



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

**DIPARTIMENTO DI AGRONOMIA ANIMALI ALIMENTI
RISORSE NATURALI E AMBIENTE**

**DIPARTIMENTO DI TERRITORIO E SISTEMI AGRO-
FORESTALI**

Corso di studio di Scienze e tecnologie animali

**SISTEMI E TECNOLOGIE INNOVATIVE
PER L'ALLEVAMENTO AVICOLO**

*Innovative systems and technologies
in poultry farming*

Relatore:
Prof. Andrea Pezzuolo

Laureando:
Cristian Bombieri
Matricola n. 1225981

ANNO ACCADEMICO 2021/2022

Sommario

Riassunto	5
Abstract	7
1 Introduzione.....	8
1.1 Evoluzione dell'allevamento avicolo	11
2. Sistemi costruttivi ed impiantistici	14
2.1 Strutture di allevamento.....	15
2.2 impianti per l'alimentazione e l'abbeverata	17
2.2.1 impianti per l'alimentazione.....	18
2.2.2 impianti per l'abbeverata	22
2.3 Impianti per la gestione della lettiera avicola	28
3. Sistemi per il controllo ambientale	32
3.1 Obiettivi e principali parametri	32
3.2 Sistemi e tecnologie per il controllo ambientale	33
3.3 Software gestionali per la gestione dei dati ambientali di allevamento	42
4. Tecnologie ed automazione	47
4.1 Automazione applicata alle principali operazioni di allevamento	47
4.2 Sensoristica ed impiantistica per il monitoraggio dei dati biometrici/comportamentali.....	47
5. Discussione	55
6. Conclusione	56
Bibliografia e sitografia	57

RIASSUNTO

Con l'aumento demografico mondiale la domanda di produzione avicola continuerà ad aumentare. Per soddisfare questa domanda sarà necessario aumentare il numero di allevamenti e gestire al meglio gli animali allevati. Tuttavia la carenza di manodopera e l'aumento delle pratiche di biosicurezza, renderà sempre più complesso gestire la produzione, la salute e lo stato di benessere di tutti gli animali. L'impiego di tecnologie e sistemi intelligenti di gestione dell'allevamento rappresenta quindi uno strumento strategico per aumentare la produzione riducendo al minimo i costi e l'utilizzo delle risorse.

Il nuovo approccio per migliorare il benessere nel settore avicolo è mirato quindi alla gestione di precisione degli animali allevati. Nella produzione avicola, osserviamo che la salute degli animali e la qualità dei prodotti avicoli dipendono in modo significativo da buone condizioni di benessere. Inoltre, la crescente preoccupazione della società per le tecniche di allevamento e il mantenimento del benessere degli animali porta allo sviluppo di soluzioni per aumentare l'efficienza di controllo della mandria stessa. Attraverso la Zootecnia di Precisione (o Precision Livestock Farming) è possibile raccogliere dati in tempo reale sugli animali utilizzando sensori e tecnologie che hanno come obiettivo il monitoraggio dell'animale, dell'ambiente o degli impianti. Questo significa che attraverso tali sistemi è possibile aumentare il benessere degli animali rilevando le prime fasi di malattie e situazioni di stress durante il ciclo di allevamento adottando conseguenti di mitigazione. Obiettivo della presente tesi è quello di analizzare le sistemi e tecnologie che stanno interessando il settore avicolo e come tali sistemi possono migliorare le produzioni sia dal punto di vista del benessere animale che della sostenibilità ambientale. Infine, verranno evidenziate e discusse anche le sfide connesse all'applicazione di tali sistemi e tecnologie.

ABSTRACT

With the global demographic increase, the demand for poultry production will continue to increase. To meet this demand, it will therefore be necessary to increase the number of farms and better manage the animals raised. However, the shortage of manpower and the increase in biosecurity practices will make it increasingly difficult to manage the production, health and welfare of all animals. The use of intelligent farm management technologies and systems therefore represents a strategic tool to increase production while minimizing costs and the use of resources. The new approach to improving welfare in the poultry sector is therefore aimed at the precision management of farmed animals. In poultry production, we see that animal health and the quality of poultry products depend significantly on good welfare conditions. In addition, the growing concern of society about husbandry techniques and the maintenance of animal welfare leads to the development of solutions to increase the control efficiency of the herd itself. Through Precision Livestock Farming it is possible to collect real-time data on animals using sensors and technologies that aim to monitor the animal, the environment or the plants. This means that through these systems it is possible to increase the welfare of the animals by detecting the early stages of diseases and stressful situations during the breeding cycle, adopting mitigation consequences. The aim of this thesis is to analyze the systems and technologies that are affecting the poultry sector and how these systems can improve production both from the point of view of animal welfare and environmental sustainability. Finally, the challenges associated with the application of these systems and technologies will also be highlighted and discussed.

1. INTRODUZIONE

La carne rappresenta uno degli alimenti più commerciati a livello mondiale la cui produzione si è attestata nel 2020 a 337,2 milioni di tonnellate. Questi livelli produttivi sono resi possibili grazie al mercato della carne avicola (136 milioni ton.), bovina (72 milioni ton.), suina (109 milioni ton.) e ovina (16.2 milioni ton.) (Fig. 1)(Food Outlook, FAO 2020). Secondo la FAO (Unaitalia 2020), l'accessibilità economica della carne di avicola e il ciclo di produzione più breve sono i due fattori che contribuiscono alla competitività del settore avicolo rispetto alle carni suine, bovine e ovine. Nel 2018 il consumo medio pro-capite annuo nel mondo risultava pari a 34,7kg di carne ripartiti in 13 kg di carni avicole, 12,7 kg di carni suine, 7,5 kg di carni bovine e 1,5 kg di carni ovine (Unaitalia, 2020). La carne avicola seguendo l'andamento di mercato si prospetta di arrivare a 14,5 kg pro-capite nel 2022, realizzando un forte incremento che si rivela decisamente più favorevole rispetto alle stime di crescita della domanda negli altri segmenti zootecnici.

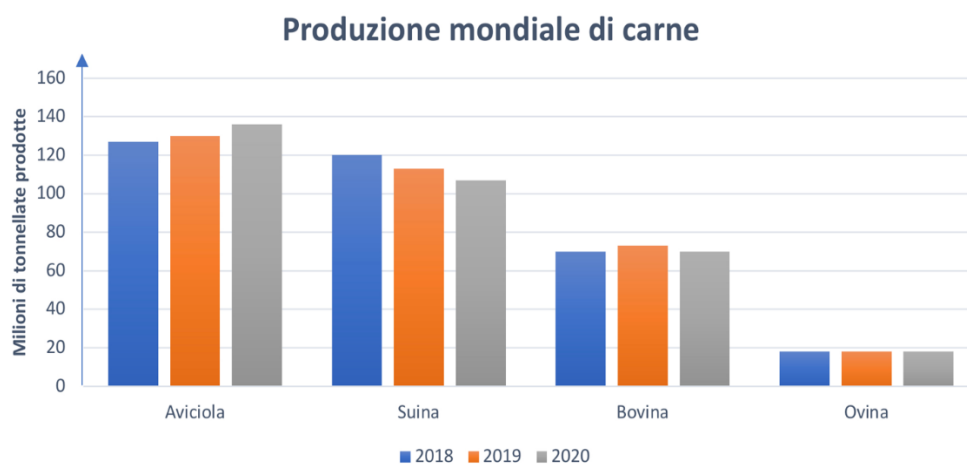


Figura 1. Produzione mondiale di carne nei vari settori produttivi zootecnici (Unaitalia, 2020)

Fra i Paesi europei, l'Italia si posiziona oggi al sesto posto con una produzione costante nel corso degli ultimi anni. Nel 2020 in Italia, risultano presenti quasi 137 milioni di volatili domestici, allevati in circa 9.300 strutture produttive. Il numero di allevamenti avicoli professionali italiani iscritti alla BDN continua a crescere aumentando di 1318 allevamenti in soli 5 anni (circa il 16,5%), tenendo però stabile nel tempo il numero di capi allevati. Negli ultimi 5 anni abbiamo visto progressivamente un aumento e poi una leggera diminuzione di capi, perdendone circa 10 milioni dopo 2019, questo a causa di un declino dei prezzi di vendita della carne nel mercato avicolo (Fig. 2).

	ud m	2016	2017	2018	2019	2020
offerta						
allevamenti di avicoli ⁽¹⁾	(n°)	7.990	7.981	8.273,0	8.753,0	9.308,0
- allevamenti polli da carne ⁽¹⁾	(n°)	2.616	2.640	2.621,0	2.687,0	2.705,0
- allevamenti tacchini da carne ⁽¹⁾	(n°)	785	773	749,0	748,0	761,0
- numero capi in allevamento ⁽¹⁾	(mln di capi)	131,9	134,6	143,3	146,9	137,5
carni avicole ⁽²⁾	(000 tec)	1.366	1.325	1.283	1.364	1.387
PPB pollame *	(milioni €)	2.710	2.850	2.750	2.765	2.668
PPB carni pollame/PPB allevamenti *	(%)	17,5	17,1	16,9	16,9	16,7
PPB carni pollame/PPB agricoltura *	(%)	5,5	5,6	5,3	5,3	5,1
fatturato industria carne avicola	(milioni €)	5.450	5.850	5.705	5.550	5.715
peso sul fatturato ind. agroalimentare	(% v.)	4,1	4,3	4,1	3,8	4,0
scambi con l'estero*						
import ⁽³⁾	(mln €)	298	350	343	329	300
peso sul tot. agroalimentare	(% v.)	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7
export ⁽³⁾	(mln €)	495	476	479	527	476
peso sul tot. agroalimentare	(% v.)	1,3	1,2	1,1	1,3	1,0

(1) Fonte: Anagrafe Zootecnica

(2) Macellazioni industriali esclusi conigli e selvaggina

(3) Avicoli vivi, carni avicole e uova comprese frattaglie e preparazioni



Figura 2. Andamento settore avicolo dal 2016 al 2020 (Ismea, 2020)

Tra gli avicoli allevati, circa la metà è rappresentata da polli da carne (48%), il 37% da galline ovaiole, il 7% da tacchini da carne e il restante 8% da specie minori quali faraone, piccioni, anatre, oche. A tal proposito, l'industria di trasformazione negli ultimi anni sta aumentando sempre di più i prodotti lavorati/pronti al consumo vedendo diminuire progressivamente le vendite del prodotto fresco. Infatti il 32% della carne di pollo consumata in Italia si riferisce infatti a preparati e trasformati (es. hamburger, spiedini, rollè, bocconcini), il 59% al prodotto in parti e solo il 9% al pollo intero. Dieci anni fa il prodotto lavorato costituiva appena il 20% dell'offerta e negli anni 80 non era presente nessuno di questi sul mercato (Fig. 3) (Unaitalia, 2020). La filiera avicola italiana è l'unica tra quelle zootecniche ad avere un tasso di autoapprovvigionamento superiore al 100%, infatti nel 2020 il settore avicolo italiano è risultato autosufficiente mediamente del 107,5%, infatti, viene prodotto il 104,8% delle carni di pollo consumate nel nostro Paese ed il 118,2% delle carni di tacchino (Unaitalia, 2020).

Secondo la Banca Dati Nazionale l'80% dei capi allevati sono al Nord del Paese, specificamente in due regioni Veneto e Lombardia, dove si nota una maggior concentrazione degli allevamenti coadiuvata dal collocamento di un gran numero stabilimenti delle maggiori aziende del settore avicolo italiano.

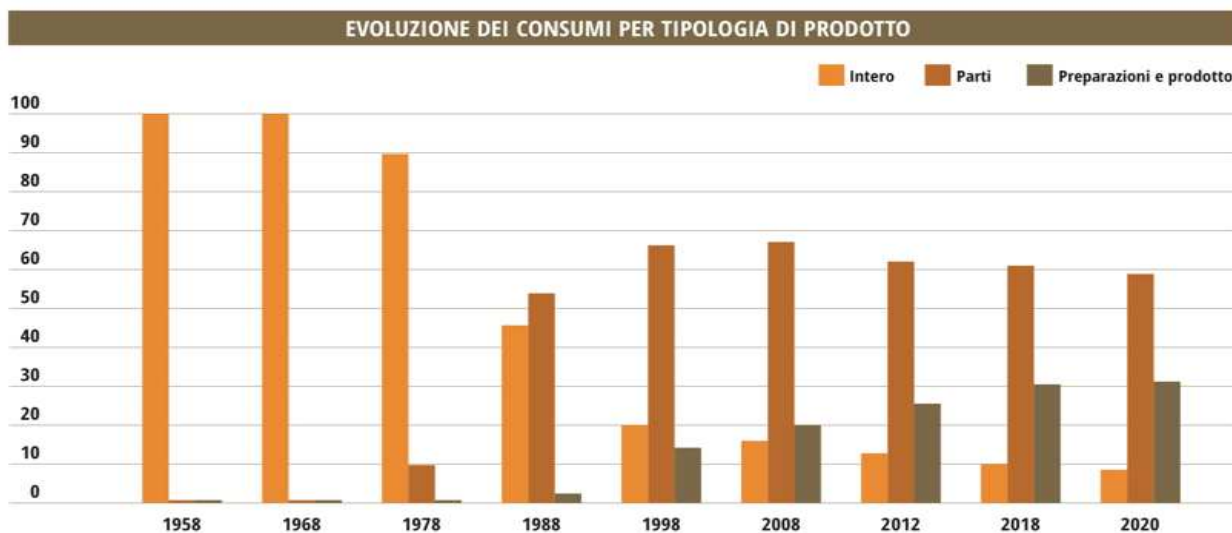


Figura 3. Evoluzione dei consumi per tipologia di prodotto nel comparto avicolo (% prodotti venduti per tipologia)

1.1 Evoluzione dell'allevamento avicolo

Negli ultimi 10-15 anni nelle regioni dell'Italia settentrionale si è verificata una forte evoluzione degli allevamenti con grandi investimenti di ordine tecnico-strutturali e gestionali. In queste regioni, infatti, troviamo una modalità di allevamento differente dal resto del Paese caratterizzata da grandi mandrie con decine di migliaia di capi, impianti all'avanguardia, razze selezionate a rapido accrescimento, alimentazione specializzata per ottenere un elevato livello produttivo.

Nella restante parte del territorio nazionale invece prevale un allevamento tendenzialmente meno specializzato, con indirizzi produttivi più semplici e organizzazione aziendale spesso di carattere familiare, caratterizzata quindi da allevamenti di piccola taglia, razze autoctone ad accrescimento lento, alimentazione a base di granaglie, ottimizzando perlopiù la componente qualitativa rispetto alla quantità.

La struttura produttiva nazionale si caratterizza per un elevato grado di specializzazione nell'ingrasso del pollo da carne o "Broiler"; si usa questo termine indicare ibridi commerciali a rapido accrescimento. Il broiler è quindi la principale specie avicola allevata a livello mondiale per la produzione di carne non essendo limitata da aspetti religiosi o di costume.

Il peso e l'età alla macellazione possono variare rispettivamente da 1 a 4 kg e dai 30 ai 55 giorni. In Italia, si producono essenzialmente tre tipologie (Bittante et al, 2005):

- Il pollo leggero, macellato a un'età di 32-37 giorni, alla macellazione raggiunge un peso di 1,5-1,7 kg ed è destinato prevalentemente alle rosticcerie o a essere commercializzato intero.

- Il pollo medio, macellato a un'età di 42-48 giorni, alla macellazione raggiunge un peso di circa 2,5 kg. Ed è destinato alla trasformazione (sezionati o III/IV gamma).
- Il pollo pesante, destinato alla produzione di elaborati e trasformati, alla macellazione raggiunge un peso superiore ai 3 kg a un'età di circa 50-55 giorni.

Oltre ai numeri del comparto e le relative potenzialità economiche, una condizione tra le più importanti che sta caratterizzando il comparto avicolo è rappresentata dal benessere animale. È un elemento di notevole importanza per gli allevatori, in quanto la filiera, ed in particolare il consumatore finale, è sempre più attento nei confronti dei bisogni e delle esigenze degli animali.

I principali riferimenti normativi, ad oggi, oggi rappresentati da:

- Decreto Legislativo 26 marzo 2001, n.146. "Attuazione della direttiva 98/58/CE
- relativa alla protezione degli animali negli allevamenti"
- Decreto Legislativo 29 Settembre, 2010, n. 181, "Attuazione della direttiva 2007/43/CE, che stabilisce norme minime per la protezione di polli allevati per la produzione di carne"
- Ministeriale 4 febbraio 2013 "Disposizioni attuative in materia di protezione dei polli allevati per la produzione di carne, ai sensi degli articoli 3, 4, 6 e 8 del decreto legislativo 27 settembre 2010, n.181"

Dagli anni '60, i polli allevati in Italia non stabulano più in gabbia ma esclusivamente a terra, protetti all'interno di strutture zootecniche, nel rispetto di normative europee e italiane che stabiliscono parametri microclimatici (umidità, temperatura, ricambio d'aria, illuminazione e densità di allevamento) tali da permettere benessere e sviluppo dei comportamenti naturali dell'animale.

Altra condizione fondamentale è la biosicurezza che determina tutti quei passaggi cumulativi atti a impedire la trasmissione di agenti patogeni e altri agenti dannosi per individui o popolazioni di esseri umani o esseri viventi (Carni sostenibili, 2016). Biosicurezza e benessere animale sono imprescindibili l'uno dall'altro, è impegno costante per un'avicoltura all'avanguardia, che mira a ridurre sempre più l'utilizzo dei farmaci, infatti oggi solo 1 pollo su 5 viene trattato con antibiotici e solamente se strettamente necessario, arrivando al traguardo di riduzione degli antibiotici di oltre l'82% (Carni sostenibili, 2019).

Questo è stato possibile grazie ad una ristrutturazione degli ambienti di allevamento, attraverso nuovi strumenti che la tecnologia mette oggi a disposizione e una gestione innovativa e scrupolosa. Al giorno d'oggi gli allevamenti si stanno evolvendo sempre di più tanto da arrivare ad essere chiamati allevamenti di precisione PLF (Precision Livestock Farming). L'approccio PLF parte dall'osservazione che l'animale è la parte cruciale del processo di produzione in un allevamento.

Ogni organismo vivente, viene definito come un sistema CIT (Complex, Individual e Time-variant) cioè complesso, singolarmente diverso e nel tempo variante in base alle diverse condizioni. Operativamente, tecnologie digitali consentono di impostare parametri microclimatici dell'allevamento, monitorandoli costantemente e adattandoli alle esigenze degli animali nelle varie fasi di crescita. Un algoritmo segnala la quantità esatta di mangime da somministrare, in base all'età e al peso degli animali e attraverso tablet o smartphone gli allevatori possono tenere tutto sotto controllo e se necessario intervenire tempestivamente, anche da remoto, per modificare le condizioni (Fig. 4).

L'obiettivo di queste tecnologie non è quello di sostituirsi agli allevatori ma di sostenerli nelle decisioni che dovranno prendere per una corretta gestione degli animali. Questa evoluzione ha infatti portato l'allevatore ad un aumento delle mansioni amministrative e del carico di lavoro tecnico, organizzativo e logistico.

Se si controllano soltanto i dati di allevamenti (crescita, consumo di mangime, ecc), si rischia di tralasciare segnali importanti provenienti dagli animali o dall'ambiente. L'allevatore deve sempre essere consapevole sia dell'ambiente che del comportamento degli animali. Le informazioni devono essere costantemente analizzate (insieme ai dati di produzione) per identificare eventuali mancanze nelle condizioni degli animali e/o dell'ambiente e porvi rapidamente rimedio.

Le tabelle di peso e conversione sono sempre le stesse per tutti i gruppi ma ogni gruppo ha la sua storia e differisce nei suoi fabbisogni per raggiungere gli stessi obiettivi. Per capire questi fabbisogni ed essere in grado di rispondere in modo appropriato, l'allevatore, grazie alle nuove tecnologie, deve saper predire ed anticipare gli eventuali problemi che si potranno verificare nei vari gruppi.

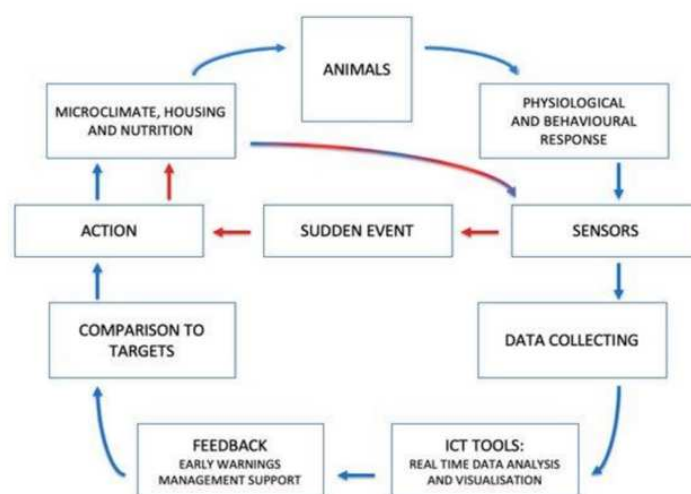


Figura 4. Schema concettuale della funzionalità della Precision Livestock Farming

2. SISTEMI COSTRUTTIVI ED IMPIANTISTICI

L'allevamento avicolo ha l'obiettivo di ottenere le prestazioni richieste in termini di benessere degli animali, peso vivo, conversione, uniformità e resa in carne entro i limiti economici. Grazie agli importanti progressi genetici e tecnico-strutturali, il pollo moderno raggiunge il suo peso finale più velocemente. A tal proposito, fornire l'alloggiamento, l'ambiente e la corretta gestione dall'accasamento a tutto l'intero periodo di crescita è fondamentale.

La produzione di broiler è un processo sequenziale, in cui le prestazioni finali dipendono dal completamento corretto di ogni fase. Nell'ambito della produzione di polli da carne, ci sono diverse fasi di sviluppo quando l'animale si sposta dall'incubatoio all'allevamento e poi al macello (Fig.5). Tra ciascuna di queste fasi del processo di produzione c'è una fase di transizione (Aviagen, 2018).

Le più importanti sono:

- Schiusa.
- Lavorazione, stoccaggio e trasporto dei pulcini.
- Sviluppo di un buon appetito nel pulcino.
- Passaggio da abbeveratoi e mangiatoie supplementari al sistema principale.
- Cattura e trasporto degli animali a fine ciclo.

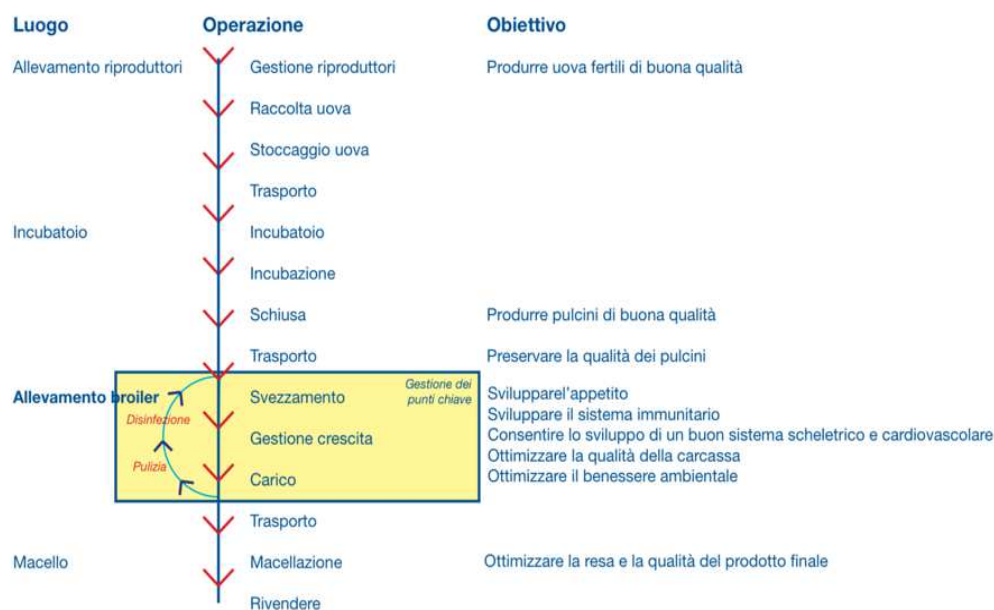


Figura 5. Il processo completo della produzione di broiler

2.1 Strutture di allevamento

Le caratteristiche di una struttura di allevamento per polli da carne, in termini di dimensioni, numero di capi, e attrezzature relative, sono regolate in base a specifiche normative di riferimento. Secondo le normative vigenti, le strutture di allevamento devono essere circondate da una recinzione per prevenire l'entrata di persone non autorizzate ed essere dotate di sistema di disinfezione per gli automezzi. Inoltre devono essere progettate per ridurre al minimo le movimentazioni, facilitare le operazioni di pulizia e disinfezione (Fig. 6) ed essere protette dall'entrata di possibili roditori e volatili.



Figura 6. Esempio di buone pratiche di disinfezione, nell'immagine a sinistra abbiamo un buon esempio di disinfezione all'interno dell'allevamento, al centro la disinfezione esterna della struttura di allevamento mentre a destra abbiamo il sistema di disinfezione ad arco degli automezzi entranti in allevamento.

Tali strutture presentano generalmente pavimentazioni in cemento, pareti e soffitti lavabili e condotti di ventilazione accessibili. Pavimenti in battuto non possono essere adeguatamente puliti e disinfettati.

Intorno alle strutture deve essere mantenuta un'area completamente libera di almeno 15 m in modo che l'erba possa essere tagliata con facilità. Nelle immediate vicinanze, un'area di cemento ampia da 1 a 3 metri, serve per ridurre il passaggio di roditori e fornire una superficie adatta al posizionamento di attrezzature durante le operazioni di lavaggio. La Figura 7 rappresenta un buon esempio di progettazione di strutture aziendali avicole, caratterizzate dalla presenza del sistema per la disinfezione degli automezzi entranti in allevamento come prima barriera per i patogeni, successivamente tutti gli automezzi come auto tecnico e veterinario, camion per il rifornimento di mangime, camion per il rifornimento di combustibile per il riscaldamento (se non con metanodotto o gasdotto) rimangono fuori dal confine di allevamento tranne il camion che porta gli animali da accasare e quello che porta gli animali pronti direttamente al macello.

Le strutture zootecniche sono generalmente a 1 o 2 falde in cemento prefabbricato o acciaio e con pareti in muratura o pannello cemento. La copertura può presentare pannelli sandwich, laterizi, fibrocemento ondulato, plastica, mentre il pavimento è in materiale cementizio, liscio con lettiera per polli, tacchini, faraone e graticciato per anatre (causa zampe palmate).

Le strutture di allevamento per polli da carne presentano una finestratura con pannelli trasparenti-opachi che lasciano filtrare la luce naturale mentre per le ovaiole le finestre sono completamente oscurate in quanto l'illuminazione è forzata/regolata. La lunghezza di tali strutture varia tra 50-200m (media 100m), la larghezza è invece di 8-16m (media 12m) con una superficie complessiva di 500-2000m² (media 1000m²). L'altezza di tali edifici è di 3-5 m al colmo e di 2-3 m in gronda; tale limite non è posto tanto dalla lunghezza ma dal tipo di ventilazione (Aviagen, 2018).

Oggi giorno le strutture più avanzate sono dotate di impianto fotovoltaico per far fronte autonomamente al consumo energetico della struttura. Infatti, tutti i sistemi di allevamento richiedono energia elettrica per funzionare, come la ventilazione forzata che fa uso di motori elettrici per azionare i ventilatori, l'impianto di alimentazione dove si trovano motori elettrici che azionano coclee per portare l'alimento, l'impianto di abbeverata che sfrutta pompe e dosatori per approvvigionare acqua, l'illuminazione che oggi sfrutta la tecnologia LED, il raffrescamento che sfrutta pompe elettriche, la PLF che fa uso di centraline/computer e sensori per gestire tutto l'allevamento.



Figura 7. Esempio di corretta progettazione aziendale.

2.2 Impianti per l'alimentazione e l'abbeverata

La sempre maggiore diffusione di nuove tecnologie in campo zootecnico, per lo più sviluppate nei paesi del centro e nord Europa, ha reso disponibili nuove soluzioni impiantistiche per l'alimentazione degli avicoli.

Gli aspetti innovativi sono da ricercarsi soprattutto nella migliore gestione e nel più efficace controllo del processo di alimentazione con vantaggi in termini di minori sprechi e maggiore assunzione del mangime da parte degli animali. Tutti aspetti da tenere particolarmente in considerazione, visto il costo delle materie prime (Hartung et al., 2017).

In futuro l'alimentazione del pollo richiederà notevoli cambiamenti: finora ai nutrizionisti è stato chiesto generalmente di ridurre i costi di produzione, trovando una formula a basso costo che assicuri le migliori performance di allevamento. Tuttavia, trasparenza e la sostenibilità ambientale continueranno a costituire sempre più dei fattori di mercato determinanti. A tal proposito, i nutrizionisti dovranno partecipare a iniziative sostenibili, prestare maggiore attenzione alla qualità degli alimenti, lavorare sulle differenziazioni del nutrimento nelle diverse fasi di crescita (e in base al sesso), concentrarsi sulla dimensione delle particelle e la qualità del pellet, utilizzando additivi/enzimi in maniera più efficace e attenta.

Inoltre, da parte dei consumatori ci sarà sempre una maggiore richiesta di polli allevati senza antibiotici (Produzioni antibiotic-free) e, per intercettare questa richiesta del consumatore, sarà necessario adottare nuove metodologie di alimentazione (Zootecnia international, 2020).

Se il nutrizionista desidera formulare mangime con margini di variabilità minimi è fondamentale conoscere la composizione dei singoli ingredienti. I dati storici mostrano che molti nutrizionisti sottostimano il valore degli ingredienti, il che non garantisce le rese migliori, quanto più una perdita di nutrienti e un possibile aumento dell'inquinamento (azoto e fosforo). Con il progresso della tecnologia NIRS (Near infra-red spettroscopy), i mangimifici oggi possono disporre di una costante valutazione degli ingredienti gestiti o forniti. La tecnologia Nir è ormai da tempo disponibile sul mercato al fine di misurare accuratamente e velocemente la sostanza secca degli alimenti utilizzati nelle razioni. Tali strumenti sono in grado di fornire analisi anche per nutrienti quali la fibra, le proteine, l'amido e molti altri. Questo tipo di analisi on-farm fornisce quindi la possibilità di "aggiustare" le razioni in tempo reale nel momento stesso in cui le razioni vengono realizzate. La regolare verifica delle caratteristiche degli alimenti è un controllo di processo che permette un tempestivo ribilanciamento della razione consentendo di somministrare agli animali la razione ottimale effettivamente formulata dall'alimentarista.

Tra i vari benefici di questa tecnologia ci sono: migliori performance produttive, minori sprechi di alimenti costosi, ottenere un risultato in tempo reale in meno di 60 secondi, eseguire analisi molto più spesso, quante volte si desidera, senza costi aggiuntivi, maggiore costanza giorno dopo giorno nelle razioni fornite agli animali, miglioramento della salute e uniformità della mandria (informatore zootecnico, 2016).

2.2.1 Impianti per l'alimentazione

Un impianto di mangiatoie deve essere conforme alle normative in materia di allevamenti a terra, accessibile agli animali in tutte le età di vita, regolabile nella quantità di erogazione del mangime, resistente all'usura e facile da igienizzare.

Numerose aziende tra cui Big dutchman, Chore time e Roxell hanno sviluppato nuovi modelli di mangiatoie per l'accrescimento dei broiler. Questa innovazione si presenta senza griglia, facile da montare, il profilo del piatto è aperto, quindi facile e rapido da pulire. Il meccanismo di riempimento del mangime è centralizzato a 360 gradi. Questo meccanismo assicura un elevato livello di mangime nei piatti mentre si trovano sul pavimento durante il primo giorno dei pulcini. I piatti vengono poi sollevati, a seconda dell'età e della taglia dei broiler, abbassando il livello del mangime all'interno della mangiatoia.

Questa mangiatoia presenta anche con un sistema che evita l'entrata dei pulcini all'interno del piatto durante i primi giorni dopo l'accasamento in modo da ridurre contaminazioni del mangime con lettiera e/o deiezioni (Fig. 8).



Figura 8. Differenza tra le due tipologie di mangiatoie, a sinistra i pulcini entrano nel piatto e sporcano il mangime con escrementi e ostruiscono il passaggio della testa agli altri animali che vogliono mangiare, quella a destra non consente l'ingresso ai pulcini con importanti vantaggi in termini di riduzione delle contaminazioni.

Altra innovazione di interesse, è rappresentata dal sensore DOL29 di Big Dutchman. Questo sensore è dotato di un sistema di illuminazione a LED integrato che ha l'obiettivo di richiamare la curiosità dei pulcini ad alimentarsi e, una volta svuotata, aziona il riempimento di tutta la linea di alimentazione. Il sensore presenta anche un modulo di NFC ovvero Near-field communication (comunicazione di prossimità) con cui gli allevatori possono collegare il loro smartphone (e relativa applicazione) per definire la durata dell'illuminazione e i ritardi di spegnimento. Queste impostazioni possono anche essere trasferite a tutte le altre mangiatorie di controllo della struttura di allevamento.

Con queste tecnologie il mangime viene distribuito equamente e uniformemente in tutto il sistema di alimentazione per consentire uguali (e contemporanee) quantità a tutti gli animali stabulati. Un sistema di alimentazione efficiente consente di nutrire un gran numero di animali in breve tempo in modo che ciascuno riceva la sua parte del mangime assegnato per quel giorno. L'obiettivo è che ogni uccello abbia la stessa opportunità di mangiare una stessa quantità di mangime contemporaneamente.

L'uniformità del gruppo durante il ciclo di vita di un uccello è fondamentale per massimizzare il potenziale di qualsiasi razza di pollo. Più uniforme è un gregge, più coerenti saranno i risultati e tanto più ripetibile ed efficace sarà un particolare programma. Per garantire una distribuzione uniforme del mangime, tutte le impostazioni di regolazione della profondità di apertura del piatto/tubo devono essere le medesime su ciascun piatto o tubo di alimentazione. Lo spazio inadeguato in mangiatoia e la scarsa uniformità di distribuzione del mangime sono 2 cause principali della disformità del gruppo. Una buona uniformità nel ciclo di allevamento si ha generalmente quando +/-10% di un gregge è il 70-80% del peso medio per uno standard di peso desiderato. I gruppi al di sotto del 70% influiscono negativamente sul ciclo produttivo mentre i branchi superiori all'80% hanno generalmente prestazioni migliori. Inoltre la distribuzione irregolare del mangime può portare ad un aumento dei danni da graffi associata alla concentrazione degli animali nei piatti e un aumento della fuoriuscita di mangime (Poultryworld, 2018).

L'altezza errata delle mangiatoie (troppo alta o troppo bassa) aumenta la fuoriuscita di mangime. Oltre alla perdita economica e alle inferiori performance, quando accade, le stime della conversione del mangime diventano inaccurate e il mangime fuoriuscito, se mangiato, è probabile che abbia un rischio più elevato di contaminazione batterica. La base/fondo del piatto deve essere all'altezza della parte superiore del petto (Fig. 9)(Aviagen, 2018).



Figura 9. Corretta altezza delle mangiatoie

Il controllo del consumo di mangime negli allevamenti si traduce quindi in differenze di peso corporeo tra i singoli individui e una diminuzione dell'efficienza della produzione. Nei riproduttori si deve pesare costantemente gli animali ed adeguare l'alimentazione sul peso medio. A tal fine è stato sviluppato un sistema sperimentale di alimentazione di precisione che regola il rilascio di mangime ai singoli uccelli, uno alla volta, in base al peso dell'animale che si posiziona in mangiatoia (Zuidhof et al., 2017). Il sistema consente agli animali più leggeri di mangiare mentre limita l'alimentazione degli uccelli più pesanti. Le prove iniziali che utilizzano questa tecnologia di alimentazione di precisione hanno dimostrato una diminuzione del 50% della variazione del peso corporeo tra i polli da riproduzione da carne. Questo sistema di alimentazione consente anche numerosi periodi di alimentazione al giorno che hanno dimostrato di migliorare la conversione del mangime rispetto all'alimentazione standard una volta al giorno.

Un'evoluzione di questo sistema ha portato ad un'alimentazione di precisione più sviluppata; tale evoluzione può pesare i singoli animali mentre utilizza contemporaneamente l'identificazione a radiofrequenza da un'etichetta alare per tracciare l'assunzione di mangime del singolo capo. Da allora il sistema di alimentazione di precisione ha dimostrato una conversione del mangime più efficiente (Hadinia et al., 2018) e livelli di fertilità leggermente più elevati (Zuidhof, 2018) rispetto ai normali regimi di alimentazione. Anche altre categorie di pollame, come le galline ovaiole, potrebbero trarre vantaggio dalle tecnologie dei sensori in grado di valutare e controllare con maggiore precisione i livelli di assunzione di mangime (Xin e Liu, 2017)

Anche a livello delle strutture di stoccaggio degli alimenti ci possono essere delle tecnologie. Una di queste è la presenza di una pesa che realizza il controllo del peso dei silos tramite l'allacciamento alle celle di carico. Questo dosa la quantità di mangime da distribuire negli orari prefissati del pasto.

Inoltre, il carico del silo viene riconosciuto automaticamente, interrompendo la distribuzione e registrando tutti i dati del carico silo (data e quantità di mangime caricata), e riprendendo la distribuzione a carico silo completato.

Tramite il monitoraggio del mangime e dell'acqua distribuita è possibile predeterminare dei parametri oltre i quali interviene l'allarme di minimo o di massima distribuzione. Infine integra i timer giornalieri di comando degli orari dell'acqua, delle luci, e di 1 timer libero: tramite l'allacciamento ad un conta-litri è possibile contabilizzare i consumi dell'acqua.

L'archivio gestionale consente di registrare sia il consumo giornaliero che quello totale del ciclo dei seguenti parametri: mangime distribuito, acqua distribuita, rapporto, acqua/mangime, carichi silos.

Un altro sistema è la pesa tramoggia per la distribuzione razionata del mangime in allevamenti di riproduttori e svezzamenti. Questo gestisce il controllo dell'alimentazione sulla propria linea di mangiatoie tramite il controllo del peso della tramoggia di linea. Il principio di funzionamento è il seguente:

- All'orario "Riempimento" vengono caricati nella tramoggia i Kg di mangime della razione.
- All'orario "Discesa" vengono fatte scendere le mangiatoie.
- All'orario "Mangiatoie" vengono avviate le mangiatoie (temporizzazione On/Off).
- All'orario "Acqua" viene distribuita l'acqua (è possibile collegare un conta-litri per la contabilizzazione dei consumi dell'acqua).

Nel caso di più linee di distribuzione può lavorare sia come Master (sulla prima linea) che come Slave (sulle altre linee) in modo che gli orari di partenza (riempimento tramogge, discesa, partenza mangiatoie, acqua) si impostino solo sul Master (garantendo la sincronizzazione delle varie partenze) mentre la quantità di mangime da distribuire viene razionata per ogni singola linea di distribuzione.

2.2.2 Impianti per l'abbeverata

Gli avicoli devono avere accesso illimitato ad acqua potabile, fresca e di qualità in ogni momento della giornata. Tuttavia, quando l'assunzione di acqua è bassa, ad esempio durante le ore notturne, il controllo sull'approvvigionamento idrico può aiutare a ridurre le perdite d'acqua e i problemi relativi alla lettiera. Qualsiasi controllo di questo tipo deve essere attentamente gestito; non deve esserci alcuna restrizione nella quantità di acqua e deve essere trovato un equilibrio tra crescita e benessere. Una fornitura idrica inadeguata, sia in termini di volume che di numero di punti di consumo, si tradurrà in un tasso di crescita ridotto.

Per garantire che il gruppo riceva acqua a sufficienza, è necessario monitorare il rapporto tra acqua e mangime consumata ogni giorno. I cambiamenti nell'assunzione di acqua possono essere un'indicazione precoce di problemi di salute e di riduzione delle prestazioni. È buona norma utilizzare un contatore che misuri il flusso d'acqua a basse pressioni per garantire una misurazione accurata dell'assunzione di acqua anche per i pulcini e i polli in giovane età.

I sistemi per l'abbeverata nell'allevamento a terra sono riconducibili a: abbeveratoi a pulsante e abbeveratoi a campana. Gli abbeveratoi a pulsante sono costituiti da una piccola valvola (5-10mm) che fa fuoriuscire piccole quantità d'acqua, con sottostante una vaschetta di raccolta dell'acqua. Il nipple e la vaschetta sono installati su linee di plastica che corrono per tutta la lunghezza della struttura avendo i nipple distanziati di 20 con l'uno dall'altro, il tutto sorretto da argani per modificare l'altezza da terra delle linee in base alla crescita degli animali. Sono presenti 4-7 linee di abbeverata in base alla larghezza della struttura.

Gli abbeveratoi a campana sono sospesi grazie ad un cavo ancorato al soffitto e collegato ad una valvola a molla presente nell'abbeveratoio. Quando l'abbeveratoio è riempito d'acqua il peso allunga la molla presente nella valvola, la quale blocca la fuoriuscita d'acqua, mentre quando i polli bevono diminuisce il peso, la molla si contrae e apre la valvola che rilascia acqua fino a quando il peso dell'acqua fuoriuscita torna ad allungare la molla e chiudere la valvola.

Questi abbeveratoi hanno il vantaggio di occupare minor spazio rispetto agli abbeveratoi con nipple. Le campane presentano un diametro esterno di 0,35-0,45m e sono ripartite nell'area di allevamento. L'acqua non deve tracimare oltre il bordo, evitando quindi sprechi e permettendo una riduzione delle emissioni di ammoniaca all'interno dell'allevamento.

Gli abbeveratoi più usati negli allevamenti di broiler sono i cosiddetti abbeveratoi a pulsante o nipple. A questi di solito è applicata una tazzina salva goccia in plastica che recupera eventuali gocce perse dai nipple per evitare che cadano sulla lettiera e che creino zone con lettiera umida generando una condizione di stress per gli animali e fornendo terreno di coltura ottimale per patogeni di allevamento.

Questo tipo di abbeveratoio è un sistema idrico chiuso. Ci sono molte versioni di nipple sul mercato sviluppate utilizzando diverse strategie per rilasciare acqua. Alcuni modelli richiedono all'animale di beccare il capezzolo, altri vengono azionati spingendo verticalmente o lateralmente lo spillo facendo scorrere direttamente l'acqua dallo spillo al becco, mentre altri ancora fanno cadere l'acqua sulle tazze salvagoccia e l'animale beve dalla tazzina.

Le tipologie di nipple sono; nipple 180 e 360°. Entrambi si attivano quando lo spillo viene spinto verso l'alto, ma il nipple a 360 gradi si attiva anche con un'azione laterale. È più facile per gli animali bere usando il modello 360° che facilita l'abbeverata nella prima settimana. I nipple dovrebbero essere distanziati 20 cm l'uno dall'altro per garantire abbastanza beccucci quando si utilizzano solo 2 linee in una struttura di produzione larga da 12 a 14 m.

Nelle fasi iniziali dello svezzamento, le linee degli abbeveratoi con nipple devono essere posizionate ad un'altezza alla quale il pulcino sia in grado di bere. L'altezza corretta per le linee di abbeveratoi varia in base alla crescita dell'animale, i primi 2 giorni dopo l'accampamento il nipple deve essere parallelo all'altezza dell'occhio del pollo, successivamente le linee vanno alzate in modo che l'animale quando beve formi un angolo di 45° con la testa (Fig. 10), dovendo allungarsi, ma non distendersi o sforzarsi per raggiungere il nipple. Se la linea è troppo bassa, i polli potranno girare la testa per bere, facendo cadere l'acqua sulla lettiera (The poultry site, 2022).

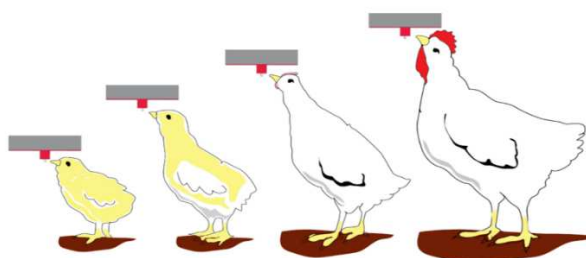


Figura 10. Corretta altezza degli abbeveratoi in base all'età

Il fabbisogno idrico varierà in base al consumo di mangime. A 21°C, i polli consumano acqua a sufficienza quando il rapporto tra il volume d'acqua (l) e il mangime consumato (kg) rimane vicino a: 1.8:1 per abbeveratoi a campana, 1.7:1 per nipple con coppetta e 1.6:1 per nipple senza coppetta. Il fabbisogno idrico varierà anche in base alla temperatura ambientale. Gli animali berranno più acqua a temperature più elevate e il fabbisogno idrico aumenta di circa il 6,5% per ogni grado 1°C oltre 21°C.

La portata degli abbeveratoi a tettarella deve essere controllata ogni settimana durante il ciclo per garantire che l'approvvigionamento idrico sia sufficiente per soddisfare pienamente le richieste di assunzione giornaliera. La portata degli abbeveratoi può essere misurata, facendo scorrere l'acqua dal nipple a fondo linea per 1 minuto. La quantità di acqua nel cilindro misuratore indica la portata di ogni tettarella al minuto (Fig. 11). Una portata più elevata del previsto, per l'età, può aumentare lo spreco e i problemi di lettiera umide. Una portata inferiore al previsto potrebbe non consentire a

tutti i polli di bere abbastanza acqua e causare problemi di disidratazione. Misurare la portata dei nipple può aiutare a identificare problemi all'interno dei sistemi di abbeveraggio. Il numero effettivo di capi per nipple (tettarella) dipende dalla portata, dall'età di macellazione, dal clima e dalla linea.

Età	Portata
0-7 giorni	20 ml/min)
7-21 giorni	60-70 ml/min
>21 giorni	70-100 ml/min

Figura 11. Portata d'acqua raccomandata in base all'età.

I requisiti minimi di capi/nipple sono di almeno 20 capi/nipple per animali sotto i 3 kg e almeno 16 capi/nipple per animali sopra i 3 kg. Per gli abbeveratoi a campana, all'accasamento deve essere fornito un minimo di 6 abbeveratoi (40 cm / 17 di diametro) per 1.000 pulcini.

Man mano che i polli crescono e la superficie di allevamento viene occupata, il numero di abbeveratoi a campane dovrebbe essere aumentato a 8 campane (40 cm diametro) per 1,000 capi. Questi devono essere posizionati uniformemente in tutta la struttura in modo che nessun animale debba muoversi per più di 2 m per accedere alla fonte d'acqua (Aviagen, 2018).

Un abbeveratoio a campana offre un facile accesso agli animali. È facile determinare visivamente se l'acqua è disponibile in ogni abbeveratoio. Il problema maggiore della gestione della dell'acqua è l'igiene la pulizia, in quanto lo sporco si deposita sul fondo ed è difficilmente rimovibile dall'operatore. È importante avere il livello dell'acqua corretto nel bevitore per un comfort ottimale del bevitore. Il livello dell'acqua ottimale migliora le caratteristiche di comfort per l'animale durante l'abbeverata e deve essere a 0,5 cm dal labbro dell'abbeveratoio al momento dell'accasamento e ridotto gradualmente dopo sette giorni fino a una profondità di 1,25 cm. Un altro punto importante è l'altezza del sistema. L'abbeveratoio a campana dovrebbe essere sospeso ad un'altezza per garantire che il labbro dell'abbeveratoio sia uguale all'altezza della schiena degli uccelli quando è in piedi normalmente (Fig. 12) (The poultry site, 2022).

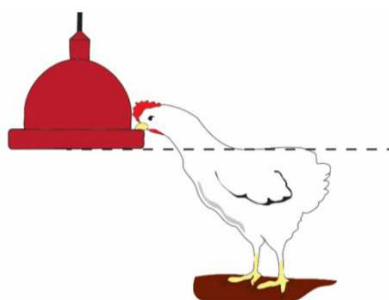


Figura 12. Altezza corretta abbeveratoio a campana.

I vari modelli di abbeveratoi circolari che si differenziano per il tipo e il peso dell'animale e vengono solitamente installati in posizione sospesa. Gli abbeveratoi circolari sono particolarmente adatti per broiler pesanti e tacchini con un peso vivo da 2 a 25 kg.

L'azienda Lubing invece ha sviluppato il sistema TwinClean Line (Figura 13) dove l'acqua viene mantenuta sempre in circolo all'interno della linea di abbeveraggio. Nell'unità di ricircolo è installata una pompa che fa scorrere, alla pressione prestabilita, l'acqua nella parte superiore del profilo. Essa scorre fino alla fine della linea di abbeveraggio e ritorna alla pompa fluendo nel tubo sottostante, dove sono installati gli abbeveratoi. Un sensore a galleggiante regola automaticamente l'unità di pompaggio assicurando che la pompa non funzioni in mancanza d'acqua. Come per gli altri sistemi di abbeveraggio, l'altezza della colonna d'acqua è settata tramite il regolatore di pressione. La portata d'acqua della pompa viene regolata da un apposito regolatore azionato da un pomello comodamente accessibile. La regolazione dipende dalla lunghezza della linea ed è necessaria solamente all'inizio del ciclo. Le due palline negli sfiati all'inizio della linea mostrano la differenza di pressione tra il tubo superiore e quello inferiore. Questo principio di funzionamento fa sì che la pressione alla fine della linea di abbeveraggio sia inferiore rispetto a quella settata nell'unità di ricircolo. Per questo possono essere realizzate linee di abbeveraggio lunghe fino a 120m con un unico regolatore di pressione posizionato all'inizio o nel mezzo.

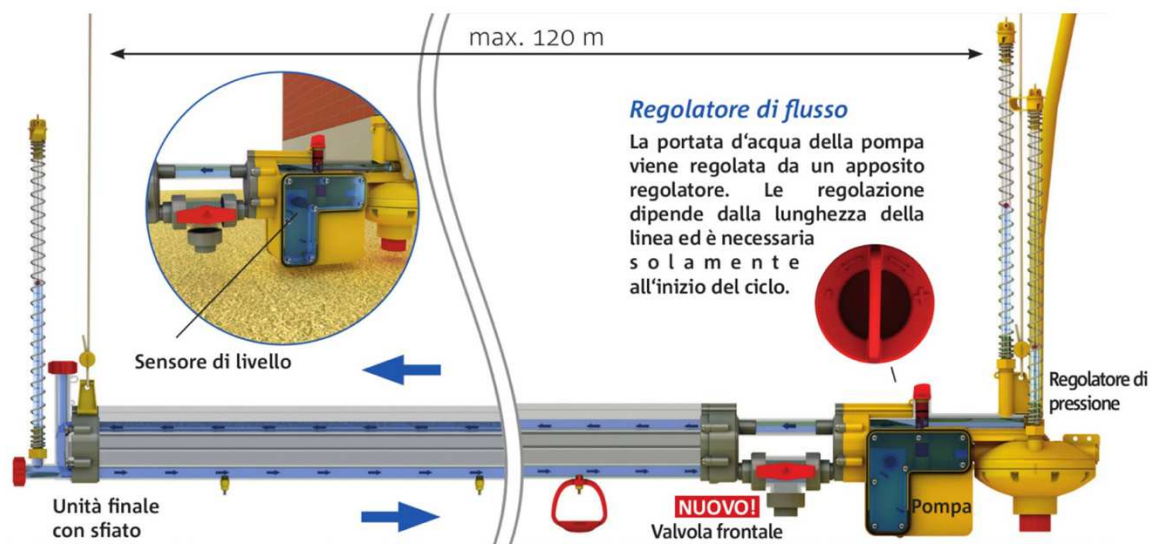


Figura 13. Sistemi di abbeveraggio TwinClean Line.

Altra innovazione è il modello di nipple Combimaster (Figura 14). Questo modello è molto utilizzato nell'avicoltura italiana in quanto garantisce un flusso d'acqua adeguato all'età degli animali. Il facile azionamento laterale dello spillo da parte dei pulcini fornisce un piccolo volume d'acqua mentre, un

azionamento più aggressivo d parte di animali adulti garantisce una quantità d'acqua superiore. Può essere fornito con supporto in alluminio oppure con supporto in tubo zincato diametro 26,6 mm. Ogni elemento è lungo 3m ed è dotato di un numero di nipple da 10 a 15 in modo che il numero di animali per ogni nipple sia adeguato. Viene fornita standard la tazzina a 2 bracci, in alternativa esistono altri tipi di tazzina adatte ad ogni esigenza. La portata d'acqua è costante nel tempo e risente solo minimamente dell'usura dovuta alle continue attivazioni essendo costruito in acciaio inox di alta qualità tedesca. L'uso di materiali di alta qualità permette una grande resistenza alla corrosione da parte di acidi usati in allevamento per mantenere sanificata l'acqua che scorre nelle linee di abbeveramento, infatti il codice aggiuntivo HR (High Resistant), indica una maggiore resistenza ai danni materiali degli alloggiamenti causati da additivi all'acqua (come acidi, detergenti acidi o cloro) con una plastica appositamente sviluppata per questo scopo.



Figura 14. Nipple Combimaster della casa produttrice Lubing.

PremiumDrinker di Big dutchman si compone di tre elementi principali (Figura 15): tubo del nipple di maggiori dimensioni, nipple CombiMaster e tazzina RingCup. Grazie all'utilizzo di questo sistema, gli animali ricevono sempre una quantità d'acqua sufficiente circa 45 ml/min, mentre gli sprechi d'acqua dovuti agli schizzi si riducono in modo significativo. L'utilizzo di materiali di alta qualità (speciale materiale sintetico e acciaio inox) offre una grande resistenza agli agenti chimici. La tazzina RingCup non permette l'azionamento laterale del nipple, evitando così che gli animali colpiscano con forza lo spillo che a sua volta rilascia schizzi di acqua non raccolti dalla tazzina salvagocchia bagnando così la lettiera.



Figura 15: Elementi PremiumDrinker di Bigdutchman.

Altro prodotto della casa tedesca è la centralina LUBING Touch Control LCW (Figura 16) che offre diverse funzionalità. Con la funzione "Lavaggio-Temperatura" la temperatura dell'acqua delle linee può essere monitorata e quando raggiunge alte temperature, l'acqua può essere ricambiata automaticamente con acqua fresca. Con la funzione "Riempimento" le linee di abbeveraggio, per un trattamento (per esempio medicazione), possono essere accuratamente svuotate e riempite da cima a fondo. Inoltre il lavaggio può essere eseguito in base ad un tempo o in base alla quantità di acqua che transita dal conta litri.

Con queste tecnologie è possibile far arrivare prodotti sanitari attraverso le linee di abbeverata, utilizzando specifiche pompe dosatrici che iniettano una percentuale di soluzione acqua-medicinale, direttamente in linea, favorendo così più accessibilità a tutti gli animali (Giemmeacque, 2022).



Figura 16. Centralina LUBING Touch Control LCW.

2.3 Impianti per la gestione della lettiera avicola

La lettiera influenza direttamente la condizione di benessere degli animali stabulati oltreché la loro produttività. Una lettiera di scarsa qualità e contenente un elevato contenuto di umidità, può aumentare i livelli di ammoniaca all'interno delle strutture di allevamento con possibile insorgenza di malattie respiratorie ed aumento dei danni alla carcassa, oltre al rischio di dermatiti plantari e di lesioni al garretto. La scarsa qualità della lettiera è un fattore influente nell'aumento dell'incidenza della pododermatite (FPD). Poiché la causa principale della (FPD) è la lettiera bagnata e incrostata, è importante mantenere la corretta ventilazione per il controllo dell'umidità nell'impianto di allevamento. La FPD può causare un aumento dell'incidenza di declassamento della carcassa e deve essere monitorato per determinare se è necessario aggiungere altra lettiera.

Una lettiera adeguata dovrebbe fornire: un buon potere assorbente, essere biodegradabile, aumentare il confort agli animali, liberare bassi livelli di polvere, essere libera da contaminanti, essere sempre disponibile e di fonte sicura da un punto di vista della biosicurezza.

L'umidità ideale è del 20-30%, con umidità inferiori la lettiera è troppo secca ed irrita le mucose, con umidità superiori la lettiera è troppo umida, impasta e libera NH₃, presentando vari parassiti. Il mantenimento della lettiera prevede l'aggiunta di acqua se la lettiera si presentasse troppo secca, nel caso invece si presentasse troppo umida viene aggiunta nuova lettiera, vengono asportate le incrostazioni, viene aggiunto perfosfato come antibatterico, antifermentativo, e ci si aiuta con la ventilazione (Squizzato, 2012).

Durante il ciclo si può aerare la lettiera tramite l'uso di apposite frese che smuovono tutta la lettiera fino a sfiorare il pavimento per mescolare la lettiera incrostata in superficie con la parte sottostante che in parte può rigenerarsi grazie a fermentazioni microbiche. Queste fermentazioni però portano alla produzione di gas come ammoniaca che deve essere espulsa dall'allevamento tramite il sistema di ventilazione per evitare di tenere gli animali a contatto con questi gas nocivi. La soglia limite dell'ammoniaca è di 20-30 ppm, mentre la soglia mortale è di 400-500 ppm.

Diversi aspetti possono influenzare la qualità della lettiera: la gestione dell'ambiente, la cura degli animali, la gestione delle strutture di produzione, la salute intestinale e la nutrizione. La regione, l'economia locale e la disponibilità di materie prime determineranno la scelta del materiale per la lettiera. Oggi si usano vari tipi di lettiera con i suoi vantaggi e svantaggi come mostra la figura 17.

Figura 17. Vantaggi e svantaggi dei diversi tipi di materiale per la lettiera per polli.

Materiale lettiera	Vantaggi/svantaggi
Truciolo di pino e segatura	Materiale di lettiera preferito in molte aree. Diventare costoso e limitato nell'offerta.
Trucioli di legno duro e Segatura	Spesso ad alto contenuto di umidità. Può essere suscettibile alla crescita di muffe pericolose se conservato in modo improprio.
Corteccia di legno duro o Pino	Usato con successo in molte aree. Può causare un aumento delle vesciche al petto se si inumidisce.
Corteccia di Pino o latifoglie	Simile a trucioli nella capacità di trattenere l'umidità. Le particelle di dimensioni medie sono preferite.
Lolla di riso	Un buon materiale da lettiera i rifiuti, se disponibile a un prezzo competitivo. I pulcini possono essere inclini a mangiarlo. Scarsa capacità di trattenere l'umidità.
Gusci di arachidi	Un materiale di lettiera economico nelle aree di produzione di arachidi. Ha la tendenza a impaccarsi, ma è facilmente gestibile. Suscettibile ad aumentare l'incidenza di aspergilloso. Sono stati notati alcuni problemi con i pesticidi.
Lolla di cocco	Un materiale da lettiera economico nelle zone di produzione di cocco. Ha la tendenza a impaccarsi, ma questo è facilmente gestibile.
Sabbia	Può essere utilizzato in aree aride su pavimenti in cemento. Se troppo profondo rende difficile il movimento dei polli. Ha bisogno di una

	buona gestione. Più difficile mantenere la temperatura della lettiera durante lo svezzamento in climi freddi. Ha bisogno di tempo e ventilazione prima di asciugarlo e utilizzarlo.
Pannocchie di mais tritato	Disponibilità limitata. Può causare un'aumentata incidenza di vesciche al petto.
Fieno o paglia tritata	Facile che si impacchi. Rischio di crescita di muffe. Meglio usato 50/50 con trucioli di legno. Lento a rompere.
Pellet di paglia	Aumento della capacità di ritenzione idrica rispetto alla segatura. Si impacca meno facilmente della segatura.
Carta tritata	Può essere difficile da gestire in condizioni di umidità. Tendenza a impaccarsi. La base di carta con truciolo sopra può essere utile per ridurre l'impaccamento.
Pellet di paglia tritata chimicamente	Deve essere utilizzata in base alle indicazioni del fornitore.
Torba	Può essere usata con successo.
Paglia di lino	Basso rischio di impaccamento. Non polverosa. Buon assorbente.
Lettieria riciclata	Possibile aumento di contaminazioni batteriche.

Le normative sulle biosicurezze non raccomandano il riutilizzo della lettiera. Sebbene il riutilizzo da gruppo a gruppo sia una pratica non idonea, resta inteso che ciò può essere inevitabile nelle regioni in cui l'offerta e il costo della fornitura di nuovo materiale per la lettiera per ciascun gruppo sono proibitivi. Se il riutilizzo è inevitabile, il processo deve essere ben gestito se si vuole minimizzare la perdita di prestazioni dei gruppi. Uno dei metodi più comuni per trattare la lettiera usata è il compostaggio e la creazione di "cumuli" interni alla struttura di allevamento (accumulando la lettiera in una lunga fila al centro della struttura, l'accumulo di calore aiuta a ridurre il carico di agenti patogeni prima che la lettiera venga riutilizzata). Utilizzare questa tecnica correttamente non è un compito facile e dovrebbe essere affrontato con cautela, mettendo in atto metodologie per misurare i livelli di umidità e, in particolare, la contaminazione con agenti patogeni e materiali nocivi. Se la lettiera è incrostata è importante rimuovere lo strato superiore per un appropriato controllo dell'ammoniaca (Aviagen, 2018).

La pollina (lettiera con deiezioni avicole), ha come principale destinazione quella di fertilizzante organico, tuttavia necessita di impianti di stoccaggio. La pollina può essere sottoposta a: digestione anaerobica per biogas (Figura 18)(processo legato alla produzione di biogas, i risultati sono inferiori rispetto a quelli suini, richiede stretta anaerobiosi, una T di 35-37°C, impianti complessi, un costo elevato, tuttavia viene recuperato il 60-70% di energia sottoforma di metano), essiccamento (Figura 19) (può essere naturale per via di ventilazione su nastri, trasportatori o fosse, ottenendo un'umidità del 40-50%, o termico utilizzando tamburi rotanti ad una temperatura di 500-1000°C,

ottenendo un'umidità del 10-20%, rimanendo tuttavia costoso e inquinante), combustione pirolitica (Figura 20) (processo termochimico che porta alla demolizione della SO in ceneri fertilizzanti, produce troppa umidità ed emissioni di gas), compostaggio (Figura 21) (processo esotermo di ossidazione biologica della SO operata da mo aerobi, è il metodo più diffuso e valido per la larga applicabilità, bassi costi di esercizio, sviluppo di impianti a basso impatto ambientale, un adeguato mercato del composte per buona qualità sanitaria; comprende una fase mesofita a 40-50°C dove avviene la degradazione delle sostanze facilmente degradabili in sostanze semplici, una termofila con un innalzamento della temperatura fino a 70 con la degradazione delle sostanze più complesse, pastorizzazione e successivo raffreddamento con diminuzione dell'attività fermentativa) (Squizzato, 2012).

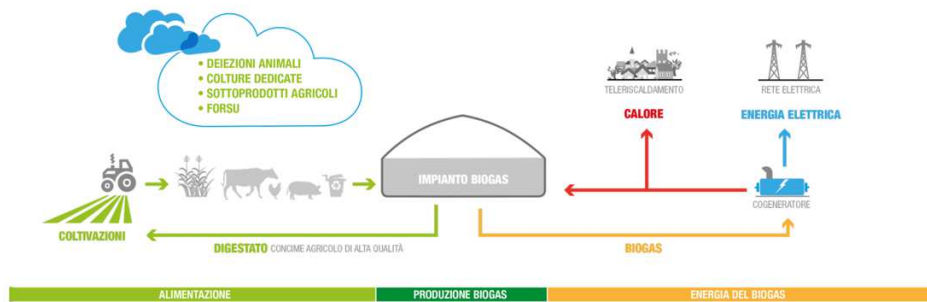


Figura 18. Processo di produzione biogas.



Figura 19. Essiccatoio deiezioni zootecniche.

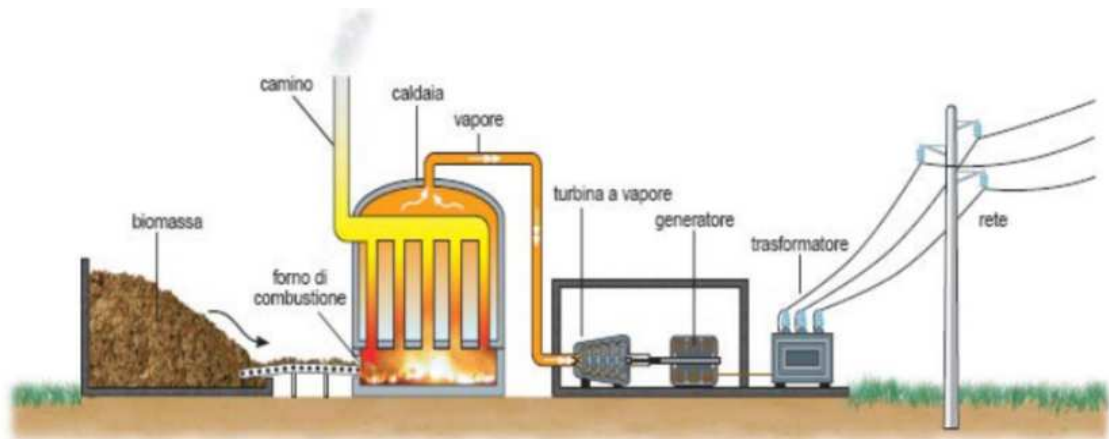


Figura 20. Processo combustione pirolitica deiezioni zootecniche.



Figura 21. Compostaggio deiezioni zootecniche.

3. SISTEMI PER IL CONTROLLO AMBIENTALE

Il sistema di ventilazione in un allevamento avicolo rappresenta uno strumento di gestione che consente di mantenere un corretto microclima indipendentemente dalle condizioni ambientali esterne. Per questo motivo, il sistema dovrebbe essere progettato per essere in grado di far fronte alle condizioni ambientali locali, giorno e notte, in qualsiasi periodo dell'anno (Aviagen, 2019).

Il benessere dei broiler è fortemente influenzato dal microclima della struttura produttiva. Spifferi, gas nocivi e temperature inadeguate sono tutti fattori che possono compromettere il sistema immunitario degli animali. Di conseguenza, le incongruenze nel creare il clima adatto possono rendere gli animali suscettibili ad infezioni virali e batteriche, portando così a delle perdite. Tuttavia si possono verificare anche perdite meno rilevanti, incluso un minor guadagno giornaliero di peso ed un basso tasso di conversione del mangime (Big dutchman, 2021).

3.1 Obiettivi e principali parametri

Secondo la Direttiva 2007/43/CE del Consiglio del 28 giugno 2007 che stabilisce norme minime per la protezione dei polli allevati per la produzione di carne, la concentrazione di ammoniaca (NH₃) non deve superare 20 ppm e la concentrazione di anidride carbonica (CO₂) non deve superare 3000 ppm misurati all'altezza della testa dei polli.

Le esigenze di ventilazione degli animali cambiano in base alla loro età e alle condizioni climatiche e vanno dalla fornitura di una quantità minima di aria fresca (indipendentemente dalla temperatura esterna) in climi freddi, alla creazione di un'elevata velocità dell'aria per mantenere gli animali a proprio agio in condizioni calde e/o umide.

Nei periodi freddi, lo scopo della ventilazione è di fornire uno scambio d'aria sufficiente per rimuovere l'umidità in eccesso e mantenere una adeguata qualità dell'aria, mantenendo allo stesso tempo la temperatura del pollaio al livello desiderato (altrimenti noto come set-point, o la temperatura che mantiene gli animali nella loro zona di comfort).

Durante i periodi di clima caldo e / o umido, l'obiettivo della ventilazione è rimuovere il calore in eccesso e fornire il raffreddamento attraverso l'effetto wind-chill creato dal movimento dell'aria e dal raffreddamento per evaporazione (Aviagen, 2019).

Le diverse tecnologie possono aiutare a creare un clima ottimale, tra cui i sensori di temperatura, i sensori per l'umidità ed i misuratori di pressione negativa. Dispositivi difettosi o regolazioni non corrette possono davvero danneggiare i broiler, indirettamente superando il target di umidità o il

tasso d'aria, oppure direttamente permettendo eccessive concentrazioni di polvere, ammoniaca o di anidride carbonica (Big dutchman, 2021).

Tranne che per pulcini e / o con temperature molto rigide, il controllo della temperatura è l'obiettivo primario della ventilazione. Ad ogni fase dello sviluppo di un animale, ci sarà una certa zona di temperatura in cui un surplus di energia di alimentazione supera i requisiti del mantenimento e consente all'uccello di aumentare la propria massa muscolare. All'interno di questa ampia "Zona di comfort termico" ci sarà un intervallo di temperatura ristretto (entro 1 o 2 ° C) in cui l'uccello sfrutta al meglio l'energia di alimentazione per la crescita. Questa è la zona di prestazione ottimale.

Garantire questa temperatura ottimale assicura che il benessere e la prestazione economica degli avicoli siano massimizzati.

In genere, la temperatura target per le migliori performance varia durante un periodo di crescita da circa 30 ° C il primo giorno a circa 20 ° C o inferiore al momento dell'invio al macello. In genere gli uccelli producono calore per circa 11,6 kJ / ora / kg e umidità, rilasciati dalla materia fecale e respirando.

- 20.000 polli di 1,8 kg, per esempio, produrranno circa 417.600 kJ / ora,
- 20.000 polli di 3,6 kg produrranno 835.200 kJ / ora.

La quantità di umidità prodotta varia anche con l'età. Lo stesso gruppo di 20.000 polli di 1,8 kg produce 3.785 litri di acqua al giorno, a seconda della temperatura. A parità di altri fattori, la temperatura dell'aria interna e l'umidità tendono entrambe ad aumentare con il progredire della crescita.

3.2 Sistemi e tecnologie per il controllo ambientale

Gli avicoli per raffreddarsi si basano principalmente sul trasferimento del calore diretto corpo-aria, inoltre non sudano e non possono rinfrescarsi in questo modo. In periodi di stress termico elevato, vanno in polipnea per liberare i loro corpi da più calore grazie alla fuoriuscita di calore con la respirazione. Infatti i sistemi di raffrescamento usati in allevamento sono i pannelli raffrescanti o gli ugelli nebulizzatori che sfruttano il sistema di raffrescamento per evaporazione. Con questa tecnica l'aria calda entra in contatto con l'acqua, l'aria calda rilascia energia (calore) all'acqua e nel rilasciare energia diventa più fredda. L'acqua utilizza l'energia ricevuta dall'aria per cambiare fase, da liquida a vapore (evaporazione).

La capacità raffrescante dipende in buona parte dal contenuto in acqua dell'aria (Umidità Relativa), infatti minore sarà l'umidità dell'aria, maggiore sarà l'umidità che l'aria può assorbire/evaporare, di

conseguenza maggiore sarà la quantità di acqua rimossa dall'aria e maggiore sarà il potenziale di riduzione della temperatura.

Il raffrescamento per evaporazione aumenta l'umidità dell'aria quindi la capacità raffrescante dipenderà dalla temperatura e umidità relativa all'esterno, in quanto se l'umidità esterna è alta abbiamo meno evaporazione dell'acqua per il raffrescamento.

Nei sistemi di raffreddamento a pannello, l'aria calda viene raffreddata mediante l'aspirazione attraverso un "filtro" impregnato d'acqua (pannello cooling) tramite i ventilatori. I pannelli devono essere installati all'estremità opposta dell'impianto rispetto ai ventilatori (Figura 22). Questo design e il layout dei pannelli di raffreddamento consentono ai grandi volumi di aria utilizzati nella ventilazione forzata di entrare attraverso la superficie del pannello e di essere raffreddata prima di entrare nell'allevamento.

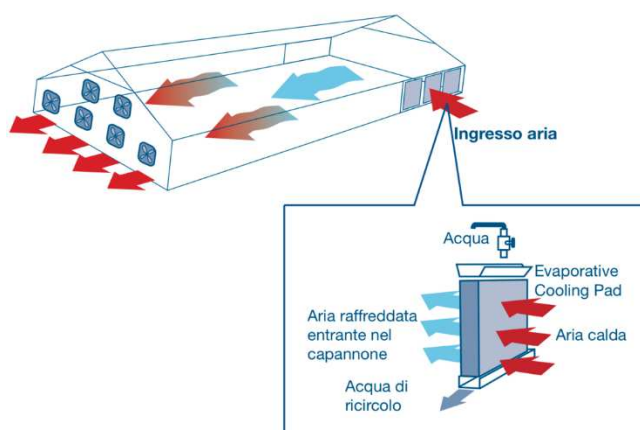


Figura 22. Sistema di raffreddamento Cooling.

I sistemi di nebulizzazione raffreddano l'aria in ingresso per evaporazione creata pompando acqua attraverso ugelli spruzzatori / nebulizzatori (Figura 23). Le linee di nebulizzazione devono essere posizionate vicino alle prese d'aria per massimizzare la velocità di evaporazione inoltre altre linee aggiuntive dovrebbero essere posizionate lungo la struttura. Ci sono 3 tipi di sistemi di nebulizzazione:

- Bassa pressione, 7-14 bar; dimensione delle gocce fino a 30 micron.
- Alta pressione, 28-41 bar; dimensioni delle gocce fino a 10-15 micron.
- Ultra-alta pressione (vaporizzatori), 48-69 bar; dimensioni delle gocce fino a 5 micron.

Il sistema a bassa pressione fornisce una minima quantità di raffrescamento e a causa delle dimensioni maggiori delle gocce, vi è una maggiore probabilità che le gocce non evaporino e bagnino le lettiere. Questi sistemi non sono raccomandati per l'uso in zone con elevata umidità relativa.

Il sistema ad Ultra-Alta pressione creerà il massimo raffrescamento con il minor rischio di bagnare la lettiera.

Il numero di ugelli e la quantità totale di acqua introdotta devono essere basati sulla capacità massima della ventilazione forzata.



Figura 23. Sistema di raffreddamento con ugelli nebulizzatori.

Il riscaldamento è uno degli aspetti principali: anche in luglio o agosto, infatti, può essere necessario un po' di calore per mantenere i pulcini appena accasati alla giusta temperatura. Ovviamente riscaldare diventa un fattore critico nel periodo invernale.

Una cattiva pianificazione o l'assenza di manutenzione possono provocare perdite di pressione del gas, causate da valvole mal funzionanti, da bruciatori o valvole ostruite, o da iniettori non allineati bene che causano lo spegnimento della cappa a gas, come pure da fori o da impianti sottodimensionati. Questo accade con il riscaldamento ad aria, a cappa, con radiatori, infrarossi, o con qualsiasi altro tipo. La pressione bassa si riconosce facilmente perché la fiamma è fievole e gialla, produce poco calore, mentre ci dovrebbe essere una fiamma forte e tendente al blu. La pressione sarà differente a seconda che si usi propano o gas naturale. Il propano richiede pressioni maggiori rispetto al gas naturale. Occorre evitare che le cappe alla fine della linea si spengano per un calo di pressione del gas.

Scegliere il tipo di riscaldamento e gestirlo di conseguenza non è facile. Esistono diverse opzioni ed è importante valutare quanto calore radiante viene emesso. Il calore radiante ha il vantaggio di riscaldare in modo più efficace in quanto trasmesso attraverso l'aria. Però non tutte le fonti di calore sono radianti e ci sono differenze tra i vari tipi e le modalità di funzionamento; per esempio, le caldaie ad aria forzata erano molto popolari una volta negli allevamenti avicoli, mentre oggi sono il metodo meno indicato per svezzare un pulcino perché trasferiscono il caldo nell'aria per convezione

e solo una parte passa alla lettiera e al pulcino in forma radiante (Aviagen, 2019). Uniconfort ha realizzato una caldaia (Figura 24), che sfrutta la lettiera dei polli per alimentare a costo zero un impianto che produce il calore necessario per scaldare l'allevamento. Ciò comporta un duplice vantaggio: il taglio sull'acquisto dei combustibili e l'azzeramento dei costi di smaltimento del rifiuto, visto che la lettiera dei polli viene rinnovata ogni 45 giorni e i cui costi di smaltimento incidono sul bilancio aziendale. Grazie a questo l'utilizzo degli scarti derivanti da processi aziendali nell'agroalimentare per la produzione dell'energia termica o anche elettrica porta a tagli al conto energetico che vanno dal 50% al 100%.

La caldaia a biomassa è collegata tramite una flangia al bruciatore gassificatore dal quale entra il gas (syngas, monossido di carbonio ed idrogeno) di combustione. Il combustibile o biomassa contenuto nel serbatoio di stoccaggio entra nel bruciatore per mezzo di una coclea o altro sistema, il materiale inserito al suo interno, grazie alle alte temperature (900/1000° C.) inizia a ossidarsi e a rilasciare il gas (syngas) in esso contenuto, tale gas viene immesso nella camera di combustione della caldaia la dove si incendia e genera il calore, il sistema di funzionamento è completamente automatizzato, con potenze modulabili in base alla richiesta termica.



Figura 24. Caldaia Uniconfort a biomassa.

I sistemi a getto d'aria trasferiscono una quota di calore nell'aria in forma convettiva, ma parte dell'energia viene trasferita alle superfici sotto forma di calore radiante. In aggiunta non permette di avere una zona calda per i pulcini dove trovare gli alimenti e quindi si è costretti a riscaldare tutto l'ambiente della struttura per avere la temperatura ottimale per i neonati e questo comporta spese di combustibile maggiori. JetMaster di Big dutchman (Figura 25) integra lo scarico dei fumi di combustione all'esterno della struttura di allevamento. Questo è un riscaldatore con combustione indiretta e a basso consumo energetico e sono disponibili nelle versioni con alimentazione a gas naturale, a gasolio o a propano. Il meccanismo di combustione chiusa assicura l'assenza di gas di scarico e altri gas nocivi dato che questi sono convogliati verso l'esterno attraverso un camino.

Il ventilatore integrato assicura un'ampia gittata e una distribuzione ottimale dell'aria calda all'interno della struttura. Inoltre l'aria necessaria per la combustione viene aspirata dall'esterno attraverso la canna fumaria a doppia parete. Ciò consente di ottenere un preriscaldamento dell'aria fresca e un aumento dell'efficienza.



Figura 25. Riscaldatore con combustione indiretta JetMaster

Le cappe radianti trasferiscono la maggior parte del calore alle superfici invece che nell'aria. Sono flessibili e lavorano a 1-1,5 metri di altezza creando così delle zone di comfort termico, o anche aree di temperature accettabili per il pulcino, che può così scegliere dove collocarsi. River Systems ha sviluppato un modello di cappa radiante a gas (Figura 26). Grazie alle lampade il calore è concentrato in un'area circoscritta, che delinea l'area di benessere ideale per i pulcini, entro la quale trovano l'ambiente necessario alla loro crescita, paragonabile a quello che troverebbero sotto l'ala della chiocciola. Il radiante per allevamenti funziona mediante un regolatore di pressione da 5 e 200mbar, che garantisce un risparmio del 40 – 50% di combustibile rispetto al riscaldamento tradizionale. Inoltre, il sistema è dotato di una valvola di sicurezza e di un filtro di facile manutenzione.



Figura 26. Cappa radiante River Systems.

I sensori di rilevamento della temperatura di riscaldamento andrebbero collocati lontano dal calore delle cappe, da correnti o flussi di aria provenienti dai ventilatori. Se troppo ravvicinati ricevono molto calore dalla cappa e riducono la portata di combustibile provocando zone "fredde"

nell'allevamento, mentre quelli vicino a correnti d'aria ricevono l'aria più fredda e quindi richiamano più combustibile, con un aumento delle spese, inoltre così facendo il sensore ambientale rileva più temperatura e aziona la ventilazione ad un range più elevato estraendo calore e questo innesca un circolo vizioso (Zootecnica, 2022).

La percezione della temperatura da parte dell'animale (temperatura effettiva) è influenzata dall'umidità relativa (UR). Per una certa temperatura, l'animale percepirà una temperatura più fredda se l'UR è bassa l'animale mentre percepirà una temperatura più alta se l'UR è alta. Una UR bassa riduce la temperatura effettiva e una UR alta riduce la capacità dell'animale di perdere calore per evaporazione (ansimando) e la temperatura effettiva verrà aumentata. Il sensore di temperatura a bulbo secco deve variare la lettura tenendo conto della UR, a bassa umidità relativa, potrebbe essere necessario aumentare la temperatura e ad alta UR, potrebbe essere necessario ridurre la temperatura per mantenere il comfort degli animali (Aviagen, 2019).

L'orientamento della costruzione, l'isolamento e la sporgenza del tetto, hanno un effetto diretto sulla temperatura. Infatti dovrebbe essere orientato in modo che i venti prevalenti siano utilizzati per facilitare la rimozione del calore e che il sole non entri direttamente. Inoltre dovrebbero anche essere isolati termicamente in modo da minimizzare il calore assorbito dai raggi del sole, consentendo anche di conservare calore nella stagione fredda.

Esistono principalmente 2 sistemi di ventilazione, ventilazione naturale, che sfrutta la velocità naturale dell'aria, i cui ventilatori potrebbero essere installati internamente all'allevamento per far circolare l'aria e ventilazione forzata (controllata), queste strutture hanno solitamente parete chiuse, finestre che sono utilizzate durante la ventilazione, ventilatori e finestrelle mobili.

La ventilazione naturale come la forzata richiede una gestione continua 24/24 ore e il monitoraggio costante delle condizioni ambientali esterne (temperatura, umidità relativa, velocità e direzione del vento) e delle condizioni all'interno della struttura di produzione (temperatura, umidità relativa, qualità dell'aria e comfort dei polli). In allevamenti con la ventilazione naturale, l'aria deve fluire facilmente dentro e fuori dalla struttura, infatti un flusso d'aria di 0.1 m/s non ha alcun effetto di raffreddamento all'estate al contrario un flusso d'aria a 1.25 m/s ha un effetto di raffreddamento di circa 3,4 gradi C°. La ventilazione naturale è molto efficace in strutture con una larghezza di 12 metri o inferiori, con strutture più ampie si ha meno ricambio d'aria al centro di esso (Lohmann, 2000).

La ventilazione naturale si riferisce ad impianti aperti, con tende o finestre sui lati che vengono utilizzate per far circolare l'aria all'interno dell'allevamento. In generale, le strutture a ventilazione naturale operano al meglio quando la temperatura e le condizioni esterne sono vicine alla

temperatura predefinita richiesta. Anche con una gestione costante e attenta, ottenere un controllo adeguato dell'ambiente interno può essere difficile, perché la gestione dell'ambiente è condizionata fortemente dal clima esterno esterno.

Quando le condizioni esterne sono fredde/rigide, aprendo le finestre anche solo leggermente si rischia che l'aria fredda e pesante entri nell'ambiente interno e cada direttamente sulla lettiera e sui polli. Ciò causerà disagio agli animali e può portare a lettiere bagnate. Allo stesso tempo, l'aria più calda fuoriesce dalla struttura, il che si traduce in sbalzi di temperatura e alti costi di riscaldamento.

Durante la stagione calda, in assenza di vento, l'apertura completa delle finestre può non dare un adeguato sollievo ai polli. I ventilatori di ricircolo possono aiutare creando un certo effetto rinfrescante sui polli tramite il movimento d'aria. Gli agitatori/ventilatori, se installati, normalmente si appendono al centro dell'allevamento e il loro posizionamento durante stagione calda vicino alle entrate dell'aria (finestre) porterà più aria fresca e più velocità d'aria all'interno.

Il sistema di ventilazione ad aria forzata è il più diffuso grazie alla capacità di fornire un migliore controllo dell'ambiente interno in varie condizioni climatiche esterne e solitamente i ventilatori aspirano l'aria internamente tramite gli ingressi automatizzati (Aviagen, 2018).

I sistemi più comuni operano in pressione negativa detta anche depressione. Infatti affinché l'aria fluisca dentro e fuori, in un pollaio ci deve essere una differenza di pressione tra l'interno e l'esterno. Quando i ventilatori sono spenti, la pressione all'interno del pollaio sarà la stessa di quella all'esterno. Mentre in una struttura ben sigillata, quando viene accesa una ventola di estrazione, l'aria inizierà a uscire dal pollaio e la pressione all'interno sarà minore da quella esterna che resterà invariata. La differenza di pressione viene chiamata pressione negativa ed è misurata in Pascal (Pa). In realtà, la pressione all'interno del pollaio non è negativa, infatti è ancora superiore allo 0.

Quando c'è una pressione negativa in un pollaio, l'aria entrerà uniformemente attraverso tutte le prese d'aria, indipendentemente da dove si trovano i ventilatori. Maggiore è la pressione negativa, maggiore è la velocità dell'aria che entra attraverso l'ingresso (Green, 2019).

Successivamente la ventilazione forzata si suddivide in 3 step: ventilazione minima, di transizione ed a tunnel.

- **La ventilazione minima** ha lo scopo di ricambiare l'aria interna dell'allevamento (rimuovere l'umidità in eccesso e prevenire l'accumulo di gas nocivi), mantenendo la temperatura interna necessaria.

Una certa quantità minima di ventilazione deve essere data in ogni momento quando sono presenti i polli - indipendentemente dalla temperatura esterna. La ventilazione minima può essere utilizzata durante l'inverno e l'estate e in qualsiasi fase del ciclo di produzione, ma è più comunemente utilizzata durante lo svezzamento e il periodo freddo (cioè quando la temperatura esterna è più bassa della temperatura desiderata internamente). La ventilazione minima dovrebbe creare pochissimo movimento d'aria a livello dei polli (0,15 m / s o 30 piedi / min) perché la velocità dell'aria diminuisce la temperatura percepita; questo è particolarmente importante per i pulcini sotto i 10 giorni di età.

Durante la ventilazione minima, le prese d'aria funzionano in base alla pressione negativa. Impostando correttamente gli ingressi dell'aria e gestendo la pressione negativa, è possibile controllare la velocità con cui l'aria esterna entra attraverso le prese d'aria. Durante la ventilazione minima, la pressione negativa dovrebbe essere abbastanza forte da direzionare l'aria fredda in entrata ad alta velocità lontano dai polli e verso l'apice dell'allevamento dove si accumula l'aria calda. Se la pressione negativa è troppo debole, l'aria fredda cadrà direttamente sui pulcini, li raffredderà e porterà a lettiere bagnate.

- **Ventilazione di transizione** ha lo scopo di rimuovere il calore in eccesso dalla struttura quando la temperatura aumenta oltre quella impostata. La ventilazione di transizione è controllata dalla temperatura e funziona continuamente fino a che la temperatura non ha raggiunto il set impostato. Durante la ventilazione di transizione, è possibile introdurre un grande volume d'aria all'interno dell'allevamento, ma a differenza della ventilazione del tunnel, quest'aria non viene direzionata direttamente sui polli. La ventilazione transitoria viene utilizzata quando l'aria esterna è troppo fredda e / o i polli sono troppo giovani per implementare la ventilazione del tunnel.

Durante la ventilazione di transizione, viene aumentato il numero di finestrelle in uso rispetto alla ventilazione minima e la capacità totale di finestrelle (numero e dimensioni degli ingressi) determina la quantità di aria che può entrare. A sua volta impostando una determinata pressione negativa il computer di gestione calcola in automatico il numero di ventilatori da azionare.

- **La ventilazione a tunnel** deve essere utilizzata solo quando la ventilazione di transizione non è più in grado di mantenere i polli all'interno della loro termo-zona (cioè quando gli animali mostrano segni di stress da calore) e viene utilizzata in climi caldi e in genere quando i polli sono adulti.

Durante la ventilazione a tunnel, grandi volumi d'aria vengono mossi verso l'interno della struttura di produzione, cambiando l'aria in breve tempo. Questo genera un flusso d'aria ad alta velocità appena sopra gli animali e il movimento dell'aria crea un effetto di raffreddamento che li aiuta a liberare il calore. Modificando il numero di ventilatori in funzione la velocità dell'aria varierà.

Le prese d'aria devono essere situate all'estremità opposta dei ventilatori a tunnel. Gli ingressi della ventilazione del tunnel sono solitamente chiusi utilizzando pannelli o sistemi a tenda. La chiusura degli ingressi deve essere automatizzata e collegata al sistema di controllo.

Gli ingressi d'aria della ventilazione a tunnel devono permettere una perfetta sigillatura durante la ventilazione minima o di transizione. Se ciò non si verifica si avrà una perdita di pressione con un impatto negativo sulla ventilazione durante le fasi di ventilazione minima e transitoria. Inoltre, l'area ove vi sono posizionate prese d'aria della ventilazione a tunnel sarà più fredda e la lettiera potrebbe bagnarsi (Aviagen, 2018).

Con la ventilazione forzata sono usati due differenti sistemi a pressione negativa, il sistema a tunnel nel quale l'aria entra nella testata della struttura e viene convogliata in fondo, dove i ventilatori la espellono (ventilazione longitudinale). In alternativa, l'aria fresca può essere presa lateralmente ed espulsa dalla parte opposta dell'allevamento (ventilazione trasversale).

Il primo sistema, ossia la ventilazione longitudinale, è considerata molto più efficiente perché un maggiore volume d'aria può essere spostato più rapidamente e ciò vuole dire che gli animali vengono raffreddati in modo significativamente migliore (Lohmann, 2000).

Mentre la ventilazione naturale consuma poca energia elettrica per il ricambio d'aria ma è condizionata dalle condizioni ambientali esterne, la ventilazione forzata riesce a controllare meglio l'ambiente interno ma richiede una certa quantità di energia per attivare i ventilatori, l'automazione delle bocchette e altri impianti elettrici/elettronici (E. Bustamante [et al], 2013).

3.3 Software gestionali per la gestione dei dati ambientali di allevamento

La gestione della ventilazione è quindi molto difficile e piena di variabili, per questo numerose aziende propongono software per la gestione automatica, integrando continuamente con la ricerca e lo sviluppo per offrire sempre più dati e funzioni specifiche riguardo ogni tipo di ventilazione.

Una di queste aziende è Pola, che ha sviluppato negli anni il gestionale Qfarm. Qfarm dà la possibilità di intervenire da remoto tramite Qfarm.cloud, per visualizzare e/o modificare i parametri dell'allevamento in cui è installato. Sono disponibili alcuni sensori ambientali da abbinare, come il sensore per il rilevamento della temperatura, umidità, CO₂, ammoniacca, luce (lux), anemometro esterno, conta-litri per impianto di abbeverata, umidità esterna.

Qfarm presenta diverse funzioni per il controllo ambientale, come:

- Visualizzazione e controllo condizioni ambientali con la possibilità di gestire diverse tipologie di sensori.
- Ventilazione: Fino a 16 steps completamente indipendenti con le seguenti tipologie di funzionamento.
- Flaps: Fino a 16 finestre con molteplici possibilità di configurazione.
- Riscaldamento: 6 Riscaldamenti On-Off o 0-10V (anche combinati, max 16) e 4Fan-jet destratificatori, 1 riscaldamento cappe a gas modulanti oppure a 2 stadi con accensione automatica.
- Coppe radianti: Riscaldamento Cappe a gas modulanti, oppure a 2 stadi con accensione automatica.
- Allarme: Controllo allarme temperatura, umidità, pressione, CO₂, NH₃, minimo assorbimento amperometrico, con registrazione di tutti gli eventi di allarme.

Il sistema di ventilazione è suddiviso in ventilazione minima/normale (minima/transitoria), forzata e naturale. Con la ventilazione minima/normale, al di sotto della temperatura ambiente impostata, vengono azionati i ventilatori a tempo per mantenere un minimo ricambio aria.

Nel caso di funzionamento della ventilazione minima, si possono inserire i ricambi aria, che avvengono con calcolo automatico dei tempi di funzionamento degli estrattori, ottimizzando il consumo di riscaldamento e il ricambio aria. Inoltre è possibile alternare ciclicamente il ventilatore inserito durante i ricambi aria per estrarre aria viziata da ogni settore della struttura.

La ventilazione forzata può essere gestita con:

- Depressimetro (misuratore di pressione negativa).

- Depressimetro con potenziometro di allineamento dei flap (nel caso di controllo di più Flap a depressimetro: in questo modo si garantisce l'allineamento dei flap).
- Delta T= Depressimetro con potenziometro di allineamento dei flap e con sonda di temperatura di zona (il flap è comandato dal depressimetro e la sonda di temperatura agisce nel caso che tra due o più flap la differenza di temperatura superi un certo valore).
- Associativo, senza Depressimetro ma con potenziometro di risposta: ad ogni Step di Ventilazione si associa una % di apertura dei Flap.

La ventilazione naturale ha diverse impostazioni di lavoro come:

- Flottante o derivativo seguendo la temperatura interna (no potenziometro di risposta del flap).
- Proporzionale (con potenziometro di risposta del flap o con attuatori con segnale 0-10V).
- Allineato (con potenziometro di risposta del flap: permette di allineare il flap così settato ad un altro flap settato con funzionamento a potenziometro).
- Emergenza, il flap rimane chiuso durante il normale funzionamento: si apre solo in caso di intervento dell'allarme.

Oltre alla gestione completa dell'impianto di ventilazione (che comprende l'azionamento dei ventilatori, dei flap di entrata aria, del riscaldamento e del raffrescamento), dell'impianto di alimentazione mangime, impianto di abbeverata/medicazione, contabilità capi, pesatura capi tramite opportuna bilancia e pesatura silos, Qfarm controlla anche alcuni parametri del benessere animale, come:

- Controllo luci: gestione dei periodi di oscurità.
- Archivio presenza capi (presenti-morti-sfoltiti, per ogni giorno del ciclo)
- Archivio Ispezioni giornaliere" tramite conferma da tastiera Qfarm archivia la data e l'ora della presenza dell'operatore, al fine di registrare le 2 ispezioni giornaliere obbligatorie.

Inoltre, per poter richiedere densità più elevate gestisce anche:

- Sistema di allarme in caso di guasto di apparecchiature automatiche (XP29).
- Condizionamento della ventilazione in base alla umidità ambiente, CO2 e NH3 per fare in modo che l'ambiente non superi la soglia critica.
- Archivio delle ultime 48 ore (con campionatura ogni 30 minuti) di: temperatura ambiente ed esterno, umidità ambiente ed esterna, CO2 e NH3 ambiente.
- Ricambi aria con possibilità di determinare il ricambio aria in base al numero di capi presenti, al peso dei capi, e al parametro metricubi/ora per Kg
- Archiviazione dati del ciclo: tutti i dati significativi del ciclo si possono archiviare/esportare.

La casa olandese Fancom ha sviluppato invece il software Lumina 38 per la gestione dell'allevamento ed in particolare della ventilazione. Le sue funzioni principali sono: controllo accurato della ventilazione MTT, comandi di risparmio energetico per riscaldamento e luce, controllo dell'alimentazione EasyFeed, il tutto caratterizzato da un funzionamento semplice ed intuitivo.

La ventilazione MTT si basa su Un ampio controllo combinato del sistema di ventilazione MTT con passaggio graduale dalla ventilazione minima alla massima in 3 step, minimo, transitorio e tunnel. Lumina 38 rileva automaticamente la temperatura di 8 sensori, l'umidità di 1 sensore, la pressione negativa di 1 sensore, la concentrazione di CO2 da 1 sensore, la concentrazione di ammoniaca da 1 sensore e le condizioni esterne per considerare i cambi stagionali. L'intero sistema di ventilazione si basata sul peso dell'animale, adeguando di conseguenza il ricambio e la temperatura da mantenere nell'impianto. Inoltre Lumina 38 misura la CO2 e il sistema regola automaticamente la ventilazione minima per adattarla al livello di CO2 adeguato all'età dei polli.

La gestione della luce si basa sulla funzione di attenuazione luminosa grazie al sensore crepuscolare che rileva le condizioni di luce diurne e notturne. Grazie a questo sensore viene misurata l'intensità della luce, quindi il sistema controlla automaticamente le impostazioni richieste e si adatta alle mutevoli condizioni. L'Optisec-control integrato gestisce automaticamente le impostazioni ottimali per il riscaldamento e la ventilazione. Ciò garantisce costi di riscaldamento minimi, indipendentemente dalle condizioni esterne e indipendenti dall'età degli animali. Il controllo HumiTemp integrato calcola la combinazione di umidità e temperatura (indice humidex) e prende questa come base per la posizione ottimale dello step di ventilazione. Questo crea il miglior clima interno possibile per gli animali, anche con temperature esterne estreme combinate con un'umidità dell'aria alta o troppo bassa. È presente la gestione del mangime EasyFeed, con registrazione accurati del mangime e dell'acqua in base agli impulsi o al tempo. Sono presenti allarmi integrati che controllano il flusso, il tempo massimo di funzionamento ed eventuali rotture dell'impianto. Oltre a tutto ciò, Lumina 38 riesce a controllare 16 step di ventilazione, 8 zone di ingresso d'aria, 6 step di riscaldamento, 2 step di raffreddamento, registrazione funzionamento impianto di alimentazione e abbeverata, curva rapporto acqua/mangime, collegamento alla stazione meteo più vicina per monitorare le condizioni esterne e collegamento al po' tramite FNet per scaricare grafici e/o gestire a distanza i vari impianti.

Anche Big dutchman ha sviluppato un software per la gestione della ventilazione chiamato ViperTouch che può controllare il clima dell'allevamento adottando tre diverse modalità che l'allevatore può selezionare a piacere:

- Modalità Basic, i sistemi di ventilazione semplici possono essere controllati in modalità Basic con la temperatura.
- Modalità Flex, la combinazione di aria in entrata e in uscita può essere definita singolarmente.
- Modalità Profi, che permette di utilizzare il controllo PID (un sistema molto preciso per il controllo della temperatura) per visualizzare la temperatura percepita con la ventilazione a tunnel attiva oppure il volume di aria di scarico in m³/h/capo.

ViperTouch riceve i segnali di sensori ambientali come: sensore temperatura interna, sensore umidità, sensore anidride carbonica, sensore pressione negativa, sensore ammoniaca e stazione meteorologica esterna per rilevare direzione del vento, la velocità e la pressione dell'aria.

Per la gestione della ventilazione è possibile visualizzare la temperatura di raffrescamento tramite due sensori di temperatura (optional), gestire lo scambiatore di calore Earny, integrato nel controllo della ventilazione, controllare l'apertura d'emergenza a temperatura controllata, controllo ottimizzato della temperatura ottimale che tiene conto dell'umidità dell'aria, collegamento di un sensore di CO₂ e/o NH₃ per regolare attivamente la ventilazione minima in base alla concentrazione di CO₂ e/o NH₃ nell'aria dell'impianto, controllo attivo della pressione negativa, ventilazione naturale con utilizzo di una stazione meteorologica, collegamento di sensori per il monitoraggio del trattamento dell'aria di scarico (conducibilità e pH dell'acqua di lavaggio) e visualizzazione delle curve di andamento per l'intero ciclo.

Inoltre il software permette di registrare e controllare 8 sensori della temperatura interna e 2 sensori dell'umidità interna, riscaldamento ambiente, fino a 6 zone, due zone climatiche distinte per capannone, con controllo individuale, controllo a step standard dei ventilatori in modalità Basic e Flex (16 step in modalità laterale e 32 step in modalità a tunnel), una parte è riscaldata mentre nell'altra parte si mantengono temperature anti- congelamento (per gestire la pulcinaia su una porzione di allevamento), 4 riscaldatori di zona (lampade a gas o riscaldatori autonomi), fino a 16 gruppi MultiStep (in modalità laterale e a tunnel), ventilazione minima in modalità impulso/ pausa, principio Dynamic MultiStep per l'aria di scarico che garantisce una ventilazione a maggiore risparmio energetico (fino al 40 %), fino a 4 attuatori per il controllo della ventilazione a tunnel, abbassamento notturno della temperatura, raffrescamento e umidificazione ed impostazioni per il controllo dell'umidità (tramite la ventilazione e/o il riscaldamento).

Con il modulo di estensione “Full Growing” è possibile gestire il consumo del mangime totale, giornaliero e per singolo animale, utilizzando il modulo di pesatura è possibile collegare fino a 4 bilance da silos aventi ognuna fino a 8 celle di pesatura per un facile monitoraggio del contenuto dei silos con rilevazione e registrazione delle consegne di mangime, registrare il consumo dell’acqua utilizzando fino a 24 contatori per il consumo totale, giornaliero e per singolo capo, possibilità di collegare fino a 12 bilance pesa capi per registrare il peso degli animali, controllo dell’illuminazione a mezzo di 7 diversi simulatori della luce solare con simulazione sequenziale della fase crepuscolare per l’alba e il tramonto, è inoltre possibile variare l’intensità luminosa e la temperatura/colore della luce, funzione di cattura per svuotare il sistema di alimentazione in modo controllato e automatico (per attuare il programma di digiuno prima della macellazione) prima che gli animali vengano caricati, consentendo al contempo la configurazione del clima durante lo svuotamento e messaggi di allarme, in caso di mancanza di corrente, scostamenti dai valori impostati quali temperatura, umidità, consumo di acqua e mangime e contenuto minimo dei silos.

4. TECNOLOGIE ED AUTOMAZIONE

Le tecnologie di oggi permettono di rilevare dati in continuo e di analizzare una grandissima mole di rilevazioni. I dati raccolti sono ambientali (ad esempio la percentuale di ammoniaca nell'aria) o fisiologici/comportamentali (ad esempio l'attività motoria del gruppo o il numero di beccate alla mangiatoia). Integrate fra loro, queste informazioni riescono a fornire indicazioni sanitarie e di benessere animale prima che si manifestino i sintomi clinici e sub-clinici e permettono di evitare profilassi imprecise o periodiche di copertura con trattamenti preventivi standardizzati. Un altro filone di utilizzo delle tecniche di zootecnia di precisione (o PLF) riguarda le possibilità di ottimizzare le risorse e di eliminare gli sprechi, ad esempio ventilando l'ambiente solo quando necessario oppure distribuendo l'alimento o l'acqua di bevanda con maggior accortezza.

4.1 Automazione applicata alle principali operazioni di allevamento

Sul mercato vi sono molte tecnologie non invasive che consentono di valutare il benessere degli uccelli: da sistemi di imaging digitale, analisi della vocalizzazione, analisi termica/infrarossi e spettroscopia Raman.

L'imaging digitale si concretizza nell'acquisizione dei modelli di movimento dei polli consentendo la misurazione dell'attività dei polli, che può essere utilizzata come indicatore dello stato di benessere, valutandone molti fattori come: l'andatura, il peso, la densità di allevamento in relazione ai modelli di alimentazione e la risposta degli uccelli alle diverse condizioni ambientali.

4.2 Sensoristica ed impiantistica per il monitoraggio dei dati biometrici/comportamentali

La zoppia è un problema nella produzione di polli da carne a causa delle esigenze fisiche e fisiologiche di questi animali. La valutazione della zoppia era attuata secondo metodi di monitoraggio manuale, che possono essere soggettivi e aumentare i requisiti di tempo e manodopera. L'acquisizione dei modelli di movimento dei polli da carne utilizzando il sistema software e di sorveglianza della telecamera eYeNamic™, che dispone di telecamere aeree nei pollai, ha dimostrato la capacità di valutare i punteggi dell'andatura degli uccelli in allevamento.

Fernández et al nel 2015, ha portato uno studio sulla valutazione delle condizioni dei broiler basata sulla loro attività motoria e la loro distribuzione all'interno dell'allevamento. In questo caso è stato utilizzato eYeNamic System™ della ditta Fancom, che con una telecamera monitora la superficie calpestabile e gli spostamenti dei polli. Il sistema consente di valutare l'utilizzo e l'attività di ciascun abbeveratoio o mangiatoia; in più, rileva l'incidenza delle lesioni agli arti e avverte l'allevatore tramite un sistema di allerta precoce. In automatico, il sistema rileva se gli animali stanno a lungo fermi in gruppo, mettendo in relazione la loro posizione nella struttura di produzione, il loro comportamento e i parametri biologici. Infatti, studi precedenti hanno dimostrato che quando i broiler assumono questi comportamenti, presentano lesioni che rendono doloroso il movimento. Prima che il benessere dei polli sia compromesso per mancata assunzione di alimento e di bevanda il sistema avverte l'allevatore, che può chiamare per tempo il veterinario.

Demmers et al. nel 2017, hanno condotto uno studio con eYeNamic System, che rileva la polverosità dell'aria, quando raggiunge livelli critici per il benessere del broiler. Nel caso, il sistema fa partire in automatico il sistema di ventilazione che abbatte la polvere in atmosfera, ristabilendo una situazione di comfort per i broiler e permettendo sia un risparmio di elettricità, sia una minore usura dell'impianto. Il bioaerosol presente nell'aria influenza sicuramente le attività dei polli; tuttavia, concorrono anche l'età e la densità animale. Sono gli animali stessi ad alzare la polvere e questo accade soprattutto quando viene distribuito l'alimento o ci sono cambi di intensità della luce. Ma quando l'aria è troppo ricca di polvere, gli animali tendono a non muoversi più e quindi a non alimentarsi come dovrebbero.

Un altro metodo che viene esplorato come indicatore del benessere del pollame è l'analisi della vocalizzazione, che utilizza i suoni che gli uccelli producono come indicatore della salute e del benessere, infatti gli avicoli possono produrre una grande varietà di vocalizzazioni diverse. Con questa tecnologia è possibile anche rilevare l'infezione da microrganismi patogeni, infatti è stata dimostrata sperimentalmente la possibilità di rilevare l'infezione prima che i segni clinici siano evidenti nei polli infetti, come ad esempio il rilevamento della frequenza dei rantoli prodotti dai polli infetti dal virus della bronchite (Carroll et al., 2014). Questo metodo è vantaggioso rispetto ai metodi convenzionali impiegati per il rilevamento delle malattie come l'ispezione visiva, poiché il trattamento o le azioni correttive possono essere avviate molto prima per inibire ulteriori infezioni degli uccelli.

Uno studio di Fontana (Fontana et al 2015) mostra uno dei modi per valutare lo stato di salute e benessere di un animale, l'analisi di audio collegata al video. I ricercatori hanno dimostrato che la

frequenza dei suoni emessi durante il primo giorno è stata maggiore rispetto a quelli emessi dai pulcini di 5 giorni. Il picco di frequenza dei suoni emessi dagli uccelli è diminuito di circa 500 Hz al giorno 5, mentre non sono state riscontrate differenze significative tra picchi di frequenza registrati durante lo stesso giorno. I risultati hanno anche mostrato che il picco di frequenza dei suoni emessi dai pulcini è inversamente proporzionale all'età e al peso dei polli da carne; nello specifico, più crescevano, minore era la frequenza dei suoni emessi dagli animali. Infine è stato posizionato un box chiuso nell'allevamento e si è studiato il comportamento degli animali dentro e fuori dal box. Il richiamo dei pulcini al giorno 1 all'esterno del box verso quelli dentro il box, era più pronto e chiaro nei pulcini più giovani e meno negli animali più grandi. La presenza dei pulcini intorno al box chiuso fa supporre che i suoni emessi dai pulcini di 1 giorno siano per lo più classificabili come "suoni chiamanti" verso gli altri pulcini; mentre i suoni emessi dai pulcini di 5 giorni potrebbe essere meglio classificato come "angoscia" data da dall'isolamento sociale e fisico. I risultati del presente studio ci hanno portato a concludere che i "suoni di chiamata" sono vocalizzazioni emesse da pulcini molto giovani durante i primi 2 giorni di vita, quando solitamente gli animali apprendono i comportamenti fondamentali legati all'interazione sociale e la comunicazione vocale.

Con questa tecnologia è possibile effettuare anche il monitoraggio dell'accrescimento ponderale dei broiler che è un elemento fondamentale nella gestione dell'allevamento del pollo da carne. Esistono da tempo bilance per gli animali posizionate nei pressi di abbeveratoi e mangiatoie. Però presentano diversi difetti: sono costosi, piuttosto fragili e poco precisi. Inoltre, per avere un quadro abbastanza preciso della situazione, l'allevatore deve posizionarne tanti ed impiega parecchio tempo ad analizzare i dati che raccolgono; infine, i polli zoppi sfuggono completamente a questo monitoraggio. Dunque, gli step on scale sono un sistema ibrido, in cui il continuo intervento dell'uomo è ancora indispensabile (Tullo E., 2016).

Un sistema di pesatura step on scale è stato sviluppato da Big dutchman, il Swing 20(Figura 27) che è costituito da una cella di carico e una piattaforma in materiale plastico o acciaio inossidabile. Utilizzando la sospensione telescopica, la piattaforma può essere facilmente regolata in altezza e quindi adattata all'età degli animali. Swing 20 è appeso al soffitto della struttura durante il periodo di servizio, mentre la piattaforma può essere facilmente rimossa per la pulizia mentre l'elettronica di pesatura con la cella di carico rimangono installati vicino al soffitto dove è protetta dallo sporco.

Figura 27. Sistema di pesatura Swing 20 di Big dutchman.



Questo sistema di pesatura però è ormai superato dalle moderne tecnologie. Fontana I. [et al] nel 2017, ha presentato un promettente studio in cui mostra l'accrescimento del gruppo monitorato in automatico. La ricerca è basata sul fatto che con l'età e con l'accrescimento ponderale i vocalizzi emessi dai pulcini cambiano ed evolvono. Grazie ad alcuni microfoni ed al sistema di elaborazione dei dati della belga SoundTalks chiamato Pig Cough, mostra chiaramente l'andamento del gruppo e evidenzia alterazioni nell'accrescimento.

Aydin [et al] nel 2014, ha presentato un progetto in cui si valuta l'assunzione di cibo individuale nei broiler e si riduce lo spreco di mangime. Il tutto tramite la registrazione del rumore del beccaggio sulla mangiatoia e delle vocalizzazioni, elaborando i dati attraverso un programma specifico. Il progetto si basa sui risultati di studi di comportamento, benessere e fisiologia del pollo. Si tratta di un sistema facile, economico e non invasivo per l'animale.

La termografia a infrarossi è una tecnica di imaging che può essere utilizzata per valutare il benessere del pollame con la minima invasività. L'imaging a infrarossi può determinare la temperatura superficiale degli oggetti e creare una mappa dell'immagine con colori che rappresentano temperature diverse. Lo stress da caldo è dannoso per la salute del pollame e la temperatura corporea è indicativa di anomalie fisiologiche che possono portare a tassi elevati di mortalità. La termografia a infrarossi può essere utilizzata per rilevare la temperatura del pollo dopo i cambiamenti nella dieta, nell'ambiente del pollaio e nei livelli di stress.

La robotica è un'altra potenziale tecnologia che potrebbe essere utilizzata per monitorare e mantenere l'ambiente di allevamento. I robot in grado di automatizzare il monitoraggio dell'ambiente dei pollai sono attualmente in fase di sviluppo e produzione da numerosi produttori commerciali (Connolly, 2017). I robot sono progettati come piccoli veicoli a guida autonoma che operano in superficie o dispositivi leggeri che viaggiano su binari sopra gli animali. Questi robot

potrebbero migliorare la salute e i livelli di attività degli animali (Epp, 2019). Inoltre, i robot disponibili in commercio con dispositivi aggiuntivi possono aerare la lettiera. La lettiera aerata può ridurre l'incidenza di alcune malattie e infezioni del pollame; ad esempio, è stata osservata sperimentalmente una diminuzione dell'infezione da Salmonella nei polli da carne in pollai con lettiera aerata (Bodi et al., 2013). Attualmente vengono prodotti anche robot in grado di applicare disinfettanti alla lettiera per l'uso nei pollai (Epp, 2019). Inoltre, questi robot possono contenere sensori che valutano l'ambiente del pollaio in tempo reale (McDougal, 2018). Robot come questo consentono di monitorare l'ambiente da remoto, diminuendo la necessità che i lavoratori umani entrino nel pollaio, migliorando così la biosicurezza.

Spoutnic NAV è un robot automatico (Fig. 28) sviluppato dall'azienda francese Tibet, che aiuta a mantenere gli animali in movimento e garantire il movimento della lettiera per aumentare il benessere degli animali, 24 ore su 24, 7 giorni su 7. Secondo uno studio, spoutnic NAV riesce a far risparmiare fino al 50% del tempo all'allevatore e riduce il percorso fatto dall'allevatore fino a un terzo rispetto ad una giornata in allevamento tradizionale. Questo permette all'allevatore di seguire con più precisione ed attenzione la salute degli animali e garantisce maggior libertà temporale per la gestione delle manutenzioni in allevamento. Questo robot è dotato di una barra mobile con installate alette sostenute da una molla. Il robot una volta uscito dalla zona di ricarica, grazie ad un software ben gestito, abbassa la barra e con l'avanzamento muove la lettiera tenendola ben areata. Se trova un ostacolo come il muro finale della struttura o semplicemente un animale che per problemi di deambulazione non riesce a muoversi, spoutnic NAV riesce a rilevare l'ostacolo con i sensori e ad aggirarlo senza entrare in collisione.



Figura 28. Robot Spoutnic NAV.

Il robot senza l'ausilio della barra per muovere la lettiera, può essere usato negli allevamenti di galline ovaiole e riproduttrici a terra per incentivare gli animali a deporre le uova negli appositi nidi e non sul pavimento dell'allevamento.

ChickenBoy è un robot di analisi sviluppato da Big dutchman (Figura 29). Il robot raccoglie dati per l'intero allevamento 24 ore su 24. Può misurare parametri climatici come temperatura, umidità, velocità dell'aria, parametri relativi alla qualità dell'aria come concentrazione NH3 e CO2, quantità di luce e rumore presente nella struttura di allevamento. Rileva questi dati in ogni zona dell'allevamento e successivamente realizza una mappa indicando con colori diversi i dati recepiti. Sulla base di questi dati, il robot prepara automaticamente grafici, diagrammi e tabelle che sono successivamente messe a disposizione dell'allevatore. Questo robot si muove lungo rotaie fisse al soffitto e con un braccio telescopico mantiene il box con sensori e telecamere circa mezzo metro sopra gli uccelli, consentendo un rilevamento e una mappatura molto esatti senza contatto diretto con gli animali. Questa tecnologia consente maggiore produttività grazie a dati mappati con precisione, analisi intelligente delle immagini e valutazione di immagini e dati con controllo del clima accurato e migliorato, diagnosi precoce delle malattie e identificazione più rapida dei problemi tecnici, inoltre un'analisi permanente del punto debole da parte di un robot autonomo e di autoapprendimento con reazione più rapida ai problemi.



Figura 29. Robot ChickenBoy.

Octopus ha sviluppato il robot XO (Fig. 30) che aiuta gli allevatori di broiler nell'areazione della lettiera, nel monitoraggio ambientale e degli animali. XO è dotato di uno scarificatore per lettiera che permette di arieggiare la lettiera, prevenire la formazione di croste e ridurre della produzione di ammoniaca, un sistema di distribuzione di soluzioni per igienizzare la lettiera mediante soluzione di sanificazione con distribuzione continua e trattamento adattivo locale. Oltre ai dispositivi legati

alla lavorazione della lettiera, questo robot è dotato di un sistema multisensore che rileva i dati all'altezza degli animali. Questo sistema attua una mappatura dell'allevamento e rileva temperatura, umidità e ammoniaca ed ha in sistema di telecamere con intelligenza artificiale che permette di controllare il benessere degli animali e il rilevamento, conteggio e localizzazione di polli morti. Infine i dati vengono analizzati ed elaborati in tempo reale, con la possibilità di inviare avvisi di allarme quando il robot riscontra un problema.



Figura 30. Octobus robot XO.

La raccolta, l'interpretazione e la gestione di tutti questi dati sarà una sfida per il settore avicolo. Poiché i dati sono generati da tecnologie digitali è necessario istituire sistemi di raccolta, archiviazione e accesso dei dati per massimizzare l'utilità di questi sistemi.

Tali dati possono includere misure biologiche e ambientali, come: temperatura, umidità, livelli di ammoniaca/anidride carbonica, peso, velocità di alimentazione, attività, vocalizzazione, stato di infezione e altre misure fisiologiche. Questi dati sono acquisiti da sensori ambientali, fotocamere, microfoni, fotocamere a infrarossi, sensori indossabili, biosensori e altre tecnologie di sensori. Gli input sono convertiti in un modulo elettronico che può essere facilmente memorizzato e visualizzato. L'archiviazione dei dati è una parte importante dell'impiego di sistemi smart di gestione negli allevamenti avicoli e, man mano che le dimensioni dei set di dati crescono, l'archiviazione dei dati diventa più critica. Un possibile sistema che può essere utilizzato per archiviare grandi quantità di dati sono i sistemi di archiviazione distribuiti, che archiviano i dati su più server. Secondo Chen et al. (2014) ci sono alcuni fattori che i sistemi di archiviazione dati distribuiti devono essere in grado di offrire, tra cui coerenza, disponibilità e tolleranza. Poiché l'archiviazione su reti distribuite include più copie di dati archiviate su server diversi, la coerenza si riferisce al mantenimento della natura

identica di queste diverse copie di dati. La disponibilità di un sistema di archiviazione distribuito significa che se un server dovesse andare in errore, altri server saranno ancora disponibili. La tolleranza di un sistema di archiviazione distribuito è quando un nodo nella rete si guasta, ma non si verifica un errore totale e il sistema di archiviazione distribuito può ancora funzionare quando la rete viene riparata. Oltre ai sistemi di archiviazione distribuiti, esistono altri sistemi di archiviazione dati come piattaforme basate su cloud (Wolfert et al., 2017).

L'accessibilità ai dati è essenziale per i sistemi di gestione. L'importanza deve essere data all'interfaccia dove i dati sono resi disponibili e sono necessari numeri e messaggi che i produttori possano facilmente interpretare. I dati possono essere resi disponibili ad altre parti coinvolte nella filiera avicola, inclusi fornitori di mangimi, fornitori di animali e veterinari, oltre alle autorità di regolamentazione del settore e agli integratori di sistemi di produzione, ad esempio, i dati sulla fisiologia e sulla salute degli animali possono essere più adatti a un veterinario per l'osservazione diretta e potrebbe consentire ai veterinari di monitorare a distanza i dati degli animali nell'allevamento, fornendo un livello di assistenza superiore. Il software può essere installato su più dispositivi, consentendo all'allevatore di osservare i dati di più allevamenti in remoto dal proprio laptop o smartphone.

La gestione dei dati è un concetto che incorpora una serie di procedure, sistemi tecnici, processi e strategie differenti che funzionano per garantire una corretta fruizione di essi. Comprende anche la riservatezza e la sicurezza dei dati, aspetti importanti per i produttori di pollame. Affinché i dati possano essere utilizzati al meglio, dovrebbero essere accessibili e disponibili a più gruppi e ad altri produttori, tuttavia, vi è una mancanza di fiducia attualmente avvertita dai produttori agricoli in merito alla proprietà e all'utilizzo da parte di terzi dei dati generati negli allevamenti (Wiseman et al., 2018). Tuttavia, con i contratti di socida, i rischi associati alla condivisione dei dati dei produttori sono ridotti.

L'integrazione delle tecnologie PLF nell'allevamento avicolo offre una possibile soluzione per aiutare a soddisfare le richieste globali di prodotti avicoli. Esistono anche molte sfide per queste soluzioni tecnologiche, inclusi problemi tecnici con sensori e dispositivi e problemi relativi alla gestione dei dati. Tuttavia, questo sistema può anche essere responsabile del mantenimento o del miglioramento del benessere del pollame d'allevamento, monitorando più da vicino i focolai di malattie infettive e fornendo ai consumatori una maggiore trasparenza su come vengono prodotti i prodotti a base di pollame.

5. DISCUSSIONE

Secondo lo studio di Hartung (Hartung 2017), oggi l'allevamento moderno è sottoposto a varie pressioni, non solo economiche e gestionali ma anche connesse ad aspettative e richieste della società e del consumatore, che possono essere così riassunte: sicurezza alimentare; reddito del produttore e produzione efficiente in termini di costi, fattibilità economica dell'azienda; cibo a prezzi accessibili per tutti i consumatori; tutela dell'ambiente, della forza lavoro e dei residenti; salute e benessere degli animali, la produzione di animali da allevamento dovrebbe essere etica e sostenibile.

Dallo studio di Morrone (Morrone, 2022), una delle grandi scommesse per le tecnologie PLF è riuscire a trasmettere alla società ed ai consumatori come queste tecnologie riescano a contribuire al benessere e alla salute degli animali in modo molto marcato rispetto ai tradizionali ed obsoleti metodi di allevamento. Per riuscire in questo tutte le case produttrici che credono in questi progetti, sono pronte a offrire una totale trasparenza dei dati per mostrare la potenzialità delle nuove tecnologie esistenti. Sono emerse tuttavia, alcune criticità riguardo le tecnologie PLF, come:

- i costi molto elevati
- tempo di rientro dell'investimento
- necessità di personale tecnico specializzato per effettuare le manutenzioni, per aiutare gli allevatori nel comprendere i dati ricevuti e nelle decisioni da prendere dopo la lettura dei dati
- per promuovere la diffusione delle tecnologie le case produttrici devono assecondare molto i bisogni e le necessità dei clienti
- diminuzione di posti di lavoro per mansioni pratiche negli allevamenti e ricerca di personale tecnico preparato
- preoccupazioni relative alla proprietà dei dati, al modo in cui i dati vengono utilizzati e archiviati
- compatibilità con altre tecnologie già presenti in azienda
- i margini di profitto agricolo sono spesso molto bassi, il costo di tali dispositivi e sistemi integrati può ridurre la redditività delle operazioni agricole
- nelle aziende ubicate in aree rurali, che spesso non dispongono di una sufficiente connettività internet, rende difficile (se non impossibile) l'accesso a questi sistemi

Tutti questi aspetti potrebbero essere superati nei prossimi anni, poiché la tecnologia migliora esponenzialmente ogni anno, consentendo alle aziende di acquistare dispositivi sempre più economici ed estremamente efficaci.

6. CONCLUSIONI

A livello globale, l'impiego della tecnologia nella vita quotidiana ha cambiato significativamente la vita della società. L'adozione di queste tecnologie nelle aziende zootecniche è inevitabile e diventerà un elemento centrale tanto che oggi è diventato parte integrante di molte aziende, consentendo agli allevatori di monitorare facilmente gli animali. Questa tendenza è particolarmente visibile anche nella ricerca, dove sono in corso un numero crescente di studi sull'uso delle tecnologie esistenti e sullo sviluppo di nuove e più efficienti. Gli sforzi di ricerca dovranno continuare a studiare l'approccio PLF, anche per i sistemi di allevamento più marginali, migliorando continuamente le prestazioni dei suoi sensori e sistemi operativi. Da questa prospettiva, possono essere stabiliti obiettivi futuri:

- la creazione di standard di salute e benessere degli animali accettati a livello globale, utilizzando tecnologie di monitoraggio in tempo reale
- la corretta gestione dei cosiddetti "Big Data" al fine di semplificare un'enorme mole di dati e garantire la privacy delle aziende agricole mentre principalmente l'Unione Europea e altre organizzazioni internazionali stanno investendo sempre di più in questi nuovi approcci per al fine di ottenere un elevato grado di trasparenza
- lo sviluppo di sistemi e sensori sostenibili, sia in termini di costruzione che di smaltimento.
- lo sviluppo dell'approccio PLF per le specie allevate meno frequentemente, al fine di preservare e migliorare le diverse e uniche produzioni animali

In conclusione, è prevedibile che la domanda in crescita esponenziale di prodotti alimentari di origine animale, spingerà presto a un'integrazione diffusa delle tecnologie negli allevamenti, dando il via all'era del PLF e dell'agricoltura 4.0 su larga scala.

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- Aviagen (2018). Ross broiler manuale di gestione
- Aydin A., Bahr C., Viazzi S., Exadaktylos V., Buyse J., Berckmans D. (2014), A novel method to automatically measure the feed intake of broiler chickens by sound technology
- Bittante G., Andrighetto I., Ramanzin M. (2005). Tecniche di produzione animale
- Bodi S., Garcia A., GarcíaS. and Orenca C. (2013), Litter aeration and spread of Salmonella in broilers
- Bustamante E., García-Diego F., Calvet S., Estellés F., Beltrán P., Hospitaler A. and Torres A. (2013). Exploring Ventilation Efficiency in Poultry Buildings: The Validation of Computational Fluid Dynamics (CFD) in a Cross-Mechanically Ventilated Broiler Farm
- Carroll T., Anderson D., Daley W., Harbert S., Britton F., Jackwood M. (2014), Detecting symptoms of diseases in poultry through audio signal processing
- Chen, M., Mao, S., Liu, Y. (2014). Big data: A survey. *Mob. Networks Appl.* 19, 171–209.
- Connolly A. (2017), Flocking to digital: Re-imagining the future of poultry through innovation
- Consiglio dell'Unione Europea (2007). DIRETTIVA 2007/43/CE DEL CONSIGLIO del 28 giugno 2007 che stabilisce norme minime per la protezione dei polli allevati per la produzione di carne
- Demmers T., Fernandez P., Youssef A., Berckmans D. (2017), Modelling bio-aerosol concentration in commercial poultry houses
- Epp M. (2019), Poultry Technology: Rise of the robots
- Fernández P., Tullo E., Exadaktylos V., Vranken E., Guarino M., Berckmans D. (2015), Broiler activity and distribution as behavior-based welfare indicators
- Fontana I., Tullo E., Carpentier L., Berckmans D., Butterworth A., Vranken E., Norton T., Berckmans D., Guarino M. (2015), Sound analysis to model weight of broiler chickens
- Forlini A. (2021). Relazione annuale Unaitalia 2021
- Green B. (2019). Gestione della ventilazione essenziale
- Hadinia S., Carneiro P., Ouellette C. and Zuidhof M. (2018), Energy partitioning by broiler breeder pullets in skip-a-day and precision feeding systems
- Lohmann A. (2000). Mantenere il fresco nei climi caldi
- McDougal T. (2018), Poultry World - French poultry robot up and running
- Popiel E., Olejnik K., Opalinski S. (2022). Emerging methods of precision management in poultry
- Rota C. (2016). Dinamica Generale: Nir nella Precision Feeding
- Squizzato D. (2012). Tutto sull'allevamento di polli, galline, tacchini e conigli, dalle caratteristiche dei pollai, all'alimentazione, alle tecniche riproduttive, alle patologie animali
- Tullo E., Finzi A., Guarino M. (2018). Review: Livestock Environmental Impact and Precision Livestock as a Mitigation Strategy

Tullo E., Fontana I., Scrase A., Butterworth A. (2016), Vocalisation sound pattern identification in young broiler chickens

Wiseman, L, Sanderson, J., Robb, L., 2018. Rethinking Ag Data Ownership. Farm Policy J. 15, 71-77.

Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., Bogaardt, M.J., 2017. Big Data in Smart Farming? A review. Agric. Syst. 153, 69-80.

Xin H., Li L., Zhao Y., Oliveira J., Verhoijsen W., Liu K. (2017), A UHF RFID System for Studying Individual Feeding and Nesting Behaviors of Group-Housed Laying Hens

Zuidhof M., Fedorak V., Ouellette C. and Wenger I. (2017), Precision feeding: Innovative management of broiler breeder feed intake and flock uniformity

https://www.ismeamercati.it/flex/files/1/3/a/D.317479105eb3b0049334/Sk_avicolo_2021.pdf

<https://zootecnica.it/2022/06/21/produrre-polli-antibiotic-free-o-con-un-uso-ridotto-di-antibiotici>

<https://www.carnisostenibili.it/benessere-animale-allevamenti-avicoli-allavanguardia>

<https://lubingsystem.com/abbeveratoi-a->

[goccia/?gclid=CjwKCAjw1ICZBhAzEiwAFfvFhHMyOZCVTY52xiO18p8HVg8iF8feeTqHX-F3XA-65G7HC-SAor_FQBoCkfsQAvD_BwE](https://www.uniconfort.com/goccia/?gclid=CjwKCAjw1ICZBhAzEiwAFfvFhHMyOZCVTY52xiO18p8HVg8iF8feeTqHX-F3XA-65G7HC-SAor_FQBoCkfsQAvD_BwE)

<https://www.uniconfort.com/>

<https://www.riversystems.it/it/prodotto/radiante-a-gas/>

<https://www.bigdutchman.it/it/produzione-carne/prodotti/detail/bigfarmnet-1/>

<https://www.fancom.com/system/ventilation-system-for-central-exhaust>

<https://www.fancom.com/blog/microcontrol-for-the-best-start-of-young-broilers>

<https://lnx.pola.it/it/categorie/azionamento-ventilatori.html>

<https://lnx.pola.it/it/categorie/gestione-allevamento.html>

<https://lnx.pola.it/it/prodotti/microcomputers/linea-q/moduli-disponibili/qfarm.html>

<https://lnx.pola.it/it/prodotti/microcomputers/linea-q/moduli-disponibili/qfarm/qfarm-cloud.html>

<https://www.fancom.com/housing-concepts/broilers>

<https://www.bigdutchman.it/it/produzione-carne/novita/foto/climatizzazione/>

<https://www.fancom.com/case-studies/lumina-total-automation-in-the-new-houses-at-brookwood-farm>

<https://www.bigdutchman.com/en/poultry-growing/products/detail/bird-weighing/#media-gallery3576>

<https://www.fancom.com/case-studies/lumina-38-gives-the-birds-the-climate-they-desire>

<https://www.fancom.com/system/fancom-managementsoftware>

<https://www.fancom.com/control-computers#page>

<https://www.fancom.com/smart-farming>

<https://www.worldfoodinnovations.com/innovation/eyenamic-poultry-behavior-monitor>

<https://www.worldfoodinnovations.com/innovation/eyequestion-software-increasing-the-success-rate-of-new-food-products>

<https://www.bigdutchman.it/it/produzione-carne/prodotti/trattamento-della-pollina/>

<https://www.bigdutchman.it/it/produzione-carne/prodotti/detail/chickenboy/#media-gallery>

<https://www.tibot.fr/solutions/robot-avicole-spoutnic/>

<https://www.bigdutchman.it/it/produzione-carne/prodotti/allevamento-broiler/>

<https://www.thepoultrysite.com/articles/robots-the-new-frontier-in-poultry-production>

<https://www.octopusbiosafety.com/en/animal-welfare/>

<https://www.poultryworld.net/home/robotics-revolution-happening-now/>

<https://ctpperozzoimpianti.it/portfolio-items/caldaie-con-bruciatore-a-gassificazione/>

http://www.energia360.org/Caldaia_a_biomassa.html

<https://www.bigdutchman.it/it/produzione-carne/prodotti/detail/vipertouch-9/>

<https://www.carnisostenibili.it/ma-i-polli-crescono-chiusi-in-gabbia/>

<https://www.thepoultrysite.com/articles/broiler-housing>

<https://www.bigdutchman.it/it/produzione-carne/novita/detail/clima-ottimale-capannone-broiler/>

<https://zootecnica.it/2022/02/17/riscaldamento-e-ventilazione-negli-allevamenti-di-polli-da-carne/>

<https://www.choretime.com/KONAVI-Broiler-Feeder>