

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI AGRONOMIA ANIMALI ALIMENTI RISORSE NATURALI E AMBIENTE

Corso di Laurea magistrale in  
SCIENZE E TECNOLOGIE AGRARIE

**Relazione tra variabili ambientali e comportamentali  
di galline ovaiole in un sistema “cage free”**

Relatore  
**Prof.ssa Angela Trocino**

Correlatore  
**Dott. Mattia Pravato**

Laureando  
**Alessandro Chistè**  
Matricola n. 2094610

ANNO ACCADEMICO 2023/2024



*Quando qualcuno che ami diventa un ricordo,  
quel ricordo diventa un tesoro.*

*A Modesto e Paolo*



# INDICE

<b>Riassunto</b> .....	<b>1</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>3</b>
<b>Introduzione</b> .....	<b>5</b>
1. Benessere animale e mercato .....	5
2. L'allevamento avicolo rispetto al quadro normativo .....	9
3. Le tipologie di allevamento delle galline ovaiole .....	13
3.1. Sistemi con gabbie - gabbia convenzionale (o non modificata o non arricchita) .....	13
3.2. Sistemi con Gabbie – gabbia arricchita.....	16
3.3. Sistemi Senza Gabbie (cage) – sistemi alternativi .....	19
4. Le condizioni ambientali di allevamento .....	24
4.1. Variabili ambientali.....	24
Temperatura .....	25
Umidità Relativa .....	26
Anidride Carbonica (CO <sub>2</sub> ).....	26
Ossigeno (O <sub>2</sub> ).....	27
Ammoniaca (NH <sub>3</sub> ).....	27
Metano (CH <sub>4</sub> ).....	27
Prodotti contenenti Zolfo (H <sub>2</sub> S) .....	28
Prodotti Contenenti Azoto (N <sub>2</sub> O).....	28
Polveri Sottili.....	28
Illuminazione e Fotoperiodo .....	29
Inquinamento Acustico .....	30
5. Comportamento e benessere della gallina ovaiole .....	31
5.1. Introduzione all'etologia della gallina ovaiole.....	31
5.2. Etologia e fabbisogni comportamentali.....	33
<b>Obiettivi</b> .....	<b>39</b>
<b>Materiali e metodi</b> .....	<b>40</b>
6. Approvazione etica.....	40
7. Strutture di stabulazione.....	40
7.1. Localizzazione.....	40
7.2. Struttura dell'aviaro .....	41
7.3. Condizioni ambientali e mantenimento.....	45
7.4. Animali.....	45

7.5.	Gestione dell'ambiente e della struttura.....	46
8.	Rilievi sperimentali .....	47
8.1.	Distribuzione degli animali .....	47
8.2.	Rilevazioni delle condizioni ambientali.....	49
	Specifiche sensori per la rilevazione delle condizioni ambientali .....	51
8.3.	Analisi Statistica.....	53
	<b>Risultati e Discussione.....</b>	<b>54</b>
	Distribuzione degli animali nell'aviaro: analisi dei dati delle video registrazioni .....	54
	Rilevazione delle variabili ambientali in allevamento.....	57
	Relazione tra variabili ambientali e distribuzioni degli animali nella struttura .....	64
	<b>Conclusioni.....</b>	<b>72</b>
	<b>Bibliografia .....</b>	<b>74</b>
	<b>Ringraziamenti .....</b>	<b>83</b>

## Riassunto

A partire dagli anni '80 l'opinione pubblica e i consumatori hanno iniziato a chiedere sempre di più il miglioramento delle condizioni di vita degli animali allevati e l'eliminazione di determinate pratiche zootecniche oltre che il divieto dell'utilizzo di particolari sistemi di allevamento che possono limitare la libertà dell'animale (movimento e comportamento).

Ad oggi per l'allevamento della gallina ovaioia, il sistema di allevamento "cage free" (sistema senza gabbia) viene riconosciuto come il miglior sistema in grado di garantire ottimali livelli di libertà individuale e comportamentale e quindi capace di aumentare i livelli di benessere animale in termini comportamentali e sociali. Tuttavia, anche questi sistemi non sono esenti da problematiche per una più difficile gestione igienico-sanitaria degli animali e della struttura (rispetto ai sistemi di allevamento in gabbia) e un aumento del numero di comportamenti anomali ed aggressivi. Lo studio del comportamento delle diverse specie all'allevate permette di comprendere la natura e le esigenze degli stessi animali oltre che facilitare la valutazione dello stato di salute degli individui ed in caso di necessità intervenire repentinamente. La conoscenza dell'importanza dei singoli comportamenti e quindi il verificarsi o meno di un determinato comportamento specie specifico permette agli operatori del settore zootecnico di intervenire in maniera mirata per eliminare o correggere l'eventuale problema presente.

Fatta questa premessa, la presente tesi ha avuto lo scopo di valutare l'effetto delle variabili ambientali all'interno di un aviario sperimentale sulla distribuzione di galline ovaioie di due tipi genetici (Novogen White e Novogen Brown) e quindi indirettamente sulla corretta utilizzazione degli spazi.

La distribuzione degli animali (%) nella struttura è risultata differente ( $P < 0,001$ ) tra i due genotipi in tutti i piani ad eccezione di due livelli (Piano terra e Piano 3) e in funzione dell'ora della giornata ( $P < 0,001$ ). Alle osservazioni relative alla 31° settimana di età degli animali, la distribuzione degli animali sul Piano 2 ha presentato una correlazione negativa con le variabili ambientali quali Temperatura (-0,516),  $CO_2$  (-0,622),  $NH_3$  (-0,661), PM10 (-0,600), PM2.5 (-0,580) e PM4 (-0,597); la distribuzione degli animali al Piano 3 è variata in funzione dell'illuminazione ( $r = -0,568$ ), quella sui trespoli in funzione della concentrazione di  $CO_2$  (-0,531) e quella degli animali a terra in funzione della concentrazione di  $NH_3$  ( $r = +0,531$ ) e dell'illuminazione ( $r = +0,548$ ). Alle osservazioni effettuata alla 32° settimana di età delle galline, la presenza di galline al piano 2 è risultata correlata negativamente con la concentrazione di  $NH_3$  (-0,609) e l'illuminazione (-0,611); quella degli animali al terzo piano è risultata negativamente correlata con l'illuminazione (-0,614); la presenza di animali sui trespoli è risultata negativamente correlata con l'illuminazione (-0,588), mentre quella degli animali al terra positivamente correlata con la temperatura ambientale (+0,506). Nell'ultima settimana di rilevazione (33° settimane di età) le correlazioni fra distribuzione degli animali al piano 2 sono state confermate con temperatura (-0,590) e concentrazione di  $NH_3$  (-0,653); quella delle galline presenti sui trespoli è stata correlata con la concentrazione di  $NH_3$  ( $r = -0,546$ ), quella degli animali a terra con la temperatura ( $r = +0,547$ ).

In conclusione, lo studio delle relazioni tra condizioni ambientali e distribuzione degli animali in allevamento ha permesso di comprendere che le variabili ambientali siano in grado di influenzare la distribuzione degli animali all'interno di un aviario e, quindi, l'utilizzazione delle diverse parti della struttura da parte delle galline. È importante quindi sottolineare come il raggiungimento di migliori condizioni di benessere negli allevamenti viene raggiunto solo tenendo in considerazione tutte le possibili fonti di variabilità che, in un modo o nell'altro, influiscono positivamente o negativamente nella vita degli animali e, in prospettiva, è importante valutare anche come le diverse variabili ambientali possono influenzare o essere correlate con l'espressione di diversi comportamenti da parte degli animali nelle diverse parti della struttura esaminata.



## Abstract

Since the 1980s, public opinion and consumers have increasingly begun to demand improvements in the living conditions of farmed animals and the elimination of certain zootechnical practices as well as the prohibition of the use of particular farming systems that can limit the freedom of the animal (movement and behavior).

To date, for the breeding of laying hens, the “cage free” farming system is recognized as the best system capable of guaranteeing optimal levels of individual and behavioral freedom and therefore capable of increasing the levels of animal welfare in behavioral and social terms. However, even these systems are not free from problems due to more difficult hygiene and sanitary management of the animals and the structure (compared to cage farming systems) and an increase in the number of abnormal and aggressive behaviors. The study of the behavior of the different farmed species allows us to understand the nature and needs of the animals themselves as well as facilitate the assessment of the health status of the individuals and, if necessary, to intervene promptly. Knowledge of the importance of individual behaviors and therefore the occurrence or not of a certain species-specific behavior allows operators in the livestock sector to intervene in a targeted manner to eliminate or correct any problem present.

Given this premise, this thesis aimed to evaluate the effect of environmental variables within an experimental aviary on the distribution of laying hens of two genetic types (Novogen White and Novogen Brown) and, therefore consequently, on the effective use of space. The distribution of animals (%) in the structure was different ( $P < 0.001$ ) between the two genotypes on all floors except two levels (Ground floor and Floor 3) and as a function of the time of day ( $P < 0.001$ ). In observations made at the 31st week of age of the animals, the distribution of the animals on Floor 2 showed a negative correlation with environmental variables such as Temperature (-0.516), CO<sub>2</sub> (-0.622), NH<sub>3</sub> (-0.661), PM<sub>10</sub> (-0.600), PM<sub>2.5</sub> (-0.580) and PM<sub>4</sub> (-0.597); the distribution of the animals on Floor 3 varied as a function of lighting ( $r = -0.568$ ), that on the perches as a function of CO<sub>2</sub> concentration (-0.531) and that of the animals on the ground as a function of NH<sub>3</sub> concentration ( $r = +0.531$ ) and lighting ( $r = +0.548$ ). In observations carried out at the 32nd week of age of the hens, the presence of hens on Floor 2 was negatively correlated with NH<sub>3</sub> concentration (-0.609) and lighting (0.611); that of the animals on the third floor was negatively correlated with lighting (-0.614); the presence of animals on perches was negatively correlated with lighting (-0.588), while that of the animals on the ground was positively correlated with environmental temperature (+0.506). In the last week of the survey (33rd week of age) the correlations between the distribution of the animals on the second floor were confirmed with temperature (-0.590) and NH<sub>3</sub> concentration (-0.653); that of the hens on perches was correlated with NH<sub>3</sub> concentration ( $r = -0.546$ ), that of the animals on the ground with temperature ( $r = +0.547$ ).

In conclusion, the study of the relationships between environmental conditions and distribution of animals in the farm has allowed us to understand that environmental variables are able to affect the distribution of animals within an aviary and, therefore, the use of the different parts of the structure by the hens. It is therefore important to emphasize how the achievement of better welfare conditions in farms is achieved only by considering all the possible sources of variability that, in one way or another, positively or negatively affect the life of animals. In perspective, it is also important to evaluate how the different environmental variables can influence or be correlated with the expression of different behaviors by animals in the different parts of the structure examined.

# Introduzione

## 1. Benessere animale e mercato

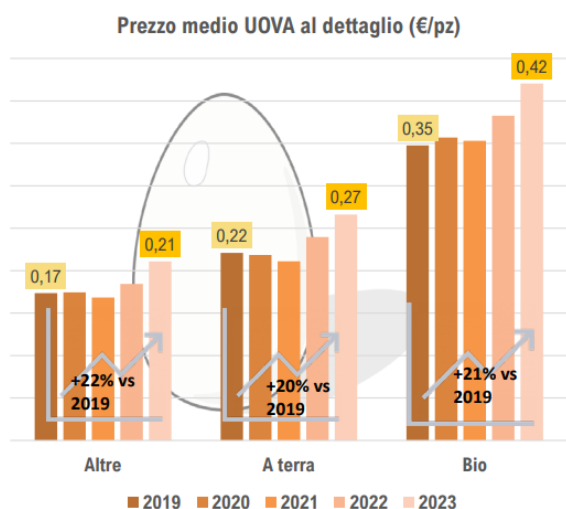
La produzione animale in generale è stata oggetto negli ultimi decenni, a partire dagli anni '80, di forti pressioni da parte dell'opinione pubblica al fine di modificare le tecniche di allevamento, per aumentare e garantire sempre di più livelli alti di benessere animale.

A partire dalle prime sollecitazioni, i passi più importanti verso una gestione considerata migliore e di maggior rispetto per gli animali sono stati compiuti dall'Unione Europea e dagli Stati Uniti d'America che ancora oggi sono le principali aree impegnate nel miglioramento del benessere animale in allevamento non solo negli avicoli ma in tutte le specie (Amirante, 2016). Tuttavia, attualmente non tutti i sistemi di allevamento utilizzati in Italia ed in Europa però garantiscono a pieno le libertà comportamentali e sociali dei singoli individui e del gruppo di allevamento, come accade nei sistemi in gabbie per le diverse specie. La richiesta più importante oggi è quindi rivolta per pratiche di allevamento più etiche, come sistemi "cage free" che possano garantire maggiore libertà di movimento agli animali (Dell'Orefice, 2024).

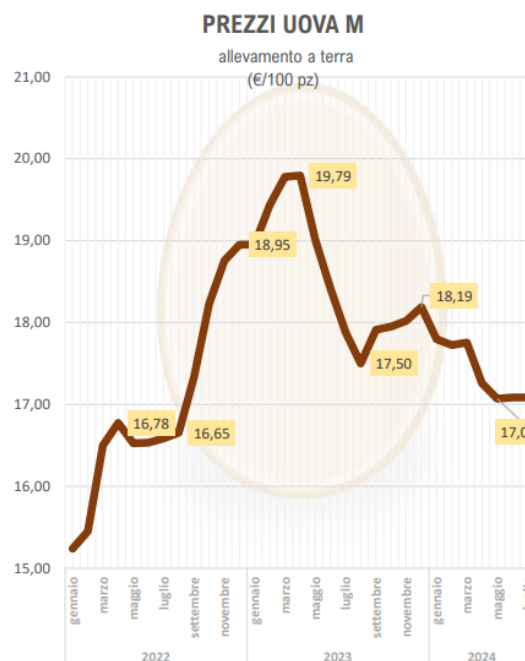
Rispetto al settore avicolo e, nello specifico all'allevamento delle galline ovaiole, i dati di mercato mostrano sempre di più una crescente domanda di uova provenienti da allevamenti a terra, all'aperto o certificati biologico. Come afferma Bianchi (2022), le uova acquistate nel biennio 2018-2019 prodotte da galline ovaiole allevate in sistemi di allevamento a terra hanno presentato un incremento del +25%, quelle allevate all'aperto del +3% ed infine quelle allevate con sistema biologico un +11%. Ovviamente, la stessa tendenza viene osservata anche nella distribuzione delle tipologie di allevamento delle galline ovaiole in Italia, in Europa ed all'estero (Bianchi, 2022). In Italia il 54% delle galline sono allevate in sistemi "a terra", il 5% in sistemi di tipo "biologico" e, infine, il 4,9% in allevamenti "all'aperto". La restante frazione, il 36,1%, è allevata nelle "gabbie arricchite". A livello europeo la percentuale di galline allevate a terra risulta essere inferiore rispetto a quella italiana (34%). Le galline allevate in sistemi biologici rappresentano il 6,2% del totale, mentre quelle dei sistemi all'aperto sono doppio del valore italiano, raggiungendo il 12%. A livello internazionale le tendenze risultano essere molto simili anche se molto variabili da nazione a nazione. Negli Stati Uniti, il Michigan e la California hanno vietato l'utilizzo della tipologia di "allevamento in gabbia" per le galline ovaiole ed il commercio dei relativi prodotti. Al 2023, sono rispettivamente cinque gli stati americani che hanno imposto tale vincolo: Michigan, California, Stato di Washington, Utah e Nevada; di cui i primi cioè Michigan e California sono i maggiori produttori di uova negli USA (EggTrack, 2023).

Nella Figura 1 si possono osservare le variazioni di prezzo (mercato italiano) nell'ultimo lustro (5 anni) delle diverse tipologie di uova provenienti da tre diversi sistemi di allevamento quali, l'allevamento alternativo con certificazione biologica (Bio), l'allevamento a terra e un altro gruppo riportato come "altre" riferito a quei sistemi presentanti l'utilizzo delle gabbie. Queste notevoli differenze anche

superiori al 100% (0,17€ tipologia “altre” vs 0,35 tipologia “Bio”), come si può osservare nella Figura 1, sono causate principalmente dai costi sostenuti dai produttori per l’ottenimento dei prodotti in base alle diverse tipologie di allevamento.



**Figura 1.** Andamento medio dei prezzi (€/pz) in Europa nell’ultimo quinquennio di uova provenienti da allevamento a terra, biologico e altro (gabbia arricchita); ISMEA (2024)

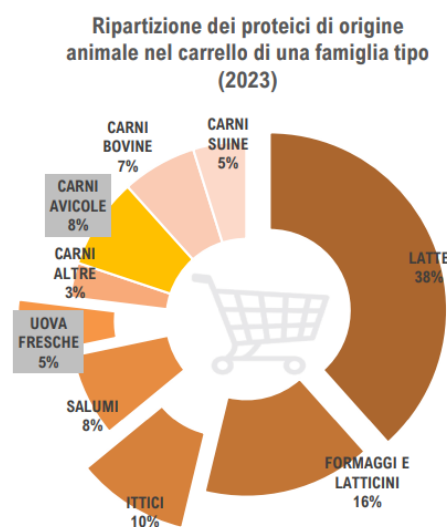


**Figura 2.** Andamento dei prezzi medi (€/100 pz) in Italia per uova di categoria M provenienti da allevamenti a terra nel triennio 2022-24; ISMEA (2024)

Secondo uno studio condotto da ISMEA (2022), l’andamento dei costi in tutti i sistemi di allevamento di galline ovaiole hanno assistito, nel primo triennio 2022, ad una forte impennata arrivando anche ad un aumento del 50% (principalmente a causa delle situazioni geopolitiche del periodo come l’invasione dell’Ucraina da parte della Russia) per poi ridursi nel biennio successivo. Ad oggi la voce di costo maggiore all’interno di un allevamento di ovaiole è l’alimentazione che occupa circa il 60% delle spese. Analizzando le variazioni del prezzo medio in Italia nel triennio 2022-2024 (Figura 2), si può osservare un notevole incremento ed il raggiungimento del picco massimo, nel periodo preso in considerazione, nel mese di marzo del 2023 con un prezzo allo scambio pari a 0,19 €/uovo per poi nel 2024 contrarsi di circa il 10% cioè, immettendosi sul mercato con un valore di circa 0,17 €/uovo (ISMEA, 2024).

Nella Figura 3 si possono osservati i dati inerenti ad uno studio condotto da ISMEA (2024) nel quale si è cercato di comprendere la composizione di una “carrello della spesa medio” riferito ai prodotti proteici consumati da una famiglia media italiana (reddito e componenti medi). Più del 50% del volume complessivo si è visto essere occupato dalla materia prima latte e dai prodotti da esso derivati, principalmente formaggio e burro. Un’altra fetta molto importante viene occupata dai prodotti carnei freschi con circa il 23%, suddivisa poi nelle rispettive specie di provenienza quali suino (5%), bovino

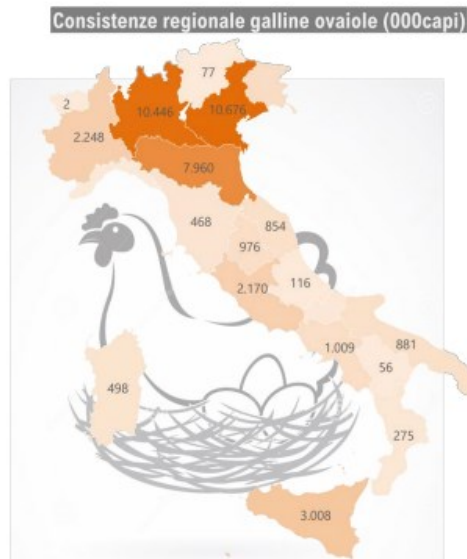
(7%), avicoli (8%) e altre carni (3%). Per le carni trasformate invece la percentuale di riferimento è stata fissata all'8%. Per i prodotti ittici la percentuale cresce leggermente fino a raggiungere il 10%. Infine, ci sono le proteine ottenute dal consumo di uova fresche che coprono l'intera spesa con solo il 5%; in questo studio non sono state prese in considerazione le uova consumate contenute all'interno dei prodotti trasformati. Secondo un precedente studio condotto da ISMEA-Mercati (2019) il consumo medio di uova in Italia risulta essere leggermente inferiore rispetto alla media europea. Annualmente il consumo nazionale italiano pro-capite è stato registrato ad un valore pari a 214 uova (13,4kg), somma del consumo diretto (uova fresche) ed indiretto (industria alimentare); quest'ultima voce utilizza circa il 40% del totale per l'ottenimento di prodotti di trasformazione.



*Figura 3. Ripartizione del consumo di prodotti proteici di origine animale in una famiglia media italiana (reddito e componenti medi). ISMEA, (2024)*

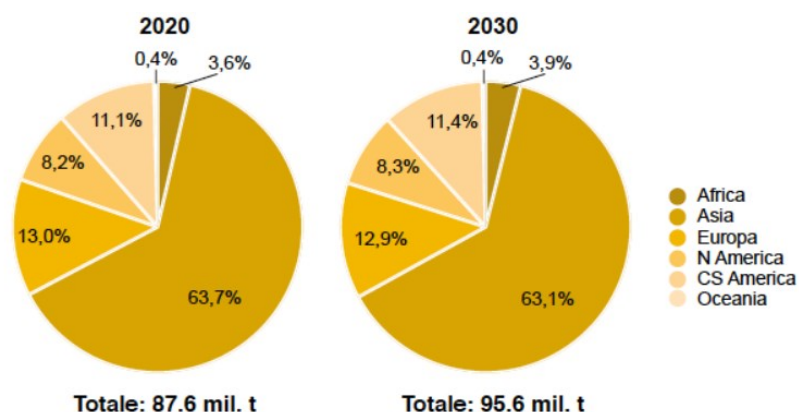
Confrontando la produzione dei singoli stati europei, che complessivamente immettono sul mercato circa 6 milioni di tonnellate anno di uova (più precisamente 6,18 nel 2022), la Francia risulta il principale produttore, a cui seguono la Germania, la Spagna, l'Italia, l'Olanda e la Polonia (ISMEA, 2023). La Francia nella classifica mondiale però si posiziona al decimo posto con circa 1,5% della produzione, mentre al primo posto si riconferma da ormai diversi anni la Cina con circa il 37,5% delle uova prodotte (FAO, 2023). A livello italiano, all'inizio del 2023 vi erano circa 2800 allevamenti professionali di galline ovaiole e quindi presentanti in allevamento più di 350 capi ad esclusione delle galline ovaiole riproduttrici (d.lgs. 29 luglio 2003, n.167). Gli animali registrati ammontavano a circa 41,5 milioni, distribuiti sul territorio nazionale (Figura 4) e di questi quasi 37 milioni erano in fase di deposizione (89.2%) mentre la produzione di uova si è attestata attorno alle 756 tonnellate (ISMEA, 2023). Come si può vedere osservando la Figura 4 più del 60% della produzione avviene nel Nord Italia più precisamente in Veneto con il 26% (10.676.000 galline), in Lombardia con il 25% (10.446.000 galline) ed in Emilia-Romagna con il 17% (7.960.000 galline). In Centro Italia la regione maggiormente

rappresentata è il Lazio con circa il 4% della produzione totale (2.170.000 galline) mentre in Sud Italia la Sicilia con circa il 6% (3.008.000 galline) e la Campania con il 2% (1.009.000 galline).



**Figura 4.** Distribuzione del numero di galline ovaiole in Italia (dato \* 1000); ISMEA (2024)

Nei Paesi emergenti (Asia e Africa) l’aumento della domanda di proteine di origine animale, causata dalla enorme crescita demografica osservata negli ultimi 40 anni, vede nel prodotto “uova” e più in generale nell’allevamento avicolo il miglior candidato per soddisfare questa grande richiesta (FAO, 2023). I sistemi convenzionali, cioè la gabbia non modificata per le galline ovaiole (gabbia convenzionale), sono la migliore soluzione per soddisfare le richieste di mercato e ottenere un prodotto con bassi costi di produzione e quindi garantire l’accesso di questi prodotti a quasi tutta la popolazione. Nella Figura 5 è possibile osservare la suddivisione della produzione di uova nei diversi continenti nel 2020 e una previsione effettuata con i dati e trend attuali per il 2030.



**Figura 5.** Produzione di uova nel 2020 (Grafico sinistra) e previsione della produzione di uova nel 2030 (Grafico destra) nei diversi continenti quali Africa, Asia, Europa, Nord America, Centro-Sud America e Oceania. (Kauer, 2019)

## **2. L'allevamento avicolo rispetto al quadro normativo**

L'allevamento zootecnico italiano viene regolamentato in diversi aspetti sia dalla stessa legislatura italiana sia da quella europea. Tali norme possono essere suddivise e raggruppate in base alla loro funzione e ai temi trattati.

Anche il settore avicolo risulta essere soggetto di regolamentazioni molto stringenti spaziando dalla gestione, manutenzione e progettazione dell'allevamento (inteso sia come struttura sia come fase dell'allevamento), alla macellazione, alla raccolta e alla gestione delle uova, alla commercializzazione di tale prodotto e al trasporto degli stessi animali.

Nell'Unione Europea la svolta riguardo ai temi sul "benessere animale e sulla gestione generali degli allevamenti" è avvenuta con la Direttiva 1986/609/CE del Consiglio presentante tale titolo "Protezione degli animali negli allevamenti".

Il Decreto Legislativo n.146 del 26 marzo 2001 stabilisce le norme minime per la protezione degli animali negli allevamenti, recependo la Direttiva 98/58/CE. Il decreto preso in considerazione risulta essere un importantissimo traguardo per l'Italia e l'Unione Europea; viene infatti riconosciuta dal legislatore, grazie alla pressione e all'enorme intervento dell'opinione pubblica, la necessità di regolamentare gli allevamenti al fine di garantire dei requisiti minimi di benessere e salute per gli animali. Inoltre, per sottolineare l'importanza del benessere animale e del suo mantenimento con la Legge n. 189 del 20 luglio 2004 viene introdotto il reato di maltrattamento degli animali nel Codice penale (articolo 544-bis), sancendo pene per chiunque infligga sofferenze inutili o abbandoni gli animali.

In Italia, l'allevamento della specie *Gallus gallus domesticus* ed in particolare della gallina ovaiole viene regolamentato dal D.lgs. del 19 luglio 2003 n.267, risultato del recepimento delle direttive 1999/74/CE (direttiva del consiglio del 19 luglio 1999 "stabilisce le norme minime per la protezione delle galline ovaiole) e 2002/4/CE (direttiva della commissione del 30 gennaio 2002 "registrazione degli stabilimenti di galline ovaiole di cui alla direttiva 1999/74/CE") con finalità la protezione della gallina ovaiole e la registrazione dei relativi stabilimenti per allevamento. Questo decreto nel corso degli anni è stato soggetto a diverse modifiche e l'ultimo aggiornamento all'atto pubblico risale al 20/08/2013. Strutturalmente è suddiviso in otto articoli trattanti temi differenti e cinque allegati presentanti specifiche di riferimento degli articoli appena citati.

L'art.1 tratta il tema della definizione e dell'ambito di applicazione del medesimo decreto; nel comma 1 il legislatore dichiara ed obbliga il proprietario dello stabilimento di rispettare determinate norme, definite "minime" al fine di assicurare e garantire la protezione della gallina ovaiole. Nel comma 2. dell'art.1 vengono elencate alcune definizioni per favorire la corretta comprensione della norma quali proprietario o detentore, autorità competente, galline ovaiole, nido, lettiera, gabbia, sistema a batteria, zona utilizzabile, unità produttiva e allevamento. Il presente decreto, come indicato nell'ultima parte dell'art.1 (comma 3), non viene applicato per gli allevamenti presentanti meno di 350 galline ovaiole

oppure agli stabilimenti contenenti galline ovaiole riproduttrici; in questi ultimi due casi il proprietario o il detentore deve sottostare comunque alle applicazioni del D.lgs. del 26 marzo 2001, n.146.

L'art. 2 riprende i doveri e gli obblighi del proprietario o del detentore dello stabilimento il quale (fermo restando al D.lgs. del 26 marzo 2001, n.146) deve obbligatoriamente seguire le disposizioni dell'allegato A ed in aggiunta in base al sistema di allevamento utilizzato, l'allegato B (sistemi alternativi) attualmente allegato I, l'allegato C (gabbie non modificate) attualmente allegato II e l'allegato D (gabbie modificate) attualmente allegato III (aggiornamento con modifica degli allegati al decreto legislativo 29 luglio 2003, n. 267, in attuazione delle direttive 1999/74/CE e 2002/4/CE, per la protezione delle galline ovaiole e la registrazione dei relativi stabilimenti di allevamento).

Nell'art. 3 viene affrontato l'argomento specifico sull'utilizzo e montaggio delle gabbie non modificate (gabbie convenzionali), le quali non potranno più essere installate (gabbie nuove) dalla data di entrata in vigore dello stesso decreto. In aggiunta a questo limite dal 1° gennaio 2012 viene vietato definitivamente l'utilizzo delle stesse. L'art.3 presenta un ulteriore approfondimento (art. 3-bis) il quale tratta l'adeguamento degli impianti per sostituire le gabbie dell'allegato C (gabbie non modificate), ora allegato II.

L'art.4 tratta il tema della registrazione degli allevamenti elencando gli obblighi del proprietario o del detentore e la creazione di un iter burocratico specifico come la registrazione dello stabilimento ai Servizi veterinari dell'Azienda sanitaria (competenza territoriale seguendo l'allegato E – dati di iscrizione) e sostenendo tutte le spese derivanti dalle procedure per la registrazione dello stabile.

La regolamentazione delle attività ispettive vengono affrontate nell'art. 5 e nell'art.6, le quali secondo questo decreto, possono essere svolte solo dalle autorità sanitarie competenti le quali eseguono dei controlli per verificare il rispetto delle disposizioni, redando un verbale ed elencando eventuali situazioni di non conformità e problematiche riscontrate (con scadenza per la risoluzione della non conformità), trasmettendo il tutto al Ministero della Salute.

Nell'art.7 si vedono elencate le sanzioni amministrative e penali mentre nell'art.8 sono presenti le disposizioni finali.

Il D.lgs. del 19 luglio 2003 n.267 come affermato precedentemente è composto oltre che da otto articoli appena riassunti anche da cinque allegati contenenti diverse prescrizioni che il proprietario deve osservare e rispettare per risultare a norma e quindi idoneo all'avvio o al mantenimento dell'attività. Ogni allegato presenta delle disposizioni generali e specifiche che variano in base alla tipologia di allevamento che il proprietario o il detentore possiedono.

L'allegato A (art.2, comma 1) contiene le disposizioni per una corretta gestione generale dello stabilimento (galline ovaiole) in modo da garantire degli standard minimi di benessere per gli animali, come richiesto dalle direttive 1999/74/CE e 2002/4/CE. Vengono elencate quindi quelle operazioni o quelle condizioni (variabili ambientali e strutturali) che il proprietario è tenuto a svolgere e/o garantire come il sopralluogo giornaliero del gruppo, la pulizia delle attrezzature e degli utensili utilizzati dal personale o dagli animali con cadenza regolare garantendo superfici pulite e l'eliminazione di eventuali



animali morti. La struttura deve essere inoltre concepita in modo da contenere gli animali ed impedire eventuali fughe ma allo stesso tempo costruita in modo da facilitare il recupero delle galline a fine carriera ed evitare traumi e ferite inutili. Lo stabilimento deve essere inoltre progettato in modo da permettere e agevolare le ispezioni, sia dell'autorità competente ma anche dagli stessi operatori. Nello stesso allegato oltre al riferimento delle caratteristiche della struttura (generali) viene affrontata anche l'importanza del garantire determinate condizioni ambientali. Viene richiesta la riduzione o ancora meglio l'eliminazione di rumori di fondo e/o improvvisi, questo tramite una corretta progettazione e scelta della struttura e della strumentazione presente in allevamento, ma anche invitando gli operatori a limitare i rumori causati dalla loro presenza. L'illuminazione, come richiesto nell'allegato A, deve essere sufficiente da permettere agli animali di muoversi liberamente, osservare e scrutare gli spazi circostanti e visualizzare chiaramente gli altri animali. Il ciclo di luce/buio deve garantire almeno otto ore di oscurità continuativa preceduto da un periodo di penombra, il quale garantisce la sistemazione corretta degli animali per la notte.

L'allegato B (art. 2, comma 1), modificato in allegato I tramite il decreto legislativo del 20 aprile 2006, contiene i requisiti che il proprietario o il detentore dello stabilimento sono tenuti a rispettare se il sistema di allevamento in azienda è quello alternativo (sistemi alternativi). Tutti gli animali devono avere a disposizione almeno 10cm di mangiatoia lineare oppure 4cm nel caso fossero installate mangiatoie circolari. Anche nel caso degli abbeveratoi devono essere garantiti 2,5cm in lunghezza oppure 1cm se circolari. Nel caso vengano utilizzati i sistemi di abbeveraggio quali la tettarella o la coppetta il numero di animale per erogatore deve essere di massimo 10. I nidi, per la deposizione delle uova, devono essere installati in modo da fornire agli animali una postazione ogni 7 individui oppure in assenza del singolo nido, una superficie di 1m<sup>2</sup> per un massimo di 120 animali.

Nel punto 4 e punto 5 dell'allegato I vengono affrontate rispettivamente le caratteristiche dei posatoi e della lettiera. Nel primo devono essere garantiti 15 cm di posatoio per capo mentre nel caso della lettiera 250cm<sup>2</sup> e sul totale quest'ultima deve coprire almeno il 30% della superficie del pavimento. Complessivamente la densità degli animali nell'allevamento con sistema alternativo non deve essere superiore alle 9 galline/m<sup>2</sup>.

Il sistema di allevamento alternativo può essere caratterizzato anche dalla scelta del proprietario o del detentore dello stabilimento di sviluppare la struttura su più livelli. In questo caso sono presenti dei limiti quali, il numero massimo di livelli pari a 4, l'altezza minima tra i livelli fissata a 45cm e la disposizione delle mangiatoie e degli abbeveratoi in modo tale da garantire l'accesso simultaneo a tutti gli animali. Aspetto molto importante è riferito alle deiezioni prodotte nei piani superiori che devono essere allontanate dalla struttura senza ricadere sui piani inferiori.

Se l'allevamento dispone di uno spazio esterno, l'accesso al pascolo deve essere diretto e garantito da un passaggio con altezza minima di 35cm e larghezza 40cm e complessivamente ogni 1000 animali deve essere presente un'apertura di almeno 2m di lunghezza (somma tanti accessi singoli oppure un accesso unico grande).

L'allegato C (art. 2, comma 1), modificato in allegato II tramite il decreto legislativo del 20 aprile 2006, contiene i requisiti che il proprietario o il detentore dello stabilimento erano tenuti a rispettare se il sistema di allevamento in azienda utilizzava l'ausilio delle gabbie non modificate (gabbie convenzionali). Attualmente l'installazione di questa tipologia di gabbia è vietata dal 1° gennaio 2012 grazie all'art.3 del D.lgs. del 19 luglio 2003 n.267. È possibile comunque osservare quelli che erano gli obblighi del proprietario o detentore dello stabilimento per la gestione degli animali, quali la superficie minima pari a 550cm<sup>2</sup> per capo, la grandezza della mangiatoia pari a 10cm lineari per individuo, l'altezza minima della gabbia fissata a 40cm su almeno il 65% della superficie complessiva e le caratteristiche del pavimento adattate all'anatomia e alla morfologia degli arti inferiori (differenze tra razze); inoltre, la pendenza massima era di 8°. La gabbia doveva inoltre essere munita di dispositivi per l'accorciamento delle unghie.

L'allegato D (art. 2, comma 1), modificato in allegato III tramite il decreto legislativo del 20 aprile 2006, contiene i requisiti che il proprietario o il detentore dello stabilimento sono tenuti a rispettare se il sistema di allevamento in azienda adoperava la gabbia modificata (gabbia arricchita). Il legislatore nell'allegato III impone una superficie minima per gallina pari a 750cm<sup>2</sup>, di questi almeno 600cm<sup>2</sup> utilizzabili (zona di larghezza minima di 30 cm, pendenza massima del 14% sovrastata da uno spazio libero avente un'altezza minima di 45 cm); la superficie occupata dal nido non deve essere conteggiata nella parte utilizzabile. Gli animali devono avere accesso ad una lettiera e deve essere fornito loro lo spazio per eseguire determinati comportamenti quali "beccare a terra e razzolare". La gabbia deve essere munita di posatoi (con caratteristiche strutturali in base alla razza allevata) lunghi sufficientemente da garantire 15cm ad animale. La mangiatoia deve presentare una lunghezza pari a 12cm per capo, 2cm più lunga rispetto alla gabbia non modificata; allo stesso modo, la struttura deve essere attrezzata correttamente per l'apporto di acqua (non vi sono limiti di legge, ma viene sottolineata l'importanza della dimensione del gruppo) ed inoltre deve presentare dei sistemi di accorciamento delle unghie.

L'allegato E contiene al suo interno i dati che il proprietario o il detentore del futuro stabilimento devono inoltrare all'autorità competente (Servizio Veterinario dell'Azienda sanitaria del territorio) per la registrazione del nuovo allevamento.

### 3. Le tipologie di allevamento delle galline ovaiole

#### 3.1. Sistemi con gabbie - gabbia convenzionale (o non modificata o non arricchita)

La “gabbia convenzionale” è un sistema di allevamento vietato dal 2012 in Europa; il divieto deriva all’entrata in vigore dei recepimenti nei vari stati della “Direttiva n°74 del 1999” ed in Italia grazie all’art.3 del D.lgs. del 19 luglio 2003 n.267. Strutturalmente questa tipologia di allevamento era formata da gabbie in filo zincato suddivise in celle contenenti gruppi composti da circa 5-8 animali; nella Figura 6 e nella Figura 7 si può osservare il ridotto spazio disponibile per ovaiole e l’assenza di qualsiasi elemento di arricchimento che permetterebbe agli animali di eseguire determinati comportamenti specie specifici. La superficie minima disponibile per individuo garantita dalla legge, come riportato nell’allegato II del D.lgs. del 19 luglio 2003 n.267, era pari a 550cm<sup>2</sup>/capo. La gabbia non era fornita di alcun accessorio e questo in aggiunta alla ridotta superficie per singolo animale impediva agli animali di eseguire anche semplici movimenti per non parlare dell’impossibilità di eseguire alcun comportamento.

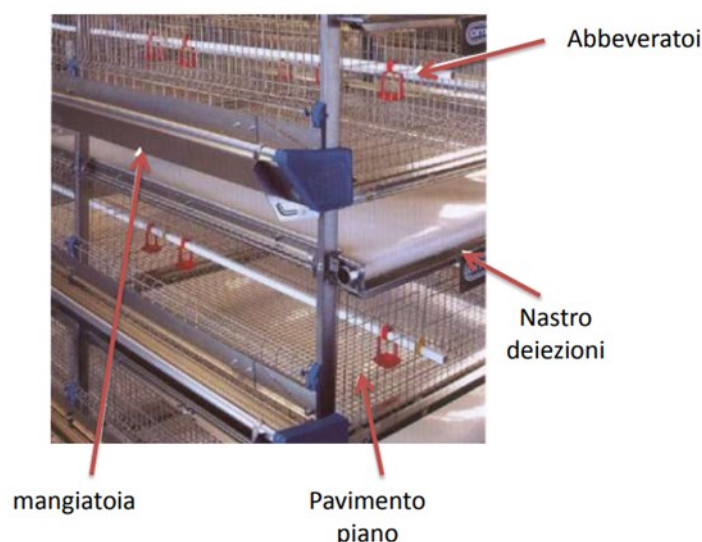


*Figura 6. Gabbia convenzionale con galline*



*Figura 7. Gabbia convenzionale con fondo inclinato per la raccolta delle uova esterne alla gabbia  
(da Zootecnica International, 2021)*

L’alimentazione veniva somministrata tramite mangiatoia esterna alla cella, ed il caricamento veniva effettuato automaticamente negli allevamenti convenzionali intensivi mentre in quelli più piccoli, come nel caso delle Figura 7, dall’operatore. La gabbia era priva di nido e di conseguenza le uova, obbligatoriamente deposte sul fondo, grazie all’inclinazione dello stesso rotolavano esternamente in modo tale da favorire la loro raccolta (Figura 7). Per la movimentazione delle uova era presente un nastro trasportatore o in alternativa, in piccoli allevamenti, la raccolta era effettuata manualmente due volte al giorno.



**Figura 8.** Componenti principali della gabbia convenzionale quali la mangiatoia, gli abbeveratoi, il pavimento piano ed il nastro delle deiezioni (da Vignone UniTe, 2014)

Nella Figura 8 si possono osservare le componenti principali della gabbia convenzionale quali la mangiatoia e l'abbeveratoio che dovevano essere installati garantendo delle misure minime per animale, come descritto nel Cap.2. Un ulteriore elemento indispensabile per il mantenimento di condizioni ottimali di igiene è il nastro delle deiezioni in quale veniva adoperato per allontanare più volte al giorno la pollina prodotta dagli animali in gabbia (il nastro poteva essere sempre in funzione oppure azionato manualmente o automaticamente ad intervalli); alternativa al nastro era la creazione di una fossa di raccolta sotto le gabbie. Il pavimento, sempre costruito in rete zincata, aveva la funzione di separare gli animali dalle deiezioni mantenendo gli arti inferiori ed il piumaggio sempre pulito.

I vantaggi legati all'utilizzo delle gabbie convenzionali, sono prettamente indirizzati al basso rischio di contrazione/trasmisione di malattie infettive e al basso rischio di eventi di aggressione tra individui all'interno della cella di suddivisione; lo spazio limitato infatti riduceva le dimensioni del gruppo all'interno di una gabbia e di conseguenza i danni causati da una gallina eccessivamente aggressiva erano limitati. Inoltre, un vantaggio nella creazione di piccoli gruppi di allevamento risiedeva nella riduzione del fenomeno dell'imitazione impedendo di conseguenza il replicarsi di comportamenti aggressivi o anormali. Allo stesso modo però, il limitato movimento degli animali, impedito dalle dimensioni della gabbia, si è visto incidere positivamente sulla frequenza di fratture e traumi agli arti vista la non complessità dell'ambiente di allevamento. Gli animali però non erano esenti da problemi ossei; infatti, i maggiori danni si potevano osservare a fine carriera, cioè nel momento in cui le galline dovevano essere trasferita al macello. Proprio in questa fase si è osservato infatti una maggiore presenza di fratture in questa tipologia di gabbie rispetto che ad altri sistemi di allevamento. Secondo diversi autori (Rowland e Harm, 1970; Nicol e Christine, 1987), tale fragilità era causata da una mancanza di esercizio fisico e da una elevata produzione di uova che compromettevano la salute del sistema scheletrico causando osteoporosi e la sindrome da scheletro fragile. La produzione di uova, confrontata

con gli altri sistemi di allevamento, era maggiore nei sistemi convenzionali soprattutto rispetto alla minore incidenza di uova sporche/danneggiate (Neijat et al., 2011; Ahammed et al., 2014).

Se dal lato produttivo e quindi economico, le gabbie convenzionali risultavano essere quelle più vantaggiose, lo stesso discorso non può essere fatto in riferimento al benessere animale (Philippe et al., 2020) la cui assenza caratterizzava l'intera fase produttiva (Hartcher et al., 2017). Il tasso di mortalità poteva essere maggiore rispetto alle gabbie arricchite e ai sistemi cage free e la condizione del piumaggio risultava per il più delle volte peggiore (Hartcher et al., 2017).

Le galline allevate in gabbia convenzionale presentavano una riduzione quasi totale dei comportamenti naturali a causa dei limiti imposti dalla struttura stessa (Nicol e Christine, 1987). Il motivo principale era la mancanza di superficie disponibile (solo 550 cm<sup>2</sup>) che impediva lo svolgimento anche di semplici movimenti quali l'apertura delle ali, lo stiramento degli arti posteriori o il semplice raspare e beccare a terra. L'utilizzo delle gabbie convenzionali inoltre rendeva gli animali più suscettibili a problemi di salute riguardanti le ossa come l'osteoporosi (Nicol e Christine, 1987) a causa della totale assenza di movimento e di esercizio fisico oltre che, come descritto precedentemente, ad una elevatissima produzione di uova che comportava negli animali l'utilizzo eccessivo del calcio del pool stabile, cioè del calcio cristallizzato sotto forma di cristalli di idrossiapatite immagazzinati nelle ossa. In quest'ultimo caso, infatti, l'integrazione giornaliera di calcio non era sufficiente per ristabilire le riserve di calcio presenti all'interno del corpo del pool labile (soluzione di calcio presente a livello del periostio che viene scambiata rapidamente sotto stimolo del paratormone). Il consumo e la non integrazione e di conseguenza il mancato ristabilimento del calcio facente parte del pool stabile, nel lungo periodo porta ad un indebolimento dello scheletro ed una serie di problematiche ossee (Sjaastad et al., 2013).

L'assenza di arricchimenti ambientali (principalmente lettiera e posatoi), dove poter soddisfare i propri bisogni etologici, creava negli animali uno stato di noia cronico e l'ambiente povero e privo di stimoli riduceva l'attività complessiva delle galline. In aggiunta, è stato dimostrato che l'assenza di stimoli creava negli animali una condizione di stress che incide sulla salute dell'animale in primis ma anche sulla produzione (Hemsworth e Edwards, 2020).

Le gabbie convenzionali sono quindi un sistema di allevamento relativamente ambiguo, un compromesso tra un'ottima efficienza economica e gestionale e una limitata capacità di fornire all'animale le condizioni ambientali consone a permettere un benessere adeguato. L'insieme dei lati critici appena descritti e per le sempre maggiori pressioni del mercato (opinione pubblica, grandi aziende e consumatori) il settore avicolo si è visto costretto negli ultimi cinquanta anni ad una transizione verso sistemi di allevamenti più attenti e rispettosi del benessere animale.

### 3.2. Sistemi con Gabbie – gabbia arricchita

La “gabbia arricchita” è un’evoluzione della gabbia convenzionale con l’obiettivo di migliorare quelle che sono le condizioni di salute e benessere degli animali rinchiusi al suo interno (Figura 9 e Figura 10). Si possono osservare la presenza di elementi di arricchimento, quali il nido (immagine sinistra) la presenza di posatoi dietro ai nidi; inoltre, vi è un maggiore spazio disponibile per animale.



*Figura 9. Gabbia arricchita. Si può osservare la presenza di diversi elementi di arricchimento*



*Figura 10. Gabbie arricchite. Si può osservare la presenza del nido, elemento di arricchimento, di colore arancione (Compassion in World Farming, 2021)*

La superficie messa a disposizione per capo è pari a 750 cm<sup>2</sup>, diminuendo di conseguenza la densità degli animali.

Il nome stesso di tale tipologia di allevamento (“gabbie arricchite”) indica l’inserimento all’interno della gabbia di alcuni elementi di arricchimento in modo tale da permettere alle galline di manifestare ed esprimere comportamenti naturali specie specifici di base, quali appollaiarsi, beccare a terra ed eseguire il bagno di sabbia (elementi arricchenti quali nidi, trespoli, posatoi e lettiera). Il nido è importante per separare le galline durante la ovideposizione e garantire loro un ambiente tranquillo per la deposizione; inoltre limita quelle che possono essere delle beccate alla cloaca esposta riducendo fenomeni di cannibalismo (Lay et al., 2011). In commercio si possono trovare diverse tipologie in base alle esigenze e per legge deve essere presente un nido ogni 7 galline (se utilizzati nidi di gruppo, almeno 1 m<sup>2</sup> di superficie per massimo di 120 galline). Il posatoio (Figura 11) garantisce alle galline la possibilità di appollaiarsi ad un’altezza sopraelevata e soddisfare l’istinto di dormire su una posizione elevata rispetto al terreno. La lettiera e la presenza di un tappetino per raspare permettono agli animali di mettere in atto comportamenti quali il bagno di sabbia e l’affilamento di becco e artigli; il tutto favorisce il mantenimento della salute del piumaggio e della cute e contribuisce a ridurre i fenomeni di aggressività.



*Figura 11. Posatoi, elementi di arricchimento per favorire determinati comportamenti quale appollaiarsi (da AgriExpo, 2021)*

Per aumentare la libertà comportamentale degli animali e migliorare il benessere durante l'allevamento, sono stati quindi aggiunti degli elementi arricchenti per favorire un mantenimento ed un benessere animale migliore rispetto alle semplici gabbie convenzionali. Queste modifiche, tuttavia, non risultano essere sufficienti per coprire l'intero etogramma (cioè, insieme di tutti i comportamenti naturali di una determinata specie) e rimangono alcune criticità sull'utilizzo di tale sistema di allevamento (Bianchi, 2022).

La legislazione sulle gabbie arricchite (D.lgs. n°267 del 29 luglio 2003) oltre che regolare lo spazio disponibile fa riferimento anche alle mangiatoie, le quali possono essere sia lineari (10 cm/capo come installazione minima) che circolari. Vengono citati nello stesso decreto gli abbeveratoi, che possono essere di diversa tipologia (abbeveratoi classici, circolari, a tettarella o a coppetta). I posatoi devono essere lunghi almeno 15 cm per capo e la superficie adibita alla lettiera deve essere di almeno 250 cm<sup>2</sup> per animale. L'aumento della superficie disponibile per animale offre maggiore spazio e permette alle galline di aumentare l'attività fisica e ridurre la fragilità ossea da assenza di movimento (Nicol e Christine, 1987). Con l'utilizzo delle gabbie arricchite, risulta migliorata anche la fisiologia muscolare favorita da una maggiore attività fisica. Nella gabbia arricchita si trova inoltre un elemento molto importante per la cura degli artigli e del becco, fondamentale per la gallina ovaiole, come si può vedere nella Figura 12.

Similmente alle gabbie convenzionali, anche quelle arricchite presentano minor rischio di contrazione di malattie e parassiti, grazie al contenimento degli animali in uno spazio limitato e ad una gestione delle deiezioni ottimale. (Hartcher, 2017).

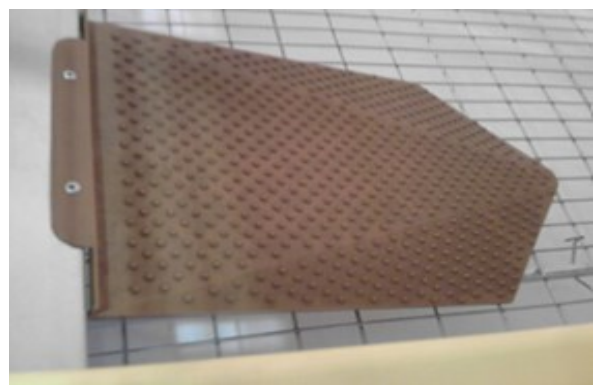
La presenza della lettiera in una scatola permette agli animali di effettuare una serie di comportamenti innati quali ad esempio il "bagno di sabbia", o semplice beccare e raspare. Il primo tra tutti è molto

importante per la pulizia del piumaggio oltre che per l'eliminazione di eventuali parassiti presenti sulla cute e piume.

La “gabbia arricchita” tuttavia non permette l'esecuzione del 100% dei comportamenti specie-specifici. La lettiera risulta essere funzionale solo per un breve periodo perché il materiale che la compone perde le caratteristiche favorevoli per un corretto utilizzo, quali umidità e compattezza, e il suo spessore si riduce rapidamente.

Aspetto negativo delle gabbie arricchite è l'investimento iniziale, quindi costi maggiori per la costruzione e la messa in funzione dell'allevamento. Anche la gestione degli elementi aggiuntivi, secondo la letteratura, risulta essere più impegnativa e potenzialmente più costosa (Roll et al., 2008).

Secondo Hatcher (2017), l'utilizzo di tale tipologia di gabbie mantiene l'efficienza economico/produttiva delle gabbie convenzionali ed allo stesso tempo offre agli animali dei vantaggi attraverso l'aumento del repertorio comportamentale (seppur non completo e quindi limitante per l'animale) e un aumento della libertà di movimento.



**Figura 12.** Elementi di arricchimento delle gabbie modificate. Nelle due immagini sopra è possibile osservare un sistema per beccare e grattare con le unghie formato da materiale plastico. Nelle due immagini sotto invece il materiale è l'acciaio.

(da EFSA, 2023)



### 3.3. Sistemi Senza Gabbie (cage) – sistemi alternativi

Il sistema “cage free”, definito dal D.lgs. del 19 luglio 2003 n.267 come sistema alternativo, è un sistema di allevamento per avicoli caratterizzato dall’assenza di gabbie per la gestione degli animali (Figura 13); essi hanno infatti la possibilità di muoversi liberamente all’interno di tutta la struttura ed il confinamento è presente solo agli estremi della stessa.



*Figura 13. Sistema alternativo “multilivello”. (AgriExpo, 2019)*

La Direttiva UE n°74/1999 classifica come “sistemi alternativi alla gabbia” gli allevamenti a terra, all’aperto e sistemi di allevamento biologico (disciplinare di produzione). Strutturalmente i sistemi alternativi alla gabbia, così definiti, possono essere progettati su di un unico piano oppure su di una struttura sviluppata verticalmente (più piani sopraelevati, massimo 4 livelli compreso il piano terra/pavimento). Nel secondo caso vi è quindi la creazione di un sistema multilivello (Figura 13). Nel caso particolare dei sistemi all’aperto o biologico, l’allevamento viene organizzato in modo da collegare la struttura interna (ricovero per la notte) ad un’area esterna identificata come pascolo come si può osservare nella Figura 16.

I sistemi alternativi presentano come caratteristica distintiva, rispetto ai sistemi con l’ausilio delle gabbie, la libertà totale di movimento degli animali all’interno della struttura ma soprattutto il contatto diretto con il pavimento formato da una lettiera (di materiale variabile), in alternativa da un pavimento in plastica/metallo forato (doghe e raccolta del materiale fecale sotto) oppure dal suolo vero e proprio ricoperto da più o meno vegetazione in base alla stagione e al suo sfruttamento; è fondamentale quindi come citato precedentemente la corretta gestione di qualsiasi tipologia di fondo in modo tale da evitare condizioni igienico sanitarie non ottimali ed evitare condizioni di stress (contatto feci/animale, oppure eccessiva umidità che può compromettere l’integrità dell’arto). Molti studi, tra cui Lay et al., (2011), hanno dimostrato, come detto precedentemente, l’importanza della gestione del pavimento/suolo/lettiera/pascolo al fine di prevenire problemi podalici ed eventuali infezioni; sempre riferito dallo stesso autore, tale gestione è forse l’aspetto più complicato dell’intero allevamento.

I sistemi alternativi e tutte le loro varianti sono state classificate ed inserite all'interno del rapporto dell'EFSA pubblicato nel 2023 denominato "Welfare of laying hens on farm" al punto 3.2. Le stesse sono state suddivise in base all'età dell'individui quali pulcino, pollastra e gallina ovaioia. Per la gallina ovaioia è possibile ritrovare allevamenti definiti "monopiano" caratterizzati, come dice la parola stessa, da un solo piano (Figura 14). La lettiera occupa circa il 30% della superficie totale, un'altra parte viene occupata dai nidi posti generalmente in posizione sopraelevata rispetto al terreno/lettiera. I trespoli, le mangiatoie e gli abbeveratoi sono invece distribuiti su tutta l'area e presenti in numero come richiesto dalla normativa vigente.



*Figura 14. Sistema di allevamento alternativo "monopiano".*



*Figura 15. Sistema di allevamento alternativo "monopiano con strutture sopraelevate".*

Un'altra tipologia appartenente al gruppo degli allevamenti alternativi è quella a "monopiano con strutture rialzate" e l'utilizzo principale ricade sulle pollastre anche se in minor frequenza sulle galline ovaioie. La differenza, con il sistema monopiano, è la presenza di strutture rialzate (Figura 15) poste all'interno dell'allevamento. Lo spazio occupato da queste strutture è a discrezione dell'allevatore che può scegliere in base alle sue esigenze e alla razza allevata.

In casi eccezionali è possibile riscontrare una particolare tipologia di allevamento denominata "monopiano con pavimento fessurato". Esso presenta le stesse caratteristiche del monopiano se non per le caratteristiche dell'intero pavimento che è ricoperto da doghe; gli animali, di conseguenza, non hanno

accesso ad alcuna lettiera, venendo meno a determinati comportamenti specie specifici come il beccare, raspare, razzolare ed il bagno di sabbia.

I sistemi multilivello sono invece caratterizzati dalla presenza di un pavimento (piano terra) e da una struttura formata da un massimo di ulteriori tre piani. Le risorse sono collocate in base alla tipologia di piano in modo da differenziare l'utilità degli stessi e facilitare eventuali manutenzioni da parte degli operatori. Generalmente viene riservato un piano per i nidi mentre negli altri due vengono collocati gli elementi di arricchimento ambientale, le mangiatoie e gli abbeveratoi.

Un ulteriore gruppo appartenente ai sistemi alternativi è quello presentante un accesso esterno che garantisce un'elevata superficie per individuo grazie alla presenza di un pascolo. Le tipologie possono essere varie, dalla stabulazione mobile (Figura 16), fino ad una veranda sopraelevata (Figura 17), fino al semplice pascolo (Figura 18).



**Figura 16.** Sistema di allevamento alternativo a "stabulazione mobile"



**Figura 17.** Sistema di allevamento alternativo a "veranda". (da EFSA, 2023)



**Figura 18.** Sistema di allevamento all'aperto. Si può osservare i collegamenti tra la parte interna (aviario) ed esterna (pascolo) dell'allevamento. (Sperotto, 2017)

Nei sistemi alternativi (tipologia a terra), la densità deve essere pari a 9 galline/m<sup>2</sup>, mentre nei sistemi all'aperto si parla di 1 gallina ogni 4m<sup>2</sup> (densità esterna), oppure un massimo di 2500 per ettaro di pascolo, in modo da massimizzare i comportamenti naturali e garantire una corretta gestione del pascolo. Per la tipologia di allevamento “Biologico” invece la densità intera è pari a 6 galline/m<sup>2</sup> mentre quella esterna rimane uguale a quella dell'allevamento a terra, cioè 4m<sup>2</sup> per gallina oppure 2500 galline per ettaro di pascolo. In aggiunta è stato fissato un limite massimo di animali per capannone pari a 3000 individui; il tutto viene riassunto nella Tabella 1.

*Tabella 1. Limiti di legge nei diversi sistemi di allevamento di galline ovaiole.*

	<b>SISTEMI DI ALLEVAMENTO</b>			
	<b>GABBIA</b>	<b>TERRA</b>	<b>APERTO</b>	<b>BIOLOGICO</b>
<b>Codice</b>	3	2	1	0
<b>Densità degli animali all'interno</b>	750 cm <sup>2</sup> per gallina	9 galline m <sup>2</sup>	9 galline m <sup>2</sup>	6 galline per m <sup>2</sup>
<b>Spazi esterni</b>	NO	NO	4 galline per m <sup>2</sup>	4 galline per m <sup>2</sup>
<b>Numero di capi totali</b>	Nessun limite	Nessun limite	Nessun Limite	3.000 per capannone

In termini comportamentali, i singoli individui hanno maggiore superficie per muoversi e manifestare a pieno tutti i comportamenti. Nella Figura 18 si può infatti osservare come buona parte delle galline sul pascolo sia occupata a razzolare; questo permette all'animale di soddisfare i propri bisogni riducendo al minimo i livelli di stress (Yilmaz Dikmen et al., 2016). Allo stesso modo la riduzione dello stress è garantita anche dalla maggior complessità ambientale che stimola l'animale a mettere in atto certi comportamenti naturali riducendo allo stesso tempo quelli stereotipati. Inoltre, l'aumento dell'attività fisica rispetto ai sistemi in gabbia, può ridurre la manifestazione di indebolimento osseo con conseguenti possibili fratture (Lay et al., 2011).

I principali svantaggi sono legati invece ai maggiori costi inerenti alle strutture e alla manutenzione; questi allevamenti, infatti, necessitano di un'estensione maggiore (superficie) e di strutture più ampie e complesse. Allo stesso tempo la manutenzione e la pulizia degli spazi risulta essere più complicata e laboriosa aumentando notevolmente i costi della manodopera e dei macchinari necessari per effettuarla. I sistemi alternativi alle gabbie sono caratterizzati da una maggiore libertà di movimento e comportamentale che viene data agli animali; questo si traduce in maggior dispendio di energia e quindi di assunzione di alimento con una dieta leggermente più elevata rispetto ai sistemi in gabbia.

Oltre all'aspetto economico bisogna tenere in considerazione anche una maggiore esposizione alle malattie trasmissibili e problematiche varie quali parassiti, predatori; questo viene principalmente riscontrato negli allevamenti all'aperto rispetto che quelli al chiuso (sempre cage free).

## 4. Le condizioni ambientali di allevamento

La gestione delle condizioni ambientali all'interno della struttura di stabulazione è importante per garantire il benessere degli animali e mantenere alti gli standard qualitativi di vita di animali e operatori. All'interno degli allevamenti, le condizioni ambientali devono essere controllate al fine di ridurre al minimo determinati stress che presenterebbero effetti negativi sull'animale e di conseguenza sulla produzione (Pontara et al., 2020).

Le condizioni ambientali, quali ad esempio la temperatura e la composizione dell'aria, sono sempre state oggetto di studio per comprendere quali possono essere le conseguenze positive e negative che questi fattori hanno sugli animali allevati (Kocaman et al., 2006). Le variabili ambientali da considerare vengono suddivise in due categorie principali: variabili fisiche (calore, umidità e movimento dell'aria) e chimiche (ammoniaca, anidride carbonica e altri elementi/molecole presenti).

Le variazioni dei livelli di queste variabili possono essere causate dagli animali stessi o dai loro rifiuti (prodotti del metabolismo), quali deiezioni (ammoniaca, metano, acido solfidrico, nitrati e nitriti con relativi ossidi), respirazione (anidride carbonica e ossigeno) e termoregolazione (calore e umidità).

Il superamento dei limiti individuati per queste variabili può risultare tossico e/o mortale per il bestiame e per gli operatori (Kocaman et al., 2006). È quindi fondamentale il loro controllo e la loro correzione tramite sistemi automatizzati in modo tale da mantenerli all'interno di range considerati non pericolosi. L'aumento relativamente piccolo del livello di uno dei fattori elencati può risultare fatale o portare alla creazione di stress (anche cronico se mantenuto per lunghi periodi) per gli animali, rendendoli più suscettibili agli agenti patogeni e a determinati problemi fisici (Quarles e Kling, 1974).

L'ammoniaca ( $\text{NH}_3$ ), i gas serra ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$  e  $\text{NH}_2$ ) e le polveri sottili ( $\text{PM}_{10}$  e  $\text{PM}_{2,5}$ ) sono la principale fonte di inquinamento dell'allevamento degli animali da reddito (Fabbri et al., 2007). Risulta fondamentale attuare di conseguenza un approccio per la gestione dei reflui zootecnici e della qualità dell'aria in modo da ridurre al minimo la dispersione nell'ambiente di tali composti.

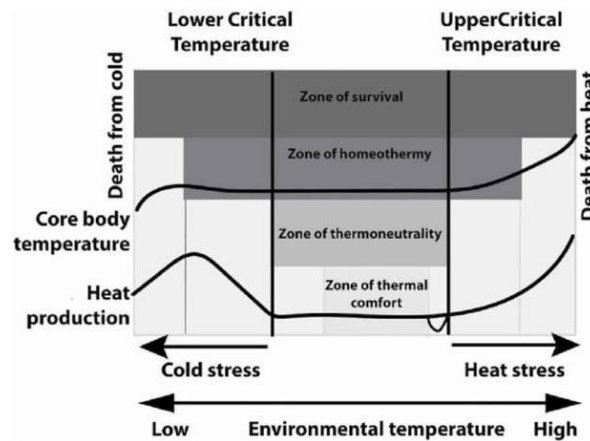
Oltre alla presenza/assenza di elementi/molecole inquinanti, vi sono anche altri fattori legati alle condizioni ambientali che possono influire positivamente/negativamente sulle condizioni di benessere animale. Tra questi, possiamo considerare suoni/rumori (fonte di stress e paura) e fotoperiodo (gestione importante al fine di mantenere la produzione ed evitare situazioni di stress).

### 4.1. Variabili ambientali

Le condizioni ambientali sono fondamentali per garantire una permanenza ottimale agli animali e la legge stessa ne sottolinea l'importanza ponendo degli obblighi e dei limiti. "La circolazione dell'aria, la quantità di polvere e di particolato, la temperatura, l'umidità relativa dell'aria e le concentrazioni di gas devono essere mantenute entro limiti non dannosi per gli animali." (D. Lgs. 146/2001).

## Temperatura

La specie *Gallus gallus domesticus*, insieme a tutti gli avicoli ed i volatili, fisiologicamente viene classificata come specie endotermica omeoterma, cioè in grado di modificare la temperatura corporea e trattenere o disperdere il calore prodotto dal metabolismo, il tutto all'interno di determinati intervalli (Figura 19).



**Figura 19.** Grafico rappresentante le fasce di intervento del metabolismo e della regolazione della temperatura per garantire la sopravvivenza dell'individuo. Ogni specie presenta delle proprie temperature di riferimento (da Sjaastad, 2013).

Anatomicamente nella maggior parte degli animali allevati sono presenti ghiandole specializzate, definite ghiandole sudoripare, che favoriscono la dispersione del calore tramite la produzione di un fluido definito sudore composto principalmente da acqua ed in parte da sali minerali disciolti. I volatili, come le galline, ne sono sprovvisti e quindi per dissipare il calore utilizzano la respirazione mantenendo la bocca aperta (dispersione del calore tramite evaporazione dell'acqua dalle vie respiratorie) (Lara, 2013). In casi di temperatura elevata, si può osservare come l'animale attui un comportamento specifico per dissipare il maggior quantitativo di calore. Il tutto è riconosciuto per il compimento di un respiro rapido e superficiale (risonanza della cassa toracica), oltre che alla bocca aperta e lingua posta verso l'esterno e si caratterizza per l'immobilità dell'animale che rimane fermo in uno stesso punto per lunghi periodi (Lara, 2013).



**Figura 20.** Principali comportamenti per l'attuazione della termoregolazione.



**Figura 21.** Gallina in polipnea termica, messo in atto per disperdere il calore tramite il vapore acqueo prodotto nelle vie respiratorie superiori

Pertanto, la temperatura risulta essere un importante fattore in grado di incidere notevolmente sulle condizioni fisiche e il benessere degli animali. Risulta allo stesso tempo di notevole rilevanza sottolineare come assieme alla temperatura debbano essere tenuti in considerazione anche l'umidità ed il flusso di aria presenti in allevamento (convezione e evaporazione), i quali sono in grado di modificare notevolmente la percezione della stessa da parte degli animali (EFSA, 2023). Complessivamente però viene indicato un intervallo di temperatura per le galline ovaiole compreso tra i 15 ed i 26°C (Kocaman et al., 2006), con un range ottimale per la produzione costante di uova di 18-21°C. All'interno di questo range, le funzioni fisiologiche e il mantenimento dello stato di salute della gallina ovaiole è massimizzato (consumo di mangime e acqua ottimale, mantenimento del peso corporeo, produzione e caratteristiche qualitative delle uova elevate).

Le variazioni di temperatura all'interno dell'allevamento influiscono negativamente sulle prestazioni degli animali in generale e delle galline ovaiole nel caso specifico, modificandone il comportamento (Sterling et al., 2003). È stato osservato che un aumento delle temperature porta ad una diminuzione del consumo di mangime con conseguente perdita di peso e riduzione della produzione di uova e un aumento dell'assunzione di acqua con conseguente produzione di feci liquide. Il tutto si traduce in una diminuzione sia in termini quantitativi sia in termini qualitativi delle uova prodotte. Oltre a questo, possono aumentare gli episodi di aggressione e beccate (Kocaman et al., 2006).

#### *Umidità Relativa*

L'elevata umidità relativa, sommata ad un'elevata temperatura ambientale, può essere fonte di stress per gli animali ed incidere negativamente sulle prestazioni produttive (Da Hye et al., 2022). Come descritto nel paragrafo precedente riguardante la temperatura, anche un aumento dell'umidità relativa porta ad una diminuzione dell'ingestione alimentare e ad una maggiore mortalità (Seokmin et al., 2020). La mortalità delle galline ovaiole risulta molto elevata se il cambiamento della percentuale di umidità e l'aumento di temperatura sono improvvisi poiché l'animale non riesce ad acclimatarsi nel breve periodo. Infatti, è stato osservato come la mortalità si riduce drasticamente se questa variazione avviene in un periodo più lungo (Daniel e Balnave, 1981).

Secondo l'EFSA, un range ottimale di umidità (importante anche la temperatura) che deve essere presente in allevamento per garantire condizioni ottimali di benessere è compreso di 40-60% con una temperatura variabile da 15 a 25°C circa.

#### *Anidride Carbonica (CO<sub>2</sub>)*

La produzione e di conseguenza la variazione della concentrazione di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) negli allevamenti è prettamente legata alla respirazione ed in piccola parte alle deiezioni degli animali. Per garantire livelli corretti di CO<sub>2</sub> è essenziale che la progettazione della struttura e dei sistemi di areazione vengano fatti correttamente in modo da mantenere costante il livello di CO<sub>2</sub> durante tutta la fase produttiva ed in tutte le parti/zone dell'allevamento.



La concentrazione ottimale di CO<sub>2</sub> che deve essere presente nell'aria all'interno di allevamenti di galline ovaiole (gabbia convenzionale) deve essere mantenuta ad un valore compreso tra 1300 e 2400 ppm (Ni Ji-Qin et al., 2012).

Il limite per legge (D. Lgs. 146/2001) è fissato ad una concentrazione indicativa di circa 3000ppm; oltre tale valore, la CO<sub>2</sub> risulta essere dannosa per gli animali.

#### *Ossigeno (O<sub>2</sub>)*

La concentrazione di ossigeno all'interno degli allevamenti avicoli deve essere mantenuta al di sopra del 19% (Zaghari, 2011); è importante, infatti, che l'O<sub>2</sub> non discenda al di sotto di tale valore in modo da evitare stress respiratori nei casi meno gravi e morte degli animali nei casi più gravi.

La concentrazione ottimale e il mantenimento della stessa devono essere garantite da un sistema di ventilazione naturale o forzato, progettato durante la costruzione dell'allevamento.

#### *Ammoniaca (NH<sub>3</sub>)*

L'ammoniaca è il prodotto di scarto per eccellenza dell'allevamento di tutti gli animali, inclusa la gallina ovaiole. La sua origine è biologica e più precisamente deriva dalla degradazione microbica dell'acido urico (Pokharel et al., 2017).

L'ammoniaca nell'ambiente risulta essere inquinante soprattutto per l'acidificazione del suolo e l'accumulo di azoto nel terreno con possibile successiva eutrofizzazione delle acque. È da sottolineare comunque come la produzione di ammoniaca (allevamento della gallina ovaiole) sia pari al 3% del totale della produzione annua italiana.

Un aspetto molto importante da tenere in considerazione è che il quantitativo di ammoniaca liberato per unità di pollina, pari a 190g capo/anno per 25 kg di pollina prodotta per capo/anno (valore complessivo inerente alla lavorazione della pollina di gallina ovaiole nelle fasi di stabulazione, stoccaggio, spandimento e pascolo), risulta essere molto influenzato dal livello di umidità. All'interno degli allevamenti è consigliato mantenere un quantitativo di ammoniaca inferiore ad un valore di circa 10ppm ad una temperatura di 30°C (Yahav Shlomo, 2004), arrivando ad un massimo di 25ppm prima dell'insorgenza di effetti negativi. A livello fisiologico, un'elevata concentrazione di NH<sub>3</sub> (>25ppm) è stato dimostrato causare nell'animale la chiusura degli occhi e un'elevata lacrimazione, oltre che l'insorgenza di comportamenti agonistici quali beccate e scontri con altri soggetti (Amer et al., 2004)

#### *Metano (CH<sub>4</sub>)*

Il metano è il prodotto principale dell'azione dei batteri anaerobici sui substrati organici di mangimi e di escrementi; viene inoltre emesso dalle reazioni interne all'animale, precisamente all'interno dell'apparato gastrointestinale oltre che dalla decomposizione del letame accumulato in condizioni di anaerobiosi (Pokharel et al., 2017).

Nell'allevamento delle galline ovaiole, il metano prodotto dalle fermentazioni enteriche risulta essere trascurabile mentre la voce principale è riferita alla gestione errata della pollina prodotta dagli animali allevati, che messa in condizioni di anaerobiosi libera grandi quantità di metano. Per ridurre le emissioni, l'eliminazione della condizione di anaerobiosi e l'essiccamento della massa (Fabbri et al., 2007).

Complessivamente, la produzione totale di CH<sub>4</sub> riferita all'allevamento delle galline ovaiole risulta essere pari allo 0,5% sul totale nazionale (INEA, 2021; IPCC, 2022).

#### *Prodotti contenenti Zolfo (H<sub>2</sub>S)*

Il principale composto contenente zolfo è l'idrogeno solforato (H<sub>2</sub>S) definito anche acido solfidrico; la sua origine è legata alle deiezioni animali e alla loro successiva fermentazione in ambiente anaerobico. Risulta essere tossico se la concentrazione aumenta nel brevissimo periodo e può causare la morte degli animali e del personale (Oesterhelweg, 2008); la gestione di questo gas è un requisito fondamentale per mantenere l'ambiente di allevamento sicuro. Una concentrazione superiore a 100 ppm può provocare gravi danni alla salute degli animali (Ni Ji-Qin et al., 2012)

#### *Prodotti Contenenti Azoto (N<sub>2</sub>O)*

Il principale composto azotato non proteico oltre che all'ammoniaca (descritta precedentemente) risulta essere il protossido di azoto (N<sub>2</sub>O) la cui produzione avviene durante i processi di nitrificazione e denitrificazione in presenza di basse concentrazioni di O<sub>2</sub> (Fabbri, et al., 2007).

#### *Polveri Sottili*

Le polveri sottili, definite anche particolato, sono particelle solide o liquide con una dimensione compresa tra i pochi nanometri e i 100µm. Posso incidere in maniera negativa sull'organismo, colpendo l'apparato respiratorio degli animali e delle persone; possono infatti penetrare nelle vie respiratorie superiori e raggiungere i polmoni con conseguenze gravi a livello respiratorio e cardiovascolare. In allevamento, le tipologie di particolato maggiormente riscontrate appartengono alla classe delle polveri e dei microrganismi (batteri, funghi e virus). La loro origine può essere quindi organica, composta da residui animali (penne, piume, materiale di origine fecale e cute) e non (polveri derivanti dal mangime o cellule batteriche e virus), oppure essere di origine inorganica come la struttura (materiali) e il terreno/lettiera). La classificazione in base alle dimensioni viene effettuata tramite una suddivisione fisiologica adattata all'apparato respiratore umano; <100µm non penetrano nella parte profonda delle vie respiratorie e si fermano a livello del naso e della bocca, ≤10µm raggiungono laringe e polmoni, tra 4 e 10µm penetrano in profondità e si depositano negli alveoli, riducendone la capacità di scambio. A livello dell'organismo (interno ed esterno) il particolato può avere diversi effetti quali problematiche agli organi respiratori, vettore di patogeni, reazioni allergiche (azione antigenica), infiammazione, maggiore sensibilità e interferenze con il sistema immunitario.

Il sistema di ventilazione/areazione, la lettiera ed il materiale di cui è composta sono i principali fattori di variabilità rispetto al livello di polveri sottili in allevamento; anche la gestione delle deiezioni è un fattore di variabilità (Liao et al., 2001). Inoltre, i risultati ottenuti da uno studio di David et al. (2015) hanno dimostrato che all'interno degli allevamenti la concentrazione maggiore di particolato è rilevata a livello del suolo, mentre nei piani rialzati diminuisce (movimento della lettiera da parte degli animali). Inoltre, a pari condizioni e caratteristiche della lettiera, è stato dimostrato essere presente una correlazione (positiva e forte) tra attività degli animali e concentrazione di particolato.

La riduzione e la successiva eliminazione delle polveri sottili avvengono tramite sistemi di areazione e filtraggio che ripuliscono e modificano la composizione dell'aria. Risulta però necessario intervenire preventivamente riducendo al minimo le fonti di produzione di polveri sottili, considerando quindi la scelta corretta del materiale della lettiera o la gestione ottimale delle deiezioni.

A livello normativo non esiste nessun limite riguardo alla concentrazione massima di particolato presente in allevamento (EFSA, 2023).

### *Illuminazione e Fotoperiodo*

L'illuminazione ed il fotoperiodo nell'allevamento della gallina ovaiole sono di vitale importanza per il benessere stesso dell'animale e per la gestione dell'attività riproduttiva e dell'ovideposizione. La luce infatti è in grado di condizionare la produttività degli animali (effetto endocrino controllato dall'asse ipotalamo-ipofisi-gonadi); l'effetto è possibile solo se la stessa luce presenta delle condizioni di intensità e di durata corrette. L'illuminazione inoltre è fondamentale per permettere all'animale di muoversi in sicurezza, ricercare il cibo/acqua e svolgere le attività principali (James Vinco et al., 2024). La scelta dell'intensità di luce da fornire agli animali è di vitale importanza al fine di garantire un benessere animale elevato; nel caso della specie *Gallus gallus domesticus*, diversi studi hanno dimostrato che questi animali preferiscano ambienti con intensità luminosa (lux) bassa, cioè, pari a 1-20 lux (Kristensen et al., 2009). Inoltre, sempre nello stesso studio è stato dimostrato che la variazione di intensità luminosa nelle diverse aree nella struttura influiva sui comportamenti che in quel specifico spazio venivano effettuati (bassa luminosità maggiore pulizia del piumaggio e bagno di sabbia).

Nella normativa vigente ci sono diversi articoli che affrontano il tema dell'illuminazione e del fotoperiodo. Nel "D. Lgs. 146/2001" viene riportato che gli animali custoditi nei fabbricati non devono essere tenuti costantemente al buio o esposti ad illuminazione artificiale senza un adeguato periodo di riposo. È fondamentale che alle galline venga fornita una quantità di luce tale da consentire agli animali stessi di vedersi e di essere visti chiaramente dai conspecifici. In caso di illuminazione naturale le aperture per la luce devono essere disposte in modo da ripartirla uniformemente nei locali (D. Lgs. 146/2001). In prossimità del tramonto (sia naturale che impostato tramite sistema artificiale) deve essere rispettato un periodo di penombra in modo da permettere alle galline di sistemarsi e appollaiarsi ed impedire la creazione di condizioni di stress e paura (D. Lgs. 267/2003).

### *Inquinamento Acustico*

Nel D.lgs. 267/2003 viene approfondito il tema riguardante la presenza e formazione di suoni e rumori in allevamento. Secondo il Decreto: “Il livello sonoro deve essere ridotto al minimo possibile e si devono evitare rumori di fondo o improvvisi. La costruzione, l'installazione, la manutenzione e il funzionamento dei ventilatori, dei dispositivi di alimentazione e di altre attrezzature devono essere tali da provocare il minimo rumore possibile.”

L'apparato uditivo di questi animali è sviluppato per percepire suoni con frequenza pari ed inferiore a 20Hz con circa 40-80db. La sensibilità risulta essere massima però con rumori compresi tra 400 e 4000Hz e 20db (Temple et al., 1894).

In allevamento viene consigliato dall'EFSA (2023) di mantenere livelli di rumore sotto i 72db in modo da evitare situazioni di stress e paura negli animali.

La gallina ovaiole ha una buona capacità di adattamento nei confronti di determinati livelli di rumore (Bright e Johnson, 2001). È necessario comunque eliminare o ridurre al minimo qualsiasi fonte di rumore, in modo tale da prevenire stress negativi (paura-indotti) che potrebbero indurre nell'animale/negli animali determinate reazioni e comportamenti pericolosi (esempio il piling). È necessario quindi che le scelte di progettazione e di gestione dell'aviario siano fatte tenendo in considerazione anche le fonti di inquinamento con lo scopo di ridurle al minimo (Chlouplek et al., 2009).

## 5. Comportamento e benessere della gallina ovaioia

### 5.1. Introduzione all'etologia della gallina ovaioia

L'etologia animale è quella branca della scienza (biologia e zoologia) che studia il comportamento animale. I comportamenti naturali di una specie sono l'insieme dei comportamenti che permettono di garantire l'omeostasi e quindi la sopravvivenza dell'organismo (Ferrante e Lolli, 2009). Per omeostasi si intende il mantenimento di determinate condizioni, principalmente interne ma anche esterne dell'individuo tramite la combinazione di molteplici fattori. L'assunzione di cibo e di acqua, la regolazione della respirazione, del battito cardiaco e la regolazione della temperatura sono un esempio di risposte che l'animale attua per mantenere in equilibrio fisiologico il corpo. Il manifestarsi di un determinato comportamento ed il suo completamento in maniera completa e corretta generalmente portano l'appagamento del bisogno e la riduzione dello stress generato dallo stesso bisogno.

È dimostrato come nelle diverse specie animali, i comportamenti siano principalmente associati ad uno specifico intervallo di tempo durante la giornata con differenze di specie e di razza. Nel caso degli avicoli, ad esempio, l'assunzione di cibo viene maggiormente osservata durante le prime e le ultime ore della giornata (Ferrante e Lolli, 2009), il bagno di sabbia (Figura 22) maggiormente nel pomeriggio, mentre la pulizia delle piume tramite becco durante tutta la giornata con picchi all'alba ed al tramonto.



*Figura 22. Bagno di sabbia (da [www.animalissimo.com](http://www.animalissimo.com), 2021)*

L'allevamento degli animali inevitabilmente porta alla modifica del loro ambiente di vita rispetto all'habitat naturale conseguenza del fatto che vi è la necessità di contenere il gruppo in aree specializzate al fine di una migliore e più comoda gestione (protezione da patogeni e predatori, separazioni dei sessi e isolamento degli animali nelle diverse fasi del ciclo produttivo). La conseguenza di questo generalmente è una minore libertà comportamentale che può portare l'animale e il gruppo a condizioni di stress anche grave (caso della gabbia convenzionale per le galline ovaioie). Attualmente, grazie alla sempre maggiore pressione da parte del consumatore, dell'opinione pubblica e del Parlamento europeo,

e di conseguenza con il legislatore nazionale, l'attenzione nei confronti di questi ultimi aspetti è sempre più importante. Nella ricerca e nella progettazione degli allevamenti avicoli è rilevante quindi soffermarsi e analizzare tutte quelle caratteristiche, intrinseche ed estrinseche dell'allevamento, in grado di condizionare la vita degli animali in modo tale da raggiungere e mantenere alti i livelli di benessere e di salute (Giersberg Mona e Rodenburg Bas, 2023). Oltre alla volontà e al pensiero del singolo allevatore (che può essere più o meno a favore di determinate pratiche) ci sono attualmente innumerevoli leggi che cercano di tutelare le condizioni di vita degli animali e la loro salute. Per la protezione della gallina ovaioia negli allevamenti italiani, come riferito nel Cap.2, è presente il D.lgs. del 19 luglio 2003 n.267.

La specie *Gallus gallus domesticus* è un animale sociale, caratterizzato da continue e periodiche interazioni di gruppo. In natura, gli stormi sono composti da un numero variabile di individui compreso tra 5 e 30 animali (generalmente 1-2 galli, 8-20 galline ed eventuali giovani); come per molte altre specie il numero del gruppo dipende da un insieme di fattori quali le risorse (cibo e acqua), la presenza di predatori e/o di altri gruppi. In natura un gruppo presenta un home range non esclusiva e quindi potenzialmente sovrapponibile con quella di altri gruppi. Questa sovrapposizione il più delle volte non comporta fenomeni di aggressività tra i soggetti appartenenti a gruppi diversi (Keeling, 2002). È dimostrato infatti che l'evitarsi (comportamento atto ad eludere lo scontro fisico diretto) tra soggetti appartenente a diversi gruppi risulta essere maggiormente adottato quando animali "sconosciuti" si incontrano. Se i gruppi sono molto numerosi, i singoli individui non riescono a riconoscere tutti gli animali del gruppo ed in questo caso i vari soggetti riconoscono lo status dell'altro individuo tramite alcune caratteristiche morfologiche; questo permette il più delle volte di evitare lo scontro diretto grazie alla comprensione dell'eventuale pericolosità dell'avversario (Wood-Gush, 1955).

All'interno di un gruppo naturale (animali allo stato brado o allevati con metodo di gestione "allevamento da cortile" quindi con elevate superficie disponibile per capo) è presente una gerarchia di dominanza definita "Peck Order" (Richard e Linda, 2003). In allevamento intensivo i dati raccolti dimostrano che la creazione di una gerarchia sia presente in gabbie/voliere contenenti un numero di individui compreso tra 20 e 120 animali. Nel caso di numeri più grandi, il peck order (ordine di beccata) non sempre viene stabilito tra gli animali e le interazioni di gruppo si limitano alla vocalizzazione e al movimento all'interno dell'aviario in specifiche aree della struttura (Lewis, 2022).

La capacità della gallina ovaioia di riconoscere un conspecifico sembra mantenersi fin tanto che la dimensione del gruppo non supera i 90 soggetti; per questo motivo i gruppi di allevamento dovrebbero essere composti da un numero non troppo elevato di capi in modo tale da limitare fenomeni di stress da "soggetto sconosciuto" (Kilgour et al., 1984).

Affinché gli animali siano in una buona condizione di benessere è necessario ricreare tutte quelle condizioni ambientali che permettono agli animali di mettere in pratica e completare determinati comportamenti classificati dall'etologia come "bisogni" veri e propri. È necessario quindi comprendere

e conoscere, per ogni singola specie allevata, l'etogramma specie specifico in modo da poter garantire agli animali la possibilità di manifestarlo pienamente (Bouissou, 1992).

L'etologia classifica i comportamenti in due gruppi: il primo gruppo sono quelli definiti "comportamenti innati" che fanno parte della natura intrinseca dell'animale (de Haas et al., 2017), come la necessità di cibarsi, di riprodursi o di accudire la prole mentre il secondo gruppo comprende i comportamenti che derivano da "stimoli esterni" che generano una reazione nell'animale di solito prima involontaria e poi volontaria. Un esempio di stimolo esterno è l'avvistamento di un predatore che scaturisce nell'animale preda un insieme di reazioni fisiologiche naturali che preparano l'animale in pochissimo tempo all'eventuale fuga (Sjaastad, 2013). L'attivazione del sistema nervoso autonomo agisce in maniera involontaria (senza volontà dell'animale) modificando l'omeostasi dell'organismo. Lo stimolo esterno viene percepito dagli organi di senso che comunicano con il sistema nervoso centrale il quale genera una serie di risposte (Sjaastad et al., 2013); la variazione della frequenza cardiaca, della frequenza respiratoria, l'aumento o la diminuzione del diametro dei vasi (vasocostrizione o vasodilatazione in base all'organo preso in considerazione) sono una serie di cambiamenti che il corpo mette in atto per essere pronto in un lasso di tempo molto breve.

L'uomo nei confronti di questi animali, riconosciuto come predatore, genera per il più delle volte delle reazioni di paura scatenanti panico e fuga (Carenzi e Panzero, 2009). Come richiesto dal D.lgs. del 19 luglio 2003 n.267, gli operatori sono tenuti a mantenere atteggiamenti tranquilli ed evitare movimenti bruschi e la creazione di rumori e suoni che potrebbero spaventare inutilmente gli animali causando in primis condizioni di stress e nei casi più gravi traumi e ferite. Inoltre, secondo Carenzi e Panzero (2009), condizioni di paura croniche nei confronti dell'uomo in allevamento sono in grado di influire negativamente sulla produzione.

## 5.2. Etologia e fabbisogni comportamentali

Le galline (come qualsiasi altro animale) necessitano di eseguire e completare determinati comportamenti specie specifici. Questo permette all'animale di soddisfare i propri bisogni e allo stesso tempo favorire il mantenimento della salute evitando così l'istaurazione condizioni croniche stressanti e comportamenti stereotipati che nel lungo periodo possono rivelarsi dannosi per l'animale (Hemsworth e Edwards, 2020). Secondo l'EFSA (2012) il benessere animale è una condizione multifattoriale, composta quindi da innumerevoli fattori di uguale importanza. L'allevatore secondo questa definizione non può cercare di compensare uno squilibrio aumentando o diminuendo uno o più fattori apparentemente legati, ma deve intervenire modificando il fattore problematico (es. aumentare la dose di cibo se la temperatura risulta essere troppo bassa non è la soluzione al problema, ma l'unica cosa che può essere fatta è quindi modificare le condizioni ambientali riscaldando l'ambiente). Dalla definizione dell'EFSA riguardante il benessere animale si comprende come il sistema di allevamento che permette maggiormente di intervenire su più fattori e quindi raggiungere condizioni ideali di allevamento sia

composto dall'insieme dei sistemi alternativi descritti nel Cap. 3. L'aspetto critico è quindi quello di riuscire ad interpretare le esigenze comportamentali degli animali e fornire loro tutti gli elementi e le condizioni necessarie per favorirli ed evitare situazioni pericolose.

Dalla gabbia convenzionale fino ai sistemi alternativi sono state innumerevoli le modifiche che sono state apportate agli allevamenti soprattutto tramite l'aggiunta di elementi arricchenti e la diminuzione delle diverse densità di allevamento. Queste scelte si sono basate sullo studio dell'ambiente naturale e sull'etogramma completo della specie *Gallus gallus domesticus* in modo tale da ricreare delle condizioni ottimali per le galline. Ogni elemento presente all'interno dei sistemi, infatti, è studiato appositamente per permettere agli animali di mettere in pratica determinati comportamenti.

La diminuzione della densità di allevamento da circa 18 galline/m<sup>2</sup> (550cm<sup>2</sup>) nelle gabbie fino a 9galline/m<sup>2</sup> nei sistemi alternativi ha permesso agli animali di aumentare i movimenti sia su scala ridotta (apertura delle ali, stiramento degli arti, inarcamento della colonna vertebrale e tutti i comportamenti) sia su larga scala come la locomozione, il balzo ed il volo (seppur questi ultimi limitati alle caratteristiche della struttura). L'arricchimento ambientale unito alla diminuzione della densità e l'aumento degli spazi accessibili per gli animali hanno permesso agli stessi di aumentare notevolmente il repertorio comportamentale (Ferrante e Lolli, 2009). Il bagno di sabbia/polvere è un comportamento fisiologico messo in atto grazie alla presenza di una lettiera composta da un substrato idoneo e ben asciutto e la sua esecuzione permette agli animali di gestire correttamente il piumaggio mantenendolo in buone condizioni (Scalabrin, 2007). Anche altri comportamenti concorrono al mantenimento della salute del piumaggio stesso come lisciarsi le penne (preening), sbattere le ali, stirarsi e arruffare le piume (Ferrante e Lolli, 2009); gli stessi autori dichiarano come la frequenza massima complessiva di esecuzione è stata riscontrata negli allevamenti presentanti una densità di pochi animali a metro quadro e la durata del comportamento sia influenzata dalle condizioni della lettiera, dal fotoperiodo, dalla temperatura ambientale, dalla luminosità e alla vista di altri animali che eseguono il medesimo comportamento. In casi particolari è stato riscontrato l'esecuzione del bagno di sabbia "a vuoto", cioè in una zona della struttura non idonea come il fondo in rete zincata nel caso in cui la lettiera non risulti sufficientemente grande per tutti gli animali; questo spiegherebbe l'elevato stimolo innato nell'eseguire questo comportamento (Ferrante e Lolli, 2009).

La lettiera, oltre a permettere l'esecuzione dei comportamenti appena elencati risulta essere un elemento arricchente molto apprezzato dalle galline; in natura, infatti, oltre che essere delle prede, questi animali sono anche dei predatori soprattutto di insetti e piccoli invertebrati oltre che ghiotti di semi, germogli e radici. Queste risorse vengono ricercate tramite il comportamento del "razzolamento", cioè un alternarsi tra raspare con gli arti inferiori ed il beccare a terra.

L'appollaiarsi ad un livello rialzato dal terreno risulta un altro comportamento molto importante che genera nell'animale condizioni ridotte di stress soprattutto se lo stesso viene garantito anche di notte.

Al crepuscolo, infatti, sia in condizioni naturali che in allevamento (dove possibile), gli animali prediligono un ricovero sopraelevato, istinto innato per difendersi dai predatori. In assenza di tali



strutture, il riposo a terra può determinare una condizione di stress cronico che nel lungo periodo può influenzare negativamente le condizioni di benessere degli animali e, di conseguenza, la produzione. La ricerca di una posizione rialzata è stata riconosciuta dall'EFSA come comportamento innato e questo fabbisogno deve essere soddisfatto e garantito tramite degli elementi arricchenti anche in allevamento. La legislazione impone infatti l'inserimento di trespoli e posatoi con una disponibilità minima di 15 cm per capo. Nel caso di sistemi alternativi, i posatoi non devono sovrastare la lettiera e devono trovarsi a una distanza orizzontale di almeno 30 cm tra posatoio e posatoio mentre la posizione orizzontale fra posatoio e parete deve essere di almeno 20 cm (Direttiva 1999/74/CE, Art. 4). Secondo alcuni studi, anche in assenza di predatori, come nel caso degli allevamenti al chiuso, è facile riscontrare una sincronia comportamentale che favorisce e garantisce maggiore sicurezza negli animali.

L'allevamento della gallina ovaiole non è esente da comportamenti classificati come aggressivi. È stato infatti dimostrato che questi comportamenti possono essere causati sia dai singoli individui sia dal gruppo e la loro origine è multifattoriale. La selezione genetica, le esperienze negative e la presenza di fattori ambientali non idonei, come la temperatura, l'umidità, rumori improvvisi, un'illuminazione errata, l'eccessiva densità e/o a situazioni di noia o mancanza di stimoli esterni possono determinare negli animali reazioni violente. La noia è frutto di ambienti privi di stimoli o situazioni in cui l'arricchimento risulta essere poco stimolante per gli animali. Nei gruppi piccoli, è presente una gerarchia stabile con galline subordinate e galline dominanti che limitano gli episodi di aggressività. Nei grandi gruppi, l'assenza di gerarchie viene sostituita dalla valutazione morfologica di determinate caratteristiche. Nei gruppi numerosi è facile confondere un'aggressione con un comportamento di "gentle feather pecking". La beccata in questo caso non è diretta alla testa o alla cloaca (target del comportamento aggressivo), ma ad una parte del corpo diversa. In quest'ultimo caso, quindi, non può essere trascurata la capacità dell'allevatore di classificare in maniera corretta questi comportamenti che risultano essere fisiologico e sociale per stabilire un ordine di beccata ed una gerarchia (Sjaastad et al., 2013). Quando l'aggressività e il feather pecking sfociano nel cannibalismo (beccata delle piume della testa e occhi e beccata della cloaca esposta dopo la ovideposizione con ingestione di tessuto) è possibile anche che gli animali si feriscano fino alla morte (Rodenburg et al., 2008). Nel suo complesso i comportamenti aggressivi in allevamento sono una delle maggiori cause di perdite economiche per l'allevatore che si vede costretto ad intervenire ed isolare gli animali più deboli (Ferrante e Lolli, 2009). Fino a non molto tempo fa l'approccio alla selezione genetica e al miglioramento genetico veniva fatta esclusivamente tenendo in considerazione le caratteristiche fenotipiche degli animali, limitandosi ai soli dati inerenti alla produzione. Solo di recente la scelta dei riproduttori viene effettuata anche osservando le dinamiche del gruppo di selezione oltre che alla capacità degli animali nell'adattarsi a diverse condizioni di allevamento. Vengono quindi considerate le interazioni ed i comportamenti che avvengono all'interno di un gruppo e quindi la propensione del singolo a determinati comportamenti anomali (Flisikowski et al., 2009). Scartare i soggetti che si dimostrano non idonei (aggressivi, impauriti, agitati e poco propensi all'adattamento nei diversi sistemi di allevamento) incide positivamente sulla riduzione

dei fenomeni violenti e pericolosi, quali il cannibalismo, prevenendo così tutte le problematiche che ne derivano. Complessivamente però l'aggressività e la sottomissione dei diversi animali sono delle espressioni comportamentali molto complesse e difficili da decifrare; possono dipendere da differenze genetiche tra razze oppure tra i singoli individui come lo sviluppo cerebrale nelle diverse fasi di sviluppo (fase prenatale, natale e post-natale). Allo stesso tempo anche il metabolismo ormonale, le condizioni di allevamento quali l'alimentazione, la densità, il tipo di allevamento, la presenza di sessi differenti ed il manifestarsi di stimoli esterni negativi per l'animale (suoni, illuminazione e dolore) possono influire sull'aggressività (Queiroz e Cromberg, 2006). In allevamento sono stati riscontrati due comportamenti molto pericolosi che il loro verificarsi causa molti danni all'allevatore; il primo è il cannibalismo mentre il secondo è il piling definito anche come ammassamento.

Il cannibalismo è uno dei comportamenti più pericolosi che possono essere messi in atto in allevamento e consiste nell'aggressione da parte di 1 o più individui nei confronti del singolo con attacchi mirati alle piume e parti del corpo quali testa (principalmente gli occhi), ali, dorso e zona cloacale. L'animale colpito nei casi più estremi può soccombere mentre nei casi meno gravi, dove l'animale colpito non muore ma rimane ferito (Figura 23), vi è una perdita economica per l'allevatore e l'animale richiede delle cure specifiche per guarire. È fondamentale in questo caso l'intervento umano per separare l'animale ferito e curarlo, in modo tale da bloccare un'eventuale aggressione che potrebbe rivelarsi fatale (Newberry, 2004).



**Figura 23.** Gallina soggetta a cannibalismo. (Tutto Sulle Galline, 2018).

Il secondo comportamento pericoloso che si può verificare durante l'allevamento della gallina ovaioia è il "piling" (Figura 24), termine paragonabile alla traduzione italiana di ammassamento. Secondo la letteratura questo comportamento avviene esclusivamente nei "sistemi senza gabbia" (cage free) ed è un fenomeno che da sempre preoccupa il settore avicolo, a causa delle ripercussioni che genera sugli animali come stati di stress elevati, traumi/fratture e nei casi più gravi la morte (Armstrong D. et al., 2023). Secondo l'etologia, tale comportamento viene classificato come anomalo e pericoloso per gli animali (Gray et al., 2020). Il "piling" è un fenomeno che si concretizza con l'ammassamento, in una

determinata area dell'allevamento, di un numero elevato di animali (variabile in base alla tipologia di piling) causando un aumento della densità animale durante tutta la manifestazione del comportamento. La conseguenza dell'elevata densità è la modifica di determinati valori ambientali quali l'aumento della temperatura, l'aumento della concentrazione di CO<sub>2</sub> nell'area interessata e allo stesso tempo la diminuzione dell'O<sub>2</sub>. Una variazione significativa di CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>, più precisamente aumento della CO<sub>2</sub> e diminuzione del O<sub>2</sub>, può portare a fenomeni di soffocamento esponendo gli animali a livelli di stress molto importanti che possono incidere sulla salute dell'animale (apparato respiratorio e immunitario) oltre che sul benessere e sulla produzione. Il "piling" è un comportamento che non deve essere confuso con altri comportamenti ma presenta delle peculiarità che lo contraddistinguono. Vi possono essere infatti delle situazioni ambigue ma riconoscibili che avvengono durante la giornata in cui vi è un aumento della densità animale in una determinata area dell'aviario ma quest'incremento è dovuto ad una serie di azioni effettuate dai singoli, come ad esempio il razzolamento che causa negli animali vicini curiosità ed interesse. Nel caso del piling invece gli animali, una volta ammassati, risultano immobili e schiacciati un contro l'altro. Se si osserva dal vivo o tramite video risulta quasi impossibile identificare tutti gli animali a causa dell'elevata densità. Il pericolo risiede nel fatto che alcuni soggetti non riescono ad emergere con il collo dalla massa (quindi con l'apparato respiratorio) e si trovano nascosti sotto i conspecifici ed incapaci di respirare aria (Gray et al., 2020).

Le cause scatenanti non sono ad oggi totalmente comprese; vi sono diversi studi che cercano di identificare le possibili relazioni ed i possibili fattori.

L'etologia suddivide il piling in tre differenti tipologie, caratterizzate da aspetti quali, il numero di animali coinvolti, l'area di origine in allevamento e le conseguenze quali la morte e le possibili ferite riportate (Bright e Johnson, 2011).

La prima tipologia è il piling nel nido ed è caratterizzata dall'ammassamento di molti animali in prossimità di tale struttura. Il problema nasce dal fatto che la formazione del gruppo (elevata densità) avviene in un'area incapace di contenere grandi numeri; tali strutture non presentano infatti le capacità volumetriche per un numero così elevato di soggetti (Bright e Johnson, 2011).

La seconda tipologia di piling è quella da panico; in questo caso l'ammassamento avviene dopo un evento/episodio che genera della paura e del panico negli animali. Le cause possono essere un rumore forte, oppure l'interazione improvvisa tra uomo o un altro animale (generalmente un predatore se il sistema di allevamento è all'aperto) che causano nella gallina una reazione improvvisa. Questa tipologia risulta essere la più pericolosa perché coinvolge un gran numero di animali, fino a qualche centinaio (pari al 4-5% del numero totale del gruppo) e generalmente avviene a ridosso delle pareti o degli angoli (Campbell et al., 2016)

L'ultima tipologia è il piling reiterativo e risulta essere la meno pericolosa. Si riconosce perché avviene in aree differenti della struttura senza un motivo logico. Si riconosce perché la creazione dell'ammassamento (gruppo di galline) avviene in tempi molto lunghi anche 5-10 minuti per poi completarsi in un arco di tempo breve (circa 20 minuti). I fattori scatenanti, anche in questo caso, non

sono ancora totalmente compresi, ma si presume siano legati alle condizioni ambientali dell'aviaro quali la temperatura, l'umidità, la tipologia e lo stato della lettiera, il movimento dell'aria e improvvisi cambi di illuminazione (Gray et al., 2020). È stato ipotizzato che il grado di stress degli animali incida sulla probabilità di avviare il piling reiterativo; seguendo questa logica, l'aumento del benessere animale e quindi la riduzione di stati di stress cronici dovrebbero ridurre la creazione di tale comportamento (Gray et al., 2020).



**Figura 24.** Comportamento “piling”, si può osservare l’elevata densità degli animali e l’impossibilità di distinguerli singolarmente; Videoregistrazione Azienda sperimentale “L. Toniolo”, 2024

## Obiettivi

Il miglioramento delle condizioni di allevamento e del benessere animale è una condizione sempre più richiesta dal mercato, soprattutto dai consumatori. L'eliminazione in determinate aree del mondo della "gabbia convenzionale" ha permesso di aumentare le condizioni di benessere degli animali durante il loro allevamento e di diffondere sistemi, definiti "sistemi alternativi", in grado di dare all'animale una maggiore libertà di movimento, una maggiore libertà comportamentale e una maggiore libertà sociale e di interazione con i conspecifici.

È necessario però comprendere a pieno quali possono essere eventuali problemi associati all'uso di sistemi alternativi per una corretta progettazione e successiva gestione. È fondamentale, infatti, garantire corrette condizioni climatico-ambientali in tutto l'aviario (piano terra, eventuali piani se presenti, nidi, angoli e zone marginali) e prevenire eventuali comportamenti aggressivi che si possono manifestare grazie ad una maggiore libertà di movimento. I principali comportamenti aggressivi fanno riferimenti a situazioni agonistiche che avvengono durante l'allevamento degli animali; il problema nasce dal fatto che durante questi eventi alcuni animali possono rimanere feriti e nei casi più gravi uccisi; questo porta a delle gravi perdite produttive oltre che ad una riduzione del benessere degli animali stessi.

Fatta questa premessa, la presente tesi sperimentale è stata realizzata con l'obiettivo di valutare i possibili effetti delle diverse condizioni ambientali all'interno di un allevamento ad aviario di galline ovaiole in relazione al comportamento e alla distribuzione degli animali nella struttura multilivello utilizzando un sistema di sensori di tipo sperimentale.

## Materiali e metodi

### 6. Approvazione etica

L'Organismo per la Protezione del Benessere Animale (OPBA) ha approvato la sperimentazione effettuata da parte dell'Università di Padova (project 28/2020; Prot. n. 204398). Nella gestione degli animali sono stati rispettati i principi sanciti dalla Direttiva EU 2010/63/EU inerente alla protezione degli animali allevati a fini sperimentali e scientifici. L'accudimento degli animali è stato curato da dottorandi e studenti delle lauree triennale e magistrale del corso di Scienze e Tecnologie animali, oltre che al personale veterinario di stalla.

### 7. Strutture di stabulazione

#### 7.1. Localizzazione

La prova si è svolta all'interno dell'Azienda Agraria Sperimentale "L. Toniolo" dell'Università di Padova presso la struttura (Figura 25) dedicata all'allevamento delle galline ovaiole. La stessa, opportunamente attrezzata da Officine Facco, presenta una voliera disposta su tre piani (oltre che il pavimento a terra), articolata in otto moduli separati (dimensione singolo modulo 2,50 m x 2,44 m x 2,83 m, 17,26 m<sup>3</sup> per modulo), ciascuno dei quali ospitava un numero di animali pari a 225, per una densità di 9 galline/m<sup>2</sup> di superficie utile a disposizione (inclusa la superficie dei piani dell'aviario).

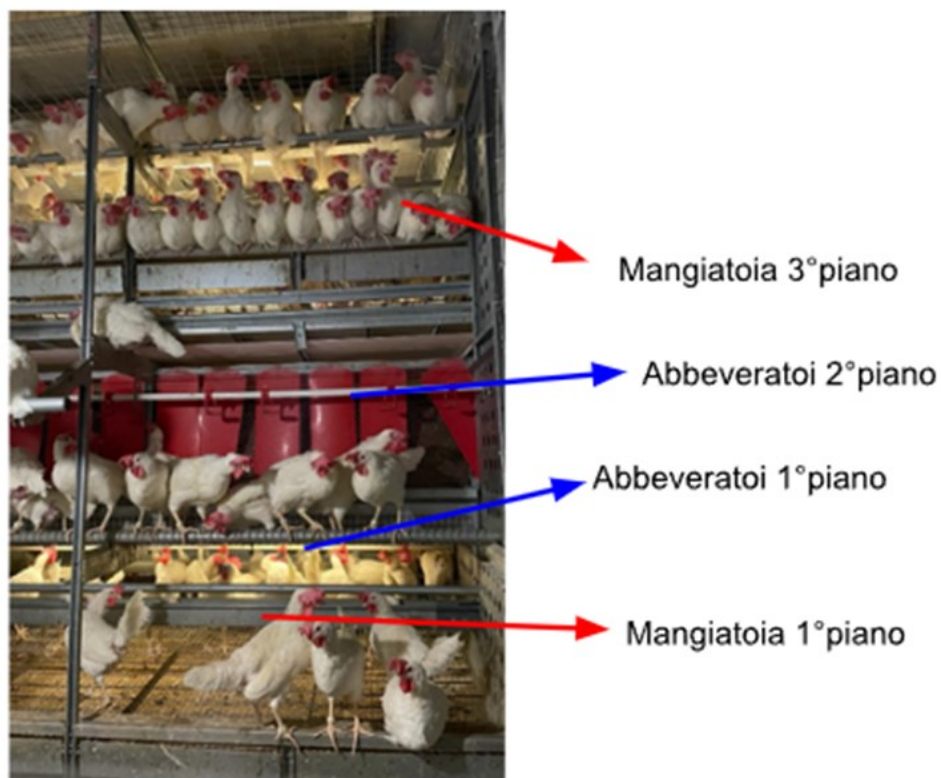


**Figura 25.** Stalla adibita all'allevamento delle galline ovaiole presso l'azienda agraria sperimentale "L. Toniolo" dell'Università degli Studi di Padova.

## 7.2. Struttura dell'aviario

L'aviario, costituito da tre piani in rete, era collocato al centro della struttura in modo da lasciare una superficie esterna alla voliera idonea per la realizzazione di un corridoio adibito al passaggio del personale e facilitare la visione di tutti gli spazi di allevamento per una attenta gestione degli animali in tutti i moduli.

Ogni singolo modulo era equipaggiato con due file di mangiatoie lineari, azionate automaticamente, presenti al primo e terzo livello e abbeveratoi a goccia distribuiti su due file al 1° piano e una fila singola al 2° piano (per un totale di 3 file), come si può vedere dalla Figura 26.



**Figura 26.** *Disposizione delle mangiatoie e degli abbeveratoi, per un totale di 2 mangiatoie e 3 abbeveratoi per singolo modulo di allevamento.*

Al secondo piano erano collocati 32 nidi collettivi negli 8 moduli (1 nido ogni 60 animali e superficie del nido pari  $0,51 \text{ m}^2$ ), rispettivamente 4 nidi per modulo, disposti a coppie specularmente (due nidi speculari in ciascun modulo), con accesso schermato da tendine in plastica, osservabili nella Figura 27; al fine di mantenere l'ambiente di ovideposizione il più tranquillo possibile ed evitare la creazione di condizioni stressanti per gli animali. Inoltre, i nidi erano progettati per avere un'illuminazione autonoma rispetto al resto dell'impianto e un sistema di espulsione delle galline per la chiusura degli stessi.



*Figura 27. Disposizione dei nidi, posizionati al secondo piano in ogni modulo. Si può osservare le tendine di colore rosso per la separazione dei nidi per la creazione di un ambiente separato e tranquillo.*



*Figura 28. Fondo del nido. Si può osservare la presenza di un tappetino in materiale plastico definito astroturf.*

Il fondo del nido, come si può vedere nella Figura 28, era costituito da un tappetino in materiale plastico con setole alte 10 mm. Il pavimento degli stessi nidi per facilitare la raccolta delle uova nella sezione centrale della struttura aveva una pendenza tale da far confluire le uova appena deposte verso il centro ed impedire possibili contaminazioni fecali (uova sporche) o rotture. Le uova appena deposte, grazie alla gravità e all'inclinazione, rotolavano sopra il nastro trasportatore consentendo così il trasferimento delle stesse alla testata dell'aviario.

L'ambiente di allevamento era arricchito con diversi elementi, tra cui alcuni trespoli, il pavimento che fungeva da lettiera e rampe per facilitare e stimolare il passaggio degli animali tra i diversi spazi messi a disposizione. La struttura era attrezzata con diversi trespoli che permettono alle galline di appollaiarsi durante il giorno, ma soprattutto trovare un ricovero per la notte in modo da posizionarsi ad un livello superiore rispetto al terreno garantendo maggiore comfort agli animali stessi. I trespoli presentavano diversa lunghezza, cioè pari a 1,35m in numero pari a due esterni alla struttura, sfalsati al primo e secondo piano, altri trespoli invece installati internamente alla struttura disposti sopra le mangiatoie, oltre che davanti e dietro alle stesse per facilitare la prensione dell'alimento. Questi ultimi erano di lunghezza pari a 2,44m. Altri ancora di diversa lunghezza erano posizionati al terzo piano.

Tra i vari livelli era presente un sistema per la raccolta delle deiezioni e l'allontanamento delle stesse; anche in questo caso, come per le uova, era costituito da nastri trasportatori in grado di scorrere sulla parte sottostante dei piani e dei raschietti precisamente installati per la rimozione della pollina a terra



sotto l'avriario. Un secondo nastro trasportatore, posizionato perpendicolarmente alla struttura, era installato con lo scopo di allontanare esternamente alla stalla l'intera materia organica prodotta.

La gestione dell'illuminazione (fotoperiodo e quantità), della distribuzione di acqua e alimento, dell'apertura e chiusura dei nidi, della pulizia dei nastri (piani) e dell'azionamento dei raschiotti, oltre che per l'attivazione del nastro trasportatore per la raccolta uova, per tutto l'arco della sperimentazione era regolata automaticamente grazie ad una centralina di automazione installata in un locale adiacente alla voliera. In questa stanza inoltre era presente un sistema informatico per la raccolta delle registrazioni video e audio e per il controllo degli stessi sistemi informatici, oltre che la documentazione degli studi sperimentali in corso.



*Figura 29. Struttura dell'avriario suddiviso in moduli. Si può osservare la disposizione e la diversificazione dei 3 piani ed il pavimento, facente da lettiera. Sono ben visibili in entrambi i moduli le tendine antecedenti i nidi (tendine rosse) e i vari elementi di arricchimento della voliera come trespoli presenti in ogni piano.*

Per il monitoraggio degli animali erano installate 48 telecamere “Infrared mini-dome 4 mp” con obiettivo fisso da 36 mm, risoluzione 1080 p, grado di protezione IP67 (HAC-HDW1220MP; Zhejiang Dahua Technology Co., Ltd.; Hangzhou, Cina) che consentivano la videosorveglianza in tempo reale degli animali. Le telecamere, come si può vedere nella Figura 30, erano disposte su un lato dell'avriario in maniera da consentire la visione degli animali a terra, sui piani, quindi 1°, 2° e 3° piano e all'interno dei nidi, oltre che un videoregistratore per la registrazione ed il salvataggio dei video stessi (visualizzati successivamente per la raccolta dei dati relativi a comportamento e posizione degli animali).



**Figura 30.** Immagini delle rispettive sei telecamere presenti per ogni modulo. In ordine partendo da sinistra in alto “piano terra”, destra in alto “primo piano”, sinistra in centro “secondo piano”, destra in centro “terzo piano”, sinistra in basso “nido 1” e destra in basso “nido 2”.

### 7.3. Condizioni ambientali e mantenimento

Durante la progettazione dell'aviaro è stato tenuto in considerazione la necessità di mantenere, nei periodi di stabulazione degli animali al fine di garantire un ottimale benessere, una temperatura il più possibile costante, variabile tra un valore minimo di 18°C ed un valore massimo di 25°C e un'umidità relativa compresa tra un range del 40% e del 60%. Questo è stato possibile grazie alla presenza di finestre per l'ingresso dell'aria ad apertura automatica (attivato dall'impianto automatizzato), oltre a ventilatori ad estrazione ed un cooling system responsabile del raffrescamento.

La stalla, inoltre, per garantire un costante fotoperiodo nelle diverse settimane (fondamentale per il mantenimento della produzione e della salute animale), è stata dotata di illuminazione esclusivamente artificiale impostata in base all'età delle galline e alla fase di ovideposizione.

### 7.4. Animali

Gli animali sono stati accasati a 17 settimane di età, più precisamente a 114 giorni dalla schiusa (12 ottobre 2023) e sono rimasti in allevamento fino alla macellazione commerciale avvenuta nel mese di giugno del 2024.

Le pollastre, appartenenti alla specie *Gallus gallus domesticus*, erano rispettivamente 1800 esemplari di ibridi commerciali, suddivise in 900 "Novogen Brown" e 900 "Novogen White" come si può vedere in Figura 31 (NOVOGEN S.A.S, Rue des Compagnons, Secteur du Vau Ballier, 22960, PLEDRAN, France).



**Figura 31.** Immagine di "Novogen Brown" sulla sinistra e immagine di "Novogen White" sulla sinistra (NOVOGEN S.A.S, Rue des Compagnons, Secteur du Vau Ballier, 22960, PLEDRAN, France)

Le galline sono state distribuite negli 8 moduli disponibili, collocando 225 galline per singolo modulo in modo da avere una densità di allevamento pari a 9 galline/m<sup>2</sup>; la suddivisione è stata effettuata mantenendo separati i due tipi di ibridi commerciali quindi 4 moduli contenenti ciascuno 225 di "Novogen Brown" e 4 moduli contenenti ciascuno 225 di "Novogen White".

Gli animali, utilizzati per la raccolta dei dati, sono stati sottoposti a registrazione e la prova oggetto della presente tesi ha avuto una durata complessiva di tre settimane, a partire da giovedì 17 gennaio 2024, data in corrispondenza della quale le galline avevano 210 giorni (31° settimana di età) fino a domenica 04 febbraio 2024, data in cui gli animali avevano raggiunto la 33° settimana di vita (229 giorni di età).

## 7.5. Gestione dell'ambiente e della struttura

La gestione del programma di luce è stata fatta sulla base dall'età delle pollastre alla data di accasamento (12 ottobre 2024) e il manuale dell'azienda produttrice delle pollastre per la loro corretta gestione. Secondo le linee guida, quando tali ibridi vengono allevati in un sistema che prevede l'utilizzo della voliera, è consigliato un sistema di spegnimento delle luci che simuli il tramonto in modo da incoraggiare gli animali a posizionarsi nelle zone rialzate dell'aviario. La creazione di un periodo di penombra di circa 15-30 minuti, garantisce loro il tempo di sistemarsi sui trespoli o sui piani ed evitare condizioni di panico causate dall'eventuale spegnimento immediato delle luci (D. Lgs. 267/2003, allegato A, punto 3); questo permette agli animali di trascorre il periodo di buio (minimo 8 ore per legge) appollaiati, ma soprattutto in una zona sopraelevate così da mettere in atto il comportamento naturale di cercare un ricovero in una posizione rialzata rispetto al terreno così da proteggersi dai predatori, conferendo agli animali maggiore tranquillità, miglioramento delle condizioni di benessere e riduzione dello stress.

Come detto precedentemente, la stimolazione luminosa è stata modificata tenendo in considerazione la curva di crescita degli animali fino ad arrivare al periodo del picco di produzione, cioè alla 26° settimane di età, data in cui sono state raggiunte le 16 ore di illuminazione.

Il programma di illuminazione nel corso della prova è stato modulato come indicato in Tabella 2 con effetto alba e tramonto.

**Tabella 2.** *Variazioni del programma luce durante la prova.*

Settimane di età	Luce aviario		Luce (h)	Buio (h)
	Accensione	Spegnimento		
17-18	7:00	19:00	12	12
19	7:00	19:30	12.5	11.5
20	7:00	20:00	13	11
21	6.00	20:00	14	10
22	5.30	20:00	14.5	9.5
23	5.00	20:00	15	9
24	4.30	20:00	15.5	8.5
25-26	4.00	20:00	16	8
27-fine	4:00	20:00	16	8

Nel corso della prova, la programmazione dell'apertura dei nidi (Tabella 3) e gli orari di somministrazione dell'alimento (Tabella 4), sono stati modificati in funzione delle modifiche del programma luce.

**Tabella 3.** *Variazioni del programma di apertura e chiusura dei nidi durante la prova*

Settimane di età	Orario (tutti i nidi)	
	Apertura	Chiusura
17-20	7:15	14:40
21	6.15	16:40
22	5.45	16:40
23	5.15	16:40
24	4.45	16:40
25-fine	4:15	16:40

**Tabella 4.** *Variazione degli orari di alimentazione durante la prova*

Settimane di età	Orario
17-20	7:30 – 9:30 – 14:30 – 16: 30
21	6:30 – 9:30 – 14:30 – 16:30
22	6:00 – 9:30 – 14:30 – 16:30
23	5:30 – 9:00 – 14:30 – 16: 30
24	5:00 – 8:30 – 14:30 – 16: 30
25-fine	4:30 – 8:00 – 13:30 – 16: 30

## 8. Rilievi sperimentali

### 8.1. Distribuzione degli animali

La valutazione nel numero di animali presenti nelle diverse aree dei singoli moduli è stata effettuata tramite due diversi sistemi di osservazione: dal vivo e tramite videoregistrazione (solo nel modulo 1 e modulo 2). Nel primo caso, direttamente in aviario, due operatori posizionati esternamente alla voliera lungo i due lati, osservavano la posizione degli animali in modo da valutare la distribuzione degli stessi e registrare i dati inerenti all'utilizzazione delle diverse parti della struttura (piani, trespoli, lettiera e rampe dove presenti); il tutto è stato effettuato una volta alla settimana dalle ore 10:00. Nel secondo

caso (principio identico della modalità dal vivo) è stata fatta la rilevazione della posizione degli animali tramite videoregistrazione (solo nei primi 2 moduli).

In entrambi i casi, è stato misurato il numero di animali presenti nelle diverse parti dell'aviaro; per facilitare la rilevazione, il modulo è stato diviso in 4 differenti parti (piano terra, 1° piano, 2° piano e 3° piano) e poi ulteriormente suddiviso in ulteriori sottostrutture; così facendo la fase di conteggio è stata schematizzata come si può vedere nella Tabella 5.

Da notare che non è stato possibile (dal vivo) conteggiare il numero di animali nei nidi in quanto la loro presenza al centro della struttura è schermata da tendine che impediscono agli osservatori un accurato conteggio; per questo motivo non è stata eseguita neppure una rilevazione tramite videoregistrazione.

**Tabella 5.** Descrizione delle aree dell'aviaro oggetto di conteggio del posizionamento degli animali.

<b>N° Piano</b>	<b>Parte del Piano</b>	<b>Descrizione della Parte del Piano</b>
<b>Piano Terra</b>	Intero piano terra	Limite pari alla linea perpendicolare al terreno del margine del 1° piano.
<b>1° Piano</b>	Trespolo davanti al 1° piano	Trespolo che mette in collegamento il “piano terra” con il “1° piano”.
	Trespolo interno al 1° piano	Trespolo posizionato al limitare del 1° piano.
	Rete piano prima metà / SX	Superficie del piano dal trespolo interno fino alla prima linea di abbeveratoi.
	Rete piano seconda metà / DX	Superficie del piano dal trespolo interno fino alla prima linea di abbeveratoi.
	Trespolo sopra la mangiatoia interna	Trespolo posizionato sopra la mangiatoia interna.
<b>2° Piano</b>	Rete davanti ai nidi	Rete davanti ai nidi per facilitare l'accesso alle galline ai nidi stessi ed evitare traumi da salti e cadute.
	Trespolo davanti al piano	Trespolo posizionato davanti al 2° piano che mette in collegamento il “2° piano” con il “3° piano”.
<b>3° Piano</b>	Trespolo interno al 2° piano	Trespolo posizionato al limitare del 3° piano.
	Trespolo davanti alla mangiatoia	Trespolo posizionato davanti alla mangiatoia alta del 3° piano.
	Trespolo dietro alla mangiatoia	Trespolo posizionato dietro alla mangiatoia alta del 3° piano.
	Trespolo sopra la mangiatoia bassa	Trespolo posizionato sopra alla mangiatoia bassa del 3° piano.
	Trespolo sopra la mangiatoia alta	Trespolo posizionato sopra alla mangiatoia alta del 3° piano.

## 8.2. Rilevazioni delle condizioni ambientali

Le rilevazioni delle condizioni ambientali sono state effettuate in tre cicli di rilevazione, suddivisi in periodi (settimane) composti da cinque giorni ciascuno con registrazioni da mercoledì a domenica. Ogni piano considerato significativo dal punto di vista delle condizioni ambientali (piano terra, 2° piano e 3° piano) è stato oggetto di rilevazioni (1 ciclo/settimana per piano; quindi, da mercoledì a domenica come si può vedere nella Tabella 6) e contemporaneamente anche di videoregistrazione (sempre da mercoledì a domenica). Anche in questo caso, sono stati considerati solo i moduli 1 e 2.

**Tabella 6.** Intervalli e durata dei rispettivi cicli di rilevazione delle condizioni ambientali

N° Ciclo	Piano	Durata	Data Inizio	Data Fine
I°	3° piano	5 giorni	17/01/2024	21/01/2024
II°	2° piano	5 giorni	24/01/2024	28/01/2024
III°	Piano Terra	5 giorni	31/01/2024	04/02/2024

La registrazione dei dati ambientali è stata effettuata in modo continuativo dalle 04:00 del mercoledì alle 21:00 della domenica; risulta necessario sottolineare che nella fascia oraria compresa tra le 08:00 e le 10:00 era possibile presenza di diversi operatori per la cura e la gestione degli animali. Sapendo questo è importante sottolineare per l'interpretazione dei risultati che i dati raccolti potrebbero essere stati alterati, e di conseguenza questi specifici dati possono risultare poco attendibili e quindi in fase di elaborazione sono stati esclusi dall'analisi statistica.

I sensori per la registrazione dei dati ambientali sono stati posizionati all'interno dell'aviario come si può osservare nella Tabella 7 (misure e punti di riferimento) e nella Figura 32 (posizione).

**Tabella 7.** Posizione dei sensori per la rilevazione delle condizioni ambientali.

Piano	Punti di riferimento
3° piano	270 cm da terra, 80 cm dal nido
2° piano	180 cm da terra, 80 cm dal nido
Piano Terra	10 cm da terra, 180 cm dal nido
Sensore Neutro	200 cm da terra, 200 cm da aviario



**Figura 32.** Posizione in aviario dei sensori per la rilevazione delle condizioni ambientali.

I sensori utilizzati hanno misurato le variabili ambientali specificate nella Tabella 8.

**Tabella 8.** Fattori ambientali rilevati dai sensori in dotazione.

<b>N° fattore rilevato</b>	<b>Fattore rilevato</b>
<b>1</b>	Temperatura
<b>2</b>	Umidità Relativa
<b>3</b>	Anidride Carbonica (CO <sub>2</sub> )
<b>4</b>	Idrogeno Solforato (H <sub>2</sub> S)
<b>5</b>	Ammoniaca (NH <sub>3</sub> )
<b>6</b>	Illuminazione
<b>7</b>	PM_1
<b>8</b>	PM_2.5
<b>9</b>	PM_4
<b>10</b>	PM_10
<b>11</b>	Ossidi di azoto (NO + NO <sub>2</sub> )
<b>12</b>	Composti Organici Volatili (VOC)
<b>13</b>	Intensità di Suono Media
<b>14</b>	Intensità Massima di Suono



### *Specifiche sensori per la rilevazione delle condizioni ambientali*

Per questo studio è stato utilizzato un apparato di monitoraggio della serie “N11-Air quality modello IBT-Systems del 2022” dell’azienda IBTSystems visibile in Figura 33 e nelle diverse componenti nella Figura 34. Questo strumento permette la raccolta delle variabili ambientali specificate in Tabella 8.

Il sensore è stato collegato ad una centralina che raccoglieva in tempo reale i dati e ogni 15 secondi li trasmetteva al cloud per il salvataggio e la conservazione degli stessi. Alla fine delle tre settimane di studio sono stati scaricati e utilizzati per l’analisi statistica descritta nel Cap.8.4.

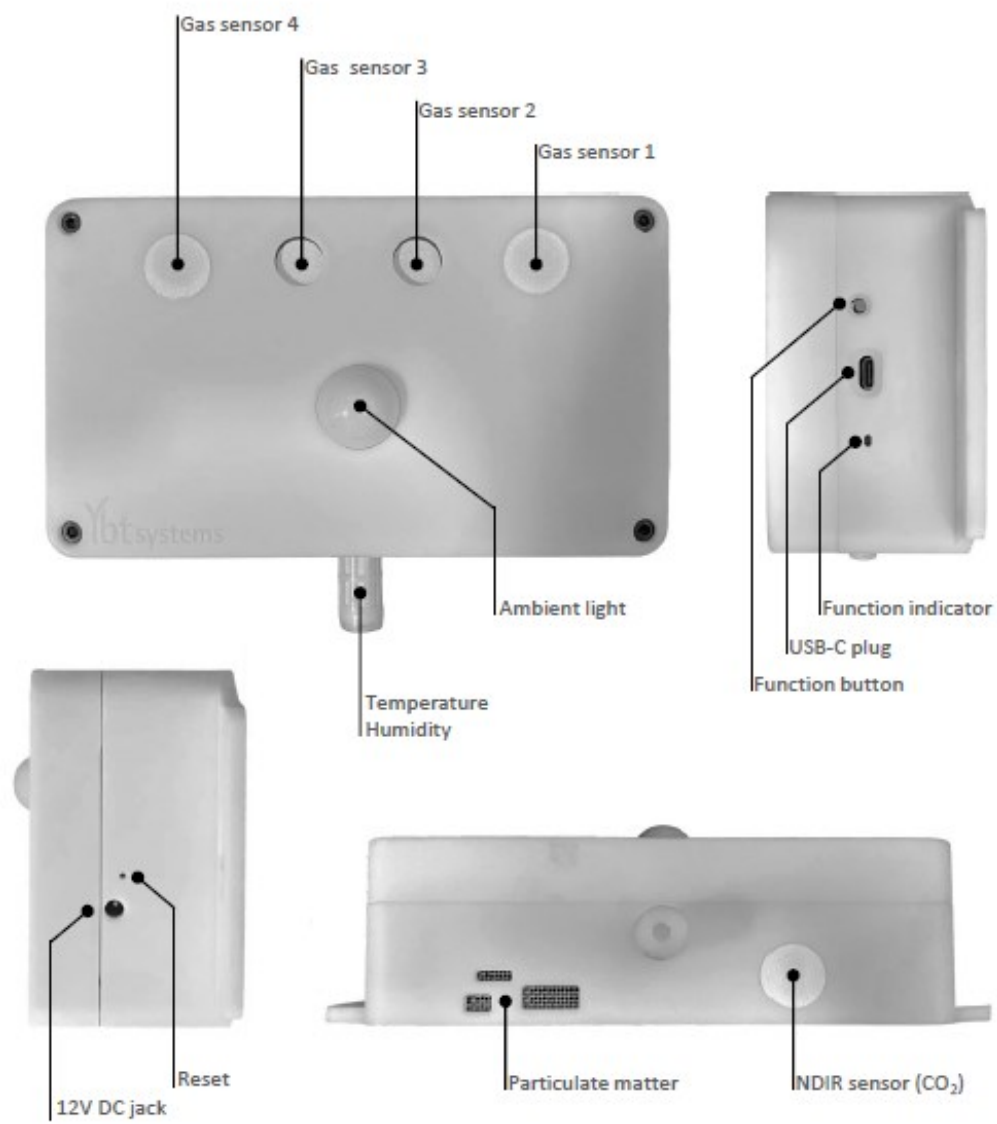


## **N11 – Air quality**

Air quality monitoring for indoor farms

**Figura 33.** Sensore serie “N11-Air quality IBT-Systems 2022” per la rilevazione delle condizioni ambientali elencate nella Tabella 8.

## SYSTEM DESCRIPTION



IBT Systems - 2022

5

**Figura 34.** *Differenti parti e sistemi di rilevazione del sensore serie "N11-Air quality IBT-Systems 2022" dell'azienda IBT-Systems per la rilevazione delle condizioni/fattori ambientali elencati nella Tabella 8.*

### 8.3. Analisi Statistica

La distribuzione delle galline (espressa come % delle galline osservate) a terra, nei diversi piani e sui trespoli dalle osservazioni delle video-registrazioni è stata sottoposta ad analisi della varianza (ANOVA) considerando come effetti principali il genotipo (Novogen White, Novogen Brown), l'ora di osservazione e la loro interazione utilizzando la procedura PROC GLIMMIX del SAS (SAS Institute, 2003).

Le variabili ambientali (esprese come media per ora) misurate dai sensori ambientali installati nell'aviaro sono state sottoposte ad ANOVA considerando come effetti principali il genotipo e l'ora di osservazione e utilizzando la procedura PROC GLM del SAS (SAS Institute Citation, 2013) Le differenze tra le medie con  $P \leq 0,05$  sono state considerate statisticamente significative.

La procedura PROC CORR del SAS (2013) è stata utilizzata per calcolare gli indici di correlazione e la probabilità fra le diverse variabili ambientali e fra queste e la distribuzione degli animali.

## Risultati e Discussione

### Distribuzione degli animali nell'aviario: analisi dei dati delle video registrazioni

La Tabella 9 riporta la distribuzione degli animali (% di animali osservati) nell'aviario rispettivamente al Piano Terra, Piano 1, Piano 2, Piano 3 e sui trespoli.

La distribuzione degli animali è risultata statisticamente diversa in funzione del genotipo. Al primo piano, la percentuale di galline NB è risultata superiore rispetto a quella delle galline NW (41,0% vs. 36,9%;  $P < 0,001$ ). A livello del piano 2, le galline NW risultano essere maggiormente presenti con un 13,1% mentre le galline NB con 8,05% ( $P < 0,001$ ). Anche sui trespoli è possibile osservare una maggiore presenza ( $P < 0,001$ ) delle galline NW rispetto a quelle NB (20,9% NW vs 17,0%NB). Sia i trespoli del piano 1 che i trespoli del piano 2 sono stati maggiormente occupati dalle galline NW con 4,41% (piano 1) e 4,35% (piano 2), mentre le galline NB con 2,52% (piano 1) e 1,99% (piano 2).

La percentuale di animali a livello del piano terra ( $P=0,017$ ) è a favore delle NB (28,1% contro un 25,9% delle NW) mentre a livello del piano 3 ( $P=0,099$ ) delle NW (24,1% contro un 22,9% delle NB).

**Tabella 9.** Effetto del genotipo (Novogen Brown e Novogen White) sulla distribuzione degli animali in due moduli di un aviario sperimentale espressa in percentuale del totale degli animali visibili nei video registrati per 24 h in tre giornate (media dei dati relativi ad una giornata per settimana di età delle galline, i.e. 31, 32 e 33 settimane; osservazioni riferite a 10 secondi ogni ora).

	Genotipo		Pvalue
	Rosse	Bianche	
Osservazioni (n)	204	204	
Terra (% galline visibili)	28,1	25,9	0,017
Piano 1 (% galline visibili)	41,0	36,9	<0,001
Piano 2 (% galline visibili)	8,05	13,1	<0,001
Piano 3 (% galline visibili)	22,9	24,1	0,099
Trespoli (% galline visibili)	17,0	20,9	<0,001
Piano 1	2,52	4,41	<0,001
Piano 2	1,99	4,35	<0,001

La Figura 35 mostra la distribuzione degli animali (%) nella struttura (Piano terra, Piano 1, Piano 2 e Piano 3) e sui trespoli in funzione dell'ora (dalle 4:00 alle 20:00). In tutti i piani e sui trespoli, ad esclusione del piano 1 (Grafico b), l'interazione fra genotipo e orario della giornata è risultata statisticamente significativa ( $P < 0,001$ ).

Osservando la distribuzione degli animali (%) a livello del piano terra (Grafico a), si nota una minore percentuale di animali (in entrambi i genotipi) in concomitanza con la somministrazione dell'alimentazione che avviene ogni giorno alla medesima ora, cioè alle 6.30, 8.30, 13.30 e 16.30, anche se il genotipo NB è quasi sempre più presente rispetto al genotipo NW.

Il piano 2 (Grafico c) in cui si trovano i nidi viene frequentato dagli animali di entrambi i genotipi nella prima fase della giornata, momento della deposizione delle uova. Con il passare delle ore la percentuale degli animali diminuisce fino al raggiungimento della sera, dove si osserva un incremento leggermente anticipato rispetto allo spegnimento delle luci dovuto alla ricerca di un ricovero da parte delle galline.

La distribuzione degli animali al piano 3 (Grafico d) mostra un andamento, per entrambi i genotipi, compreso tra il 5% e 21% durante tutta la giornata per poi aumentare repentinamente e raggiungere il 40% (NB) ed il 75% (NW) nelle ultime ore ( $P < 0,001$ ). Anche il grafico degli animali presenti sui trespoli (Grafico e) presenta un trend simile con piccoli picchi durante la giornata per entrambi i genotipi e un aumento importante verso la fine della giornata (30% NB e 45% NW), conferma del fatto che gli animali durante la notte prediligono una posizione rialzata.

Analizzando tutti i grafici presenti nella Figura 35, si può osservare la distribuzione degli animali antecedente allo spegnimento delle luci, cioè verso le 19.45. Si può notare come tutti gli animali si spostino sui piani rialzati (piano 1, piano 2 e piano 3 compresi i trespoli) e nessun individuo è mai stato registrato a terra nelle ore di buio in tutte le tre settimane di studio. Questo comportamento classificato come innato e la sua esecuzione risultano essere fondamentali per garantire il mantenimento di un livello di stress basso ed elevate condizioni di benessere (Ferrante e Lolli, 2009). Per questo motivo, durante la fase di progettazione degli impianti è importante tenere in considerazione la superficie e gli spazi rialzati in modo da garantire a tutti gli animali una posizione corretta.

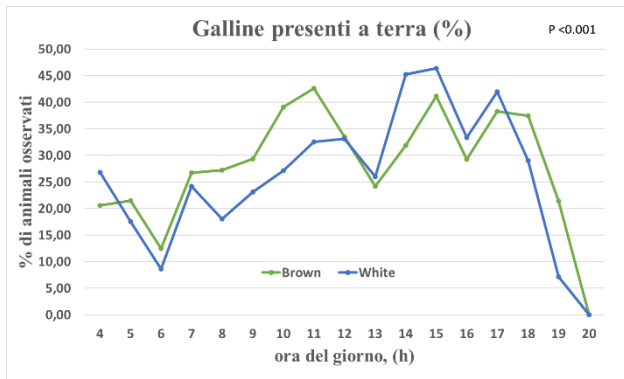


Grafico a

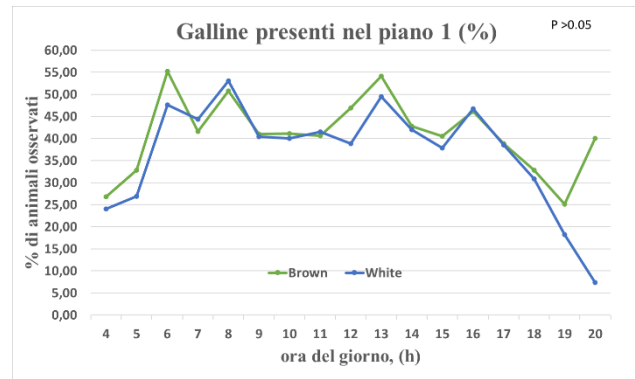


Grafico b

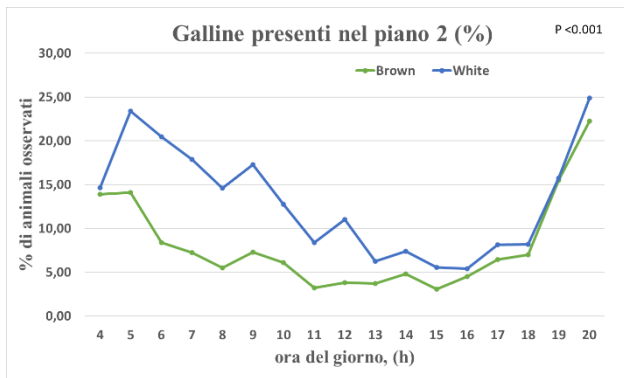


Grafico c

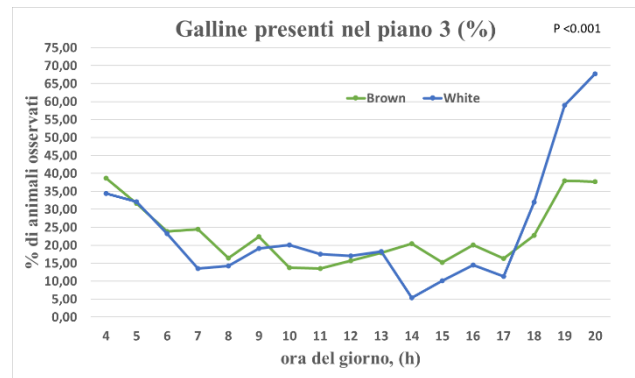


Grafico d

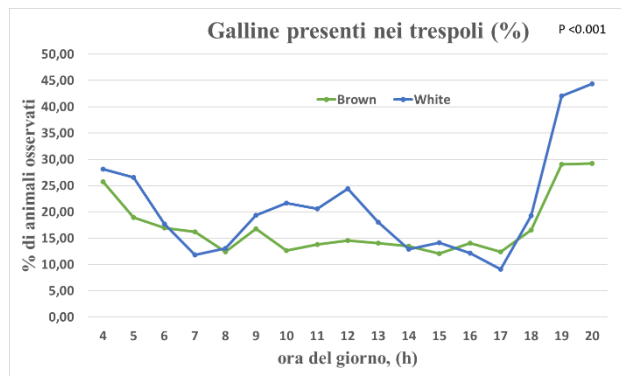


Grafico e

**Figura 35 (Grafico a-e).** Rappresentazione grafica della distribuzione degli animali (%) nei video, suddivisi per genotipo, nei diversi piani della struttura (piano 1, piano 2 e piano 3) e nei trespoli (somma di tutti e tre i piani) in funzione dell'ora della giornata (media delle tre giornate di osservazione, 17.01.2024 – 24.01.2024 – 31.01.2024).

Brown = Novogen Brown (NB) / White = Novogen White (NW)

## Rilevazione delle variabili ambientali in allevamento

Nella Tabella 10 sono stati riportati i dati relativi alle medie delle misurazioni delle variabili ambientali dei primi due moduli dell'aviaro.

Per buona parte delle variabili ambientali emerge una differenza significativa tra i due moduli, contenenti galline del genotipo NW e galline del genotipo NB, con l'eccezione di umidità relativa (48,9% con NB e 47,9% con NW), suoni (71,4 db e 71,3 db), picchi di suoni (82,8 db e 83,4 db) e una frazione del particolato (PM1 61,1 $\mu$  g/m<sup>3</sup> e 59,7 $\mu$  g/m<sup>3</sup>).

La temperatura (17,8°C nel modulo NB vs 17,2°C nel modulo NW), la CO<sub>2</sub> (1354,0 ppm vs 1240,4ppm) e l'NH<sub>3</sub> (4,39 ppm vs 3,21 ppm) sono risultati maggiori nelle galline Novogen Brown (P<0,001). La differenza può essere giustificata dalla posizione del modulo stesso, tra altri due moduli, ma può anche dipendere dalla diversa utilizzazione degli spazi nei due genotipi.

Le componenti del particolato formate dal PM10, PM4 e PM2.5 risultano essere superiori in termini di concentrazione nel modulo contenente le galline "Novogen Brown" rispettivamente con valori medi registrati pari a 144,7 $\mu$  g/m<sup>3</sup> (NB) contro un 104,7  $\mu$  g/m<sup>3</sup> (NW) in riferimento al PM10, 129,9 $\mu$  g/m<sup>3</sup> (NB) contro un 97,0  $\mu$  g/m<sup>3</sup> (NW) per il PM4 ed infine 100,6 per le NB contro un 81,8 $\mu$  g/m<sup>3</sup> per le NW riferito al PM2,5.

Questa maggiore concentrazione di particolato nell'aria registrata all'interno del modulo delle galline NB può essere giustificata dalla maggiore presenza degli animali a terra e dalla loro maggiore utilizzazione della lettiera per comportamenti come il "beccare a terra, che possono causare un aumento della concentrazione di tali composti. Potrebbe essere opportuno quindi intervenire preventivamente distribuendo materiale (substrato della lettiera) con ridotta percentuale di polveri sottili in modo da prevenire e limitare un possibile aumento nella concentrazione nell'aria di tali sostanze.

**Tabella 10.** Effetto del genotipo (Novogen Brown e Novogen White) sui parametri ambientali misurati in continuo con un sistema di sensori in due moduli di un aviario sperimentale. Media dei dati misurati in continuo su 24 h in tre settimane con un sistema di sensori posizionati a diversi livelli dell'aviario (secondo piano, primo piano e terra alle settimane 31, 32 e 33 di età delle galline, rispettivamente).

	Genotipo		Pvalue
	Brown	White	
Osservazioni (n)	204	204	
Temperatura (°C)	17,8	17,2	<0,001
Umidità (%)	48,9	47,9	0,013
CO <sub>2</sub> (ppm)	1354	1240	<0,001
NH <sub>3</sub> (ppm)	4,39	3,21	<0,001
Illuminazione (lux)	10,6	14,9	<0,001
Suoni (db)	71,4	71,3	0,698
Picchi di Suoni(db)	82,8	83,4	0,171
PM1 (µ g/m3)	61,1	59,7	0,467
PM10 (µ g/m3)	145	105	<0,001
PM2,5 (µ g/m3)	101	81,8	<0,001
PM4 (µ g/m3)	130	97,0	<0,001
NOX (ppb)	21038	27820	<0,001
VOC (ppb)	32371	32065	<0,001



La Figura 36 mostra l'andamento delle variabili ambientali rilevate nella struttura (Piano terra, Piano 1 e Piano 3) in funzione dell'ora della giornata (dalle 4:00 alle 20:00).

Il grafico della temperatura (Grafico a) e dell'umidità relativa (Grafico b) non mostra interazioni significative tra le ore di rilevazione e il genotipo. Questo risultato è conferma del fatto che l'allevamento è attrezzato con un sistema automatizzato per il controllo e la gestione della temperatura e questi dati ne confermano la corretta funzionalità.

La concentrazione di CO<sub>2</sub> (Grafico c), espressa in ppm, durante tutto l'arco della giornata e tra i due genotipi non presenta una differenza significativa; complessivamente il valore viene mantenuto molto sotto il limite critico per le galline ovaiole fissato a 3000 ppm; il massimo registrato infatti è stato di circa 1500 ppm.

Anche la concentrazione di NH<sub>3</sub> (Grafico d) nell'aria dell'allevamento viene mantenuta costante durante tutto il giorno tanto da non presentare una differenza significativa nelle ore di rilevazione dei dati (4:00-20:00) ed entrambi i genotipi presentano livelli inferiori ai limiti indicati dalla legge (<25 ppm); complessivamente non viene mai superata la concentrazione di 5 ppm di NH<sub>3</sub>.

La luminosità (Grafico e), i suoni (Grafico f) e i picchi di suoni (Grafico g) non presentano, come si può osservare dal grafico una differenza significativa durante le ore della giornata e tra i due genotipi.

Le concentrazioni di PM1 (Grafico h) e PM2.5 (Grafico i) non sono risultate statisticamente diverse nei due moduli a differenza di quelle di PM4 (Grafico j) e PM10 (Grafico k) (P<0,05). Queste differenze possono essere giustificate dal fatto che gli animali, in determinate ore della giornata, preferiscono posizionarsi in maniera differente nella struttura ed eseguire comportamenti diversi. Il picco di PM10 e PM4 visibile nella Figura 37 (Grafico k e Grafico j) è stato osservato in concomitanza con un elevato numero di animali che eseguivano il comportamento bagno di sabbia. I movimenti ripetuti del corpo a livello della lettiera e quindi il sollevamento di una certa quantità di materiale hanno portato ad un aumento notevole (da circa 120 a 290µ g/m<sup>3</sup>) della concentrazione di particolato in atmosfera.

La concentrazione di NOX (ppb) (Grafico l) e VOC (ppb) (Grafico m) non è invece variata nell'arco della giornata (P=1,00).

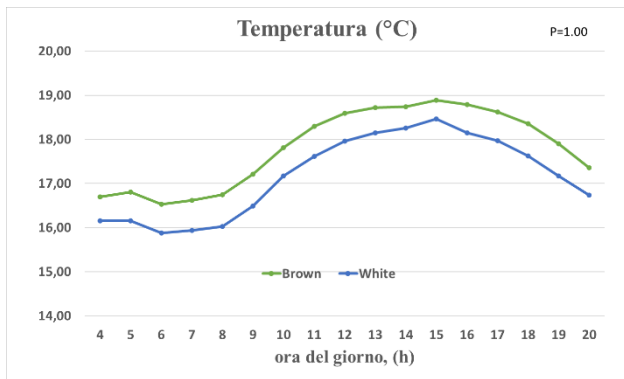


Grafico a

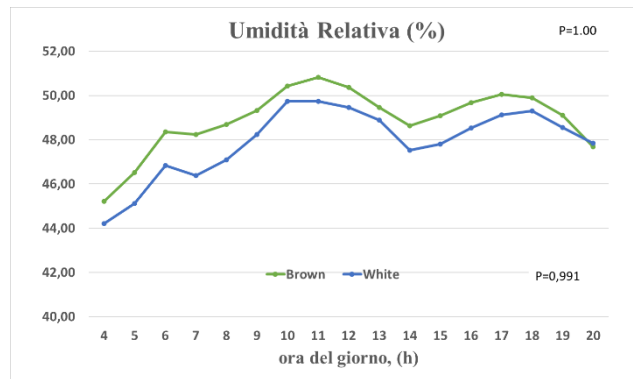


Grafico b

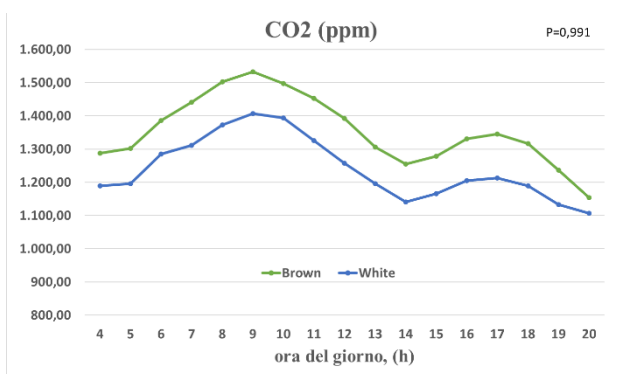


Grafico c

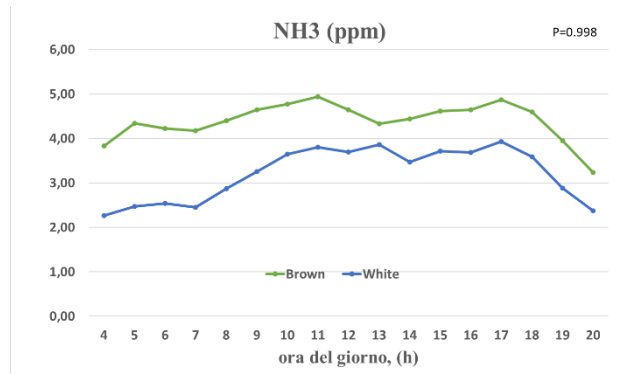


Grafico d

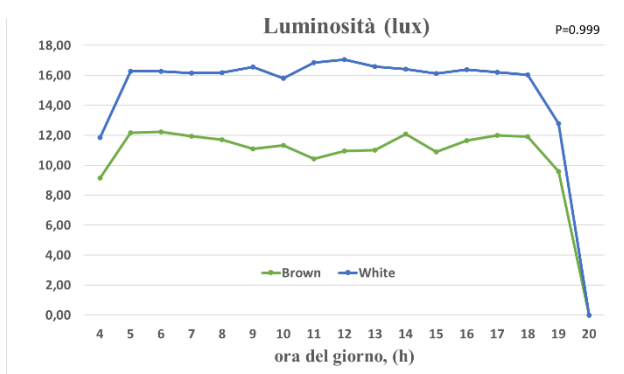


Grafico e

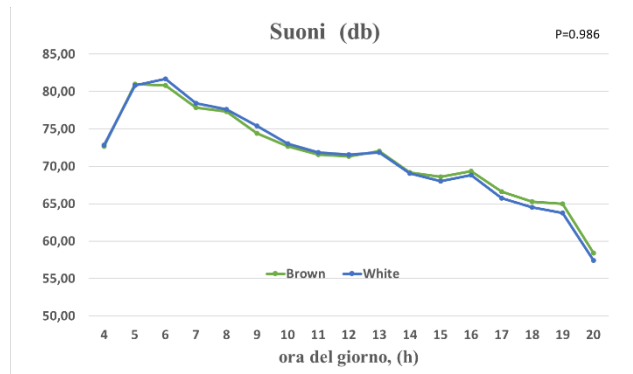


Grafico f

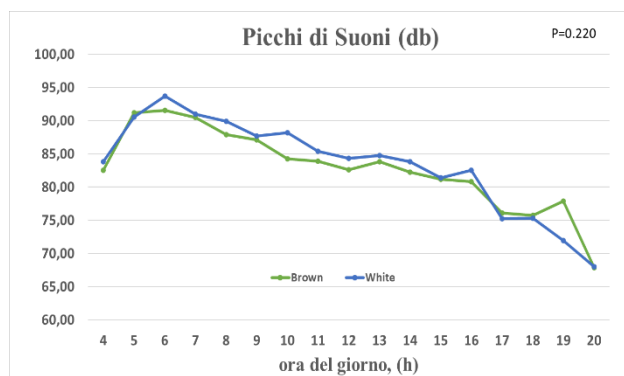


Grafico g

**Figura 36 (Grafico a-g).** Rappresentazione grafica delle diverse variabili/fattori ambientali rilevati durante lo studio, suddivisi per genotipo, in funzione dell'ora della giornata (media delle tre giornate di osservazione).

Brown = Novogen Brown (NB) / White = Novogen White (NW)

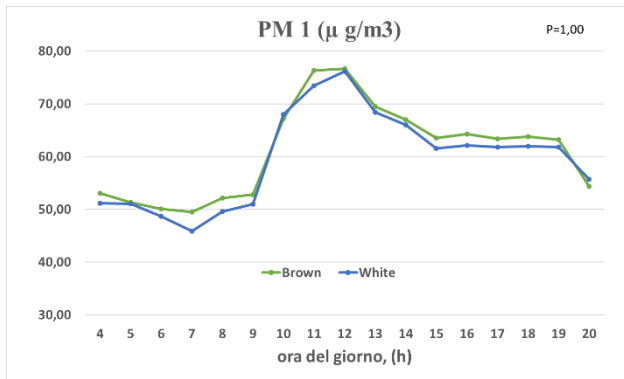


Grafico h

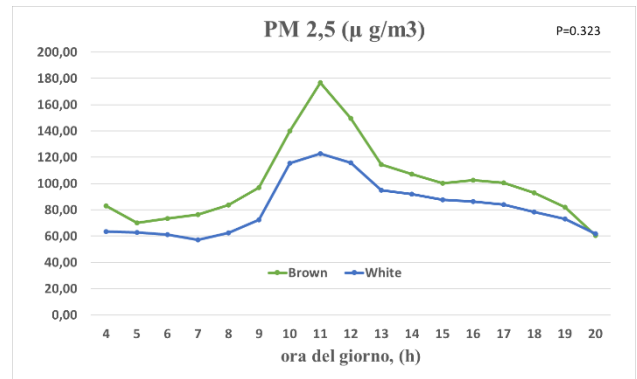


Grafico i

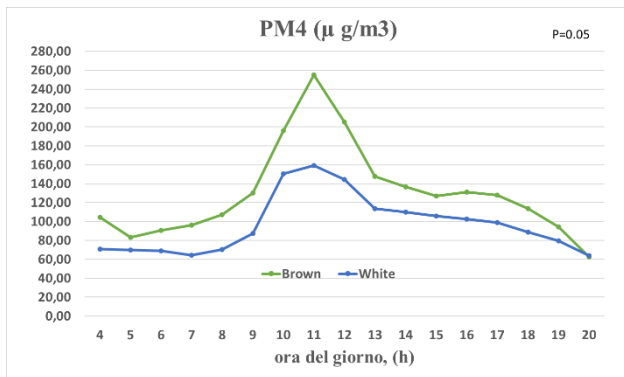


Grafico j

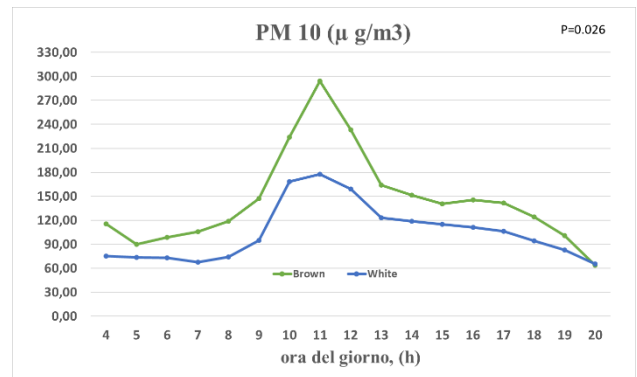


Grafico k

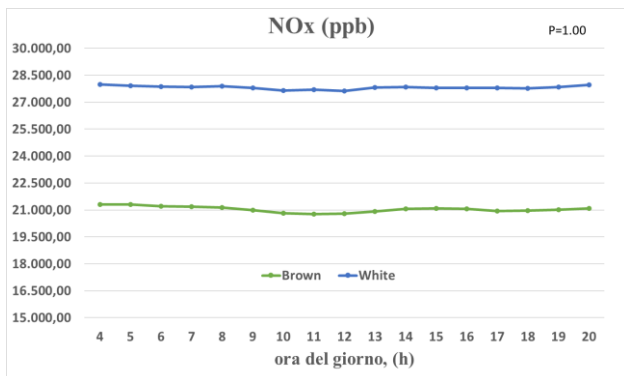


Grafico l

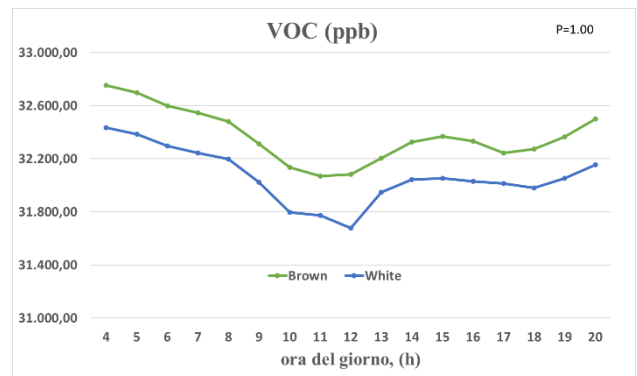


Grafico m

**Figura 37 (Grafico h-m).** Rappresentazione grafica delle diverse variabili/fattori ambientali rilevati durante lo studio, suddivisi per genotipo, in funzione dell'ora della giornata (media delle tre giornate di osservazione).

Brown = Novogen Brown (NB) / White = Novogen White (NW)

Nella Tabella 11 sono riportati i valori di correlazione tra i dati ambientali rilevati all'interno dell'aviaro nelle tre settimane di studio. La temperatura risulta essere correlata con tutti fattori ambientali rilevati ad eccezione ( $P < 0,001$ ) della concentrazione di PM1, PM2.5 e PM4. I valori dei coefficienti di correlazione sono risultati tutti piuttosto deboli ( $r < 0,200$ ) o medio-debole ( $r < 0,400$ ) con tendenze positive e negative. La temperatura è risultata inversamente correlata con umidità relativa (-0,281), CO<sub>2</sub> (-0,313), NH<sub>3</sub> (-0,248), suoni (-0,246), picchi di suono (-0,143), con valori di coefficiente di correlazione superiori con l'illuminazione (-0,433). temperatura e NOX (-0,303) e VOC (-0,569) risultano essere mediamente correlati.

La correlazione fra umidità relativa e gli altri fattori ambientali, con l'eccezione dei NOX (ppb), è sempre risultata significativa e di media intensità per CO<sub>2</sub> (+0,493), NH<sub>3</sub> (+0,800), illuminazione (+0,423), PM10 (+0,472), PM2.5 (0,458), e PM4 (+0,472).

La concentrazione di CO<sub>2</sub> è risultata positivamente e mediamente correlata con NH<sub>3</sub>(+0,426), i suoni (+0,349), i picchi di suoni (+0,304) e particolati, i.e. PM10 (+0,487), PM2.5 (+0,397) e PM4 (+0,470) ( $P < 0,01$ ). La correlazione è invece risultata negativa, seppure debole, con i NOX (-0,386) ( $P < 0,001$ ).

La concentrazione di NH<sub>3</sub> presenta correlazioni significative ( $P < 0,001$ ) e mediamente più forti delle precedenti con illuminazione (+0,492), PM1(+0,535), PM10 (+0,520), PM2.5 (+0,589), PM4 (+0,538) e VOC (+0,497).

Il livello dei suoni misurati in allevamento è risultato correlato positivamente e con una correlazione media con PM1 (0,505), PM2.5 (+0,273), PM4 (0,171), NOX (0,363) ed infine con VOC (+0,414) ( $P < 0,001$ ), mostrando invece correlazioni basse, seppure significative, con la maggior parte delle altre variabili.

Ovviamente suoni medi e picchi di suoni sono risultati fortemente correlati (+0,893) ( $P < 0,001$ ).

I picchi di suoni sono correlati debolmente e negativamente con PM1 (-0,162) ( $P < 0,001$ ), i quali, a loro volta sono correlati positivamente e in maniera più importante con PM10 (+0,483), PM2.5 (+0,704) e PM4 (+0,534) ( $P < 0,001$ ), oltre che con i VOC (+0,328) ( $P < 0,001$ ). Infine, valore di PM10 è correlato positivamente e in maniera forte con il PM2.5 (+0,961) e PM4 (+0,998) ( $P < 0,001$ ), mentre con NOX è presente una correlazione molto più debole e di segno negativo (-0,282).

PM2.5 è strettamente correlato con PM4 (+0,976) ( $P < 0,001$ ), mentre il PM4, oltre alle correlazioni indicate precedentemente, presenta una correlazione debole e di segno negativo con il NOX (-0,271). Infine, il fattore NOX è debolmente e negativamente correlato con i VOC(-0,234).

**Tabella 11.** Correlazione (coefficiente di correlazione; probabilità) fra i parametri ambientali misurati in continuo su 24 h in tre settimane in due moduli di un aviario sperimentale con un sistema di sensori posizionati a diversi livelli dell'aviario (secondo piano, primo piano e terra alle settimane 31, 32 e 33 di età delle galline, rispettivamente).

	T (°C)	UR (%)	CO <sub>2</sub> (ppm)	NH <sub>3</sub> (ppm)	Illuminazione (lux)	Suoni (db)	Picchi di Suoni(db)	PM <sub>1</sub> (μ g/m3)	PM <sub>10</sub> (μ g/m3)	PM <sub>2,5</sub> (μ g/m3)	PM <sub>4</sub> (μ g/m3)	NOX (ppb)	VOC (ppb)
T (°C)	1,00	-0,28 <0,001	-0,31 <0,001	-0,25 <0,001	-0,43 <0,001	-0,246 <0,001	-0,143 <0,01	-0,042 0,391	0,142 <0,01	0,101 <0,05	0,134 <0,01	-0,303 <0,001	-0,569 <0,001
UR (%)		1,00	0,493 <0,001	0,800 <0,001	0,423 <0,001	-0,220 <0,001	-0,230 <0,001	0,238 <0,001	0,472 <0,001	0,458 <0,001	0,472 <0,001	-0,029 0,562	0,204 <0,001
CO <sub>2</sub> (ppm)			1,00	0,426 <0,001	0,196 <0,001	0,349 <0,001	0,304 <0,001	0,010 0,837	0,487 <0,001	0,397 <0,001	0,470 <0,001	-0,386 <0,001	0,150 0,002
NH <sub>3</sub> (ppm)				1,00	0,492 <0,001	-0,114 0,022	-0,157 0,002	0,535 <0,001	0,520 <0,001	0,589 <0,001	0,538 <0,001	-0,204 <0,001	0,497 <0,001
Illuminazione (lux)					1,00	0,197 <0,001	0,137 0,006	0,505 <0,001	0,141 0,004	0,273 <0,001	0,171 0,001	0,363 <0,001	0,414 <0,001
Suoni (db)						1,00	0,893 <0,001	-0,174 <0,001	-0,040 0,417	-0,087 0,077	-0,051 0,308	-0,015 0,770	0,103 0,038
Picchi di Suoni(db)							1,00	-0,162 0,001	-0,013 0,790	-0,061 0,212	-0,024 0,633	0,018 0,712	-0,010 0,836
PM <sub>1</sub> (μ g/m3)								1,00	0,483 <0,001	0,704 <0,001	0,534 <0,001	0,018 0,705	0,328 <0,001
PM <sub>10</sub> (μ g/m3)									1,00	0,961 <0,001	0,998 <0,001	-0,282 <0,001	-0,032 0,523
PM <sub>2,5</sub> (μ g/m3)										1,000	0,976 <0,001	-0,222 <0,001	0,077 0,119
PM <sub>4</sub> (μ g/m3)											1,00	-0,271 <0,001	-0,008 0,876
NOX (ppb)												1,00	-0,234 <0,001
VOC (ppb)													1,00

T: temperatura, UR: umidità relativa, CO<sub>2</sub>: anidride carbonica, NH<sub>3</sub>: Ammoniaca, PM: particolato, NOX ossidi di azoto, VOC composti organici volatili

## Relazione tra variabili ambientali e distribuzioni degli animali nella struttura

Nella Tabella 12 è possibile osservare le correlazioni tra i dati rilevati dai sensori ambientali (variabili/fattori ambientali) e la distribuzione (%) degli animali presenti in ogni piano dell'aviaro e sui trespoli **nelle tre settimane di studio** (31°, 32° e 33° settimana di vita degli animali).

La percentuale di animali al piano 2 (-0,457), piano 3 (-0,298) e sui trespoli (-0,251) è correlata negativamente con la temperatura misurata in allevamento; mentre la correlazione è positiva per la percentuale di galline a terra e al piano 1 (+0,361 e +0,184) ( $<0,001$ ). Lo stesso andamento è osservato per le correlazioni fra distribuzione degli animali e concentrazione di  $\text{CO}_2$  ( $<0,001$ ). D'altra parte, le correlazioni fra concentrazione di  $\text{NH}_3$  e la distribuzione degli animali, seppure significative, sono risultate sempre deboli.

Le correlazioni fra la percentuale delle galline presenti al piano 3 e sui trespoli e l'illuminazione, i suoni e i picchi di suoni sono risultate negative e compresi tra -0,152 e -0,370a. La correlazione è positiva per gli animali al piano 1 (+0,312 e +0,327) con i suoni e i picchi di suoni ( $P<0,001$ ), mentre la correlazione è debolmente positiva fra animali a terra e illuminazione (+0,210)

La percentuale di animali al piano 2 è mediamente correlata con la concentrazione di  $\text{PM}_{10}$  (-0,430); la correlazione rispetto agli animali al piano 3 è debole (-0,287) e sui trespoli (-0,268) è più debole; mentre gli animali al piano terra (+0,371) e al piano 1 (+0,149) sono correlati positivamente.

Come nel caso precedente, la percentuale di animali a livello del piano 2 è correlata con il  $\text{PM}_{2.5}$  e  $\text{PM}_4$  con valori negativi pari a -0,400 e -0,426. Anche quelle al piano 3 rispettivamente con -0,251 e -0,282, quelle sui trespoli (-0,232 e -0,263). Le galline presenti a terra invece sono correlate positivamente con il  $\text{PM}_{2.5}$  e  $\text{PM}_4$  con +0,359 e +0,371. Per le galline presenti al piano 1 il valore di correlazione con la variabile  $\text{PM}_4$  assume segno positiva e correlazione debole, cioè, pari a +0,141. La percentuale di galline presenti a livello del piano 2 presenta un valore di correlazione negativo di -0,170 con il  $\text{PM}_1$  mentre quelle a terra positivo pari a +0,187 ( $P < 0,001$ ).

I dati raccolti inerenti ai  $\text{NO}_x$  (ppb), cioè gli ossidi di azoto, mostrano che le galline presenti al piano 2 assumono un valore di correlazione positivo (+0,351), come quelle sui trespoli (+0,220) mentre negativo per quelle distribuite al piano 1, con un valore di -0,165 ( $<0,001$ ).

Il sensore nella raccolta dei dati ambientali inerenti ai  $\text{VOC}$  (ppb), cioè i composti organici volatili, ha mostrato una correlazione positiva debole tra le galline presenti a livello del piano 2 e piano 3 con valori pari a +0,157 e +0,235 mentre negativa per quelle a terra con valori di -0,179 ( $<0,001$ ).

**Tabella 12.** Correlazione (coefficiente di correlazione; probabilità) fra i parametri ambientali e la distribuzione delle galline in due moduli di un aviario sperimentale espressa in percentuale del totale degli animali visibili. La distribuzione degli animali è stata misurata sui video registrati per 24 h in tre giornate (una giornata per settimana di età delle galline, i.e. 31, 32 e 33 settimane) e i parametri ambientali sono stati misurati in tre giornate (una per settimana) in continuo per 24 h.

	Galline Terra (%)	Galline Piano 1 (%)	Galline Piano 2 (%)	Galline Piano3 (%)	Galline sui trespoli (%)
Temperatura (°C)	0,361 <0,001	0,184 0,000	-0,457 <0,001	-0,298 <0,001	-0,251 <0,001
Umidità Relativa (%)	0,097 0,049	0,025 0,612	-0,143 0,004	-0,046 0,359	-0,069 0,163
CO <sub>2</sub> (ppm)	0,152 0,002	0,283 <0,001	-0,273 <0,001	-0,286 <0,001	-0,345 <0,001
NH <sub>3</sub> (ppm)	0,173 0,000	0,049 0,319	-0,233 <0,001	-0,098 0,049	-0,169 0,001
Illuminazione (lux)	0,210 <0,001	-0,004 0,938	-0,076 0,126	-0,163 0,001	-0,152 0,002
Suoni (db)	0,025 0,615	0,312 <0,001	-0,027 0,584	-0,318 <0,001	-0,321 <0,001
Picchi di Suoni (db)	0,085 0,088	0,327 <0,001	-0,069 0,167	-0,370 <0,001	-0,323 <0,001
PM1 (µ g/m3)	0,187 0,000	-0,037 0,462	-0,170 0,001	-0,060 0,230	-0,049 0,322
PM10 (µ g/m3)	0,371 <0,001	0,149 0,003	-0,430 <0,001	-0,287 <0,001	-0,268 <0,001
PM2,5 (µ g/m3)	0,359 <0,001	0,108 0,029	-0,400 <0,001	-0,251 <0,001	-0,232 <0,001
PM4 (µ g/m3)	0,371 <0,001	0,141 0,004	-0,426 <0,001	-0,282 <0,001	-0,263 <0,001
NOX_RAW (ppb)	-0,095 0,054	-0,165 0,001	0,351 <0,001	0,073 0,141	0,220 <0,001
VOC_RAW (ppb)	-0,179 0,000	-0,143 0,004	0,157 0,002	0,235 <0,001	0,074 0,134

Nella Tabella 13 è possibile osservare le correlazioni tra i dati rilevati dai sensori ambientali nella **31° settimana di età degli animali** (variabili/fattori ambientali) e la percentuale (%) di galline presenti in ogni piano dell'aviaro e sui trespoli (sensore posizionato al piano 3).

La percentuale di galline presenti al piano 2 è positivamente correlata con la Temperatura e l'Umidità Relativa (%) (-0,516 e -0,456); il valore della correlazione è inferiore (+0,287 e +0,338) per la percentuale di animali presenti a terra ( $P < 0,001$ ) e sui trespoli (-0,255) ( $P < 0,001$ ).

La correlazione fra gli animali al piano 1 e al piano terra e la concentrazione di CO<sub>2</sub> è positiva e media (+0,453 e +0,352), mentre diventa negativa per la percentuale di animali al piano 2 (-0,622), piano 3 (-0,495) e sui trespoli (-0,531).

La percentuale delle galline a terra è correlata positivamente con la concentrazione di NH<sub>3</sub> (+0,531), mentre la correlazione è negativa per le galline al piano 2 (-0,661), piano 3 (-0,345) e trespoli (-0,366). La correlazione fra distribuzione al piano 2 e NH<sub>3</sub> è media-forte ( $r > 0,600$ ).

La percentuale di galline presenti al piano 1 e al piano terra è correlata positivamente anche con l'illuminazione, rispettivamente +0,262 (piano 1) e +0,548 (terra), mentre con il PM<sub>2,5</sub> debole e positiva pari a 0,283 (Piano 1) e 0,445 (terra). La percentuale di galline presenti a terra è inoltre correlata positivamente anche con PM<sub>10</sub> (+0,459) e PM<sub>4</sub> (+0,456).

La percentuale di galline al piano 2, piano 3 e sui trespoli è negativa e con media forza correlata con l'illuminazione, rispettivamente per gli animali al piano 2 l'indice di correlazione è pari a -0,468, per gli animali al piano 3 -0,568 e per quelli sui trespoli pari a -0,521.

La percentuale di galline presenti a livello del piano 3 e sui trespoli presenta un valore di correlazione negativo in entrambi i casi con i suoni rispettivamente con un valore di -0,309 e -0,292; similmente, sempre per le galline al piano 3 e sui trespoli, è stato rilevato un valore di correlazione riferito ai picchi di suoni pari a -0,371 nel piano 3 e -0,313 sui trespoli ( $P < 0,001$ ).

Le galline presenti al piano 2, piano 3 e trespoli, come si può vedere nella Tabella 16, presentano una correlazione negativa con il particolato (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> e PM<sub>4</sub>) ( $P < 0,001$ ), con forza della correlazione media. Rispettivamente i valori sono per le galline al piano 2 (PM<sub>10</sub> -0,600, PM<sub>2,5</sub> -0,580 e PM<sub>4</sub> -0,597), al piano 3 (PM<sub>10</sub> -0,402, PM<sub>2.5</sub> -0,434 e PM<sub>4</sub> -0,409) ed infine sui trespoli (PM<sub>10</sub> -0,305, PM<sub>2.5</sub> -0,338 e PM<sub>4</sub> -0,312).

Infine le galline presenti al piano 2 presentano una correlazione positiva con NOW con un valore di +0,295 ( $< 0,001$ ).



**Tabella 13.** Correlazione (coefficiente di correlazione; probabilità) fra i parametri ambientali e la distribuzione delle galline in due moduli di un aviario sperimentale espressa in percentuale del totale degli animali visibili. La distribuzione degli animali è stata misurata sui video registrati per 24 h in una giornata a 31 settimane di età e i parametri ambientali sono stati misurati nella stessa giornata in continuo per 24 h con un sistema di sensori posizionati al terzo piano dell'aviario.

<b>Settimana 31</b>					
	Galline Terra (%)	Galline Piano 1 (%)	Galline Piano 2 (%)	Galline Piano3 (%)	Galline sui trespoli (%)
Temperatura (°C)	0,287	0,173	-0,516	-0,199	-0,255
	0,001	0,044	<0,001	0,020	0,003
Umidità Relativa (%)	0,338	0,019	-0,456	-0,122	-0,149
	<0,001	0,829	<0,001	0,159	0,084
CO <sub>2</sub> (ppm)	0,352	0,453	-0,622	-0,495	-0,531
	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
NH <sub>3</sub> (ppm)	0,531	0,152	-0,661	-0,345	-0,366
	<0,001	0,077	<0,001	<0,001	<0,001
Illuminazione (lux)	0,548	0,262	-0,468	-0,568	-0,521
	<0,001	0,002	<0,001	<0,001	<0,001
Suoni (db)	-0,052	0,340	0,027	-0,309	-0,292
	0,544	<0,001	0,755	0,000	0,001
Picchi di Suoni (db)	0,041	0,343	-0,038	-0,371	-0,313
	0,638	<0,001	0,658	<0,001	0,000
PM1 (µ g/m3)	-0,027	0,253	0,028	-0,246	-0,240
	0,757	0,003	0,750	0,004	0,005
PM10 (µ g/m3)	0,459	0,247	-0,600	-0,402	-0,305
	<0,001	0,004	<0,001	<0,001	0,000
PM2,5 (µ g/m3)	0,445	0,283	-0,580	-0,434	-0,338
	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PM4 (µ g/m3)	0,456	0,256	-0,597	-0,409	-0,312
	<0,001	0,003	<0,001	<0,001	0,000
NOX_RAW (ppb)	-0,050	-0,125	0,295	0,030	0,161
	0,560	0,147	0,001	0,727	0,061
VOC_RAW (ppb)	-0,214	0,015	0,038	0,174	0,023
	0,012	0,860	0,662	0,042	0,790

Nella Tabella 14 sono riportate le correlazioni tra i dati rilevati dai sensori ambientali nella **32° settimana di età degli animali** (variabili/fattori ambientali) e la percentuale (%) di galline presenti in ogni piano dell'aviaro (piano 1, piano 2, piano 3 e piano terra) e sui trespoli (sensore posizionato al piano 1).

La temperatura mostra una correlazione positiva di forza media (+0,506) con la percentuale di galline presenti a terra. A livello del piano 2, piano 3 e sui trespoli la correlazione assume valori negativi; sempre con forza media nel caso del piano 2 (-0,560), mentre più debole nel caso del piano 3 (-0,362) e sui trespoli (-0,284). L' $\text{NH}_3$ , come nel caso della temperatura, presenta valori di correlazione positivi riguardo alla percentuale di galline presenti a terra (+0,490), mentre valori negativi sulle galline presenti a livello del piano 2 (-0,609), piano 3 (-0,332) e sui trespoli (-0,427) ( $P < 0,001$ ). Si può osservare come il valore al piano 2 assume un valore molto importante (forza media tendente al forte).

L'umidità relativa e la  $\text{CO}_2$  presentano entrambi una correlazione debole nei confronti della percentuale di galline presenti a livello del piano 1 con valori rispettivamente di +0,284 e +0,266; a livello del Piano terra non vi è significatività mentre a livello del piano 2, piano 3 e trespoli i valori di correlazione ottenuti sono tutti negativi con forza medio-debole, compresi cioè tra -0,243 e -0,427; eccezione per il piano 2 nei confronti della  $\text{CO}_2$  che non presenta significatività.

Lo studio della variabile luce ha mostrato una correlazione in tutti i piani e trespoli presi in considerazione; positiva nel piano 1 (+0,388) e terra (+0,575) e negativa a livello del piano 2 (-0,611), piano 3 (-0,614) e terra (-0,588) ( $P < 0,001$ ).

I suoni e picchi di suoni mostrano una correlazione positiva con valore di +0,298 e +0,312 a livello del piano 1 (correlazione bassa) mentre negativa a livello del piano 3 (-0,354 e -0,388) e sui trespoli (-0,358 e -0,321) ( $P < 0,001$ ).

Il particolato, composto dalle frazioni singole di PM1, PM2.5, PM4 e PM10, presenta una correlazione positiva media in tutte e quattro le frazioni appena elencate nei confronti della percentuale di galline presenti a terra rispettivamente con valori di +0,352 per PM1, +0,453 per PM2.5, +0,452 per PM4 e +0,448 per PM10. I valori risultato negativi invece per la percentuale di galline presenti al piano 2 con valori di -0,357 per PM1, -0,420 per PM2.5, +0,412 per PM4 e -0,406 per PM10. Anche in riferimento alla percentuale di animali presenti al piano 3 vi è una correlazione con il particolato (valori leggermente più bassi rispetto al piano 2) ad esclusione del PM1.

Anche il fattore NOX con un valore di correlazione di +0,285 è risultato essere in relazione con la percentuale di galline al piano 2 ( $< 0,001$ ), mentre i dati inerenti al VOC non hanno mostrato correlazioni significative con la distribuzione degli animali.

**Tabella 14.** Correlazione (coefficiente di correlazione; probabilità) fra i parametri ambientali e la distribuzione delle galline in due moduli di un aviario sperimentale espressa in percentuale del totale degli animali visibili. La distribuzione degli animali è stata misurata sui video registrati per 24 h in una giornata a 32 settimane di età e i parametri ambientali sono stati misurati nella stessa giornata in continuo per 24 h con un sistema di sensori posizionati al primo piano dell'aviario.

<b>Settimana 32</b>					
	Galline Terra (%)	Galline Piano 1 (%)	Galline Piano 2 (%)	Galline Piano3 (%)	Galline sui trespoli (%)
Temperatura (°C)	0,506	0,156	-0,560	-0,362	-0,284
	<0,001	0,069	<0,001	<0,001	0,001
Umidità Relativa (%)	0,259	0,284	-0,395	-0,319	-0,333
	0,002	0,001	<0,001	0,000	<0,001
CO <sub>2</sub> (ppm)	0,083	0,266	-0,165	-0,243	-0,314
	0,338	0,002	0,054	0,004	0,000
NH <sub>3</sub> (ppm)	0,490	0,165	-0,609	-0,332	-0,427
	<0,001	0,054	<0,001	<0,001	<0,001
Illuminazione (lux)	0,575	0,388	-0,611	-0,614	-0,588
	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Suoni (db)	0,143	0,298	-0,112	-0,354	-0,388
	0,097	0,000	0,196	<0,001	<0,001
Picchi di Suoni(db)	0,134	0,312	-0,111	-0,358	-0,321
	0,121	0,000	0,200	<0,001	0,000
PM1 (µ g/m3)	0,352	0,043	-0,357	-0,207	-0,065
	<0,001	0,623	<0,001	0,016	0,451
PM10 (µ g/m3)	0,448	0,073	-0,406	-0,304	-0,241
	<0,001	0,400	<0,001	0,000	0,005
PM2,5 (µ g/m3)	0,453	0,069	-0,420	-0,298	-0,206
	<0,001	0,426	<0,001	0,000	0,016
PM4 (µ g/m3)	0,452	0,073	-0,412	-0,304	-0,235
	<0,001	0,401	<0,001	0,000	0,006
NOX_RAW (ppb)	-0,116	-0,028	0,285	0,004	0,167
	0,177	0,743	0,001	0,966	0,052
VOC_RAW (ppb)	-0,165	-0,131	0,097	0,230	-0,021
	0,055	0,129	0,264	0,007	0,808

Nella Tabella 15 sono riportate le correlazioni tra i dati rilevati dai sensori ambientali nella **33° settimana di età degli animali** presenti in allevamento (variabili/fattori ambientali) e la percentuale (%) di galline presenti in ogni piano dell'aviario rispettivamente al piano 1, al piano 2, al piano 3, a terra e sui trespoli (sensori posizionati a terra).

La temperatura rilevata nella terza settimana di studio è correlata positivamente con la percentuale di animali presenti a terra (+0,547) ( $P < 0,001$ ). Anche la percentuale di animali al piano 2, piano 3 e sui trespoli è correlata con la temperatura, ma con un segno negativo rispettivamente di -0,590 al piano 2, -0,363 al piano 3 e -0,354 sui trespoli ( $P < 0,001$ ). Interessante è il valore pari a -0,600 presente al piano 2.

La concentrazione di  $\text{NH}_3$  presenta una correlazione significativa in tutte le parti della struttura con segno però differente. Per la percentuale di galline presenti a livello del piano 1 e a terra, positiva con valori di +0,393 e +0,416 ( $< 0,001$ ), mentre la percentuale delle galline a livello del piano 2 (-0,653), del piano 3 (-0,439) e sui trespoli (-0,546) è negativa.

La  $\text{CO}_2$  mostra una correlazione positiva di +0,289 al piano 2 mentre negativa a livello del piano 3 (-0,288) e sui trespoli (-0,339) ( $P < 0,001$ ).

L'illuminazione, suoni e picchi di suoni presentano tutti e tre una correlazione negativa, di forza medio-bassa ( $r < 0,400$ ), con la percentuale di galline presenti a livello del piano 3: +0,277 per la luce, -0,272 per i suoni e -0,375 picchi di suoni ( $< 0,001$ ). In aggiunta, per i picchi di suoni è stata misurata una correlazione positiva e significativa con le galline presenti nel piano 1 (+0,325) e sui trespoli (-0,339) ( $P < 0,001$ ).

Tutte e quattro le componenti della famiglia dei particolati, cioè PM1, PM2.5, PM4 e PM10, che sono stati rilevati in allevamento nella 33° settimana di età degli animali presentano una correlazione negativa media (valori compresi -0,440 e -0,498) con la percentuale di galline trovate a livello del piano 2, mentre leggermente più debole ma positiva con la percentuale delle galline presenti al piano terra (valori compresi tra +0,373 e +0,419). Inoltre, è stata riscontrata una correlazione per PM2.5, PM4 e PM10 anche per le galline al piano 3 e sui trespoli con i valori compresi tra -0,336 e -0,362 ( $P < 0,001$ ).

La correlazione tra il fattore NOX e la percentuale di galline è risultata positiva e significativa per quelle presenti al piano 2 e sui trespoli rispettivamente con +0,423 e +0,307 ( $P < 0,001$ ) mentre negativa per le galline a livello del piano 1 con un valore di -0,290 ( $P < 0,001$ ). Anche i VOC sono correlati con la percentuale di galline presenti al Piano 2 ed in aggiunta anche quelle del piano 3; la percentuale di galline al piano terra è invece correlata negativamente con i NOX (-0,362) ( $P < 0,001$ ).

**Tabella 15.** Correlazione (coefficiente di correlazione; probabilità) fra i parametri ambientali e la distribuzione delle galline in due moduli di un aviario sperimentale espressa in percentuale del totale degli animali visibili. La distribuzione degli animali è stata misurata sui video registrati per 24 h in una giornata a 33 settimane di età e i parametri ambientali sono stati misurati nella stessa giornata in continuo per 24 h con un sistema di sensori posizionati al piano terra dell'aviario.

<b>Settimana 33</b>					
	Galline Terra (%)	Galline Piano 1 (%)	Galline Piano 2 (%)	Galline Piano3 (%)	Galline sui trespoli (%)
Temperatura (°C)	0,547 <0,001	0,149 0,083	-0,590 <0,001	-0,363 <0,001	-0,354 <0,001
Umidità Relativa (%)	0,032 0,712	0,123 0,153	-0,117 0,174	-0,089 0,306	-0,092 0,284
CO <sub>2</sub> (ppm)	0,122 0,158	0,289 0,001	-0,222 0,009	-0,288 0,001	-0,339 <,0001
NH <sub>3</sub> (ppm)	0,416 <0,001	0,393 <0,001	-0,653 <0,001	-0,439 <0,001	-0,546 <0,001
Illuminazione (lux)	0,256 0,003	0,025 0,769	-0,023 0,792	-0,277 0,001	-0,150 0,081
Suoni (db)	-0,038 0,660	0,291 0,001	0,022 0,803	-0,272 0,001	-0,268 0,002
Picchi di Suoni(db)	0,052 0,549	0,325 0,000	-0,021 0,808	-0,375 <0,001	-0,339 <0,001
PM1 (µ g/m3)	0,373 <0,001	0,088 0,310	-0,440 <0,001	-0,210 0,014	-0,120 0,163
PM10 (µ g/m3)	0,395 <0,001	0,220 0,010	-0,472 <0,001	-0,350 <0,001	-0,362 <0,001
PM2,5 (µ g/m3)	0,419 <,0001	0,207 0,016	-0,498 <0,001	-0,344 <,0001	-0,336 <,0001
PM4 (µ g/m3)	0,402 <0,001	0,218 0,011	-0,478 <0,001	-0,350 <0,001	-0,358 <0,001
NOX_RAW (ppb)	-0,101 0,244	-0,290 0,001	0,423 <0,001	0,146 0,090	0,307 0,000
VOC_RAW (ppb)	-0,362 <0,001	-0,123 0,153	0,311 0,000	0,314 0,000	0,183 0,033

## Conclusioni

La ricerca di sistemi di allevamento per le galline ovaiole, in grado di garantire sempre maggiori condizioni di benessere animale, ha raggiunto negli ultimi 40 anni risultati molto importanti modificando radicalmente l'approccio degli allevatori e degli operatori del settore zootecnico nella gestione degli animali da reddito. Il raggiungimento di determinate condizioni in allevamento tramite l'utilizzo di specifiche pratiche e di particolari sistemi di allevamento considerati dall'opinione pubblica come migliori rispetto ad altri, presentano comunque delle problematiche nella gestione e nella cura degli animali. È necessario analizzare e studiare ogni singolo elemento e fattore presente all'interno degli allevamenti in grado di modificare, positivamente o negativamente in maniera più o meno impattante, la vita degli animali.

Lo studio ha dimostrato che le variabili ambientali sono in grado di influenzare in maniera più o meno impattante la distribuzione degli animali nella struttura e, indirettamente l'uso dello spazio e i comportamenti degli animali nei diversi piani. Nella maggior parte dei casi, la correlazione fra le variabili ambientali e la distribuzione degli animali è risultata contenuta e medio-bassa (indice di correlazione fra 0,100 e 0,500). Solo la temperatura, CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, illuminazione, suoni, picchi di suoni ed alcune frazioni di particolato (PM10) hanno influenzato la distribuzione degli animali nell'avario in maniera più importante, soprattutto con riferimento alla distribuzione degli animali sui trespoli e sul piano con i nidi per la deposizione.

Per riuscire a comprendere a pieno l'influenza delle variabili ambientali presenti in un allevamento di galline ovaiole con sistema "cage free" e migliorare quindi sempre di più il benessere animale, sarebbe interessante approfondire le possibili relazioni e conseguenze che questi fattori (variabili ambientali) possono causare sul comportamento degli animali e sulla condizione fisiologica degli stessi.



## Bibliografia

Adlhoch, C., Fusaro, A., Gonzales, L. J., Kuiken, T., Marangon, S., Niqueux, E., Staubach, C., Terregino, C., Muñoz Guajardo, I., Chuzhakina., K., Baldinelli., F. (2022) Avian influenza overview June September 2022 | EFSA. (2022). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7597>

AgriExpo. Sistema di allevamento per voliera per galline ovaiole by FACCO. AgriExpo. (s.d.), Disponibile su: <https://www.agriexpo.online/it/prod/facco/product-187865-120107.html> Data di accesso: 11 settembre 2024

Albertini M., Canali E., Cannas S., Ferrante V., Mattiello S., Panzera M., Verga M. 2009. Etologia Applicata e Benessere Animale. Le Point Veterinaire Italie Srl, Milano, Italia, pp. 29-46

Amati C. (2019). Gli italiani dalla parte degli animali: «Più benessere negli allevamenti» Cook. Disponibile su [https://www.corriere.it/cook/news/24\\_marzo\\_19/benessere-animali-allevamento-chiede-91percento-italiani-studio-1997a870-dad9-11ee-96be-d6d12839d1dd.shtml](https://www.corriere.it/cook/news/24_marzo_19/benessere-animali-allevamento-chiede-91percento-italiani-studio-1997a870-dad9-11ee-96be-d6d12839d1dd.shtml). Data di accesso: 4 settembre 2024

Amer, A. H., Pingel, H., Hillig, J., Soltan, M., von Borell, E. (2004). Impact of atmospheric ammonia on laying performance and eggshell strength of hens housed in climatic chambers. *Archiv fur Geflugelkunde*, 68, 120–125.

Amirante P. (2016) Evoluzione degli impianti di allevamento del bestiame dall'antichità ai tempi moderni. Disponibile su <http://www.georgofili.info/contenuti/evoluzione-degli-impianti-di-allevamento-del-bestiame-dallantichit-ai-tempi-moderni/2761>. Data di accesso: 8 settembre 2024

Armstrong, D., Asher, L., Rayner, A., Ngidda, H., Sharma, B., Gray, H. (2023). The effect of piling behavior on the production and mortality of free-range laying hens. *Poultry Science*, 102. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102989>

Barnard, S., Flint, H., Shreyer, T., Croney, C. (2021). Evaluation of an easy-to-use protocol for assessing behaviors of dogs retiring from commercial breeding kennels. 16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0255883>

Bouissou, M.-F. (1992). La relation Homme-Animal. Conséquences et possibilités d'amélioration. *Productions Animales*, 5, 303–318.

Bumanis, N., Kvišis, A., Tjukova, A., Arhipova, I., Paura, L., Vitols, G. (2023). Smart Poultry Management Platform with Egg Production Forecast Capabilities. *Procedia Computer Science*, 217, 339–347. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.229>



Campbell, D. L. M., De Haas, E. N., Lee, C. (2019). A review of environmental enrichment for laying hens during rearing in relation to their behavioral and physiological development. *Poultry Science*, 98. <https://doi.org/10.3382/ps/pey319>

Campbell, D. L. M., Makagon, M. M., Swanson, J. C., Siegford, J. M. (2016). Litter use by laying hens in a commercial aviary: Dust bathing and piling. *Poultry Science*, 95. <https://doi.org/10.3382/ps/pev183>

Carroll, J. A., Forsberg, N. E. (2007). Influence of stress and nutrition on cattle immunity. *The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*, 23, 105–149. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2007.01.003>

Compassione Settore Alimentare. Lavorare insieme per prodotti alimentari migliori e il benessere degli animali d'allevamento. Disponibile su: <https://www.compassionsettorealimentare.it/> Data di accesso: 6 settembre 2024

D'Eath, R. B., Keeling, L. J. (2003). Social discrimination and aggression by laying hens in large groups: From peck orders to social tolerance. *Applied Animal Behaviour Science*, 84. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2003.08.010>

Daniel, M., Balnave, D. (1981). Responses of laying hens to gradual and abrupt increases in ambient temperature and humidity. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 21. <https://doi.org/10.1071/ea9810189>

David, B., Mejdell, C., Michel, V., Lund, V., Moe, R. O. (2015) Air Quality in Alternative Housing Systems May Have an Impact on Laying Hen Welfare Disponibile su <https://www.mdpi.com/2076-2615/5/3/495>. Data di accesso: 6 settembre 2024

David, B., Mejdell, C., Michel, V., Lund, V., Moe, R. O. (2015). Air Quality in Alternative Housing Systems may have an Impact on Laying Hen Welfare. *Animals*, 5. <https://doi.org/10.3390/ani5030389>

De Haas, E. N., Lee, C., Rodenburg, T. B. (2017). Learning and Judgment Can Be Affected by Predisposed Fearfulness in Laying Hens. *Frontiers in Veterinary Science*, 4. <https://doi.org/10.3389/fvets.2017.00113>

Dell'Orefice, G. (2024). Uova, i consumatori non premiano quelle da allevamenti a terra. *Il Sole 24 ORE*. Disponibile su <https://www.ilsole24ore.com/art/uova-consumatori-non-premiano-quelle-allevamenti-terra-afkvod1d>. Data di accesso: 6 settembre 2024

Dennis, R. L., Cheng, H. W. (2011). The dopaminergic system and aggression in laying hens. *Poultry Science*, 90. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01513>

Direttiva 1999/74/CE del Consiglio del 19 luglio 1999 che stabilisce le norme minime per la protezione delle galline ovaiole, CONSIL, 203. <http://data.europa.eu/eli/dir/1999/74/oj/ita>

Direttiva 2002/4/CE della Commissione, del 30 gennaio 2002, relativa alla registrazione degli stabilimenti di allevamento di galline ovaiole di cui alla direttiva 1999/74/CE del Consiglio. <http://data.europa.eu/eli/dir/2002/4/oj/ita>

Direttiva 98/58/CE del Consiglio del 20 luglio 1998 riguardante la protezione degli animali negli allevamenti, CONSIL, 22. <http://data.europa.eu/eli/dir/1998/58/oj/ita>

Duncan, I. J. (1998). Behavior and behavioral needs. *Poultry Science*, 77. <https://doi.org/10.1093/ps/77.12.1766>

Essere Animali - Normativa sull'allevamento di polli in Italia. Essere Animali., Disponibile su: <https://www.essereanimali.org/normativa-allevamento-polli/> Data di accesso: 8 settembre 2024

Fabrizi, C., Valli, L., Guarino, M., Costa, A., Mazzotta, V. (2007). Ammonia, methane, nitrous oxide and particulate matter emissions from two different buildings for laying hens. *Biosystems Engineering*, 97. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2007.03.036>

Facco Poultry Equipment. Disponibile su: <http://www.facco.net/it/prodotti/floorsystems/56.html>. Data di accesso: 7 settembre 2024,

Ferranti. Nido galline ovaiole con raccolta uova posteriore. (s.d.). Disponibile su: <https://www.ferrantinet.com/it/accessori-per-pollai-e-gabbie/81-nido-per-gallina-ovaiola.html>. Data di accesso: 6 settembre 2024

Ferrari A. (2018). Uova, il valore della filiera. Dolcesalato. Disponibile su <https://www.dolcesalato.com/2018/06/08/uova-il-valore-della-filiera/>. Data di accesso: 6 settembre 2024

Fraser, D. (2008). Understanding animal welfare. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 50. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-50-S1-S1>

Giersberg, M. F., Rodenburg, T. B. (2023). Advances in keeping laying hens in various cage-free systems: Part I rearing phase. *World's Poultry Science Journal*, 79, 535–549. <https://doi.org/10.1080/00439339.2023.2234343>

Gray, H., Davies, R., Bright, A., Rayner, A., Asher, L. (2020). Why Do Hens Pile? Hypothesizing the Causes and Consequences. *Frontiers in Veterinary Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.616836>

- Hale, E. B. (1948). Observations on the Social Behavior of Hens Following Debeaking<sup>1</sup>. *Poultry Science*, 27. <https://doi.org/10.3382/ps.0270591>
- Hartcher, K. M., Jones, B. (2017). The welfare of layer hens in cage and cage-free housing systems. *World's Poultry Science Journal*, 73. <https://doi.org/10.1017/S0043933917000812>
- Hemsworth, P. H., Edwards, L. E. (2020). Natural behaviours, their drivers and their implications for laying hen welfare. *Animal Production Science*, 61. <https://doi.org/10.1071/AN19630>
- James Vinco, L., Bertocchi, L., Fusi, F., Trambajolo, G. (2024). Valutazione del benessere animale nelle galline ovaiole: Manuale esplicativo controllo ufficiale. Disponibile su [https://www.classyfarm.it/images/documents/VET-UFFICIALE\\_AGGIORNATO\\_0623/Avicoli\\_Galline\\_ovaiole\\_Benessere\\_Manuale\\_01.2024.pdf](https://www.classyfarm.it/images/documents/VET-UFFICIALE_AGGIORNATO_0623/Avicoli_Galline_ovaiole_Benessere_Manuale_01.2024.pdf). Data di accesso: 6 settembre 2024
- Junghans, A., Deseniß, L., Louton, H. (2022). Data evaluation of broiler chicken rearing and slaughter. An exploratory study. *Frontiers in Veterinary Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.957786>
- Kang, S., Kim, D.-H., Lee, S., Lee, T., Lee, K.-W., Chang, H.-H., Moon, B., Ayasan, T., Choi, Y.-H. (2020). An Acute, Rather Than Progressive, Increase in Temperature-Humidity Index Has Severe Effects on Mortality in Laying Hens. *Frontiers in Veterinary Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.568093>
- Kilgour, R. Dalton, C. (1984). *Livestock Behaviour Hens*. Granada Publishing Limited, New York, 190-229. <https://doi.org/10.1201/9780429049699>
- Kilic, I., Yaslioglu, E. (2014). Ammonia and Carbon Dioxide Concentrations in a Layer House. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 27. <https://doi.org/10.5713/ajas.2014.14099>
- Kim, D. H., Lee, Y. K., Lee, S. D., Lee, K. W. (2022). Impact of relative humidity on the laying performance, egg quality, and physiological stress responses of laying hens exposed to high ambient temperature. *Journal of Thermal Biology*, 103, 103167. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2021.103167>
- Kocaman, B., Esenbuga, N., Yildiz, A., Lacin, E. (2006). Effect of Environmental Conditions in Poultry Houses on the Performance of Laying Hens. *International Journal of Poultry Science*, 5. <https://doi.org/10.3923/ijps.2006.26.30>
- Kristensen, H. H., White, R. P., Wathes, C. M. (2009). Light intensity and social communication between hens. *British Poultry Science*, 50, 649–656. <https://doi.org/10.1080/00071660903277353>

L'ordine di beccata delle galline: Gerarchia sociale e comportamento. *Le Galline*. (2023, luglio 23). Disponibile su: <https://legalline.it/allevamento/pollai/ordine-di-beccata/> Data di accesso: 6 settembre 2024

Lara, L. J., Rostagno, M. H. (2013). Impact of Heat Stress on Poultry Production. *Animals*, 3. <https://doi.org/10.3390/ani3020356>

Lay, D. C., Fulton, R. M., Hester, P. Y., Karcher, D. M., Kjaer, J. B., Mench, J. A., Mullens, B. A., Newberry, R. C., Nicol, C. J., O'Sullivan, N. P., Porter, R. E. (2011). Hen welfare in different housing systems. *Poultry Science*, 90. <https://doi.org/10.3382/ps.2010-00962>

Lewis, R. J. (2022). Aggression, rank and power: Why hens (and other animals) do not always peck according to their strength. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 377. <https://doi.org/10.1098/rstb.2020.0434>

Mench, J. A., Van Tienhoven, A., Marsh, J. A., McCormick, C., C., Cunningham, D. L., Baker, R. C. (1986). Effects of Cage and Floor Pen Management on Behavior, Production, and Physiological Stress Responses of Laying Hens. *Poultry Science*, 65, 1058–1069. <https://doi.org/10.3382/ps.0651058>

Monaghan, P. (1984). Applied ethology. *Animal Behaviour*, 32, 908–915. [https://doi.org/10.1016/S0003-3472\(84\)80169-4](https://doi.org/10.1016/S0003-3472(84)80169-4)

Newberry, R. (2004). Cannibalism. Welfare of the laying hen. Papers from the 27th Poultry Science Symposium of the World's Poultry Science Association (UK Branch), Bristol, UK, July 2003, 239–258. <https://doi.org/10.1079/9780851998138.0239>

Ni, J.-Q., Chai, L., Chen, L., Bogan, B. W., Wang, K., Cortus, E. L., Heber, A. J., Lim, T.-T., Diehl, C. A. (2012). Characteristics of ammonia, hydrogen sulfide, carbon dioxide, and particulate matter concentrations in high-rise and manure-belt layer hen houses. *Atmospheric Environment*, 57, 165–174. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.04.023>

Nicol, C. J. (1987). Behavioural responses of laying hens following a period of spatial restriction. *Animal Behaviour*, 35. [https://doi.org/10.1016/S0003-3472\(87\)80063-5](https://doi.org/10.1016/S0003-3472(87)80063-5)

Normativa sull'allevamento di galline ovaiole in Italia. (2024). *Essere Animali*. Disponibile su <https://www.essereanimali.org/normativa-allevamento-galline-ovaiole/> Data di accesso: 9 settembre 2024

Norme Di Commercializzazione Applicabili Alle Uova | EUR-Lex (2024). Disponibile su: <https://eur-lex.europa.eu/IT/legal-content/summary/rules-on-marketing-standards-for-eggs.html> Data di accesso: 9 settembre 2024

Oesterhelweg, L., Püschel, K. (2008). “Death may come on like a stroke of lightning ...” *International Journal of Legal Medicine*, 122, 101–107. <https://doi.org/10.1007/s00414-007-0172-8>

Passione Avicola. 7 semplici modi per mantenere freschi i polli durante il caldo estivo. Passione Avicola. Allevamento Amatoriale Avicoli. Disponibile su: <https://www.passioneavicola.it/7-semplici-modi-per-mantenere-freschi-i-polli-durante-il-caldo-estivo/> . Data di accesso: 5 settembre 2024

Philippe, F. X., Mahmoudi, Y., Cinq-Mars, D., Lefrançois, M., Moula, N., Palacios, J., Pelletier, F., Godbout, S. (2020). Comparison of egg production, quality and composition in three production systems for laying hens. *Livestock Science*, 232, 103917. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.103917>

Pokharel, B. B., dos Santos, V. M., Wood, D., Van Heyst, B., Harlander-Matauschek, A. (2017). Laying hens behave differently in artificially and naturally sourced ammoniated environments. *Poultry Science*, 96. <https://doi.org/10.3382/ps/pex273>

Pontara Vilas Boas Ribeiro, B., Yanagi Junior, T., Duarte de Oliveira, D., Ribeiro de Lima, R., Gilberto Zangeronimo, M. (2020). Thermoneutral zone for laying hens based on environmental conditions, enthalpy and thermal comfort indexes. *Journal of Thermal Biology*, 93, 102678. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2020.102678>

Quarles, C. L., and H. F. Kling, (1974). Evaluation of ammonia and infectious bronchitis vaccination stress on broiler performance and carcass quality. *Poultry Sci.* 53:1592-1596.

Queiroz, S. A., Cromberg, V. U. (2006). Aggressive behavior in the genus *Gallus* sp. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 8, 1–14. <https://doi.org/10.1590/S1516-635X2006000100001>

Regolamento (CE) n. 1/2005 del Consiglio, del 22 dicembre 2004, sulla protezione degli animali durante il trasporto e le operazioni correlate che modifica le direttive 64/432/CEE e 93/119/CE e il regolamento (CE) n. 1255/97. <http://data.europa.eu/eli/reg/2005/1/oj/ita>

Regolamento (CE) n. 1069/2009 del Parlamento europeo e del Consiglio 2009, abrogazione del regolamento (CE) n. 1774/2002 (regolamento sui sottoprodotti di origine animale). Disponibile su: <http://data.europa.eu/eli/reg/2009/1069/oj/ita>. Data di accesso: 8 settembre 2024

Regolamento (CE) n. 178/2002 del Parlamento europeo e del Consiglio 2002. Disponibile su: <http://data.europa.eu/eli/reg/2002/178/oj/ita>. Data di accesso: 8 settembre 2024

Regolamento (CE) n. 183/2005 del Parlamento europeo e del Consiglio 2005. Disponibile su: <https://eur-lex.europa.eu/IT/legal-content/summary/feed-hygiene.html>. Data di accesso: 8 settembre 2024

Regolamento (CE) n. 853/2004 del Parlamento europeo e del Consiglio 2004. Disponibile su: <http://data.europa.eu/eli/reg/2004/853/oj/ita>. Data di accesso: 8 settembre 2024

Rivestimenti Speciali. Pavimenti certificati Settore uova. Rivestimenti Speciali., Disponibile su: <https://www.rivestimentispeciali.it/pavimenti-e-rivestimenti-per-produzione-uova-settore-ovicolo/>.  
Data di accesso: 11 settembre 2024

Rodenburg, T. B., Komen, H., Ellen, E. D., Uitdehaag, K. A., van Arendonk, J. A. M. (2008). Selection method and early-life history affect behavioural development, feather pecking and cannibalism in laying hens: A review. *Applied Animal Behaviour Science*, 110. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2007.09.009>

Roll, V. F. B., Levrino, G. A. M., Briz, R. C. (2008). Rearing system and behavioural adaptation of laying hens to furnished cages. *Ciência Rural*, 38. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000700031>

Rossi, S. (2021). Uova di galline allevate in gabbia: Aumentano le aziende che dicono no. *Il Fatto Alimentare*. Disponibile su <https://ilfattoalimentare.it/uova-galline-allevamento-gabbie.html>

Rowland, L. O., Harms, R. H. (1972). Time Required to Develop Bone Fragility in Laying Hens. *Poultry Science*, 51, 1339–1341. <https://doi.org/10.3382/ps.0511339>

Sperotto SPA - Capannoni avicoli per allevamento free range e biologico. (s.d.). Disponibile su: <https://sperotto-spa.com/free-range-ed-allevamento-biologico> Data di accesso: 9 settembre 2024,

Sterling, K., Bell, D., Pesti, G., Aggrey, S. (2003). Relationships Among Strain, Performance, and Environmental Temperature in Commercial Laying Hens<sup>1</sup>. *The Journal of Applied Poultry Research*. 12. <https://doi.org/10.1093/japr/12.1.85>.

Temple, W., Foster, T. M., O'Donnell, C. S. (1984). Behavioural estimates of auditory thresholds in hens. *British Poultry Science*. <https://doi.org/10.1080/00071668408454890>

Yahav, S. (2004). Ammonia affects performance and thermoregulation of male broiler chickens. *Animal Research*, 53, 289–293. <https://doi.org/10.1051/animres:2004015>

Yilmaz Dikmen, B., İpek, A., Şahan, Ü., Petek, M., Sözcü, A. (2016). Egg production and welfare of laying hens kept in different housing systems (conventional, enriched cage, and free range). *Poultry Science*, 95. <https://doi.org/10.3382/ps/pew082>

Zaghari, M., Fazlali, F., Gerami, A., Eila, N., Moradi, S. (2011). Effects of environmental factors on the performance of broiler breeder hens. *Journal of Applied Poultry Research*. 20. <https://doi.org/10.3382/japr.2009-00110>

Zoopiro. Gabbia per galline ovaiole. (s.d.). Disponibile su: <https://www.zoopiro.it/gabbia-per-galline-ovaiole.html> Data di accesso: 11 settembre 2024

Zootecnica. Cause di mortalità in galline non debeccate in diversi tipi di allevamento. *Zootecnica*. (2021). Disponibile su: <https://zootecnica.it/2021/07/02/cause-di-mortalita-in-galline-non-debeccate-in-diversi-tipi-di-allevamento/> Data di accesso: 09 settembre 2024

Zulkifli, I., Siti Nor Azah, A. (2004). Fear and stress reactions, and the performance of commercial broiler chickens subjected to regular pleasant and unpleasant contacts with human being. *Applied Animal Behaviour Science*, 88. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2004.02.014>





## Ringraziamenti

Anche questo piccolo viaggio è arrivato al termine. Iniziato come un gioco al secondo piano di un appartamento di Legnaro. Eppure, sono già passati di due anni da quel giorno; due anni pieni, tanto pieni, forse troppo. Vorrei dedicare questo spazio a tutte le persone che nel corso degli ultimi anni mi hanno accompagnato in questo particolare ed intenso percorso di studi.

Ringrazio la mia relatrice, professoressa Angela Trocino ed il mio correlatore, Dottor. Mattia Pravato per la loro grande disponibilità e professionalità dimostratami in questi mesi di lavoro.

Ringrazio tutta la mia famiglia, i miei fratelli Thomas e Francesco, ed in particolare i miei genitori, la mia mamma Elena ed il mio papà Luca che nel corso di questi due anni hanno sempre creduto in me sostenendomi sotto tutti i punti di vista, non solo in ambito universitario! Portatori di una pazienza immensa.

Ringrazio la mia dolce metà, Tatiana, fantastica compagna di viaggio, sempre pronta ad ascoltarmi, spronarmi ed aspettarmi non solo durante questo particolare percorso, ma soprattutto nella vita quotidiana, quella che conta davvero.

Ringrazio le mie nonne, Antonia e Bruna che hanno sempre fatto il tifo per me e tutti gli zii e cugini.

Ringrazio i miei coinquilini, Nicola e Maurizio, ma in particolare Tobia con cui ho passato due anni fantastici. Le chiacchierate seduti a tavola e i mille discorsi sui nostri sogni imprenditoriali; chissà magari un giorno...

Ringrazio Luca, compagno di corso, senza il quale non sarei mai potuto arrivare in tempo alla fine di questo percorso.

Vorrei inoltre ricordare e ringraziare alcuni miei ex-professori dell'Istituto Agrario di San Michele all'Adige, presso cui mi sono diplomato nel 2019. Con i loro insegnamenti ed il loro lavoro sono riusciti a trasmettermi l'amore e la passione per queste materie. In particolare, i professori Adriana Bianchi (docente di chimica enologia), Paolo Facchini (docente di viticoltura e produzioni vegetali), Rossano Sandri (docente di viticoltura), Luca Russo (docente di microbiologia) e Rino Minutolo (docente di enologia).

Ora è tempo di...studiare, eh già, ancora! Ne mancano altri 3 di anni!