla produzione di mangimi, attraverso la riduzione del consumo di suolo agricolo, delle emissioni di gas serra (GHG), del fabbisogno idrico nonché dell'impiego di fertilizzanti e pesticidi.

Inoltre, questa strategia potrebbe contribuire a ridurre la cosiddetta competizione tra alimenti e mangimi, ovvero la competizione per l'utilizzo delle risorse agricole tra coltivazioni destinate all'alimentazione umana e quelle dedicate alla nutrizione animale. Questo concetto, noto anche come *food-feed competition*, è oggi oggetto di crescente attenzione nel dibattito scientifico sulla sostenibilità della filiera agroalimentare.

Dal punto di vista normativo, tuttavia, esistono ancora alcune limitazioni. Attualmente, in molti casi, è consentito l'utilizzo nei mangimi solo di determinate categorie di residui alimentari, in particolare quelli classificati come "perdite alimentari", mentre l'impiego di materiali considerati "spreco alimentare" resta soggetto a restrizioni più severe, per motivi sanitari e legislativi.

Nonostante questi vincoli, l'approccio del *feed from waste* è già applicato con successo nell'alimentazione di alcune specie animali, in particolare i monogastrici, come i suini, che per caratteristiche fisiologiche risultano più adatti a una dieta flessibile e ricca di sottoprodotti. L'estensione e l'ottimizzazione di queste pratiche rappresentano quindi una direzione promettente verso una maggiore sostenibilità dell'allevamento, in un'ottica di economia circolare e riduzione degli sprechi¹¹.

⁹ What's Cooking? An assessment of the potential impacts of selected novel alternatives to conventional animal products, UNEP, 2023

¹⁰ S. Grossi, et al., *Feeding Bakery Former Foodstuffs and Wheat Distiller's as Partial Replacement for Corn and Soybean Enhances the Environmental Sustainability and Circularity of Beef Cattle Farming*, Sustainability, 2022, DOI: <https://doi.org/10.3390/su14094908>

¹¹ S. Grossi, et al., op cit

Per diminuire la domanda di mangimi un'altra soluzione potenzialmente sostenibile potrebbe essere il ritorno al pascolo.

Un sistema di pascolamento ben pianificato non solo ridurrebbe gli impatti ecologici associati ai mangimi, ma consentirebbe anche di valorizzare il comportamento naturale degli animali e di garantirne migliori condizioni di vita. Il pascolo costituisce infatti un'attività intrinseca per molte specie erbivore, come bovini, ovini e caprini, e permette loro di esprimere comportamenti naturali quali la socializzazione, la formazione di gerarchie e la cooperazione all'interno del gruppo. Questi aspetti favoriscono il benessere psicologico degli animali, riducendo situazioni di stress e prevenendo l'insorgenza di comportamenti anomali tipici degli ambienti confinati.

Il movimento regolare e lo spazio aperto contribuiscono a mantenere gli animali in buona forma, migliorando la circolazione, la tonicità muscolare e la resistenza alle malattie. Inoltre, l'accesso diretto a foraggi naturali garantisce una dieta più equilibrata rispetto a quella basata su mangimi concentrati. Le erbe e le piante presenti nei pascoli offrono una gamma diversificata di nutrienti, tra cui vitamine, minerali e antiossidanti naturali. Il consumo di erba fresca favorisce, inoltre, una digestione più efficiente, contribuendo a prevenire disturbi gastrointestinali.

I prodotti di origine animale derivati da sistemi al pascolo presentano una migliore qualità nutrizionale, con un contenuto più elevato di acidi grassi omega-3 e un profilo lipidico complessivamente più salutare rispetto a quello degli animali alimentati esclusivamente con mangimi¹².

Oltre a fornire benefici diretti agli animali, il pascolo può anche rappresentare uno strumento utile per la gestione del paesaggio e la valorizzazione di aree marginali o non coltivate, spesso trascurate nei sistemi agricoli intensivi. In alcuni casi, l'introduzione controllata del pascolo in tali aree può favorire la conservazione del suolo, aumentare la sua resilienza ai cambiamenti climatici e ridurre il rischio di degrado ambientale.

Un aspetto fondamentale nella progettazione di allevamenti sostenibili riguarda quindi la scelta del contesto territoriale in cui insediarli. La presenza di superfici pascolive estese e qualitativamente adeguate costituisce un'opportunità concreta per ridurre significativamente la dipendenza dai mangimi coltivati, con i relativi impatti in termini di consumo di risorse e di emissioni. Integrare gli allevamenti in ambienti favorevoli al pascolo può dunque rappresentare una soluzione efficace per aumentare la sostenibilità del settore zootecnico nel suo complesso¹³.

3.1.3 RIDURRE L'IMPATTO SUL SUOLO ATTRAVERSO LA GESTIONE DEL PASCOLO

Sebbene il pascolo possa considerarsi una pratica preziosa e sostenibile per l'alimentazione degli animali da allevamento, è importante riconoscere che non è privo di criticità. Se non adeguatamente gestito, il pascolo può generare impatti significativi, in particolare sul suolo e sui bacini idrografici, compromettendo la qualità delle risorse naturali e la stabilità degli ecosistemi circostanti.

Pertanto, affinché il pascolo mantenga il suo potenziale positivo, è fondamentale adottare strategie di gestione consapevoli che ne minimizzino gli effetti negativi, soprattutto nelle aree più vulnerabili del territorio, come le zone ripariali e i suoli ad elevata umidità. Elementi chiave come l'intensità, la frequenza, la distribuzione spaziale e la stagionalità del pascolo rivestono un ruolo fondamentale nella determinazione del suo impatto ambientale. Regolando questi fattori è possibile controllare la dinamica della vegetazione, ridurre i rischi di erosione e mantenere una buona qualità e quantità d'acqua disponibile.

La risposta del terreno alla presenza degli animali dipende da molteplici variabili, tra cui l'umidità del suolo – particolarmente critica durante i periodi di pioggia, quando le sponde dei corsi d'acqua risultano più fragili – il tipo di vegetazione presente e il comportamento stesso del bestiame. Per mitigare gli effetti, la progettazione delle strutture e dell'area di pascolo dovrebbe includere misure specifiche di gestione del territorio, tramite

¹² M. J. Rivero, M. R. F. Lee, A perspective on animal welfare of grazing ruminants and its relationship with sustainability, Animal Production Science, 2022, DOI: <https://doi.org/10.1071/AN21516>

¹³ D. Vitale, op cit

tecniche volte a limitare il tempo di esposizione del bestiame alle zone più sensibili. Si parla di esclusione del bestiame.

Uno dei metodi più semplici ed efficaci per mettere in pratica una gestione sostenibile del pascolo è l'installazione di recinzioni che consentono di suddividere l'area destinata al pascolo in sezioni ben delimitate, gestite secondo un sistema di rotazione controllata. La suddivisione del pascolo in più porzioni consente di regolare l'accesso del bestiame alle diverse aree in funzione del periodo di crescita della vegetazione e delle condizioni climatiche. In questo modo, è possibile evitare un eccessivo sfruttamento del suolo e garantire ai prati il tempo necessario per rigenerarsi naturalmente, recuperando la copertura vegetale e ristabilendo l'equilibrio dei nutrienti nel terreno¹⁴.

Ulteriori accorgimenti progettuali riguardano la creazione di percorsi controllati per il movimento del bestiame tra le aree di ricovero e quelle di pascolo, con l'obiettivo di ridurre l'impatto del calpestio e delle deiezioni sulle zone più fragili¹⁵.

La progettazione degli spazi esterni destinati al pascolo deve essere orientata a preservare l'equilibrio ambientale. In questo contesto, la realizzazione delle recinzioni assume un ruolo centrale e deve essere accuratamente pianificata in relazione alle caratteristiche ecologiche del territorio. È importante evitare materiali o strutture che possano ostacolare la fauna selvatica, preferendo soluzioni leggere e sostenibili, come recinti mobili o barriere vegetali, che garantiscono la funzionalità senza compromettere la biodiversità locale.

L'impiego di materiali naturali e a bassa impronta ecologica, come il legno, consente di integrare armoniosamente le strutture nel paesaggio, promuovendo un modello di allevamento estensivo in equilibrio con l'ambiente circostante.

Un'altra soluzione per controllare il comportamento del bestiame durante il pascolo potrebbe essere la predisposizione di zone d'ombra artificiali o naturali, collocate strategicamente, che contribuisce a migliorare il comfort termico degli animali durante i periodi caldi, mentre, nei mesi invernali, la

¹⁴ B. E. Norton, *Management of livestock using rotational grazing*, Utah State University, IFAD, 2022

¹⁵ D. Thorbeck, *Architecture and agriculture: a rural design guide*, Routledge, 2017

presenza di aree soleggiate e riparate può favorire il benessere e orientare la distribuzione del bestiame verso altre porzioni di terreno¹⁶.

3.2 ALLEVAMENTI PIÙ SOSTENIBILI PER RIDURRE L'IMPATTO SULL'ACQUA

3.2.1 RIDURRE L'IMPATTO SULL'ACQUA ATTRAVERSO LA GESTIONE DEL PASCOLO

Affinché il pascolo possa conservare i suoi benefici ambientali e contribuire effettivamente alla sostenibilità del sistema zootecnico, è necessario adottare strategie di gestione oculate, orientate a minimizzarne gli effetti negativi anche sulle risorse idriche.

Una delle problematiche più comuni riguarda il deterioramento della qualità delle acque superficiali, dovuto al passaggio e alla permanenza prolungata degli animali in prossimità di corsi d'acqua, laghi o bacini naturali. La presenza del bestiame può provocare il rilascio di sostanze organiche e l'accumulo di sedimenti, con conseguente alterazione delle condizioni idriche e biologiche. Per prevenire tali effetti, risulta opportuno introdurre misure gestionali mirate, come la limitazione del tempo di accesso del bestiame alle aree più vulnerabili o la realizzazione di zone di protezione che riducano l'impatto diretto sulle risorse idriche.

Per ridurre la pressione sulle aree più fragili, è possibile adottare fonti di abbeveraggio alternative nelle zone di pascolo più distanti dalle rive, così da disincentivare la permanenza degli animali presso i corsi d'acqua. L'installazione di abbeveratoi artificiali può ridurre il tempo di permanenza del bestiame nelle aree ripariali fino al 90%. Rispetto a questa soluzione, l'impiego di materiali impermeabili e di coperture anti-evaporazione può contribuire a ridurre al minimo le perdite idriche e a ottimizzare l'efficienza del sistema.

Approcci simili possono essere applicati anche per la distribuzione di mangimi, con l'obiettivo di orientare il movimento degli animali lontano dalle aree ecologicamente più sensibili.

Allo stesso tempo, fondamentale progettare con attenzione tali strutture, che possono essere pozzi, dighe, vasche di abbeveraggio, per evitare di

¹⁶ D. Thorbeck, op cit

concentrare eccessivamente gli animali in altre aree, creando così nuovi punti critici¹⁷.

Un'altra misura integrativa particolarmente efficace consiste nell'installazione di bacini di raccolta posizionati in punti strategici del territorio, con l'obiettivo di intercettare i detriti e i nutrienti derivanti dalle attività pascoliva prima che questi raggiungano i corsi d'acqua. Queste strutture consentono di regolare il deflusso superficiale, favorendo un drenaggio controllato e contribuendo in modo significativo alla protezione della qualità delle acque a valle.

In modo complementare, l'adozione di fasce vegetate, o zone buffer, lungo i margini dei corpi idrici rappresenta una strategia di grande valore ecologico. Le zone buffer sono strisce di vegetazione permanente che, in questo caso, fungono da barriera naturale tra le zone di pascolo e le risorse idriche, svolgendo una molteplicità di funzioni ambientali. Queste aree rallentano infatti il deflusso delle acque superficiali (*run-off*), favoriscono l'infiltrazione nel suolo, trattengono sedimenti e sostanze inquinanti e stabilizzano le sponde, riducendo il rischio di erosione. L'attrito generato dalla vegetazione contribuisce a diminuire la velocità del flusso idrico, facilitando il deposito dei materiali solidi e la filtrazione naturale degli inquinanti solubili, che vengono assorbiti e metabolizzati dalle piante. Inoltre, l'aumento della copertura vegetale migliora la struttura del suolo e il microclima locale, promuovendo la biodiversità e prevenendo l'erosione grazie all'assenza di calpestio diretto da parte del bestiame¹⁸.

3.2.2 RIDURRE L'IMPATTO SULL'ACQUA ATTRAVERSO I SISTEMI DI FITODEPURAZIONE

Per la gestione dei reflui non palabili, l'adozione di sistemi naturali di trattamento come le wetlands artificiali e i bacini di infiltrazione rappresenta una soluzione particolarmente efficace e sostenibile. Queste tecnologie si basano su processi biologici, fisici e chimici naturali, che consentono di depurare le acque di scarico provenienti dagli allevamenti in

modo efficiente, riducendo al minimo la necessità di interventi meccanici o chimici.

Le wetlands artificiali riproducono il funzionamento di quelle naturali, sfruttando l'azione combinata di substrati filtranti, microrganismi e vegetazione acquatica per trattenere sedimenti, degradare la sostanza organica e assorbire nutrienti come azoto e fosforo. In questo modo, le acque trattate subiscono un processo di depurazione graduale, che ne migliora la qualità prima del loro rilascio o riutilizzo.

Analogamente, i bacini di infiltrazione favoriscono il riassorbimento naturale delle acque nel terreno, contribuendo alla ricarica delle falde e alla riduzione del deflusso superficiale, con effetti positivi sulla gestione idrica complessiva del territorio¹⁹.

Questi sistemi agiscono attraverso la fitodepurazione, una tecnica naturale di trattamento dei reflui che utilizza le capacità depurative delle piante. Grazie ai processi biologici, queste piante sono in grado di assorbire e trasformare nutrienti e contaminanti organici, migliorando la qualità delle acque di scarico. Tra le specie più efficaci si trovano le piante macrofite, come la canna, il giunco e altre piante acquatiche, capaci di rimuovere azoto, fosforo e sostanze organiche. Le piante vengono coltivate in letti filtranti di sabbia o ghiaia, i reflui vi passano attraverso e vengono depurati grazie all'azione combinata di radici e batteri.

Oltre a ridurre l'inquinamento delle acque, questo tipo di sistema contribuisce alla tutela della biodiversità e alla creazione di habitat naturali, rappresentando una soluzione efficace e sostenibile per la gestione dei reflui zootecnici²⁰.

Attraverso l'adozione di tali strategie, gli allevamenti possono non solo salvaguardare le risorse idriche, ma anche accrescere la propria autosufficienza e resilienza, riducendo l'impatto ambientale complessivo e migliorando la propria capacità di adattamento²¹.

¹⁷ H. Steinfeld, et al., op cit

¹⁸ F. Jiang, et al., Riparian buffer effectiveness as a function of buffer design and input loads, Journal of environmental quality, 2020

¹⁹ S. Dias, et al., *Livestock wastewater treatment in constructed wetlands for agriculture reuse*, International Journal of Environmental Research and Public Health, 2020

²⁰ T. Bartzanas, op cit

²¹ P. Denisi, et al., *A combined system using lagoons and constructedwetlands for swine wastewater treatment*, Sustainability, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/su132212390>

3.2.3 RIDURRE L'IMPATTO SULL'ACQUA ATTRAVERSO I SISTEMI DI RACCOLTA E RIUTILIZZO ACQUA

Nella progettazione degli spazi aziendali di un allevamento, l'integrazione di sistemi per la raccolta e il riutilizzo delle acque meteoriche rappresenta una soluzione strategica sotto molteplici aspetti. Se opportunamente pianificati, tali sistemi consentono infatti di ottimizzare la gestione idrica complessiva dell'allevamento²².

L'adozione di queste soluzioni permette di ridurre in modo significativo la dipendenza dalle fonti idriche convenzionali, e risulta particolarmente vantaggiosa nei periodi di siccità o di ridotta disponibilità d'acqua. Nel caso di aziende zootecniche integrate con attività agricole, i benefici derivanti dall'utilizzo di sistemi di raccolta e stoccaggio delle acque meteoriche risultano ulteriormente potenziati. L'impiego di bacini di accumulo o serbatoi di contenimento permette di raccogliere e conservare l'acqua piovana per poi riutilizzarla in modo efficiente e sostenibile per le diverse esigenze aziendali, come l'irrigazione delle colture e le operazioni di pulizia, ma anche per il raffrescamento degli ambienti di stalla²³.

L'acqua, infatti, può svolgere un ruolo fondamentale anche all'interno degli spazi costruiti, fungendo da elemento naturale per la regolazione del microclima. Bacini, vasche e pareti d'acqua possono essere progettati e inseriti strategicamente all'interno del complesso zootecnico per contribuire al raffrescamento passivo degli ambienti, migliorandone il comfort termico sia per gli animali che per gli operatori.

Questi elementi, oltre a svolgere una funzione estetica e ambientale, sono in grado di mitigare l'effetto delle alte temperature attraverso l'evaporazione naturale, contribuendo così a creare un ambiente più salubre e vivibile, specialmente nei mesi estivi. Questa strategia risulta particolarmente vantaggiosa nelle aree geografiche caratterizzate da climi caldi e soggette a ondate di calore.

L'integrazione di questi sistemi nella progettazione può rappresentare una soluzione efficace, sostenibile e a basso impatto energetico per migliorare sia il benessere animale che la qualità complessiva degli spazi, rendendo la struttura più resiliente e adattabile a queste condizioni climatiche sempre in evoluzione²⁴.

3.3 ALLEVAMENTI PIÙ SOSTENIBILI PER RIDURRE L'IMPATTO SULL'ARIA

3.3.1 RIDURRE L'IMPATTO SULL'ARIA ATTRAVERSO LA GESTIONE DEI REFLUI

Attraverso una corretta gestione dei reflui zootecnici molte delle emissioni di inquinanti nell'atmosfera dovuti agli allevamenti potrebbero essere notevolmente ridotte. Se gestiti correttamente si potrebbero infatti ridurre efficacemente le emissioni di ammoniaca, metano e protossido di azoto, tre tra gli inquinanti più dannosi nella produzione animale.

Esistono diverse tecniche che si possono applicare al fine di mitigare gli effetti di questi effluenti nelle diverse fasi di gestione.

A partire dalle prime fasi, all'interno degli ambienti interni ai ricoveri, una corretta ventilazione rappresenta un elemento essenziale per mantenere le lettiere asciutte e garantire un ambiente interno salubre. Un adeguato ricambio d'aria contribuisce a ridurre in modo significativo le emissioni di ammoniaca che, se accumulata, può compromettere sia la qualità dell'aria che il benessere degli animali. Per ottenere risultati ottimali, è fondamentale progettare gli edifici di allevamento in modo da favorire una ventilazione naturale e costante, assicurando al contempo condizioni di comfort termico adeguate al bestiame. Le aperture di aerazione dovrebbero essere collocate strategicamente nella parte superiore delle strutture, così da consentire il corretto flusso dell'aria e la dispersione dei gas nocivi, facendo attenzione allo stesso tempo a evitare correnti eccessive che potrebbero generare stress o disagio per gli animali²⁵.

Per quanto riguarda invece la fase di stoccaggio, la regolazione della temperatura gioca un ruolo cruciale nel ridurre le emissioni di gas nocivi provenienti dai reflui. Temperature elevate, infatti, tendono ad aumentare

²² Rainwater Harvesting: Small dam harvesting water for animals and smallholder irrigation, FAO, 2011

²³ S. Higgins, L. Moser, *Rainwater harvesting for livestock production systems*, Cooperative extension center, Martin-Gatton College of Agriculture, Food and Environment, 2024

²⁴ A. Mazzotta, L'acqua materia per l'immagine del paesaggio costruito, Alinea, Firenze, 2007

²⁵ Better cattle housing design, AHDB, 2013

le emissioni. Per questo motivo, è preferibile evitare i sistemi di raccolta interni ai ricoveri o comunque che gli effluenti rimangano troppo a lungo vicino agli animali. Lo stoccaggio in vasche esterne è un'opzione più vantaggiosa, dove le temperature sono più basse – e possono essere controllate e mantenute con più facilità – e la decomposizione dei rifiuti avviene in condizioni meno favorevoli alla produzione di gas. I sistemi esterni per lo stoccaggio e la gestione del letame includono diverse soluzioni, quali fosse, serbatoi, lagune e altre strutture che possono essere facilmente adattate alla dimensione dell'allevamento. Mantenendo il letame a temperature più basse si può ridurre fino al 21% le emissioni dannose per l'ambiente, con un impatto significativo sulla qualità dell'aria e sull'ecosistema²⁶.

Per ridurre ulteriormente le emissioni di inquinanti nell'atmosfera è possibile integrare con coperture adeguate i sistemi di stoccaggio. Le coperture riducono notevolmente le emissioni di ammoniaca e protossido di azoto e, allo stesso tempo, intrappolano il metano, che può poi essere recuperato e utilizzato in un'ottica di *upcycling*.

Una delle alternative, consiste nell'utilizzare coperture dette fluttuanti, coperture mobili realizzate con materiali sintetici o organici (come la paglia o l'argilla), che possono portare ad una riduzione delle emissioni fino al 40-60%. Il problema di questo tipo di coperture è che non sono in grado di bloccare il passaggio dell'acqua piovana, e nel caso di materiali organici, questi devono essere sostituiti regolarmente.

Le coperture più funzionali sono quelle fisse, che vengono ancorate ai serbatoi e oltre a bloccare le emissioni sono anche in grado di controllare il passaggio dell'acqua piovana, migliorando notevolmente l'efficienza del sistema e portando la riduzione delle emissioni fino all'80%²⁷.

3.3.2 RIDURRE L'IMPATTO SULL'ARIA ATTRAVERSO LA SCELTA DEI MATERIALI

Per ridurre ulteriormente le emissioni, anche se in modo più indiretto, è importante considerare la scelta dei materiali e il contesto in cui

l'allevamento si inserisce, cercando soluzioni che rispettino i principi della sostenibilità e che, al tempo stesso, possano favorire l'integrazione armoniosa del progetto nel territorio.

In un'ottica di economia circolare e di progressiva transizione verso modelli produttivi più sostenibili, la progettazione degli spazi destinati all'allevamento deve orientarsi verso soluzioni costruttive più ecocompatibili e resilienti, capaci di ridurre l'impatto ambientale lungo l'intero ciclo di vita dell'edificio. Ciò implica l'abbandono graduale dell'uso intensivo del calcestruzzo e di altri materiali ad alto impatto ambientale, a favore di tecniche costruttive più leggere, flessibili e facilmente riconvertibili.

L'impiego di strutture in legno lamellare o acciaio rappresenta, in questo senso, una soluzione particolarmente efficace: consentono di realizzare ambienti ampi e funzionali, grazie alla loro capacità di coprire grandi luci, migliorando la fruibilità degli spazi interni. Inoltre, l'adozione di sistemi di assemblaggio a secco e di chiusure leggere semplifica le operazioni di manutenzione, riduce i tempi di costruzione e favorisce la possibilità di adattare o riconvertire gli spazi in base alle esigenze future dell'azienda²⁸.

Parallelamente, l'utilizzo di materiali naturali per l'isolamento termico, come legno, paglia o sughero, hanno grandi capacità igro-termiche, che riducono la necessità di sistemi di riscaldamento o raffreddamento attivo e migliorano così l'efficienza energetica complessiva. Questi materiali, oltre a garantire buone prestazioni in termini di comfort e durabilità, si caratterizzano per una bassa impronta di carbonio e una facile riciclabilità, in linea con i principi della bioedilizia²⁹.

3.3.3 RIDURRE L'IMPATTO SULL'ARIA ATTRAVERSO L'USO DI ENERGIA RINNOVABILE

Un'attenta analisi di aspetti come l'orientamento dell'edificio e il contesto in cui si intende realizzare l'allevamento può rappresentare un fondamentale punto di partenza per ottimizzare la progettazione delle strutture stesse. Integrando tecnologie innovative, come i pannelli solari e

²⁶ H. Steinfeld, et al., op cit

²⁷ G. Pelizzari, op cit

²⁸ D. Bosia, L. Savio, F. Thiebat, op cit

²⁹ D. Thorbeck, op cit

fotovoltaici, è possibile migliorare significativamente l'efficienza energetica dell'impianto, sfruttando il massimo potenziale delle risorse naturali senza interferire con le attività principali dell'allevamento, in modo da massimizzare la produzione energetica.

La pianificazione di un sistema energetico rinnovabile può essere una componente chiave nella realizzazione di un allevamento più sostenibile e autosufficiente. In fase di progettazione, potrebbe essere opportuno pensare di dedicare specifiche aree all'installazione di pannelli, cercando di evitare interferenze con altre funzioni essenziali, come le zone di pascolo o gli spazi agricoli. In questo contesto, una possibile soluzione potrebbe essere l'adozione del modello agrivoltaico, che consente di installare i pannelli solari sui terreni agricoli, creando un equilibrio tra la produzione di energia e l'utilizzo del suolo per altre attività produttive³⁰.

Anche la gestione dei reflui può essere sfruttata per aumentare l'efficienza energetica del complesso. Oltre al loro impiego in ambito agronomico, infatti, i reflui zootecnici possono essere efficacemente valorizzati come fonte di energia rinnovabile attraverso la produzione di biogas. Questo approccio consente di ridurre l'impatto ambientale complessivo degli allevamenti e, al tempo stesso, di generare energia in modo sostenibile, contribuendo all'autosufficienza energetica delle aziende agricole.

La produzione di biogas avviene mediante il processo di digestione anaerobica, durante il quale specifici batteri anaerobi decompongono la sostanza organica contenuta nei reflui in assenza di ossigeno. Tale trattamento, oltre a ridurre il volume e la carica inquinante dei materiali di partenza, porta alla formazione di una miscela gassosa composta prevalentemente da metano e anidride carbonica.

La digestione anaerobica comporta numerosi vantaggi ambientali: consente di contenere le emissioni di metano in atmosfera, riducendo l'effetto serra, e di valorizzare i residui solidi del processo, noti come digestato, che possono essere riutilizzati come fertilizzante organico. In questo modo, si realizza un ciclo virtuoso dei nutrienti, in cui il rifiuto si

trasforma in risorsa, integrando in modo concreto i principi dell'economia circolare all'interno della filiera zootecnica³¹.

In un'ottica di chiusura del ciclo produttivo, il biogas ottenuto dalla digestione anaerobica potrebbe essere reimpiegato localmente all'interno dell'allevamento stesso. Una delle applicazioni consiste nell'utilizzarlo come fonte energetica per alimentare sistemi di raffreddamento del letame (EVAP systems). Come già accennato, la temperatura ha un impatto diretto sulle emissioni: il letame stoccati a basse temperature emette meno. Pertanto, raffreddarlo grazie all'energia prodotta internamente consente non solo di chiudere il ciclo energetico, ma migliorerebbe ulteriormente l'efficienza ambientale del sistema.

Questa soluzione può rivelarsi particolarmente vantaggiosa nei climi più caldi, dove le emissioni non trattate possono raggiungere livelli critici.

Il biogas rappresenta non solo una strategia di mitigazione, ma anche un'opportunità per trasformare i rifiuti zootecnici in risorse, promuovendo un modello di economia circolare efficiente, resiliente e sostenibile. Tuttavia, questa soluzione comporta costi iniziali significativi, che possono rappresentare una barriera soprattutto per i piccoli allevatori. Per facilitare la diffusione di queste tecnologie, sarebbe opportuno prevedere incentivi economici mirati e l'adozione di normative che possano guidare la transizione verso pratiche più sostenibili, anche nel lungo termine³².

3.4 ALLEVAMENTI PIÙ SOSTENIBILI PER MIGLIORARE IL BENESSERE DEGLI ANIMALI

3.4.1 MIGLIORARE IL BENESSERE DEGLI ANIMALI ATTRAVERSO IL MICROCLIMA

Per migliorare il benessere degli animali da allevamento, è possibile intervenire su diversi aspetti della loro vita e sugli spazi in cui vengono ospitati.

Un elemento fondamentale nella progettazione della stalla e in generale degli ambienti dedicati agli animali è la gestione del microclima, inteso

³⁰ Alhendin, a pioneering Agri-PV project, BayWa r.e., <https://www.baywared.es/en/local-projects/commissioned-projects/alhendin> (consultato il 12 ottobre 2025)

³¹ T. Bartzanas, op cit

³² H. Steinfeld, et al., op cit

come l'insieme di fattori come temperatura, umidità, ventilazione e presenza di polveri. Questi parametri, se non adeguatamente controllati, possono incidere negativamente sul benessere e sulla produttività degli animali.

In particolare, la ventilazione svolge un ruolo determinante nel garantire un'adeguata qualità dell'aria e nel mantenere condizioni igienico-sanitarie ottimali. È essenziale che il ricambio d'aria avvenga in modo uniforme e naturale, evitando correnti dirette che potrebbero causare stress o problemi respiratori agli animali. Una soluzione efficace consiste nella realizzazione di edifici con soffitti alti e aperture per l'aerazione posizionate nelle zone superiori, così da favorire il movimento naturale dell'aria e mantenere un ambiente interno confortevole, salubre e termicamente equilibrato³³.

Anche l'orientamento degli edifici gioca un ruolo cruciale nella progettazione. Un corretto orientamento delle strutture rispetto all'irraggiamento solare consente di sfruttare al meglio la radiazione solare in inverno, favorendo il riscaldamento naturale degli spazi e riducendo il fabbisogno di energia per il riscaldamento artificiale. Parallelamente, durante la stagione estiva, è fondamentale prevenire il surriscaldamento interno mediante l'uso di aperture adeguatamente progettate e sistemi di schermatura solare, come tende mobili, frangisole o anche pannelli fotovoltaici integrati, che permettono di contenere l'apporto termico e di limitare la necessità di ventilazione meccanica³⁴.

Anche la qualità dell'involucro edilizio riveste un ruolo determinante. Soluzioni costruttive come le facciate a doppio strato migliorano l'isolamento termico, creando una barriera naturale contro la dispersione del calore in inverno e l'ingresso dell'aria calda in estate. Allo stesso modo, l'impiego di materiali naturali e rinnovabili, come legno, paglia e sughero, contribuisce a mantenere una temperatura interna stabile, riducendo la dipendenza da sistemi di climatizzazione.

L'integrazione di barriere vegetali e fasce verdi attorno agli edifici potrebbe essere una soluzione complementare: la vegetazione protegge le strutture

dai venti dominanti, attenua la radiazione solare diretta e favorisce la formazione di microclimi più freschi, migliorando il benessere degli animali e contenendo i consumi energetici complessivi dell'allevamento³⁵.

Un ulteriore elemento da considerare per il raffrescamento degli spazi agricoli è l'utilizzo delle acque meteoriche per la realizzazione di laghetti o bacini di raccolta. Tali infrastrutture, se opportunamente progettate secondo principi bioclimatici, svolgono una duplice funzione: da un lato migliorano il microclima locale, contribuendo a ridurre le temperature durante i periodi di forte calura estiva; dall'altro ottimizzano la gestione delle risorse idriche, offrendo una riserva utile per le attività quotidiane dell'allevamento, come l'irrigazione e la pulizia degli ambienti³⁶.

3.4.2 MIGLIORARE IL BENESSERE DEGLI ANIMALI ATTRAVERSO LA DISTRIBUZIONE INTERNA

Nelle strutture chiuse, come stalle, pollai o ricoveri per suini, la progettazione e distribuzione degli spazi interni riveste un ruolo determinante per il benessere animale e l'efficienza gestionale dell'allevamento³⁷. La separazione del bestiame in base a criteri quali età, sesso e stato fisiologico costituisce una pratica gestionale di comprovata efficacia. Tale approccio consente di ridurre significativamente i livelli di stress tra gli animali, limitando i comportamenti competitivi o aggressivi e favorendo condizioni di maggiore equilibrio sociale all'interno del gruppo. Parallelamente, questa suddivisione permette di ottimizzare la gestione alimentare, adattando la tipologia e la quantità di mangime alle specifiche esigenze nutrizionali di ciascuna categoria di animali. Ciò si traduce non solo in un miglioramento del benessere complessivo, ma anche in una maggiore efficienza produttiva e in una riduzione degli sprechi di risorse, contribuendo a rendere l'allevamento più sostenibile e funzionale. È fondamentale garantire a ciascun animale un'adeguata libertà di

³³ AHDB, op cit

³⁴ D. Thorbeck, op cit

³⁵ D. Thorbeck, op cit

³⁶ A. Mazzotta, op cit

³⁷ D. Thorbeck, op cit

movimento, evitando condizioni di sovraffollamento che possano generare stress o comportamenti anomali³⁸.

Un aspetto cruciale riguarda la distinzione tra spazi individuali e spazi collettivi. In molte tipologie di allevamento – come quelli avicoli o suinicoli – risulta vantaggiosa una combinazione equilibrata tra aree personali, dedicate alle attività di riposo e alimentazione, e zone comuni, pensate per favorire l'interazione sociale e i comportamenti naturali del gruppo. In questo senso, le stalle modulari o “free stall” rappresentano una delle soluzioni migliori: si tratta di sistemi adattabili che consentono di modulare lo spazio disponibile in funzione del numero di capi o delle condizioni stagionali, migliorando il comfort termico e riducendo il rischio di stress.

Parallelamente, è essenziale prevedere zone di riposo idonee alle esigenze fisiologiche di ciascuna specie. L'inserimento di cuccette confortevoli, superfici morbide o piattaforme rialzate contribuisce a favorire il recupero fisico e il benessere posturale, particolarmente importante per gli animali anziani o più vulnerabili, che necessitano di ambienti protetti e stabili per garantire condizioni di vita ottimali³⁹.

Nella progettazione delle diverse aree della stalla la scelta dei materiali riveste un ruolo fondamentale per garantire comfort, igiene e sicurezza agli animali. È pertanto necessario orientarsi verso soluzioni che coniughino funzionalità, durabilità e benessere animale, riducendo al contempo l'impatto ambientale complessivo delle strutture.

In particolare, l'impiego di lettiera morbide, come sabbia o paglia, rappresenta una delle opzioni più efficaci. Questi materiali non solo assicurano un elevato livello di comfort e una buona capacità di assorbimento delle deiezioni, ma contribuiscono anche a prevenire lesioni e patologie articolari, migliorando il benessere generale del bestiame.

La sabbia ha proprietà igieniche e antibatteriche, che limitano la proliferazione di batteri e riducono la necessità di interventi farmacologici.

In più la sabbia può essere utilizzata più volte, se adeguatamente trattata e separata, favorendo così una gestione più sostenibile delle risorse⁴⁰.

La paglia, invece, rappresenta una scelta ecologica e vantaggiosa, soprattutto quando può essere reperita localmente. Questa risorsa naturale non solo assicura un adeguato comfort per gli animali, ma contribuisce anche all'economia circolare del sistema agricolo, riducendo gli sprechi. Inoltre, la paglia, essendo un prodotto naturale, non richiede lavorazioni complesse, il che ne facilita l'utilizzo e ne rende l'impiego particolarmente vantaggioso dal punto di vista economico e della sostenibilità⁴¹.

Per aumentare ulteriormente il benessere animale, è consigliabile realizzare, all'esterno dei box, uno spazio di paddock direttamente accessibile dagli animali, attraverso aperture pensate per favorire il loro spostamento. Il paddock rappresenta un'importante area di socializzazione e di sfogo per gli animali, offrendo loro un'ulteriore opportunità di movimento e interazione. Progettare gli spazi in modo tale da includere aperture continue sui fronti dei box consente agli animali di accedere liberamente a quest'area esterna, permettendo loro di esprimere comportamenti naturali e dinamici, fondamentali per il loro benessere psicofisico⁴².

Nonostante i benefici evidenti di un paddock, l'adozione di questa soluzione può presentare alcune problematiche, in particolare per quanto riguarda l'igiene e la pulizia. Quando il paddock è adiacente ai box, condizioni climatiche come la pioggia possono causare la formazione di fango e sporcizia, con il rischio di sporcare sia gli animali che l'ambiente circostante, rendendo complicate e meno tempestive le operazioni di pulizia. Per superare questi limiti, una possibile evoluzione del concetto di paddock potrebbe essere l'integrazione della tecnologia dei buffer, che consentirebbe la creazione di una zona filtro, o una sorta di "serra", che protegge gli animali dagli agenti atmosferici. Durante l'inverno, tale zona potrebbe essere chiusa per proteggere gli animali dal freddo e dalla pioggia,

³⁸ R. Wulf, et al., *Invited review: Development of a dairy barn concept to improve animal welfare*, American Dairy Science Association, 2025, DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2025-26627>

³⁹ D. Thorbeck, op cit

⁴⁰ F. J. C. M. van Eerdenburg, L. E. Ruud, *Design of free stalls for dairy herds: A review*, Ruminants, 2021, DOI: <https://doi.org/10.3390/ruminants1010001>

⁴¹ D. Vitale, op cit

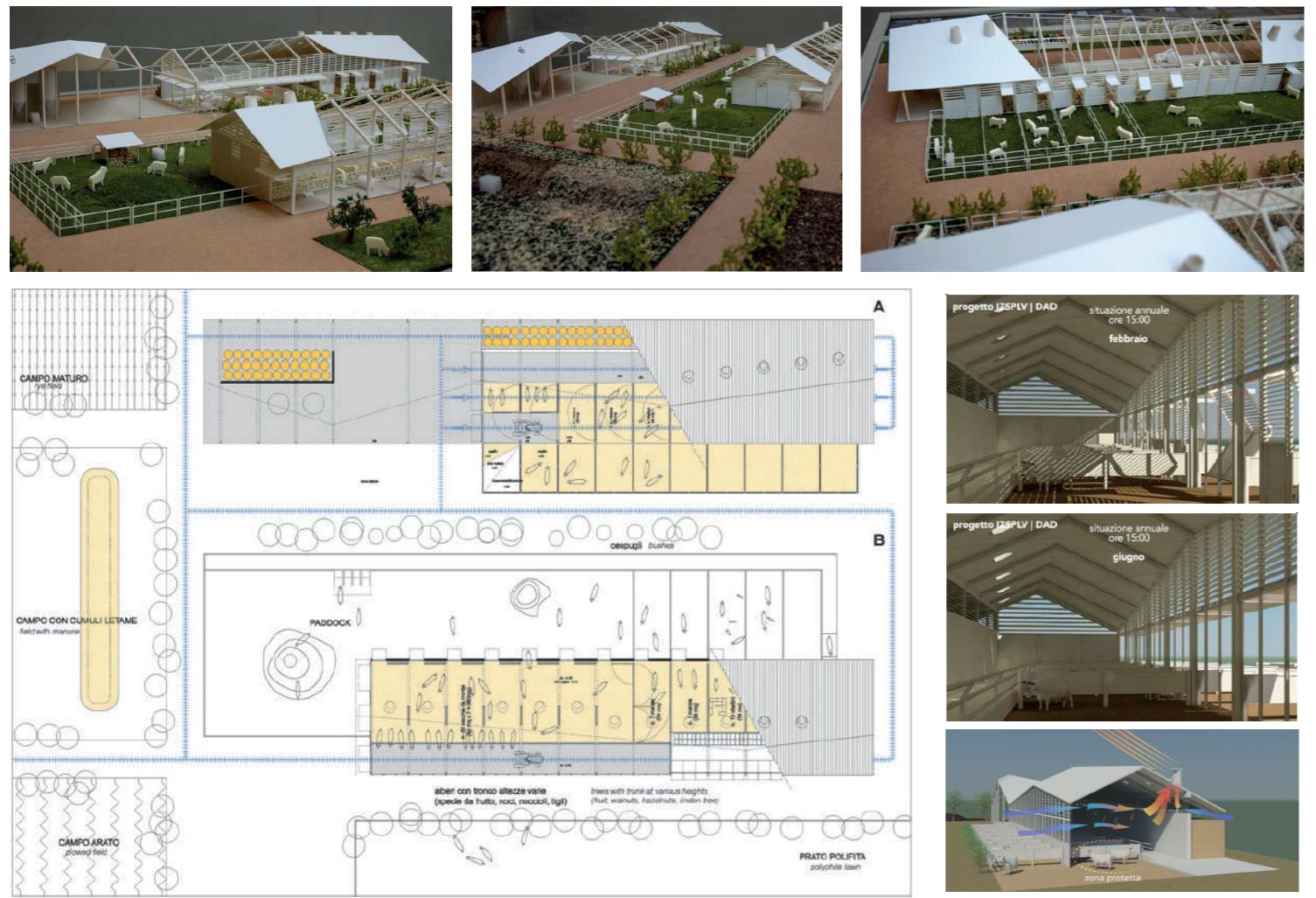
⁴² D. Bosia, L. Savio, F. Thiebat, op cit

mentre nei mesi estivi potrebbe essere completamente aperta, permettendo un maggior afflusso d'aria e la possibilità di fruire di un ampio spazio esterno. Questo approccio permetterebbe di conciliare le necessità di socializzazione e movimento degli animali con una gestione più efficace e igienica degli spazi, garantendo al contempo una maggiore praticità nelle operazioni quotidiane di pulizia e cura.

A complemento degli spazi destinati agli animali, è fondamentale prevedere corsie sufficientemente ampie per garantire il passaggio agevole di mezzi come i trattori, necessari per le operazioni quotidiane di cura e manutenzione⁴³.

⁴³ D. Bosia, L. Savio, F. Thiebat, op cit

CASO STUDIO 1 MODELLO DI STALLA SOSTENIBILE PER L'ALLEVAMENTO BOVINO



Figg. 1-3 modello in scala realizzato per illustrare la stalla sostenibile, esposto a Expo Milano 2015

Figg. 4-6 schema bioclimatico della stalla con dettaglio del sistema di apertura e schermatura solare

Figg. 7 schema bioclimatico della stalla con dettaglio del sistema di ventilazione naturale

DAD PolTo, Piedmont, Liguria, Valle d'Aosta, La Granda

AUTORI Daniela Bosia, Lorenzo Savio, Francesca Thiebat

ANNO modello esposto a Expo Milano 2015

TIPOLOGIA allevamento bovino

Obiettivo del progetto è la realizzazione di una **stalla sostenibile** per l'allevamento di bovini piemontesi, al fine di migliorare il **benessere animale** e ridurre l'uso di medicinali, attraverso una gestione più efficiente degli spazi e delle risorse.

Altri temi affrontati sono la **gestione del letame**, che in questo modello viene riutilizzato per fertilizzare i campi, riducendo così l'impatto ambientale; una migliore integrazione delle strutture agricole nel **paesaggio**, evitando costruzioni invasive che danneggiano l'ambiente rurale; la riduzione dell'impatto delle costruzioni sul territorio, usando **materiali più leggeri e sostenibili**.

La **stalla** viene progettata per adattarsi al territorio, con una composizione modulare che permette una variabilità del design. Al posto di materiali come il calcestruzzo, si utilizza una **struttura in acciaio** con chiusure leggere, che contribuisce a un minore impatto visivo nel paesaggio. Le stalle sono progettate per garantire il **benessere animale**, con accesso ad **ampi spazi per il movimento** e ad una zona di paddock, dove gli animali possono esprimere comportamenti dinamici e sociali.

Nel complesso sono previsti **sistemi per l'energia rinnovabile** e soluzioni per ottimizzare l'**illuminazione naturale** e la ventilazione, migliorando la salute degli animali e riducendo i consumi energetici.

Per la **gestione degli spazi**, gli animali sono divisi in moduli regolari e trasformabili per facilitare le operazioni quotidiane. Le **pavimentazioni** sono progettate per garantire il comfort degli zoccoli e prevenire malattie, utilizzando materiali come **paglia** e **sabbia** che assorbono gli effluenti e mantengono più salubre l'ambiente.

Il progetto pone particolare attenzione alla **sostenibilità** e all'autosufficienza della produzione, il ciclo del letame viene chiuso all'interno della stessa azienda agricola, riducendo la necessità di risorse esterne. In questo contesto.

Si parla di un modello di stalla che integra **sostenibilità ambientale, benessere animale, autosufficienza ed economia circolare** rispondendo alle esigenze moderne di un allevamento più ecologico e meno dipendente da risorse esterne.



3.5

CASO STUDIO 2 CHICKENVILLE – ECO FRIENDLY POULTRY FARM

LUOGO Rakov Potok, Hrvatska

AUTORI SKROZ

ANNO 2017

TIPOLOGIA allevamento avicolo

Chickenville è un progetto innovativo nel campo dell'allevamento avicolo: non vuole solo essere una **fattoria ecologica**, ma anche un **luogo didattico e turistico**, pensato per far conoscere al pubblico le pratiche di cura e gestione delle galline. I visitatori, gli architetti hanno progettato una via centrale che attraversa il complesso, che collega i vari pollai e garantisce il corretto svolgimento delle attività agricole. Intorno a questa zona di passaggio – utilizzata sia per le operazioni quotidiane di alimentazione, pulizia e manutenzione, sia per il percorso dei visitatori – si dispongono le unità abitative per gli animali.

Ogni struttura è stata progettata in funzione del proprio ruolo, in modo da **assicurare il benessere** delle galline e rendere più agevole il lavoro degli allevatori. I **materiali** impiegati – legno d'abete grezzo e rete metallica – **richiamano quelli tradizionalmente usati nelle costruzioni rurali locali**.

Il complesso ha tre tipologie di strutture:

- una dedicata a circa 400 galline ovaiole
- una destinata a 100 polli da carne,
- una per 30 pulcini con le rispettive madri.

La zona riservata alle galline con i pulcini si trova nel cuore del complesso, recintata e provvista di un proprio spazio esterno. Le ovaiole, invece, sono distribuite secondo la razza. Tutti gli edifici sono sollevati da terra e dotati di pareti quasi completamente apribili per favorire la ventilazione, creando aree ombreggiate e riparate al di sotto delle strutture e consentendo una pulizia rapida grazie ai fondi estraibili.

L'area di riposo è stata progettata per rispettare inclinazioni e distanze ben definite sia in verticale sia in orizzontale e ha quindi determinato la particolare forma della struttura. La sezione dedicata ai nidi di deposizione è facilmente raggiungibile da allevatori e visitatori grazie al fronte apribile, con forme morbide e arrotondate che agevolano la circolazione e rendono l'ambiente più accogliente.

Poiché il complesso ha anche una funzione turistica ed educativa, una particolare attenzione è stata dedicata alla **chiarezza dei percorsi** e alla **facilità di orientamento** dei visitatori all'interno dell'area.



Figg. 1-3 viste interne
Fig. 4 vista a volo
del complesso

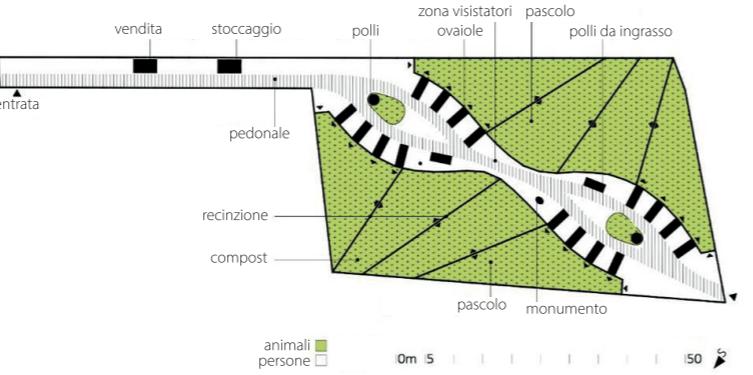


Fig. 4 vista a volo
del complesso



3.5 CASO STUDIO 3 COW SHED

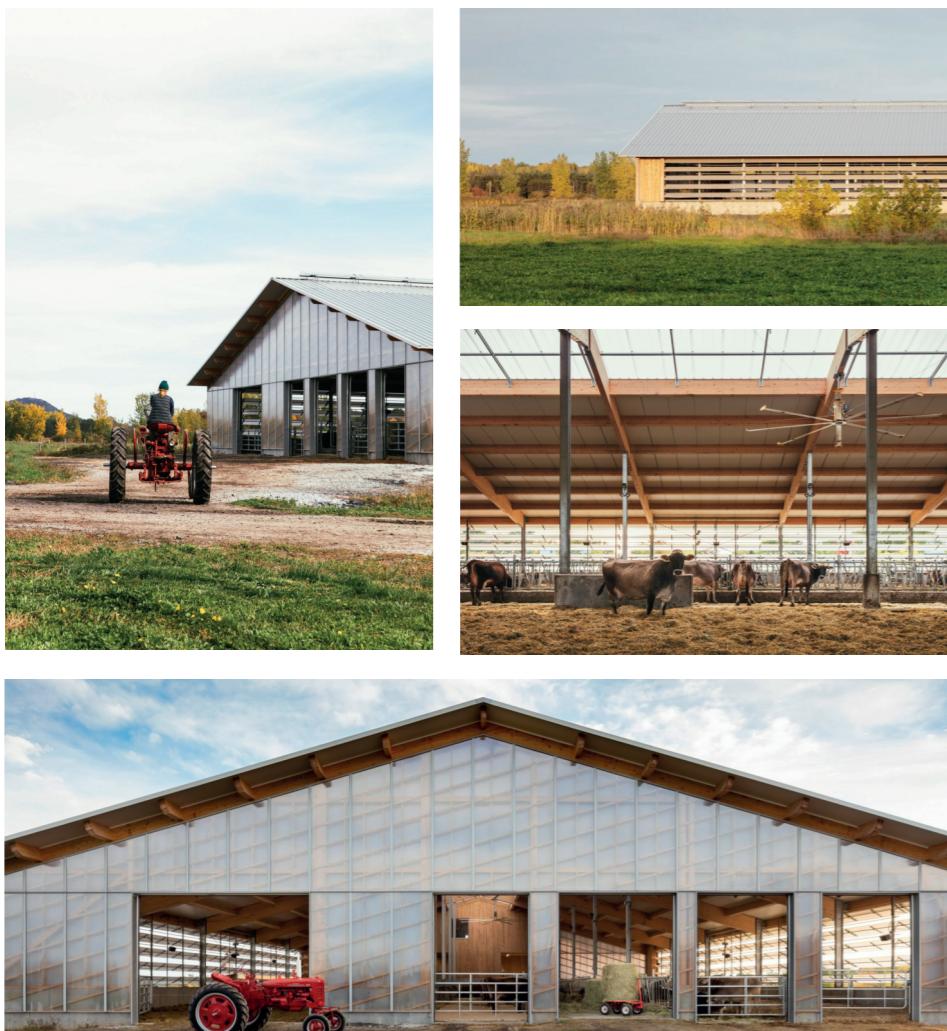


Fig. 1 vista sull'accesso alla stalla

Fig. 2 vista della stalla con focus sulle schermature

Fig. 3 vista interna alla stalla e sugli spazi dedicati agli animali

Fig. 4-6 planimetrie della stalla e sugli spazi dedicati agli animali sviluppata su due livelli

Fig. 5 vista della stalla con focus sull'involucro traslucido

LUOGO Saint-Jean-sur-Richelieu, Québec

AUTORI La Shed Architecture

ANNO 2020

TIPOLOGIA allevamento bovino da latte

Il progetto è pensato per una fattoria specializzata nella produzione di formaggi biologici: Au Gré des Champs. L'intervento si distingue per l'uso di

pareti in pannelli di policarbonato e per un linguaggio architettonico che si discosta volutamente dall'aspetto tradizionale e massivo dei tipici edifici agricoli industriali.

L'obiettivo principale del progetto era quello di creare uno spazio funzionale che migliorasse anche il **benessere quotidiano degli animali** e la **qualità dell'ambiente di lavoro per il personale**. Al tempo stesso, grande attenzione è stata posta all'**inserimento armonico del nuovo edificio nel contesto paesaggistico e architettonico esistente**.

il fienile si presenta come una costruzione luminosa e leggera, con un tetto a doppia falda e una pelle esterna **traslucida**, che permette all'edificio di fondersi visivamente con l'ambiente naturale,

Per rafforzare il legame con il mondo rurale e le strutture preesistenti, La Shed Architecture ha optato per l'utilizzo di **materiali comunemente impiegati nelle costruzioni agricole locali**. L'ossatura dell'edificio è realizzata in legno di abete, mentre le pareti sono rivestite con tavole di cicuta, una pianta tipica della regione. La facciata principale è costituita da due strati sovrapposti di pannelli in policarbonato: uno trasparente e uno opaco, che insieme contribuiscono a creare un'**atmosfera interna luminosa e accogliente**.

Queste facciate semitransparenti stabiliscono anche una **connessione visiva diretta tra ambiente interno e esterno**.

La copertura sporgente del fienile è realizzata in lamiera zincata, resistente e durevole, capace di offrire protezione contro le intemperie e creare uno spazio riparato per i visitatori, in occasione degli eventi pubblici organizzati dalla fattoria.

Lungo le pareti longitudinali sono stati inseriti ampi sistemi di apertura che consentono una **ventilazione naturale** efficace, essenziale per mantenere un **microclima salubre** all'interno della struttura. Nei mesi invernali, il riscaldamento degli spazi è affidato al calore corporeo delle mucche stesse, sfruttando un principio di efficienza energetica semplice ma efficace.



3.5 CASO STUDIO 4 BLACK SLAVONIAN ECO PIG FARM

LUOGO Cret Viljevski, Donji Miholjac

AUTORI SKROZ

ANNO 2019

TIPOLOGIA allevamento suino

Lo studio SKROZ architecture ha realizzato una **fattoria ecologica** dedicata all'allevamento di una specie autoctona croata di maiali. Il progetto è stato

concepito per **ottimizzare il processo di allevamento e il comfort degli animali**, tenendo conto delle esigenze sia degli uomini che dei suini.

La struttura è pensata per garantire **ventilazione e protezione dal sole**, reinterpretando la geometria delle facciate in legno tipiche dell'**architettura vernacolare della Slavonia**. I progettisti hanno inoltre dovuto prevedere la possibilità di un'espansione futura della fattoria.

Il complesso principale è destinato alle scrofe con i loro piccoli, ed è dotato di piccoli **recinti esterni**, utilizzati dagli altri animali solo durante i mesi più freddi. Per **garantire il benessere degli animali**, le stalle sono state collocate vicino al confine occidentale del terreno, per evitare la strada e sfruttare al meglio lo spazio esterno.

Il progetto finale comprende due complessi identici, ciascuno caratterizzato da una sezione trasversale che raggiunge la massima altezza al centro dell'edificio. Le stalle, disposte in diagonale, delimitano cortili agricoli con una fossa per il letame collocata al centro. Grazie a questa configurazione, è stata eliminata la necessità di trasportare la lettiera grazie alla **zona di stoccaggio all'interno della stessa struttura**.

Un altro aspetto fondamentale del progetto è la **flessibilità d'uso**: sono infatti presenti **pareti mobili** che consentono di ampliare o ridurre gli spazi a seconda delle esigenze degli animali.

Il tetto a due falde presenta un disallineamento lungo la linea di colmo, favorendo così l'**ingresso di luce naturale** e una migliore ventilazione.

Per quanto riguarda i materiali, SKROZ architecture ha scelto soluzioni resistenti e adatte al comportamento naturale dei maiali, inclini a scavare, grufolare e mordere. La base è costituita da un volume in calcestruzzo con partizioni in acciaio zincato, su cui poggia la struttura in legno, con un tetto di tegole piene tradizionali. Oltre alla funzionalità, l'estetica dell'edificio riflette il contesto rurale della Slavonia, evidente nella forma del tetto, nei rivestimenti, nei materiali utilizzati e nel trattamento della facciata.

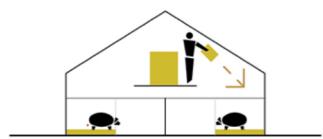
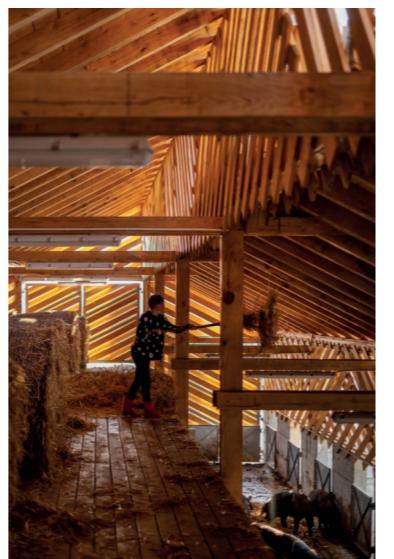
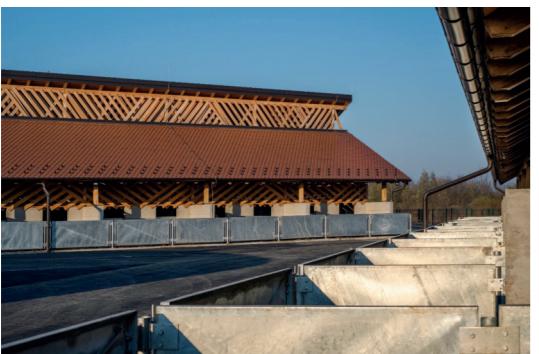
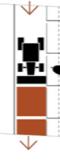


Fig. 1 planimetria del complesso

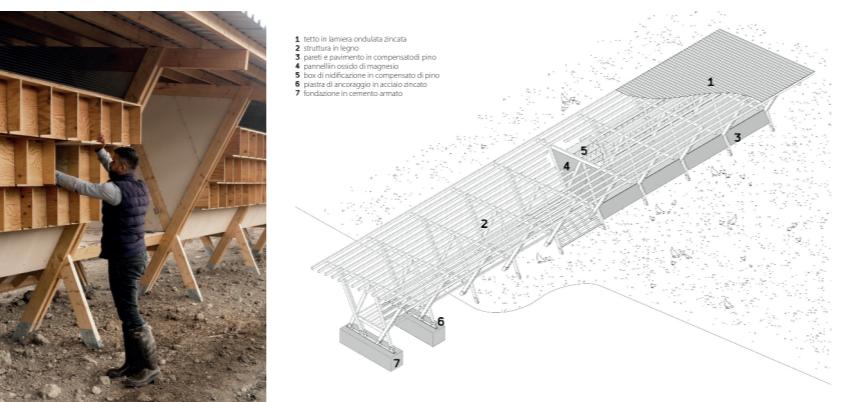
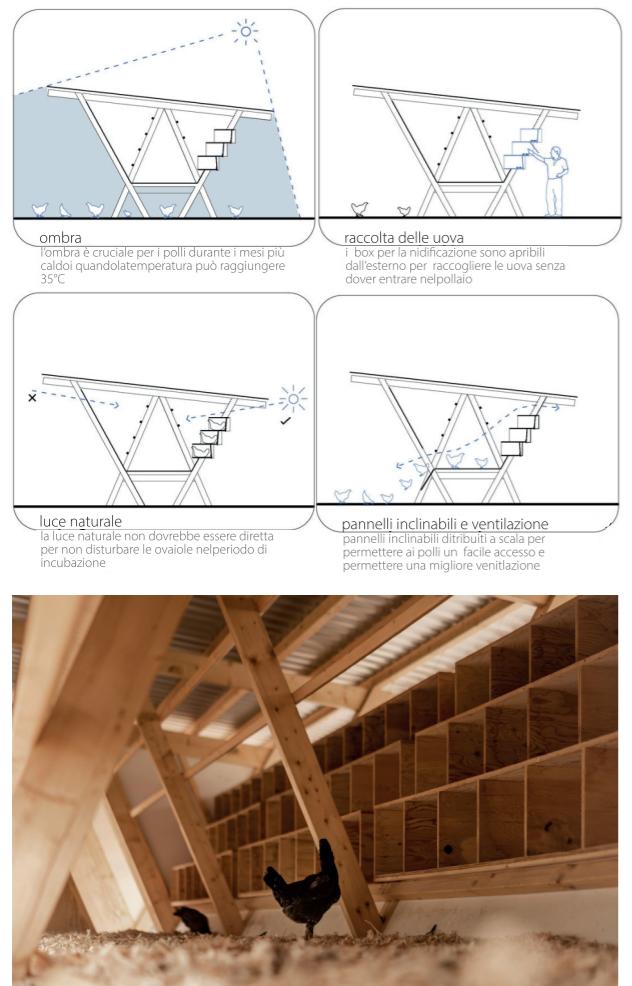
Fig. 2 schema bioclimatico della stalla

Fig. 3-4 vista esterna sulla stalla

Fig. 5 schema della gestione della stalla con focus su distribuzione della paglia e rimozione delle deiezioni



3.5 CASO STUDIO 5 HOUSE OF CHICKENS



LUOGO Erzincan, Turchia

AUTORI SO?

ANNO 2018

TIPOLOGIA allevamento avicolo

La House of Chickens, progettata dallo studio di architettura SO?, è un pollaio modulare pensato per ospitare 800 galline, situato all'interno di una fattoria in Turchia.

Il progetto è stato realizzato presso la Palanga Art and Architecture Farm di Erzincan, un'iniziativa di Kutlug Ataman, che commissiona la costruzione di strutture destinate ad animali e fauna selvatica in una regione rurale di difficile accesso.

Il pollaio è stato costruito utilizzando **materiali semplici ma funzionali**: le facciate sono in compensato di rovere, i pannelli esterni sono in metallo ossidato, mentre il tetto è in lamiera grecata. La struttura è stata progettata per consentire l'aggiunta di moduli modulari, così da permettere

l'ampliamento del pollaio.

La scelta di materiali risponde alla necessità di garantire una facile manutenzione e sostituzione, considerando la posizione remota della fattoria. Il legno, inoltre, è stato preferito in quanto **materiale che si integra naturalmente con l'ambiente** e risulta più idoneo a creare un rifugio confortevole per gli animali.

Dato che la zona è caratterizzata da periodi estivi particolarmente caldi, il tetto inclinato si estende formando una **tettoia che offre ombra e protezione** alle galline durante le ore più calde della giornata. L'interno della House of Chickens è progettato per garantire una **ventilazione trasversale ottimale**, consentendo alla **luce naturale** di filtrare in maniera indiretta. Le zone di riposo, realizzate in legno e disposte inclinate, sono pensate per garantire alle galline una comoda superficie su cui appoggiarsi.

Le box per la nidificazione, anch'esse in legno, sono impilate su tre livelli e sono accessibili attraverso botole esterne, per non disturbare troppo gli animali. La struttura del pollaio poggia su travi inclinate, con il terreno sottostante oggetto di un **programma di rigenerazione** volto a ripristinare i nutrienti nel suolo, che in passato era stato impoverito.

La House of Chickens è il primo edificio completato all'interno di un masterplan che prevede la realizzazione di fienili, stalle, serre, pollai e cucine. È anche prevista una zona destinata alla riabilitazione degli uccelli selvatici e una campagna annuale per la piantumazione di 5.000 alberi.



3.6 LINEE GUIDA PER RENDERE GLI ALLEVAMENTI PIÙ SOSTENIBILI

In relazione ai diversi accorgimenti applicabili nella progettazione degli allevamenti al fine di ridurne l'impatto ambientale e migliorarne la sostenibilità complessiva, è stata elaborata una serie di linee guida finalizzate a orientare le scelte progettuali. Tali linee guida sono state organizzate e categorizzate in base alla scala di intervento, così da offrire un approccio strutturato e progressivo rispetto alle diverse dimensioni del progetto.

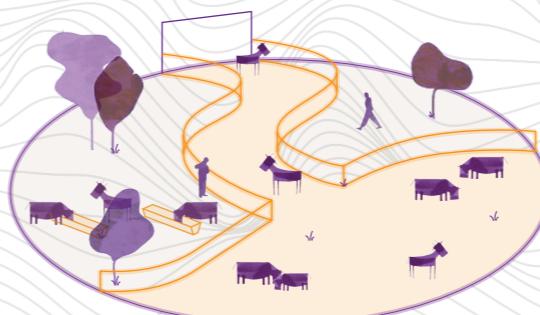
La prima categoria riguarda la scala territoriale, che considera il contesto paesaggistico, ambientale e infrastrutturale entro cui l'allevamento si inserisce. A questo livello, gli interventi mirano a regolamentare le attività produttive e a pianificare l'integrazione dell'allevamento nel territorio, con l'obiettivo di mitigare gli impatti ambientali e migliorare la compatibilità con l'ecosistema circostante.

Segue la scala intermedia, definita come intorno funzionale, che fa riferimento al contesto produttivo direttamente connesso alla struttura zootecnica. In questa fase, l'attenzione è rivolta alla gestione degli spazi di servizio e delle aree correlate alle attività di allevamento, con l'intento di ottimizzare i processi produttivi e contenere le emissioni e i rifiuti generati.

Infine, la scala architettonica si concentra sugli interventi da attuare sulla stalla e sugli spazi destinati agli animali, includendo soluzioni costruttive, distributive e tecnologiche volte a migliorare il benessere animale e a ridurre l'impatto ambientale diretto delle strutture.

Ciascuna scheda progettuale identifica una problematica tipica o ricorrente negli allevamenti, in particolare in quelli di tipo intensivo, e propone una serie di strategie per la sua risoluzione. Le soluzioni suggerite mirano a mitigare gli effetti negativi delle attività zootecniche, promuovendo un equilibrio più sostenibile tra produzione, ambiente e benessere animale.

SOLUZIONI PASCOLO reindirizzare gli animali



PROBLEMATICA

Se non adeguatamente gestito, il pascolo può generare impatti significativi, in particolare sul suolo e sui bacini idrografici, compromettendo la qualità delle risorse naturali e la stabilità degli ecosistemi circostanti.

SOLUZIONE

Progettare lo spazio dedicato al pascolo per controllare il comportamento del bestiame e ridurre gli impatti sulle risorse naturali.

STRATEGIE

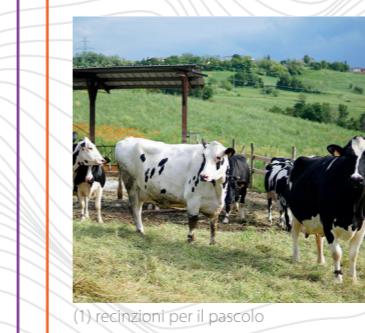
Recinti: suddividere l'area di pascolo in sezioni in modo da gestire il pascolo a rotazione e limitare la presenza del bestiame così da permettere al terreno di rigenerarsi. È importante progettare le recinzioni in modo che si adattino al contesto ecologico locale, evitare materiali o strutture come il filo spinato che possono ostacolare le attività e la sicurezza della fauna selvatica¹.

Percorsi: progettare e delimitare dei percorsi per indirizzare il bestiame lungo tragitti ben definiti tra le stalle e le zone di pascolo, per evitare le zone più fragili o sensibili. Utilizzare materiali che rispettino la conformazione naturale per non disturbare l'attività selvatica².

Punti di abbeveraggio artificiale: pozzi, dighe, vasche da inserire nella zona di pascolo in punti strategici per attirare gli animali lontano dalle aree più sensibili come le zone ripariali.



(X) pascolo libero



(1) recinzioni per il pascolo



(2) percorsi per il bestiame



(3) vasca di abbeveraggio



RIFERIMENTI

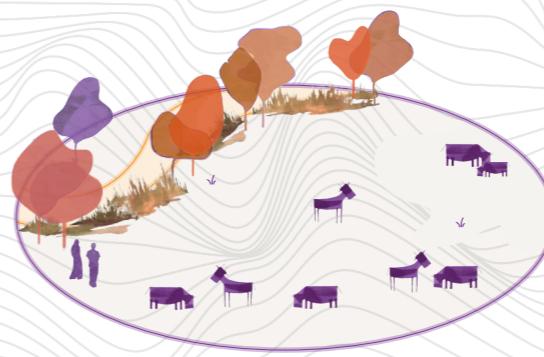
- ¹B. E. Norton, Management of livestock using rotational grazing, Utah State University, IFAD, 2022
- ²D. Thorbeck, Architecture and agriculture: a rural design guide, Routledge, 2017
- ³H. Steinfeld, et al., Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options, FAO, Roma, 2006



- (X) <https://pascolovagante.wordpress.com/2007/04/15/lungo-il-fiume/>
- (1) <https://www.saliceto.com/allevamento-saliceto/>
- (2) <https://www.holsteininternational.com/it/story/lattevamento-al-pascolo-richiede-un-altro tipo-di-vacca>
- (3) <https://www.kerbl.com/it/product/abbeveratoio-da-pascolo/155034/16409>



SOLUZIONI PASCOLO bloccare gli inquinanti



PROBLEMATICA

Se non adeguatamente gestito, il pascolo può generare impatti significativi, in particolare sul suolo e sui bacini idrografici, compromettendo la qualità delle risorse naturali e la stabilità degli ecosistemi circostanti.

SOLUZIONE

Intercettare i detriti e le deiezioni prima che raggiungano le risorse idriche circostanti.

STRATEGIE

Bacini di raccolta: collocati in aree strategiche del territorio, progettati per intercettare detriti e nutrienti provenienti dalle attività di pascolo prima che raggiungano i corsi d'acqua. Queste strutture permettono di regolare il deflusso superficiale, garantendo un drenaggio controllato e contribuendo in modo significativo alla tutela della qualità delle acque a valle.

Zone buffer: fasce di vegetazione permanente da inserire lungo i margini dei corpi idrici che agiscono come barriere naturali tra le superfici di pascolo e le risorse idriche. Queste fasce rallentano il run-off, favoriscono l'infiltrazione nel suolo, trattengono sedimenti e sostanze inquinanti e stabilizzano le sponde, riducendo il rischio di erosione. L'attrito esercitato dalla vegetazione contribuisce inoltre a diminuire la velocità del flusso idrico, favorendo il deposito dei materiali solidi e la filtrazione naturale degli inquinanti solubili, che vengono assorbiti e metabolizzati dalle piante¹.



(X) pascolo libero



(1) bacino di raccolta



(2) zona buffer



RIFERIMENTI

- 1 F. Jiang, et al., Riparian buffer effectiveness as a function of buffer design and input loads, Journal of environmental quality, 2020
- (X) [\(X\) https://pascolovagante.wordpress.com/2007/04/15/lungo-il-fiume/](https://pascolovagante.wordpress.com/2007/04/15/lungo-il-fiume/)
- (1) [\(1\) https://rivistanatura.com/aree-umide-artificiali-per-trattener-a-lungo-il-flusso-di-acqua-piovana/](https://rivistanatura.com/aree-umide-artificiali-per-trattener-a-lungo-il-flusso-di-acqua-piovana/)
- (2) [\(2\) https://www.topcropmanager.com/do-vegetated-buffers-actually-mitigate-nutrient-runoff-in-canada/](https://www.topcropmanager.com/do-vegetated-buffers-actually-mitigate-nutrient-runoff-in-canada/)



CONTESTO
scala territoriale

INTORNO FUNZIONALE
contesto produttivo

SCALA
ARCHITETTONICA

GESTIONE REFLUI stoccaggio



PROBLEMATICA

I reflui zootecnici sono una delle principali fonti di inquinamento degli allevamenti intensivi e contribuiscono in modo significativo alla contaminazione del suolo, dell'acqua e dell'aria. Contengono sostanze nocive che, se non trattate adeguatamente, hanno effetti devastanti sull'ambiente.

SOLUZIONE

Gestire correttamente gli effluenti zootecnici con tecniche sicure e innovative non solo per ridurre l'impatto sull'ecosistema ma anche per sfruttarli come risorsa.

STRATEGIE

Vasche di stoccaggio esterne: è l'opzione più vantaggiosa per i reflui solidi, dove le temperature sono più basse, condizione meno favorevole alla produzione di gas. Possono essere fosse, serbatoi, lagune e altre strutture, facilmente adattabili alla dimensione dell'allevamento. Per limitare le perdite di azoto e ammoniaca si possono integrare con coperture, che intrappolano anche il metano che può poi essere recuperato¹.

Coperture fluttuanti: coperture mobili, realizzate con materiali sintetici o organici, come la paglia o l'argilla. Non sono in grado di bloccare il passaggio dell'acqua piovana, e i materiali organici devono essere sostituiti regolarmente. Riduzione delle emissioni fino al 40-60%.

Coperture fisse: ancorate ai serbatoi, controllano le emissioni e il passaggio dell'acqua piovana. Riduzione delle emissioni fino all'80%².



(1) vasca di stoccaggio esterna



(2) copertura fluttuante



(3) copertura fissa



RIFERIMENTI

- 10 Henning Steinfeld, et al., Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2006
- G. Pelizzari, Visione per un Futuro Alimentare Sostenibile: il Caso della Carne in Vitro, Università degli Studi di Padova, 2022

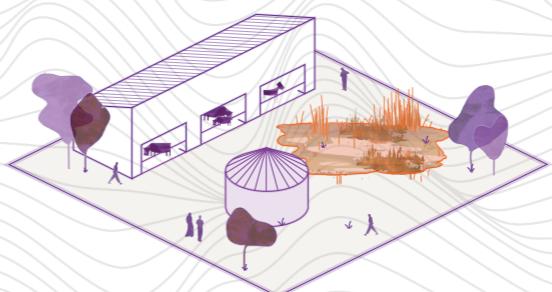


RIFERIMENTI

- https://terraevida.edagricole.it/allevamento-zootecnia/liquami-quale-vasche-e-quanto-grandi/
- https://www.agriexpo.online/it/prod/hexa-cover-s/product-181199-54476.html
- https://www.lipp-system.de/serbatoi-lipp/tetti-dei-serbatoi-lipp/?lang=it



GESTIONE REFLUI trattamento dei liquidi



PROBLEMATICA

I reflui zootecnici sono una delle principali fonti di inquinamento degli allevamenti intensivi e contribuiscono in modo significativo alla contaminazione del suolo, dell'acqua e dell'aria. Contengono sostanze nocive che, se non trattati adeguatamente, hanno effetti devastanti sugli ecosistemi circostanti e sulla salute umana.

SOLUZIONE

Trattare i reflui non palabili per eliminare gli inquinanti ed essere potenzialmente riutilizzati all'interno dell'allevamento.

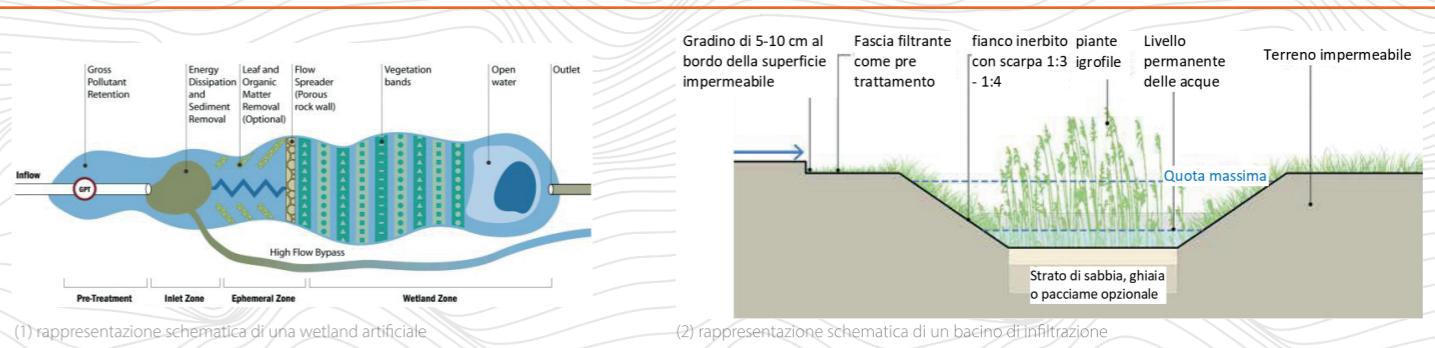
STRATEGIE

Wetlands: per eliminare gli inquinanti biologici, come fosfati, nitrati, sostanze liquide e metalli pesanti, grazie a vegetazione e sedimentazione. Le dimensioni dipendono dai volumi d'acqua da trattare e dal livello di inquinamento, con un livello d'acqua fino a 30 cm. Sono composte da zone di ingresso, zona di sedimentazione, dove vengono eliminati i reflui di grande dimensione grazie alla presenza di griglie (necessita un pulizia ro golare), e una zona di palude che copre circa l'80% della wetland per massimizzare la permanenza dell'acqua, con un passaggio fluido e continuo. L'acqua in uscita può essere riutilizzata ad esempio per l'irrigazione.

Bacini di infiltrazione: bacini artificiali altamente permeabili di varie dimensioni che hanno lo scopo di accumulare acqua per trattarla, prima che venga assorbita dal suolo.

Superficiali: bacini poco profondi che fitodepurano grazie alla presenza di vegetazione che cattura e assorbe gli inquinanti.

Profondi: per depurare l'acqua e poi filtrarla nel terreno grazie alla presenza di materiale grossolano¹.



(1) rappresentazione schematica di una wetland artificiale

(2) rappresentazione schematica di un bacino di infiltrazione



RIFERIMENTI

¹ S. Dias, et al., Livestock wastewater treatment in constructed wetlands for agriculture reuse, International Journal of Environmental Research and Public Health, 2020
(1) chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcgkclaejndmkaj/htps://bussola.s3-eu-west-1.amazonaws.com/252073/Allegato%204%20alla%20rel%20geologic a%20-%20sistemi%20di%20infiltrazione%20PGT%20Massaleengo%202019.pdf



(2) https://urbangreenbluegrids.com/measures/urban-wetlands/



CONTESTO
scala territoriale

INTORNO FUNZIONALE
contesto produttivo

SCALA
ARCHITETTONICA

RISORSE IDRICHE acqua piovana



PROBLEMATICA

L'impronta idrica degli allevamenti, tra produzione, abbeveraggio e gestione, è una delle problematiche di maggiore rilievo quando si parla dell'insostenibilità degli allevamenti intensivi.

SOLUZIONE

Integrare sistemi per la raccolta e gestione delle acque piovane per ridurre la dipendenza dalle risorse idriche tradizionali, soprattutto nei periodi di siccità o scarsità di acqua.

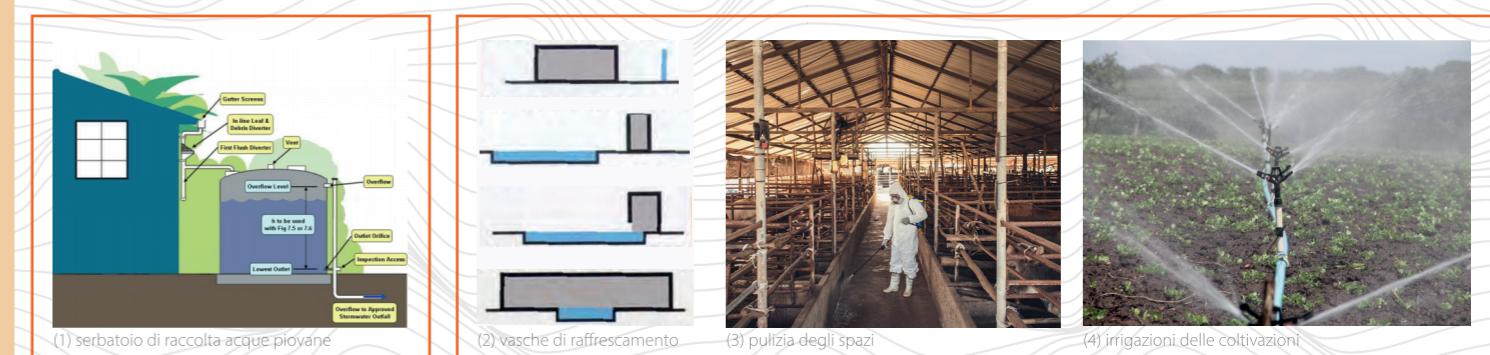
STRATEGIE

Bacini e serbatoi di contenimento: sistemi per raccogliere e immagazzinare le acque piovane, collegati a sistemi di raccolta integrati nell'edificio per sfruttare l'acqua piovana nelle attività di gestione e manutenzione dell'allevamento.

Irrigazione: l'acqua piovana accumulata può essere utilizzata per l'irrigazione e la manutenzione delle colture.

Pulizia: per mantenere un ambiente salubre per gli animali e i lavoratori sono necessarie frequenti azioni di pulizia, per cui può essere utilizzata l'acqua piovana raccolta¹.

Raffrescamento: l'acqua può essere sfruttata per la regolazione del microclima. Sistemi come bacini, vasche e pareti d'acqua possono essere progettati e inseriti strategicamente all'interno del complesso zootecnico per contribuire al raffrescamento passivo degli ambienti attraverso l'evaporazione naturale².



RIFERIMENTI

- 1 S. Higgins, L. Moser, Rainwater harvesting for livestock production systems, Cooperative extension center, Martin-Gatton College of Agriculture, Food and Environment, 2024
- 2 A. Mazzotta, L'acqua materia per l'immagine del paesaggio costruito, Alínea, Firenze, 2007

RIFERIMENTI

- 1 https://www.bushmantanks.com.au/blog/what-are-retention-detention-systems-why-they-are-important?srsltid=AfmBOooQshYwXJJD-83_n79raO3uPD8rSqPv1PHUe5IXhYYn8D7juC
- 2 A. Mazzotta, op.cit
- 3 <https://www.starsana.com/disinfettanti-detergenti-per-stalle/>
- 4 <https://davepools.com/different-types-of-irrigation-systems/>

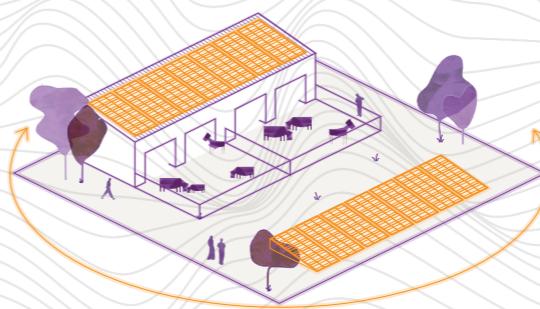


CONTESTO
scala territoriale

INTORNO FUNZIONALE
contesto produttivo

SCALA
ARCHITETTONICA

ENERGIA PULITA



PROBLEMATICA

Gli allevamenti, soprattutto quelli intensivi, possono essere energivori e nella maggior parte dei casi viene utilizzata energia non rinnovabile.

SOLUZIONE

Integrare con sistemi di produzione di energia rinnovabile per rendere più sostenibili gli allevamenti e allo stesso tempo diminuire i costi di gestione.

STRATEGIE

Pannelli fotovoltaici: è importante progettare l'edificio in modo accurato, tenendo conto di requisiti quali l'inclinazione e l'orientamento della copertura rispetto alla posizione solare in modo da massimizzare la produzione energetica senza compromettere il benessere animale. In fase di progettazione, potrebbe essere opportuno pensare di dedicare specifiche aree all'installazione di pannelli, cercando di evitare interferenze con altre funzioni, come le zone di pascolo.

Biogas: il metano proveniente dai reflui zootecnici può essere valorizzato come fonte di energia rinnovabile, attraverso la produzione di biogas, tramite un processo di digestione anaerobica controllata che deve avvenire in ambienti chiusi e monitorati¹.

Agri-PV: installare i pannelli fotovoltaici sui terreni agricoli per massimizzare l'efficienza nell'uso del suolo, pensato in modo tale da non interferire con le attività agricole e consentire il libero accesso dei macchinari necessari per le operazioni agricole².



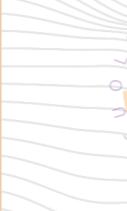
(1) impianto fotovoltaico



(2) sistema di raccolta di biogas



(3) impianto agri-fotovoltaico



RIFERIMENTI

¹ T. Bartuzas, Technology for Environmentally Friendly Livestock Production, Springer, 2023

² Althendin; a pioneering Agri-PV project, BayWa re: <https://www.baywa-re.es/en/local-project-s/commissioned-projects/althendin> (consultato il 12 ottobre 2025)

(1) <https://www.qualenergia.it/articoli/soluzione-al-problema-del-solling-per-gli-impianti-pv-installati-sulle-stalle/>



(2) <https://www.rotaguido.it/az-agr-bernardis-dei-fili-bernardis-allevamento-bovini-e-biogas-1039>

(3) <https://architizer.com/blog/inspiration/stories/agrifotovoltaics-solar-farms-agriculture-architects/>

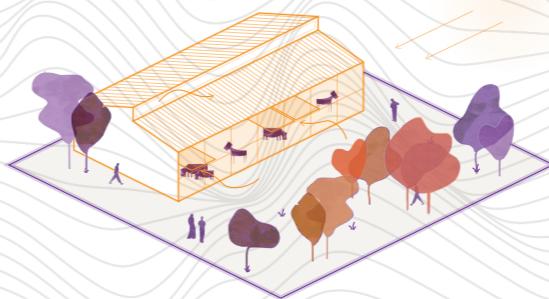


CONTESTO
scala territoriale

INTORNO FUNZIONALE
contesto produttivo

SCALA
ARCHITETTONICA

PROGETTO STALLA microclima



PROBLEMATICA

Il benessere animale è spesso sacrificato in favore della massimizzazione della produttività. Ma questo approccio può generare conseguenze negative anche sul piano produttivo, come la proliferazione di batteri che richiede un maggiore impiego di farmaci e porta ad avere animali meno idonei alla produzione.

SOLUZIONE

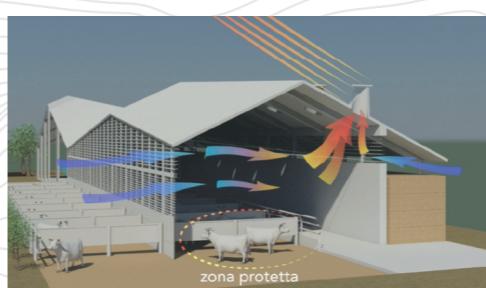
Progettare lo spazio interno dei ricoveri degli animali per controllare il microclima e garantire un ambiente salubre e confortevole.

STRATEGIE

Ventilazione: per mantenere un ambiente salubre è fondamentale cercare di non creare correnti d'aria dirette, che potrebbero avere effetti negativi sugli animali. La soluzione ideale è l'utilizzo di soffitti alti con le aperture dedicate alla ventilazione nella parte superiore degli spazi¹.

Illuminazione: prevedere aperture più grandi sui lati esposti a sud per massimizzare l'apporto di calore solare durante l'inverno e aperture piccole o assenti a nord. Le grandi aperture necessitano parallelamente un sistema adeguato di **schermatura** per le stagioni più calde in modo da evitare il surriscaldamento degli ambienti.

Isolamento: generalmente gli animali non necessitano di importanti sistemi di isolamento termico, perlopiù necessari in caso l'allevamento abbia cuccioli e madri. In ottica di economia circolare e utilizzo di risorse locali un metodo di isolamento termico potrebbe essere lo stoccaggio di paglia contro la parete a nord della stalla².



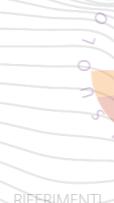
(1) ventilazione naturale



(2) illuminazione naturale con sistema di schermature



(3) paglia come metodo di isolamento



RIFERIMENTI

¹ Better cattle housing design, AHDB, 2013

² D. Thorbeck, Architecture and agriculture: a rural design guide, Routledge, 2017

(1) D. Bosia, L. Savio, F. Thiebat, Modello di stalla sostenibile per l'allevamento bovino

(2) <https://arquitecturaviva.com/works/cobertizo-para-vacas-en-saint-jean-sur-richelieu>

(3) <https://peb.steelprogroup.com/it/peb-structure/agricultural/hay-storage-barn/>



PROGETTO STALLA

distribuzione interna



PROBLEMATICA

Il benessere animale è spesso sacrificato in favore della massimizzazione della produttività. Ma questo approccio può generare conseguenze negative anche sul piano produttivo, come la proliferazione di batteri che richiede un maggiore impiego di farmaci e porta ad avere animali meno idonei alla produzione.

SOLUZIONE

Progettare gli spazi per aumentare il benessere animale e semplificare la gestione della stalla.

STRATEGIE

Suddivisione: separare il bestiame in base a caratteristiche quali età e sesso per minimizzare lo stress tra gli animali e gestire al meglio l'alimentazione¹. A lato dei box prevedere un corridoio per il passaggio di macchinari e persone.

Ricoveri: spazi ampi che prevedano sufficiente spazio per ogni capo. Con l'utilizzo di chiusure mobili, che permettono una maggiore flessibilità nell'organizzazione degli spazi, l'ambiente si può adattare in base alle esigenze specifiche².

Paddock: per favorire il movimento e la socializzazione. Progettare i box con aperture per un accesso libero e diretto³. Per mantenere un certo livello di igiene e pulizia dei box si può creare una zona di filtro chiusa tra il paddock e i box completamente apribile durante la bella stagione.



RIFERIMENTI

- ¹ R. Wulf, et al., Invited review: Development of a dairy barn concept to improve animal welfare, American Dairy Science Association, 2025, DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2025-2662>
- ² D. Thorbeck, Architecture and agriculture: a rural design guide, Routledge, 2017
- ³ D. Bosia, L. Savio, F. Thiebat, Modello di stalla sostenibile per l'allevamento bovino
- (X1) <https://www.officinevettorelo.com/attestimenti/per-suini/>
- (X2) <https://www.agriexpo.online/it/prod/due-srl/product-171528-121107.html>
- (1) <https://arquitecturaviva.com/works/cohertizo-para-vacas-en-saint-jean-sur-richelieu>
- (2) <https://www.saliceto.com/allevamento-saliceto/>

RIFERIMENTI

- ¹ R. Wulf, et al., Invited review: Development of a dairy barn concept to improve animal welfare, American Dairy Science Association, 2025, DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2025-2662>
- ² D. Thorbeck, Architecture and agriculture: a rural design guide, Routledge, 2017
- ³ D. Bosia, L. Savio, F. Thiebat, Modello di stalla sostenibile per l'allevamento bovino
- (X1) <https://www.officinevettorelo.com/attestimenti/per-suini/>
- (X2) <https://www.agriexpo.online/it/prod/due-srl/product-171528-121107.html>
- (1) <https://arquitecturaviva.com/works/cohertizo-para-vacas-en-saint-jean-sur-richelieu>
- (2) <https://www.saliceto.com/allevamento-saliceto/>

RIFERIMENTI

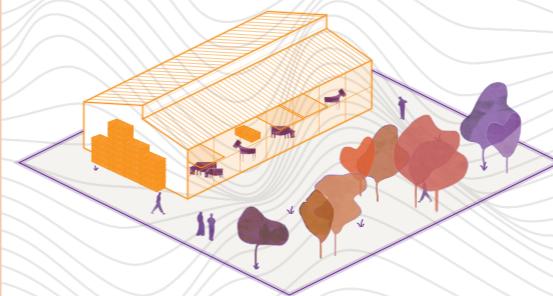
- ¹ R. Wulf, et al., Invited review: Development of a dairy barn concept to improve animal welfare, American Dairy Science Association, 2025, DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2025-2662>
- ² D. Thorbeck, Architecture and agriculture: a rural design guide, Routledge, 2017
- ³ D. Bosia, L. Savio, F. Thiebat, Modello di stalla sostenibile per l'allevamento bovino
- (X1) <https://www.officinevettorelo.com/attestimenti/per-suini/>
- (X2) <https://www.agriexpo.online/it/prod/due-srl/product-171528-121107.html>
- (1) <https://arquitecturaviva.com/works/cohertizo-para-vacas-en-saint-jean-sur-richelieu>
- (2) <https://www.saliceto.com/allevamento-saliceto/>

RIFERIMENTI

- ¹ R. Wulf, et al., Invited review: Development of a dairy barn concept to improve animal welfare, American Dairy Science Association, 2025, DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2025-2662>
- ² D. Thorbeck, Architecture and agriculture: a rural design guide, Routledge, 2017
- ³ D. Bosia, L. Savio, F. Thiebat, Modello di stalla sostenibile per l'allevamento bovino
- (X1) <https://www.officinevettorelo.com/attestimenti/per-suini/>
- (X2) <https://www.agriexpo.online/it/prod/due-srl/product-171528-121107.html>
- (1) <https://arquitecturaviva.com/works/cohertizo-para-vacas-en-saint-jean-sur-richelieu>
- (2) <https://www.saliceto.com/allevamento-saliceto/>

PROGETTO STALLA

materiali



PROBLEMATICA

I box sono gli spazi in cui gli animali da allevamento trascorrono la maggior parte della loro vita. Negli allevamenti intensivi, si ritrovano spesso ammassati gli uni accanto agli altri, creando condizioni di grande stress e un elevato rischio di infortuni.

STRATEGIE

Soluzioni costruttive: abbandonare progressivamente l'uso intensivo del calcestruzzo, a favore di materiali e tecniche più ecocompatibili, come il legno lamellare e l'acciaio che permettono di realizzare ambienti ampi e permettono l'utilizzo di chiusure leggere e sistemi di assemblaggio a secco.

L'impiego di materiali a base biologica e facilmente reperibili a livello locale – come canapa, paglia, fibra di legno o lana di pecora oltre a ridurre l'impatto ambientale legato al trasporto e alla produzione offre eccellenti proprietà di regolazione termo-igronometrica¹.

Lettiere: scelta essenziale per garantire il massimo comfort e sicurezza. Le lettiere morbide, come la sabbia o la paglia, sono le migliori perché capaci di assorbire le deiezioni e ridurre gli infortuni.

Sabbia: limita la proliferazione batterica ed è riutilizzabile se adeguatamente trattata².

Paglia: ecologica e vantaggiosa, se reperita localmente, non richiede lavorazioni complesse³.



(X1) struttura in calcestruzzo

(X2) superfici dure



(1) legno come materiale strutturale, paglia come isolamento

(2) paglia per le lettiere



RIFERIMENTI

¹ D. Bosia, L. Savio, F. Thiebat, Modello di stalla sostenibile per l'allevamento-bovino

² F.J.C. M. van Eerdenburg; L. E. Ruud, Design of free stalls for dairy herds: A review, Ruminants, 2021, DOI:https://doi.org/10.3390/ruminants1010001

³ D. Vitale, Architettura come chiave di sostenibilità: progetto per un allevamento sostenibile tra Langhe e Monferrato, Politecnico di Torino, 2024



(X1) https://www.agriexpo.online/it/prod/evoteck-srl/product-171610-21398.html

(X2) https://www.agriexpo.online/it/prod/due-srl/product-174528-121107.html

(1) https://www.terranuova.it/chiedi-all-experto/vivere-tra-pareti-di-paglia

(2) https://arquitecturaviva.com/works/cobertizo-para-vacas-en-saint-jean-sur-richelieu



MAPPATURA DELLE STRATEGIE



04 ALTERNATIVE AGLI ALLEVAMENTI SCENARI FUTURI

Il solo miglioramento delle pratiche zootecniche, per quanto auspicabile, non è sufficiente a garantire risultati duraturi in termini di mitigazione del cambiamento climatico. È dunque fondamentale ampliare il dibattito per includere soluzioni alternative e approcci innovativi alla produzione alimentare, con un'attenzione particolare alla sostenibilità ambientale e al benessere animale¹.

Una graduale dismissione degli allevamenti intensivi, da realizzarsi nell'arco di circa quindici anni potrebbe rappresentare una strategia efficace per contrastare l'accumulo di gas serra nell'atmosfera. In uno scenario simile, sarebbe infatti possibile arrestare l'incremento delle emissioni per almeno trent'anni. Inoltre, se si riuscisse a ridurre significativamente – o addirittura eliminare – le attività produttive maggiormente dannose per l'ambiente, il sistema alimentare globale potrebbe evolversi verso un modello a emissioni nette pari a zero entro la fine del secolo².

Oltre alla riduzione delle emissioni, l'abbandono degli allevamenti comporterebbe ulteriori vantaggi su scala globale e si potrebbe infatti recuperare circa 2,5 miliardi di ettari di suolo attualmente destinati al pascolo o alla coltivazione di mangimi. Questo spazio potrebbe essere restituito alla natura, favorendo la rigenerazione degli ecosistemi e la tutela della biodiversità. Questo tipo di trasformazioni contribuirebbero in modo

¹ S. Sgarbossa, K. Winter, Paths Beyond Livestock Exploring Farmers' Transformations Away from Livestock Farming in Germany, Lund University Centre for Sustainability Studies, 2025

² L. Bertolesi, Riconversione: il piano B per chi ha un allevamento, EconomiaCircolare.com, <https://economiacircolare.com/riconversione-piano-allevamento/> (consultato il 12 ottobre 2025)

significativo alla riduzione dell'impronta ecologica del settore agroalimentare, alleggerendo la pressione sulle risorse idriche e sul suolo. Per realizzare con successo questo tipo di riconversione, è essenziale il coinvolgimento di figure esterne, che possano accompagnare l'allevatore in ogni fase del processo. Tra le forme di sostegno più efficaci vi è quella "da allevatore ad allevatore": il confronto diretto con chi ha già intrapreso un percorso simile costituisce una fonte di motivazione concreta e credibile. Osservare esempi reali, ricevere consigli pratici da chi ha già vissuto il cambiamento può fornire una base solida per superare le incertezze e affrontare il processo di trasformazione³. È fondamentale la creazione di una rete di sostegno strutturata, composta da organizzazioni, associazioni di categoria, enti pubblici e privati, nonché dagli stessi allevatori. Questa rete dovrebbe fungere da punto di riferimento stabile per chi desidera avviare un processo di riconversione, offrendo non solo consulenza tecnica e supporto finanziario, ma anche occasioni di scambio, formazione e condivisione. Solo attraverso una collaborazione coordinata e capillare sarà possibile facilitare una transizione equa, efficace e duratura verso un modello agricolo più sostenibile⁴.

Parallelamente agli evidenti benefici ambientali, la transizione verso un'alimentazione priva di prodotti di origine animale avrebbe ripercussioni positive anche sulla salute pubblica. È ormai risaputo che un consumo elevato di carne rossa sia correlato a un aumento del rischio di patologie gravi, quali ictus, diabete di tipo 2 e alcune forme tumorali. Al contrario, una dieta basata su alimenti vegetali integrali è associata a una riduzione dei rischi legati a obesità, malattie cardiovascolari e metaboliche, oltre che a un incremento generale dell'aspettativa di vita.

A tutto ciò si aggiunge il problema dell'uso massiccio di antibiotici negli allevamenti intensivi, che contribuisce in modo significativo allo sviluppo della resistenza antimicrobica, oggi considerata una delle principali minacce per la salute globale.

³ N. Salliou, Quitting livestock farming: transformation pathways and factors of change from post-livestock farmers' accounts, *Frontiers in Sustainable Food Systems* (2023), 10.3389/fsufs.2023.1122992

⁴ S. Sgarbossa, K. Winter, Paths Beyond Livestock Exploring Farmers' Transformations Away from Livestock Farming in Germany, Lund University Centre for Sustainability Studies, 2025

Negli ultimi anni, si è assistito a una crescente diffusione di alternative alla carne e alle proteine animali in generale. In particolare, i sostituti a base di proteine vegetali hanno registrato un notevole successo, affermandosi come opzioni sempre più accessibili e apprezzate da un pubblico ampio e diversificato, anche grazie al miglioramento delle tecnologie produttive e alla crescente consapevolezza dei consumatori⁵.

⁵ N. Salliou, op cit

4.1 DALLA CARNE ALLE PROTEINE ALTERNATIVE

Attualmente esistono diverse forme di alternative proteiche, in fase di sviluppo e con diversi gradi di diffusione e accettazione da parte dei consumatori. Tra queste, le più consolidate e largamente utilizzate sono le proteine di origine vegetale, che rappresentano l'opzione più accessibile e sostenibile. Ma stanno emergendo anche soluzioni più innovative, come i cibi fermentati e la carne coltivata in laboratorio, e gli insetti commestibili, oggetto di crescente attenzione sia in ambito scientifico che industriale.

La carne coltivata, nello specifico, rappresenta una frontiera ancora relativamente recente ed è al momento la meno sviluppata e diffusa. Nonostante il suo potenziale in termini di riduzione dell'impatto ambientale e benessere animale, essa incontra tuttora significative resistenze, sia dal punto di vista normativo che culturale, e risulta quindi la meno accettata tra le alternative attualmente in discussione⁶.

Nel contesto attuale, la produzione di proteine vegetali si configura non solo come un'alternativa più sostenibile – grazie al minore impatto in termini di emissioni, consumo di suolo e risorse idriche – ma anche come una leva concreta per favorire la transizione del settore agroalimentare. Queste proteine, infatti, offrono un'opportunità per riconvertire le attività zootecniche tradizionali in pratiche più sostenibili, contribuendo così a

un'evoluzione del sistema produttivo in linea con gli obiettivi climatici a livello globale.

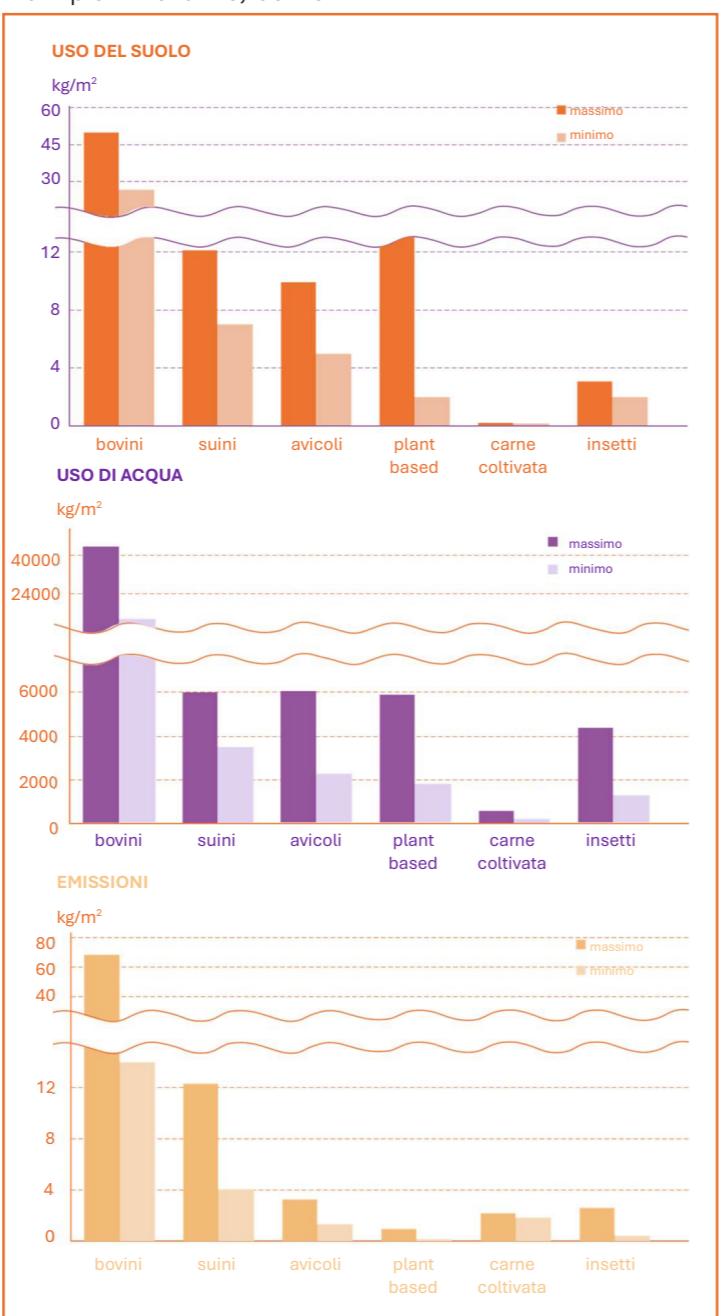


Figura 1 - impatto degli allevamenti su suolo, acqua e atmosfera rispetto alle proteine alternative

Fonte: D. Lee, et al., *Environmental impact of meat protein substitutes: A mini-review*, FSAR, 2024

4.1.1 IL FENOMENO DELLE PROTEINE VEGETALI

Le proteine vegetali comprendono un'ampia gamma di prodotti derivati da legumi, cereali e semi oleosi. Le materie prime più comuni sono la soia, il pisello giallo, il grano, che contengono glutine e possono essere trasformati in prodotti finiti come il seitan, e in misura minore il riso, le fave o le lenticchie⁷. Attraverso processi industriali come l'estruzione ad alta umidità o la texturizzazione, queste proteine vengono trasformate in prodotti che imitano l'aspetto, la consistenza e, in parte, il gusto della carne, andando così a creare fonti alternative di proteine, fondamentale in un'alimentazione sana e completa, senza andare a consumare prodotti di origine animale.

Negli ultimi anni si è assistito a una significativa diversificazione tecnologica nel campo delle proteine vegetali. Oltre ai tradizionali "burger vegetali" e ai prodotti che vogliono imitare le carni tritate, che rappresentano la prima generazione di sostituti della carne, stanno emergendo nuove categorie di prodotti "ibridi", ottenuti combinando ingredienti vegetali con componenti lipidiche o aromatiche sviluppate attraverso tecniche di fermentazione di precisione (*precision fermentation*)⁸. Questa tecnologia utilizza microrganismi – come lieviti o batteri ingegnerizzati – per produrre molecole specifiche, come proteine funzionali, pigmenti o aromi, senza l'impiego diretto di animali. In tal modo è possibile ottenere caseine, mioglobina, emoglobina vegetale e altre proteine che riproducono con maggiore fedeltà le proprietà sensoriali della carne tradizionale. Questa evoluzione rappresenta una seconda generazione di alimenti *plant-based*, in grado di ridurre la distanza sensoriale rispetto alla carne convenzionale e quindi attrarre anche i consumatori onnivori.

Il mercato delle alternative vegetali alla carne ha visto una crescita molto rapida tra il 2018 e il 2021, trainato da aziende come Beyond Meat e Impossible Foods. La quota di mercato globale dei prodotti *plant-based* ha raggiunto circa 8 miliardi di dollari nel 2022, ma ha poi subito un

⁷ D. Lee, et al., *Environmental impact of meat protein substitutes: A mini-review*, FSAR, 2024, DOI:<https://doi.org/10.5851/kosfa.2024.e109>

⁸ W. R. Aimutis, R. Shirwaiker, *A perspective on the environmental impact of plant-based protein concentrates and isolates*, PNAS, 2024, DOI:<https://doi.org/10.1073/pnas.2319003121>

⁶ L. Bertolesi, op cit

rallentamento in alcuni mercati, legato alla percezione del prezzo e del gusto⁹.

In Europa, il mercato vegano e vegetariano è cresciuto di circa il 70% tra il 2018 e il 2020 e diverse catene di supermercati hanno ampliato le linee di alternative vegetali. Il consumo di questo tipo di prodotti è maggiore tra le fasce di popolazione urbana e giovane, e tra i consumatori con elevata sensibilità ambientale o etica. Tuttavia, se confrontati con il consumo medio di carne pro capite, i livelli di diffusione delle alternative vegetali risultano ancora relativamente bassi, e rappresentano solo una frazione marginale della domanda complessiva rispetto alle proteine animali¹⁰.

La produzione di proteine vegetali è al momento la più consolidata tra le alternative. Le materie prime sono disponibili in grandi volumi e non richiedono infrastrutture radicalmente nuove: le aziende alimentari utilizzano impianti di lavorazione convenzionali con adattamenti tecnologici e la tecnologia utilizzata è sicura e diffusa, al pari delle altre produzioni. La maturità industriale delle proteine vegetali consente costi relativamente competitivi, anche se le economie di scala variano molto per area geografica¹¹.

Le alternative vegetali presentano un impatto ambientale significativamente inferiore rispetto alla carne di origine animale. Le analisi LCA mostrano che la produzione di proteine vegetali o di prodotti *plant-based* può comportare riduzioni delle emissioni di gas serra fino al 70% rispetto alla carne bovina convenzionale, oltre a un minore utilizzo di suolo agricolo e di risorse idriche. Inoltre, la produzione vegetale è priva di emissioni di metano, uno dei principali gas serra prodotti dai processi digestivi dei ruminanti, e contribuisce quindi in modo sostanziale alla mitigazione del cambiamento climatico¹².

Tuttavia, è importante considerare che il vantaggio ambientale non è uniforme e dipende da una serie di fattori chiave, tra cui il tipo di coltura

impiegata, la localizzazione geografica della produzione, la disponibilità di risorse idriche e soprattutto il consumo energetico legato alla trasformazione industriale e al packaging. Prodotti *plant-based* di prima trasformazione minima, come farine o concentrati proteici, hanno in genere un'impronta ecologica molto contenuta, mentre quelli altamente processati, come burger vegetali o sostituti di latticini e carni a struttura complessa, possono presentare un consumo energetico e un'impronta di carbonio leggermente superiori, ma comunque inferiore rispetto alla carne bovina o suina¹³.

Nel complesso, la diffusione delle proteine vegetali può essere considerata una delle strategie più efficaci per decarbonizzare il sistema alimentare e aumentare la resilienza ambientale del settore agroalimentare contemporaneo.

4.1.2 IL FENOMENO DELLA CARNE COLTIVATA

La carne coltivata, nota anche come carne in vitro o *cell-based meat*, rappresenta una delle innovazioni più rilevanti nel panorama delle proteine alternative. Essa consiste nella produzione di tessuto muscolare animale attraverso la coltura di cellule staminali prelevate da animali vivi e fatte crescere in laboratorio in bioreattori, utilizzando mezzi di crescita ricchi di nutrienti e, sempre più spesso, sieri vegetali o sintetici che sostituiscono i tradizionali derivati animali¹⁴.

Si tratta di una tecnologia ancora in fase di sviluppo ma in rapida evoluzione. Ad oggi, nel mondo esistono ad oggi oltre 170 aziende attive nella ricerca e nello sviluppo di carne coltivata e pesce coltivato.

La produzione su larga scala resta lontana: gli attuali impianti pilota hanno capacità limitate e i costi di produzione superano di molto quelli della carne convenzionale. Le principali sfide riguardano il costo dei mezzi di crescita, la scalabilità dei bioreattori e la sicurezza alimentare. Il pieno sviluppo industriale dipenderà dalla standardizzazione dei processi e da una chiara cornice regolatoria a livello internazionale¹⁵.

⁹ Plant-based meat boomed. Here comes the bust, WIRED, 2024, <https://www.wired.com/story/plant-based-meat-sales-2023/> (consultato il 02 novembre 2025)

¹⁰ M. Siegrist, C. Hartmann, Why alternative proteins will not disrupt the meat industry, Meat Science, 2023,

¹¹ W. R. Aimutis, R. Shirwaiker, op cit

¹² D. Lee, et al., op cit

¹³ W. R. Aimutis, R. Shirwaiker, op cit

¹⁴ What's Cooking? An assessment of the potential impacts of selected novel alternatives to conventional animal products, UNEP, 2023

¹⁵ Cultivated meat and seafood, 2023 State of the industry report, GFI, 2023

Allo stesso tempo, dal punto di vista tecnologico, la ricerca ha compiuto progressi significativi: i primi prototipi di hamburger coltivati, presentati nel 2013, avevano costi superiori ai 250.000 dollari; oggi, grazie all'ottimizzazione dei bioreattori, alla riduzione dei costi dei nutrienti di coltura e all'automazione dei processi, il prezzo per chilogrammo è drasticamente sceso, portando il prodotto sempre più vicino a una fattibilità commerciale. Aziende come Mosa Meat, Upside Foods e GOOD Meat stanno sperimentando impianti pilota, con le prime autorizzazioni alla vendita già concesse in Singapore (2020) e Stati Uniti (2023), segnando un punto di svolta per la transizione da fase sperimentale a fase industriale¹⁶.

Sul piano teorico, la carne coltivata ha il potenziale di abbattere drasticamente l'uso del suolo e dell'acqua, la deforestazione, e di mitigare le emissioni di metano tipiche dell'allevamento ruminante. Le stime riportate nel rapporto indicano che, in scenari di produzione alimentata da energia rinnovabile, l'impatto ambientale complessivo della carne coltivata potrebbe risultare inferiore fino al 90% rispetto alla carne bovina tradizionale, e fino al 50% inferiore rispetto a quella suina o avicola¹⁷. L'impatto dipende però fortemente dalla fonte energetica e dall'efficienza dei processi: se l'energia è rinnovabile, le emissioni possono essere sì inferiori del 70-90% rispetto alla carne bovina, se invece si utilizzano energia fossile e sistemi attuali, le emissioni potrebbero risultare uguali o addirittura superiori. La scarsità delle aziende implica una scarsa quantità di dati su cui è possibile ottenere risultati¹⁸.

In ogni caso, il vantaggio in termini di uso di suolo è netto: la produzione cellulare richiede solo una frazione dell'area agricola necessaria per l'allevamento, con benefici potenziali per la biodiversità.

A differenza della carne convenzionale, inoltre, la produzione cellulare non comporterebbe rischi legati a zoonosi, uso di antibiotici, resistenza antimicrobica e benessere animale¹⁹.

¹⁶ J. F. Hocquette, et al., Review: Will “cultured meat” transform our food system towards more sustainability?, *Animal The international journal of animal biosciences*, 2024, DOI:<https://doi.org/10.1016/j.animal.2024.101145>

¹⁷ UNEP, op cit

¹⁸ J. F. Hocquette, et al., op cit

¹⁹ D. Lee, et al., op cit

Le stime complessive indicano che, nel lungo periodo, la carne coltivata potrebbe svolgere un ruolo significativo nel processo di decarbonizzazione del sistema alimentare globale. Tuttavia, tale potenziale potrà realizzarsi pienamente solo attraverso l'adozione di strategie politiche e industriali coordinate, capaci di sostenere la transizione tecnologica e di garantire che la produzione avvenga in un contesto energeticamente sostenibile e regolato a livello internazionale. Ciò implica non solo l'impiego di fonti rinnovabili e l'ottimizzazione dei processi produttivi, ma anche l'elaborazione di politiche pubbliche in grado di guidare e accompagnare il cambiamento verso modelli alimentari meno dipendenti dall'allevamento intensivo²⁰.

4.1.3 IL FENOMENO DEGLI INSETTI COMMESTIBILI

Gli insetti commestibili rappresentano una delle fonti di proteine alternative più promettenti e in rapida crescita degli ultimi anni, pur essendo già da tempo ampiamente utilizzati in molte culture tradizionali del Sud del mondo. Esistono oltre 2.000 specie di insetti commestibili identificate a livello globale, appartenenti principalmente agli ordini Coleoptera (coleotteri), Lepidoptera (bruchi), Hymenoptera (api, vespe, formiche), Orthoptera (cavallette e grilli) e Diptera (mosche). Tra le specie più studiate e già impiegate per l'alimentazione le più diffuse sono il grillo domestico (*Acheta domesticus*), le larve della farina (*Tenebrio molitor*), anche conosciute come *mealworm*, e la mosca soldato nera (*Hermetia illucens*), molto utilizzate anche per la produzione di farine proteiche²¹.

Negli ultimi anni, l'interesse scientifico e industriale nei confronti di questi prodotti si è notevolmente ampliato, spostandosi dall'uso tradizionale dell'insetto come alimento intero verso applicazioni più moderne e versatili. In particolare, si sta sviluppando una filiera dedicata alla trasformazione degli insetti in ingredienti proteici, come polveri e farine proteiche, oli ricchi di acidi grassi e additivi alimentari di origine naturale. Questi prodotti possono essere incorporati in barrette energetiche, snack proteici, pasta, prodotti da forno e integratori, offrendo un modo

²⁰ UNEP, op cit

²¹ *Edible insects: Future prospects for food and feed security*, FAO, 2013

culturalmente più accettabile per introdurre queste proteine nella dieta occidentale²².

Il consumo di insetti è tradizionale in Asia, Africa e America Latina, mentre nei paesi occidentali l'introduzione è più recente e regolata da norme specifiche (come il Regolamento UE 2015/2283 sui "Novel Foods"). Negli ultimi anni sono nate aziende europee specializzate nella produzione di farine di insetti per uso alimentare e mangimistico, e la produzione sta crescendo anche in Italia, Francia e Paesi Bassi. Tuttavia, la percezione culturale negativa e la limitata familiarità con questi prodotti frenano la diffusione su larga scala²³.

Dal punto di vista produttivo, gli allevamenti di insetti sono altamente efficienti: richiedono poco spazio, possono essere organizzati in *vertical farm* e utilizzano spesso sottoprodotti organici come substrato, riducendo gli sprechi alimentari. Le principali sfide riguardano la standardizzazione dei mangimi, la sicurezza igienico-sanitaria e la stabilità delle catene di approvvigionamento. Tuttavia, numerosi progetti europei (es. *Proteinsect*, *NextGenProteins*) stanno creando infrastrutture industriali dedicate²⁴.

Le valutazioni LCA mostrano che gli insetti hanno un impatto ambientale notevolmente inferiore rispetto alle carni tradizionali. Le review recenti indicano che la produzione di 1 kg di proteina da insetti può generare fino all'85% in meno di emissioni di GHG rispetto alla carne bovina e utilizzare meno di un decimo della superficie agricola. Le performance migliorano ulteriormente quando gli insetti vengono nutriti con scarti alimentari, contribuendo a chiudere il ciclo dei nutrienti. Nel complesso, gli insetti commestibili si configurano oggi come una frontiera in rapida evoluzione nel panorama delle proteine alternative: una risorsa sostenibile, nutrizionalmente completa e tecnologicamente flessibile, che unisce tradizione e innovazione in risposta alle sfide ambientali e alimentari globali, sebbene la loro accettazione culturale resti un ostacolo importante²⁵.

²² B. G. Gebreyes, T. A. Teka, *The environmental and ecological benefits of edible insects: A review*, Food Science & Nutrition, 2025, DOI:<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/fsn3.70459>

²³ M. Siegrist, C. Hartmann, op cit

²⁴ FAO, op cit

²⁵ B. G. Gebreyes, T. A. Teka, op cit

Nel loro insieme, proteine vegetali, carne coltivata e insetti non sono alternative esclusive ma complementari: possono contribuire, in combinazione, a ridurre la pressione ambientale del sistema alimentare, diversificare le fonti di proteine e sostenere la transizione verso modelli alimentari più sostenibili. Tuttavia, per realizzare pienamente il loro potenziale sarà necessario agire su politiche pubbliche, educazione alimentare e investimenti in ricerca e innovazione.

La transizione proteica non è soltanto una questione tecnologica, ma anche culturale e socioeconomica: senza un cambiamento dei comportamenti di consumo e una riduzione complessiva della domanda di carne, le proteine alternative rischiano di restare una nicchia. La sfida, dunque, non è solo "produrre diversamente", ma ripensare il modo in cui concepiamo le proteine, il loro valore nutrizionale e il loro costo ambientale.

4.2 POTENZIALITÀ DI RICONVERSIONE DELLE STRUTTURE

ZOOTECNICHE

Le proteine alternative rappresentano una soluzione concreta per ridurre in modo significativo le emissioni di gas serra del sistema alimentare. Tuttavia, la transizione verso un modello produttivo meno impattante comporta una serie di sfide complesse, che richiedono attenzione non solo sotto il profilo tecnologico e ambientale, ma anche sotto quello sociale ed economico. È fondamentale che le strategie adottate per favorire questa trasformazione non trascurino chi in questo senso è più vulnerabile²⁶. In questo caso particolare, gli allevatori, che rappresentano un segmento importante della filiera agroalimentare, potrebbero subire le conseguenze più dirette e immediate della dismissione degli allevamenti. Ignorare le implicazioni sociali e occupazionali di una simile trasformazione rischia di generare forti tensioni e resistenze, come già accaduto in passato.

Ne è un esempio emblematico quello dell'Olanda, dove nel 2022 era stata proposta una normativa che aveva l'obiettivo di ridurre del 30% gli animali allevati sul territorio nazionale, nell'ambito degli sforzi per abbattere le emissioni di azoto e rispettare gli standard ambientali europei. La reazione

²⁶ UNEP, op cit

degli allevatori fu però estremamente dura: proteste diffuse e pressioni politiche portarono infine al ritiro della proposta, innescando una reazione a catena che si estese anche ad altri paesi europei, dove si verificarono situazioni analoghe di opposizione e conflitto.

A questo si aggiunge un ulteriore problema: in molti casi, gli allevatori – soprattutto quelli coinvolti in sistemi di allevamento intensivo – si ritrovano ad avere grandi debiti, sviluppati per costruire i capannoni e le infrastrutture necessarie allo svolgimento dell'attività. Tali condizioni finanziarie li rendono particolarmente dipendenti dalle grandi aziende agroindustriali, con le quali spesso stipulano contratti vincolanti. In base a questi accordi, gli animali vengono forniti dalle aziende stesse e allevati secondo specifiche condizioni fissate dalle aziende, che prioritizzano il profitto a discapito del benessere animale.

Risulta quindi evidente che una transizione equa e sostenibile verso sistemi alimentari alternativi non può prescindere da un approccio inclusivo, che tenga conto delle realtà economiche e sociali esistenti.

Per affrontare queste problematiche connesse ad una progressiva dismissione degli allevamenti, un approccio che sta lentamente guadagnando terreno in diverse aree del mondo è quello della conversione produttiva, un processo di trasformazione che consente a un allevamento di riallocare la propria attività in un settore differente, attraverso un ripensamento e una riorganizzazione degli spazi esistenti²⁷.

Questo cambiamento è già in parte in atto, soprattutto nei paesi più sviluppati e industrializzati, che di fatto sono anche quelli con i più elevati livelli di consumo ed emissioni. Ci sono numerosi casi documentati di conversione, in particolare in paesi come la Svizzera e gli Stati Uniti, dove l'intervento di organizzazioni specializzate ha guidato il percorso di transizione per molti allevatori²⁸. In Svizzera, ad esempio, grazie all'impegno dell'associazione Hof Narr, più di cento allevamenti hanno convertito la propria attività in produzioni vegetali. Negli Stati Uniti l'iniziativa è nota con il nome di *Transfarmation* e promuove analoghe operazioni di conversione. La riconversione coinvolge principalmente gli

allevamenti intensivi, che spesso sono caratterizzati dalla presenza di capannoni di grandi dimensioni capaci di ospitare fino a 30.000 animali contemporaneamente. Questi allevamenti sono tra i maggiori responsabili delle emissioni di gas serra e rappresentano quindi un target prioritario per la transizione verso modelli più sostenibili²⁹.

Al momento, le motivazioni che spingono gli allevatori a intraprendere questo percorso di conversione sono perlopiù legate a fattori di natura economica o a considerazioni etiche legate alla compassione verso gli animali. Gli aspetti ambientali, sebbene riconosciuti, rappresentano raramente la causa principale della decisione, anche se possono influenzarne il processo. In questo senso, una maggiore informazione e sensibilizzazione sulle implicazioni ecologiche potrebbe incrementare il numero di allevatori disposti a considerare questa trasformazione³⁰.

Esistono diverse opzioni che permettono di adattare o modificare le strutture attuali per supportare coltivazioni alternative. È importante che la nuova attività produttiva sia coerente con il contesto locale, e che tenga in considerazione le caratteristiche del territorio e gli aspetti socioeconomici della comunità in cui si inserisce³¹.

Il processo di conversione può essere concepito come un percorso graduale, che permette di affrontare la trasformazione in modo progressivo. Questo approccio, definibile come transizione *step by step*³², prevede che l'allevatore avvii il cambiamento convertendo solo una parte dell'allevamento, così da affinare la nuova produzione e stabilire relazioni con i nuovi canali di vendita. Una volta raggiunta una certa stabilità operativa e commerciale, si può procedere a estendere progressivamente la conversione fino a eliminare completamente la produzione animale.

Uno dei primi passaggi fondamentali nel processo di riconversione consiste nel trovare una nuova sistemazione agli animali presenti nell'allevamento. Le modalità di gestione di questa fase variano in base al tipo di attività verso cui si intende riconvertire l'azienda e alla strategia complessiva adottata nel percorso di trasformazione.

²⁷ L. Bertolesi, op cit

²⁸ N. Sallou, op cit

²⁹ L. Bertolesi, op cit

³⁰ N. Sallou, op cit

³¹ S. Sgarbossa, K. Winter, op cit

³² UNEP, op cit

Successivamente, si può procedere alla conversione delle strutture dell'allevamento, un'operazione che richiede un'attenta progettazione e realizzazione. È per questo indispensabile il coinvolgimento di specialisti e consulenti agricoli esperti, che siano in grado di accompagnare l'intero processo. Per assicurare il successo della riconversione, infatti, è necessaria una collaborazione efficace e sinergica tra tutti gli attori coinvolti, considerando ogni fase del percorso come un tassello fondamentale nel raggiungimento dell'obiettivo finale³³.

4.2.1 TRANSIZIONE IN: SANTUARIO E CARE FARM

Una delle possibili soluzioni per un cambiamento positivo nell'attività zootecnica, soprattutto quando la decisione è legata al profondo attaccamento che l'allevatore sviluppa nei confronti dei suoi animali, potrebbe consistere nella conversione della struttura in un santuario per animali. In questo scenario, l'allevatore potrebbe scegliere di dedicarsi alla cura e al rifugio degli animali, piuttosto che alla produzione commerciale³⁴. Tuttavia, il problema di questo tipo di conversione è soprattutto il fatto che il numero di santuari davvero necessario, per la loro stessa natura e scopo, non può coprire il numero elevato di allevamenti esistenti nel mondo. La capacità di accoglienza di un santuario è, infatti, per definizione, molto ridotta, rispetto alla scala delle produzioni intensive e sarebbe a lungo termine insostenibile.

Questa opzione si presta in particolare per le strutture dedicate all'allevamento di bovini e caprini. Le modalità di gestione e le caratteristiche strutturali degli allevamenti per questi animali sono infatti i più compatibili con la trasformazione in santuari. Le strutture riconvertite



SANTUARIO – Lebenshof Einfach Sein (Fattoria della Vita), Hof Narr

Nel 2021, dopo aver ereditato un allevamento di bovini da latte, Pia Buob prende la decisione di interrompere una produzione che comportava l'invio al macello degli animali non più produttivi, e di trasformare l'intera attività in un santuario per animali. Questo cambiamento radicale nasce dalla sua volontà di porre fine a un sistema che vedeva gli animali esclusivamente come risorse produttive e il nome scelto per il suo rifugio riflette questa filosofia: intende comunicare che gli animali non debbano essere utilizzati come strumenti per uno scopo specifico, ma debbano essere liberi di vivere in modo dignitoso e naturale. semplicemente per ciò che sono.



CARE FARM - Erlebenshof (Fattoria della Vita), Hof Narr

Nel 2022, Sara decide di recuperare la fattoria ormai dismessa dei suoi genitori per trasformarla in un'attività focalizzata sul benessere degli animali. La decisione di intraprendere questa trasformazione è stata profondamente influenzata dall'incontro con altre realtà simili alla sua, che le hanno offerto l'opportunità di apprendere e riconoscere il potenziale di un cambiamento di tale portata. Motivata da queste esperienze, Sara ha scelto di sviluppare, in collaborazione con il santuario, degli spazi didattici dedicati all'insegnamento della cura degli animali, creando così un ambiente che promuove il benessere tanto degli animali quanto delle persone.

garantisce un ambiente salutare per loro, ma può anche servire come strumento di cura per le persone, dando origine a pratiche terapeutiche come la *pet therapy*.

In queste strutture, gli animali non sono più considerati solo come risorse produttive, ma come compagni di un percorso di guarigione e benessere per le persone, soprattutto per quelle che soffrono di problematiche psicologiche o emotive. Questo modello ibrido di cura, che integra le esigenze degli animali e degli esseri umani, potrebbe rivelarsi un esempio

³³ L. Bertolesi, op cit

³⁴ L. Bertolesi, op cit

in santuari potrebbero inizialmente prendersi cura degli animali già presenti nell'allevamento, ma successivamente potrebbero estendere la loro funzione accogliendo anche nuovi animali provenienti da altre realtà produttive o da situazioni di maltrattamento. La difficoltà di questa soluzione risiede nel fatto che la sostenibilità economica di queste strutture è spesso complessa. Infatti, i santuari per animali dipendono in gran parte da sponsor e donazioni per coprire i costi operativi e le necessità legate alla cura e al benessere degli animali ospitati.

Questi santuari potrebbero evolvere verso forme più strutturate, come nel caso della *care economy*, un settore che promuove attività di cura e assistenza, in cui la relazione tra l'essere umano e gli animali gioca un ruolo terapeutico e sociale. Un esempio significativo di questa tendenza è rappresentato dalle *care farms*, ovvero strutture che offrono l'opportunità di svolgere attività legate all'agricoltura o, come in questo caso, alla cura

degli animali, con lo scopo di favorire il benessere fisico e mentale degli individui coinvolti. Le *care farms*, sempre più diffuse in diversi paesi, rappresentano un'integrazione tra attività agricole e pratiche terapeutiche, dove la presenza degli animali non solo

interessante per conciliare il benessere animale con quello umano, offrendo nuove opportunità occupazionali e sociali per le comunità locali³⁵.

4.2.2 TRANSIZIONE IN: SERRA

Nel caso in cui si desideri invece rimanere nell'ambito produttivo, una possibile soluzione di conversione dell'allevamento potrebbe essere la trasformazione della struttura in serra agricola. Questo tipo di riconversione risulta particolarmente indicato per quegli edifici che presentano un sistema portante di tipo reticolare, privo di muri portanti. Queste caratteristiche strutturali offrono infatti il vantaggio di poter rimuovere facilmente il soffitto, i materiali isolanti e la copertura, mantenendo solo lo scheletro dell'edificio. In tal modo, si crea una base solida e adattabile per l'applicazione della nuova struttura.

Sulla struttura rimanente si potrà quindi applicare una nuova "pelle" costituita da pannelli di policarbonato, che possono essere utilizzati sia in versione singola che doppia, a seconda delle necessità climatiche del contesto in cui la serra si trova. L'utilizzo di pannelli doppi può infatti contribuire a migliorare l'isolamento termico e a ridurre il fabbisogno energetico.

In alternativa, qualora si decidesse di mantenere la copertura esistente, o fosse necessario farlo, è possibile integrare un impianto di illuminazione artificiale per garantire una luminosità costante all'interno della struttura. È importante considerare il rapporto costi-benefici, poiché l'illuminazione artificiale comporta un maggiore consumo energetico e non potrà mai eguagliare gli effetti positivi della luce naturale, in particolare per quelle coltivazioni che richiedono una fonte luminosa diretta e stabile. In ogni caso, che la copertura sia opaca o trasparente, sarà



SERRA – JB Farm, *the Transformation Project*

Nel 2015, Paula e Dale Boles decidono di riconvertire il loro allevamento avicolo, trasformandolo in serre destinate alla coltivazione di germogli, canapa, fiori e specialità ortofrutticole, a seguito di anni di difficoltà legate ai contratti con una grande azienda. Durante il processo di conversione, sono riusciti a recuperare numerose attrezzature precedentemente utilizzate nell'allevamento, come celle frigorifere, mangiaiole per polli e sistemi di abbeveraggio, riuscendo anche a riadattare un costoso sistema informatico per il controllo dell'illuminazione e della ventilazione all'interno delle nuove serre, in un'ottica di economia circolare.

necessario integrare un sistema di luci artificiali di supporto per garantire il corretto livello di luminosità, in particolar modo nei periodi di scarsa illuminazione o in contesti climatici meno favorevoli. Allo stesso tempo, sarà indispensabile prevedere sistemi di schermatura che impediscano un'esposizione eccessiva alla luce solare, a proteggere le coltivazioni da un eccessivo riscaldamento interno.

Per ottimizzare il controllo di umidità e temperatura all'interno della serra, un aspetto fondamentale è l'inserimento di un sistema di ventilazione forzata, che permetta di garantire una circolazione dell'aria adeguata. Un'opzione comune in queste strutture è l'uso di ventilatori orizzontali (HAFs), che favoriscono un'uniformità del flusso d'aria e una gestione efficiente delle condizioni microclimatiche interne, cruciali per la salute delle coltivazioni.

Poiché gli allevamenti, soprattutto quelli intensivi, tendono a essere strutture di grandi dimensioni, una strategia per sfruttare lo spazio nel miglior modo possibile potrebbe consistere nell'introduzione di partizioni interne per suddividere l'ambiente in più sezioni distinte. Questo permetterebbe di ottimizzare l'utilizzo dello spazio, e consente da una parte di dedicare alcune aree ad attività correlate alla coltivazione, e dall'altra di gestire in modo più efficiente le risorse energetiche e ambientali, come temperatura e umidità, in ambienti di dimensioni ridotte rispetto all'intera struttura, e quindi ridurrebbe l'impatto ambientale³⁶.

4.2.3 TRANSIZIONE IN: COLTIVAZIONE FUNGHI

I funghi fanno parte delle alternative vegetali alle proteine di origine animale, e la loro coltivazione negli edifici precedentemente adibiti ad allevamento offre un'opportunità interessante per un ampio spettro di produttori, da quelli più piccoli a quelli industriali. Questa riconversione non solo permetterebbe di utilizzare edifici e risorse precedentemente destinati ad allevamento, ma potrebbe anche aprire nuovi mercati e favorire la sostenibilità dell'intero settore agricolo.

³⁵ N. Sallou, op cit

³⁶ Josh Kardos, Joy Kuzma, Sam Ragon, Plans for Converting a Chicken House into a Greenhouse and Systems and Crops for Production*, The Transformation Project, <https://thetransformationproject.org/farmer-resources/> (consultato 14 ottobre 2025)

La produzione di funghi è infatti un'attività particolarmente sostenibile e remunerativa, che può valorizzare edifici precedentemente utilizzati per l'allevamento animale³⁷.

Le strutture più adatte per questo tipo di trasformazione sono generalmente quelle originariamente progettate per l'allevamento di suini e avicoli. Ma in generale gli edifici da allevamento, grazie alla loro disposizione e configurazione, si prestano con facilità a una riconversione verso attività agricole alternative, come appunto la coltivazione di funghi³⁸. Gli allevamenti di polli, ad esempio, presentano modularità e suddivisioni interne che sono particolarmente favorevoli alla creazione di ambienti adatti alla coltivazione di funghi.

Gli edifici realizzati con materiali come il mattone o il calcestruzzo sono particolarmente indicati per la riconversione. La coltivazione di funghi per una produzione a livello commerciale necessita infatti ambienti climatizzati e ben strutturati³⁹. È quindi

necessario un isolamento termico efficiente, che permetta di mantenere un ambiente interno stabile, evitando fluttuazioni di temperatura che possono influire negativamente sulla produzione⁴⁰.

I funghi richiedono una umidità relativa molto elevata (tra il 90% e il 95%) e una ventilazione adeguata. È quindi essenziale prevedere sistemi come quelli HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning), in grado di mantenere costanti queste variabili e favorire una

³⁷ C. Stewart, Guide to Poultry House Conversion: Building a Mushroom-Growing Operation from Poultry House Infrastructure, The Transformation Project, <https://thetransformationproject.org/farmer-resources/> (consultato 14 ottobre 2025)

³⁸ N. Sallou, op cit

³⁹ C. Stewart, op cit

⁴⁰ MycoLogic LLC, 11' x 24' x 8' Site Modification for Specialty Mushroom Cultivation, The Transformation Project, <https://thetransformationproject.org/farmer-resources/> (consultato 14 ottobre 2025)



FUNGHI – Faaborg Farm, the Transformation Project

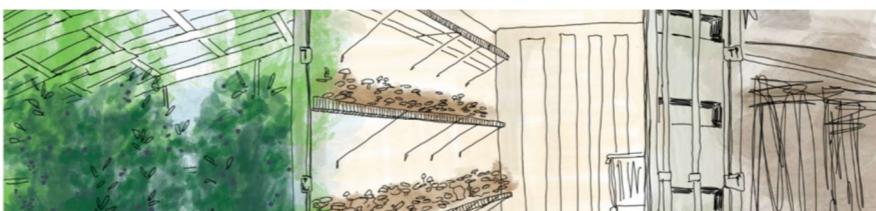
Nel 2021, in un territorio tradizionalmente caratterizzato dalla presenza di allevamenti di maiali e tacchini, Tammy e Rand Faaborg decidono di avviare la trasformazione del loro allevamento suino in una produzione di funghi, con l'obiettivo di introdurre sul mercato prodotti freschi e a valore aggiunto. Dopo aver trascorso anni in un'industria che dava maggior importanza al profitto piuttosto che al benessere degli animali e degli allevatori, nel 2023 decidono di chiudere il contratto stipulato con una grande azienda per sostenere la loro produzione. Oggi, insieme al figlio Tanner, sono impegnati a rendere la produzione più sostenibile, attraverso iniziative come la piantumazione di alberi e l'integrazione di impianti solari.

circolazione d'aria continua. Un aspetto da non sottovalutare è la frequenza dei cambi d'aria, poiché il mantenimento di un livello adeguato di ossigeno è cruciale per la salute e la produttività delle coltivazioni fungine che producono anidride carbonica, che deve essere continuamente smaltita per mantenere condizioni ottimali.

Data la conformazione lunga e stretta tipica degli edifici da allevamento, uno degli approcci migliori per la riprogettazione degli spazi interni potrebbe essere quello di allineare su un lato le stanze destinate alla coltivazione di funghi, lasciando l'altro lato libero per consentire il passaggio di macchinari e persone, creando così un flusso di lavoro più efficiente. L'adozione di una viabilità lineare in questo contesto è importante per garantire che il processo di produzione avvenga in modo fluido e senza problemi.

Un grande vantaggio nell'utilizzo di strutture già esistenti riguarda la disponibilità di ampi spazi modulabili, che offrono la possibilità di ampliare la produzione e di modificare la destinazione d'uso in base alle necessità. Grazie alla natura modulare di queste strutture, è possibile creare aree con diverse condizioni climatiche, che permettano di diversificare la produzione, includendo anche coltivazioni che necessitano di microclimi

differenti. In questo modo, l'efficienza produttiva viene incrementata, ottimizzando anche l'uso degli spazi disponibili.



CONTAINER – Wyatt Farm, the Transformation Project

Dopo anni di sofferenze e ingiustizie subite come allevatore a contratto, Craig Wyatt decide nel 2021 di intraprendere un cambiamento radicale, avviando gradualmente la trasformazione del suo allevamento avicolo in una produzione di funghi. Questo passo nasce dalla volontà di allontanarsi da un sistema che non rispettava né gli animali né le sue esigenze come produttore. Per realizzare il progetto in modo sostenibile, Craig sceglie di riutilizzare le strutture esistenti, riadattando alcuni container per accogliere le coltivazioni e ottimizzare l'uso degli spazi.

⁴¹ C. Stewart, op cit

scelta popolare per la coltivazione dei funghi grazie alle loro numerose qualità pratiche, come la loro disponibilità, resistenza, economicità e facilità di trasporto. Questi elementi li rendono ideali per essere impiegati in progetti di coltivazione, perché offrono grande versatilità e adattamento alle esigenze specifiche di questo tipo di coltivazione. I container sono facilmente modificabili e impilabili per rispondere a diverse necessità produttive e consentono di creare sistemi modulari ed espandibili, dando la possibilità di sviluppare grandi impianti produttivi aggregando più unità. In questo modo, si può costruire una rete di container, ottimizzando lo spazio disponibile per la coltivazione⁴².

La transizione verso nuove attività produttive comporta inevitabilmente un ampliamento delle operazioni aziendali, che non si limitano esclusivamente alla coltivazione, ma possono includere anche una serie di attività complementari essenziali per il successo dell'impresa. Tra queste troviamo attività come vendite, confezionamento, marketing e contabilità, che devono essere adeguatamente integrate nel processo di conversione, al fine di assicurare una gestione fluida ed efficiente dell'intero ciclo produttivo⁴³. Inoltre, un'ulteriore attività complementare che potrebbe rivelarsi vantaggiosa, per le attività che lo permettono, potrebbe essere quella di organizzare eventi e iniziative che promuovano la connessione tra produzione agricola e consumo consapevole⁴⁴.

4.2.4 TRANSIZIONE IN: AGRI-PV

La conversione delle strutture per allevamenti dismessi in parchi solari, impianti fotovoltaici e sistemi agri-PV non solo permetterebbe di ottimizzare l'utilizzo del territorio, ma contribuirebbe anche a una produzione energetica sostenibile e alla tutela dell'ambiente, creando al contempo nuove opportunità economiche e occupazionali, in armonia con l'ambiente.

Questa opzione risulta particolarmente vantaggiosa quando le strutture precedentemente utilizzate per l'allevamento erano già integrate con

⁴² W. Bryson, Shipping Container Mushroom Cultivation Basics, The Transformation Project, <https://thetransformationproject.org/farmer-resources/> (consultato 14 ottobre 2025)

⁴³ S. Sgarbossa, K. Winter, op cit

⁴⁴ C. Stewart, op cit



attività agricole, perché gli spazi esterni dedicati all'attività di coltivazione si prestano facilmente all'installazione di pannelli fotovoltaici. In questo contesto, gli edifici esistenti, originariamente destinati all'allevamento, potrebbero essere riadattati per ospitare le attrezzature di raccolta e gestione dell'energia prodotta dai pannelli.

La tecnologia fotovoltaica applicabile in questi contesti si suddivide in tre principali tipologie. La prima è quella dei pannelli fotovoltaici fissi, i più tradizionali, che vengono installati e orientati verso la direzione che

garantisce l'apporto solare massimo durante l'intero arco della giornata. La seconda opzione riguarda i pannelli fotovoltaici mobili ("tracking"), dotati di un meccanismo che consente loro di ruotare seguendo il movimento del sole, come se fossero dei girasoli

AGRI-PV – Alhendin, BayWa r.e.

Questo progetto costituisce un esempio concreto di sinergia tra la produzione di energia verde, la coltivazione agricola, la valorizzazione della biodiversità e lo sviluppo della comunità locale. Oltre alla progettazione dell'agri-PV, infatti, il progetto include una serie di iniziative mirate a promuovere la biodiversità e il progresso delle attività locali. I pannelli fotovoltaici sono stati progettati in modo da non interferire con le attività agricole, e sono stati adattati al tempo stesso una serie di accorgimenti pensati per favorire la fauna locale, garantendo così un equilibrio armonioso tra le diverse componenti dell'ecosistema

tecnologici, per catturare quanta più luce, e quindi energia, possibile. Infine, la terza tipologia è l'agri-PV, un sistema innovativo che integra la produzione agricola e la generazione di energia rinnovabile negli stessi spazi. Questo approccio consente di sfruttare il suolo su due livelli: uno per la coltivazione e uno per la produzione di energia, creando così un modello di uso del territorio sostenibile e multifunzionale.

La progettazione di questi spazi si basa su un concetto di simbiosi e sostenibilità. È fondamentale che l'installazione dei pannelli fotovoltaici sia pensata in modo tale da non interferire con le attività agricole e da consentire il libero accesso dei macchinari necessari per le operazioni agricole.

L'adozione del sistema agri-PV offre numerosi vantaggi. Oltre a massimizzare l'efficienza nell'uso del suolo, può essere progettato in modo da integrare una serie di misure che contribuiscono alla salvaguardia della biodiversità sia faunistica che floristica. Per esempio, è possibile arricchire l'ambiente con nidi artificiali per uccelli, rifugi per piccoli mammiferi e rettili, zone di stagno per anfibi, nonché abbeveratoi e aree destinate al

pascolo, affinché possano svilupparsi specie autoctone a favorire la coesistenza tra la produzione di energia rinnovabile e la preservazione della biodiversità locale.

Inoltre, è possibile integrare nel progetto sistemi per il recupero delle acque piovane, che possono essere utilizzate per diverse finalità, tra cui la pulizia dei pannelli fotovoltaici stessi, garantendo così una gestione ancora più efficiente delle risorse, riducendo la dipendenza dalle risorse idriche locali e contribuendo a un utilizzo più razionale delle acque⁴⁵.

4.2.5 TRANSIZIONE IN: CO-HOUSING E SOCIALE

La conformazione delle cascine e degli edifici dedicati all'allevamento si presta, in modo sorprendentemente flessibile, a processi di conversione e riutilizzo. Sebbene originariamente progettati per scopi produttivi e agricoli, questi edifici, se trattati con un intervento mirato e ben progettato, possono essere facilmente adattati per una vasta gamma di usi alternativi. La modularità e l'ampiezza degli spazi, insieme alla robustezza delle strutture, li rendono particolarmente adatti a ospitare funzioni completamente diverse da quelle iniziali. Questo tipo di riutilizzo non solo consente di preservare il patrimonio edilizio esistente, ma contribuisce anche a ridurre l'impatto ambientale, evitando la costruzione di nuove strutture e promuovendo la sostenibilità a livello architettonico e urbanistico.

Negli ultimi anni sono stati molti i casi in cui strutture agricole dismesse sono state riqualificate e trasformate in nuovi spazi, rispondendo alle necessità moderne e dando nuova vita a spazi abbandonati. La conversione di queste strutture non riguarda solo la parte economica, ma può anche essere un'occasione per rispondere a necessità sociali emergenti. Una delle opzioni più interessanti



COHOUSING – Vivere in cascina in città – Homes4all

Il progetto prevede la trasformazione di una cascina del XVII secolo situata nella periferia di Torino in uno spazio di cohousing, concepito per favorire la socialità e la vita comunitaria. L'intervento di ristrutturazione prevede la suddivisione della cascina in appartamenti di diverse dimensioni, pensati per accogliere una varietà di inquilini. Inoltre, la vecchia centrale elettrica verrà riconvertita in spazi destinati ad attività artigianali e produttive con una vasta corte centrale, immersa nel verde, che offrirà un ambiente ideale per favorire la condivisione e la socializzazione tra i residenti.



CULTURALE – Barriera Design District

Un ex centro industriale dismesso situato nella periferia di Torino è stato progressivamente riconvertito in botteghe, gallerie, studi d'artista e altri spazi creativi, dando vita a una nuova comunità che mette al centro la collaborazione, la condivisione e l'interazione tra diverse realtà artistiche e professionali. Questo processo di riqualificazione ha non solo restituito vitalità a un'area una volta abbandonata, ma ha anche creato un ambiente dinamico, in cui diverse forme di espressione culturale e attività artistiche possono crescere insieme, contribuendo a rivitalizzare l'intero quartiere e promuovere un senso di appartenenza collettiva.

potrebbe essere quella di sviluppare un complesso di cohousing, dove i diversi edifici, originariamente destinati a funzioni agricole o industriali, vengono adattati per ospitare sia spazi privati che comuni. Un tale approccio favorirebbe la creazione di un ambiente comunitario coeso, promuovendo relazioni di vicinato e una maggiore solidarietà sociale. Questo tipo di coabitazione si caratterizzerebbe non solo per la condivisione di spazi ma anche per un alto grado di sostenibilità, che potrebbe riflettersi nell'utilizzo di energie rinnovabili, nella gestione condivisa dei rifiuti e nell'adozione di pratiche ecologiche comuni.

Un'altra possibile evoluzione per queste strutture, che si ispira in parte alla riconversione dei vecchi spazi industriali, potrebbe essere quella di trasformare le grandi aree dei capannoni e delle stalle in spazi creativi e culturali. In particolare, gli spazi ampi e modulari si possono prestare alla

realizzazione di atelier, botteghe artigianali, gallerie d'arte o ristoranti, creando un vero e proprio polo di socialità e cultura. La trasformazione di questi luoghi potrebbe rappresentare un'opportunità unica per attrarre artisti, artigiani e professionisti, alimentando l'innovazione e dando vita a una

vera e propria comunità culturale, che promuova scambi e collaborazioni. La creazione di spazi dedicati alla cultura potrebbe avere un impatto positivo sul territorio circostante, stimolare l'economia locale attraverso la creazione di eventi, attività commerciali e la valorizzazione delle tradizioni artistiche e gastronomiche del luogo. Questi nuovi progetti potrebbero dare una nuova identità a zone periferiche o dismesse, promuovendo l'inclusività e il dialogo sociale all'interno della comunità. Le funzioni sociali di questi nuovi spazi potrebbero spaziare dall'organizzazione di eventi comunitari e laboratori formativi, fino alla creazione di market e mercatini locali, dove i produttori e artigiani locali possono presentare e vendere i propri prodotti. Questa simbiosi tra creatività e sostenibilità rappresenterebbe non solo un'opportunità di riqualificazione, ma anche un

⁴⁵ Alhendin, a pioneering Agri-PV project, BayWa r.e.: <https://www.bayware.es/en/local-projects/commissioned-projects/alhendin> (consultato il 12 ottobre 2025)

modo per costruire una comunità più inclusiva e orientata verso un futuro più ecologico e socialmente responsabile.

CONCLUSIONI

Negli ultimi decenni, l'incremento della popolazione ha portato ad un aumento della domanda di prodotti di origine animale ha determinato un profondo mutamento del settore zootecnico, favorendo la diffusione su larga scala dei modelli di allevamento intensivo. Questo tipo di produzione, basato su logiche di efficienza e massimizzazione delle produzioni, ha permesso di soddisfare il crescente fabbisogno alimentare globale e di sostenere la competitività economica del comparto agroalimentare. Tuttavia, tale evoluzione ha messo in luce un sistema fortemente sbilanciato, in cui il perseguitamento della produttività ha spesso prevalso sulla tutela dell'ambiente, sul rispetto degli animali e sulla salvaguardia delle risorse naturali. Ne sono derivate conseguenze significative, che si manifestano sotto forma di impatti ambientali, pressioni sugli ecosistemi e criticità di ordine etico e sociale, oggi sempre più al centro del dibattito sulla sostenibilità dei modelli produttivi contemporanei.

L'obiettivo principale della ricerca è stato quello di individuare, analizzare e comprendere le principali problematiche connesse agli allevamenti moderni, con particolare attenzione al loro impatto sul clima, sulle risorse naturali e sulla qualità della vita animale. Attraverso un'analisi critica dei modelli produttivi contemporanei e delle relative emissioni, sono stati messi in luce i meccanismi che contribuiscono al degrado ambientale e all'eccessivo consumo di suolo, acqua ed energia. Su tali basi, sono state elaborate proposte progettuali e strategie di mitigazione, mirate alla riduzione degli impatti negativi e alla promozione di un modello di allevamento più sostenibile, resiliente e rispettoso degli animali allevati.

Intervenire in modo efficace sulle criticità del sistema zootecnico intensivo richiede un approccio integrato e multidisciplinare. È necessario agire sia a

monte, migliorando la gestione delle risorse e dei processi produttivi, come si può fare attraverso l'utilizzo di fonti di energia rinnovabile, sia a valle, attraverso l'adozione di soluzioni di mitigazione e compensazione, come una corretta e migliorata gestione dei reflui zootecnici. Al centro di questo processo deve sempre collocarsi il miglioramento del benessere animale, inteso non come elemento accessorio, ma come condizione necessaria per garantire un equilibrio autentico tra produzione, etica e sostenibilità.

Se si considerano singolarmente ciascuno di questi interventi, potrebbe sembrare che non comportino cambiamenti significativi per la transizione energetica. Ma agire in modo mirato e metodico sugli aspetti specifici che rendono il singolo allevamento insostenibile può avere un impatto profondo sulla sua sostenibilità complessiva. Il cambiamento, infatti, non avviene in modo repentino, né tantomeno in un'unica fase, ma si costruisce progressivamente attraverso interventi mirati che, sebbene possano apparire piccoli, contribuiscono nel loro insieme a migliorare concretamente la situazione.

L'adozione di queste pratiche, pur partendo da modifiche puntuali e focalizzate, ha il potenziale di generare risultati duraturi e soddisfacenti, trasformando gradualmente gli allevamenti in realtà più efficienti, etiche e rispettose dell'ambiente.

In una prospettiva più ampia, la ricerca invita a riflettere sulla possibilità di una graduale trasformazione del paradigma produttivo, verso modelli alternativi capaci di coniugare necessità alimentari e rispetto per l'ambiente. Immaginare un futuro in cui le pratiche zootecniche tradizionali vengano progressivamente sostituite da forme di produzione più sostenibili ed etiche, come le proteine alternative, l'agricoltura rigenerativa o la riconversione degli spazi produttivi in funzioni sociali e comunitarie, non rappresenta un'utopia irraggiungibile, ma una prospettiva verso cui orientare le politiche, la progettazione e la ricerca.

Questo approccio si basa su un concetto di riuso, si fonda sul riutilizzo funzionale delle strutture esistenti, inserendosi all'interno di una più ampia visione di economia circolare. L'idea di fondo è quella di non abbandonare o demolire le infrastrutture precedentemente destinate all'attività zootecnica, bensì di riadattarle per ospitare nuove attività produttive,

potenzialmente più sostenibili sia dal punto di vista ambientale che sociale.

Affinché tale transizione possa realizzarsi in modo concreto ed efficace, è imprescindibile un impegno collettivo e coordinato. Il cambiamento deve essere sostenuto da politiche pubbliche lungimiranti, da una cooperazione attiva tra governi, istituzioni, imprese e cittadini, e da una visione condivisa a livello internazionale, capace di mettere in relazione innovazione tecnologica, responsabilità etica e giustizia ambientale.

Solo attraverso una trasformazione sistematica, fondata sulla consapevolezza, sull'innovazione e sulla cooperazione tra discipline, sarà possibile costruire un modello produttivo realmente sostenibile. Un modello capace di garantire il soddisfacimento dei bisogni alimentari contemporanei senza compromettere le risorse delle generazioni future, e in cui la progettazione architettonica e ambientale assuma un ruolo strategico nel favorire la transizione verso sistemi più equi, efficienti e rispettosi dell'ambiente.

riferimenti

BIBLIOGRAFIA

- W. R. Aimutis, R. Shirwaiker, A perspective on the environmental impact of plant-based protein concentrates and isolates, PNAS, 2024, DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.2319003121>
- T. Bartzanas, Technology for Environmentally Friendly Livestock Production, Springer, 2023
- D. Bosia, L. Savio, F. Thiebat, Modello di stalla sostenibile per l'allevamento bovino, ArchAlp 08, 2022
- Better cattle housing design, AHDB, 2013
- Cultivated meat and seafood, 2023 State of the industry report, GFI, 2023
- P. Denisi, et al., A combined system using lagoons and constructed wetlands for swine wastewater treatment, Sustainability, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/su132212390>
- S. Dias, et al., Livestock wastewater treatment in constructed wetlands for agriculture reuse, International Journal of Environmental Research and Public Health, 2020
- Edible insects: Future prospects for food and feed security, FAO, 2013
- F. J. C. M. van Eerdenburg, L. E. Ruud, Design of free stalls for dairy herds: A review, Ruminants, 2021, DOI: <https://doi.org/10.3390/ruminants1010001>
- B. G. Gebreyes, T. A. Teka, The environmental and ecological benefits of edible insects: A review, Food Science & Nutrition, 2025, DOI: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/fsn3.70459>
- S. Grossi, et al., Feeding Bakery Former Foodstuffs and Wheat Distiller's as Partial Replacement for Corn and Soybean Enhances the Environmental Sustainability and Circularity of Beef Cattle Farming, Sustainability, 2022, DOI: <https://doi.org/10.3390/su14094908>
- J. D. Harrison, D. R. Smith, Types of manure storage: Process improvement for animal feeding operations, AEMS 2004
- S. Higgins, L. Moser, Rainwater harvesting for livestock production systems, Cooperative extension center, Martin-Gatton College of Agriculture, Food and Environment, 2024

J. F. Hocquette, et al., Review: Will “cultured meat” transform our food system towards more sustainability?, *Animal The international journal of animal biosciences*, 2024, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.animal.2024.101145>

F. Jiang, et al., Riparian buffer effectiveness as a function of buffer design and input loads, *Journal of environmental quality*, 2020

D. Lee, et al., Environmental impact of meat protein substitutes: A mini-review, *FSAR*, 2024, DOI: <https://doi.org/10.5851/kosfa.2024.e109>

A. Mazzotta, L'acqua materia per l'immagine del paesaggio costruito, *Alinea*, Firenze, 2007

E. Morabito, J. Bewley, Tie-stall Facilities: Design, Dimensions, and Cow Comfort, *Martin Gatton College of Agriculture, Food and Environment*, 26 gennaio 2023, <https://afs.mgcafe.uky.edu/articles/tie-stall-facilities-design-dimensionsand-cow-comfort>

Y. Narayanan, Where are the Animals in Sustainable Development? Religion and the Case for Ethical Stewardship in Animal Husbandry, *Sustainable Development*, 2016, DOI: 10.1002/sd.1619

B. E. Norton, Management of livestock using rotational grazing, *Utah State University, IFAD*, 2022

Il ruolo della carne in un'alimentazione equilibrata e sostenibile, *Nutrimi*, aprile 2013

G. Pelizzari, Visione per un Futuro Alimentare Sostenibile: Il Caso della Carne in Vitro, *Università degli Studi di Padova*, 2022

Rainwater Harvesting: Small dam harvesting water for animals and smallholder irrigation, *FAO*, 2011

M. J. Rivero, M. R. F. Lee, A perspective on animal welfare of grazing ruminants and its relationship with sustainability, *Animal Production Science*, 2022, DOI: <https://doi.org/10.1071/AN21516>

N. Sallou, Quitting livestock farming: transformation pathways and factors of change from post-livestock farmers' accounts, *Frontiers in Sustainable Food Systems* (2023), 10.3389/fsufs.2023.1122992

S. Sgarbossa, K. Winter, Paths Beyond Livestock Exploring Farmers' Transformations Away from Livestock Farming in Germany, *Lund University Centre for Sustainability Studies*, 2025

M. Siegrist, C. Hartmann, Why alternative proteins will not disrupt the meat industry, *Meat Science*, 2023

H. Steinfeld, et al., Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options, *FAO*, Roma, 2006

Tackling climate change through livestock: A global assessment of emissions and mitigation opportunities, *FAO*, Roma, 2013

D. Thorbeck, *Architecture and agriculture: a rural design guide*, Routledge, 2017

D. Vitale, Architettura come chiave di sostenibilità: progetto per un allevamento sostenibile tra Langa e Monferrato, *Politecnico di Torino*, 2024
What's Cooking? An assessment of the potential impacts of selected novel alternatives to conventional animal products, *UNEP*, 2023

J. W. Worley, *Manure Storage and Treatment Systems, Small Farm Nutrient Management Primer: For Un-permitted Animal Feeding Operations*, *University of Georgia*, 2006

R. Wulf, et al., Invited review: Development of a dairy barn concept to improve animal welfare, *American Dairy Science Association*, 2025, DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2025-26627>

SITOGRAFIA

8 Types of poultry houses: A quick overview, *Kukufarm*, 21 ottobre 2024, <https://kukufarm.com/8-types-of-poultry-houses-a-quick-overview/>

Alhendin, a pioneering Agri-PV project, *BayWa r.e.*, <https://www.bayware.es/en/local-projects/commissioned-projects/alhendin> (consultato il 12 ottobre 2025)

Allevamenti intensivi, la proposta di legge di Greenpeace, ISDE-Medici per l'ambiente, Lipu, Terra! e WWF, *lipu.it*, 22 febbraio 2024, <https://www.lipu.it/news/allevamenti-intensivi-la-proposta-legge-greenpeaceisde-medici-lambiente-lipu-terra-e-wwf>

S. Belardinelli, L'impatto dell'industria della carne, tra questioni etiche e interessi economici, *Il Bo live – Università di Padova*, 26 novembre 2021, <https://ilbolive.unipd.it/it/news/societa/impatto-dellindustria-carnequestionietiche> (consultato il 27 ottobre 2025)

L. Bertolesi, Riconversione: il piano B per chi ha un allevamento, *EconomiaCircolare.com*, <https://economiacircolare.com/riconversione-pianoballeamento/> (consultato il 12 ottobre 2025)

W. Bryson, Shipping Container Mushroom Cultivation Basics, *The Transformation Project*, <https://thetransformationproject.org/farmer-resources/> (consultato 14 ottobre 2025)

Feeding & Housing Infrastructure, *Dairy Australia*, <https://www.dairyaustralia.com.au/feeding-and-farm-systems/farmsystems/feeding-housing-infrastructure> (consultato il 09 novembre 2025)

I diversi tipi di allevamento suinicolo, *Associazione suincoltori italiani*, <https://assosuini.it/i-diversi-tipi-di-allevamento-suinicolo/> (consultato il 09 novembre 2025)

I finanziamenti all'industria della carne stanno macellando gli accordi di Parigi, *Rinnovabili.it*, 18 marzo 2024, <https://www.rinnovabili.it/climaearmiente/finanziamenti-industria-carne-trend-insostenibile/> (consultato il 27 ottobre 2025)

Industrial and Livestock Rearing Emissions Directive (IED 2.0), European Commission, 2024

Josh Kardos, Joy Kuzma, Sam Ragon, Plans for Converting a Chicken House into a Greenhouse and Systems and Crops for Production*, The Transformation Project, <https://thetransformationproject.org/farmer-resources/> (consultato 14 ottobre 2025)

La sostenibilità economica della carne: un paper scientifico per potenziare gli investimenti, Mangimi & Alimenti, 8 Dicembre 2024, <https://www.mangimiealimenti.it/la-sostenibilita-economica-della-carneunpaperscientifico-per-potenziare-gli-investimenti/> (consultato il 27 ottobre 2025)

M. Mezzetti, Allevamento estensivo: tre vantaggi per preservare la natura, rigenerialoterritorio, <https://www.rigeneriamoterritorio.it/allevamento-estensivo-3-vantaggi-per-preservare-natura/> (consultato il 09 novembre 2025)

MycoLogic LLC, 11' x 24' x 8' Site Modification for Specialty Mushroom Cultivation, The Transformation Project, <https://thetransformationproject.org/farmer-resources/> (consultato 14 ottobre 2025)

Oltre gli allevamenti intensivi, 3 Comuni approvano la mozione, WWF, 18 aprile 2025, <https://www.wwf.it/pandanews/animali/oltre-allevamenti-intensivi-3-comuni-firmano-mozione/>

Oltre gli allevamenti intensivi, una proposta di legge, WWF, 22 febbraio 2024, <https://www.wwf.it/pandanews/ambiente/inquinamento/oltre-gli-allevamenti-intensivi-un-proposta-di-legge/>

Plant-based meat boomed. Here comes the bust, WIRED, 2024, <https://www.wired.com/story/plant-based-meat-sales-2023/> (consultato il 02 novembre 2025)

Poultry housing – Types, Equipment, and Construction, AgriGarming, <https://www.agrifarming.in/poultry-housing-types-equipment-and-construction> (consultato il 09 novembre 2025)

Reducing pollution from industry and large livestock farms, European Parliament press release, 12 marzo 2024, <https://www.europarl.europa.eu/news/en/pressroom/20240308IPR19007/reducing-pollution-from-industry-and-large-livestockfarms>

C. Stewart, Guide to Poultry House Conversion: Building a Mushroom-Growing Operation from Poultry House Infrastructure, The Transformation Project, <https://thetransformationproject.org/farmer-resources/> (consultato 14 ottobre 2025)

Types of housing for piggeries, Business Queensland, <https://www.business.qld.gov.au/industries/farms-fishingforestry/agriculture/animal/industries/pigs/housing/guide/type> (consultato il 09 novembre 2025)

INTELLIGENZA ARTIFICIALE

Nel corso della redazione della presente tesi, strumenti di intelligenza artificiale sono stati impiegati esclusivamente come supporto alle attività di ricerca e di revisione linguistica, per agevolare l'individuazione preliminare di fonti e contenuti pertinenti, che sono stati sottoposti a una valutazione critica e autonoma, e per ottenere un testo di facile lettura e grammaticalmente corretto. L'intelligenza artificiale non è stata impiegata in alcun modo per la generazione di contenuti originali o per la stesura di parti sostanziali dell'elaborato, la cui produzione rimane integralmente frutto del lavoro personale dell'autrice.

ringraziamenti

Grazie

alla prof.ssa Silvia Tedesco per la sua guida esperta e la disponibilità
costante

alla prof.ssa Elena Montacchini per il suo contributo prezioso e il suo
costante incoraggiamento

ai miei genitori, per avermi insegnato cos'è importante, per l'amore, il
sostegno e l'incoraggiamento, soprattutto nei momenti più difficili
a mi sorella, per avermi ispirato ogni giorno ad essere migliore e per aver
inspirato questa ricerca

alla mia famiglia, chi c'è, chi c'è stato e chi ci sarà sempre, per avermi
accompagnato in questo percorso e per le pizze della domenica sera

alle mie amiche, per i caffè una volta ogni tanto
a tutti quelli che ho incontrato durante il mio percorso e che mi hanno
aiutato a raggiungere questo traguardo
e a chi ha creduto in me

