Programma di Sviluppo Rurale dell'Emilia-Romagna 2014-2020

UNIONE EUROPEA Fondo Europeo Agricolo per lo Sviluppo Rurale

Regione Emilia-Romagna

L'Europa investe nelle zone rurali

AVVISI PUBBLICI REGIONALI DI ATTUAZIONE PER L'ANNO 2015 DEL TIPO DI OPERAZIONE 16.1.01 "GRUPPI OPERATIVI DEL PEI PER LA PRODUTTIVITÀ E LA SOSTENIBILITÀ DELL'AGRICOLTURA" FOCUS AREA 2A, 4B, 4C, 5A E 5E DGR N. 2268 DEL 28 DICEMBRE 2015

RELAZIONE TECNICA ☐ INTERMEDIA ☒ FINALE

DOMANDA DI SOSTEGNO 5015560

DOMANDA DI PAGAMENTO 5229616

FOCUS AREA: 5D

Titolo Piano	**GasFreeHens - Tecniche per ridurre le emissioni di ammoniaca e gas serra dei sistemi a terra per le ovaiole**
Ragione sociale del proponente (soggetto mandatario)	**Centro Ricerche Produzioni Animali – C.R.P.A. SpA**
Elenco partner del Gruppo Operativo	• Fondazione CRPA Studi Ricerche • Società Agricola Fiorin di Lionello & C. s.s. • Micro snc Società Agricola di Stronati Alfio & C. • Agricola Albarello srl • ASSOAVI - Associazione Nazionale Allevatori e Produttori Avicunicoli • Proambiente scrl

Durata originariamente prevista del progetto (in mesi)	36
Data inizio attività	1/10/2017
Data termine attività (incluse eventuali proroghe già concesse)	19/02/2021

Relazione relativa al periodo di attività dal	1/01/2020	Al 19/02/2021
Data rilascio relazione	16/04/2021	

Autore della relazione	Laura Valli, Giuseppe Moscatelli		
telefono		email	g.moscatelli@crpa.it

Sommario

1 - Descrizione dello stato di avanzamento del Piano 3

1.1 Stato di avanzamento delle azioni previste nel Piano 5

2 - Descrizione per singola azione 6

2.1 Attività e risultati 6

2.2 Personale 18

2.3 Trasferte 21

2.4 Materiale consumabile 22

2.5 Spese per materiale durevole e attrezzature 23

2.7 Attività di formazione 23

2.8 Collaborazioni, consulenze, altri servizi 23

3 - Criticità incontrate durante la realizzazione dell'attività 24

4 - Altre informazioni 24

5 - Considerazioni finali 25

6 - Relazione tecnica 25

1 - Descrizione dello stato di avanzamento del Piano

Descrivere brevemente il quadro di insieme relativo alla realizzazione del piano. Richiamare eventuali richieste di modifiche inviate agli organi Regionali ed apportate al progetto.

In seguito alla pubblicazione delle graduatorie dei GOI ammessi a finanziamento, si è costituito il Gruppo Operativo in forma di ATS in data 27/09/2017. Il 18/12/2017 si è svolta, presso la sede di Eurovo a Imola, la riunione di insediamento (kick-off meeting) del Gruppo Operativo "GasFreeHens - Tecniche per ridurre le emissioni di ammoniaca e gas serra dei sistemi a terra per le ovaiole ".

In data 28/07/2020 è stata predisposta e consegnata agli organi Regionali la relazione tecnica intermedia inerente al primo periodo di attività (01/10/2017-31/12/2019).

In data 13/05/2020 è stata richiesta una proroga di 180 giorni alle attività, in seguito approvata e concessa con Atto amministrativo della Giunta Regionale Num. Prot. 28/07/2020.0525463.U., che ha permesso al GO di portare a termine le attività come previsto dal piano di lavoro.

Le motivazioni della richiesta sono state dovute ai seguenti due motivi.

La Società Agricola Fiorin, partner del GOI, nel periodo intercorso tra la presentazione del Piano e l'inizio delle attività, ha provveduto alla demolizione e completa ricostruzione di una parte dei vecchi capannoni che ospitavano le galline ovaiole. I nuovi capannoni sono stati dotati di elevata tecnologia per il controllo della climatizzazione interna, costruiti con materiali innovativi e vi sono state installate le più moderne attrezzature atte ad ospitare le galline ovaiole allevate a terra in voliera. L'intervento di ammodernamento è stato ultimato nell'inverno 2018. Il GOI ha pertanto aspettato, per una parte delle attività, l'ultimazione dei lavori al fine di cogliere l'occasione che si era presentata: monitorare questi capannoni innovativi e confrontare le loro prestazioni ambientali rispetto ai capannoni esistenti.

La seconda motivazione è legata all'emergenza Covid-19 ed alle misure messe in atto per contenere il contagio, che hanno rallentato lo svolgimento delle attività.

Le attività dal Gruppo Operativo hanno riguardato l'applicazione e l'ottimizzazione di tecniche in grado di ridurre le emissioni di ammoniaca e gas serra in atmosfera prodotte dagli allevamenti di galline ovaiole in sistemi alternativi alle gabbie, che, come noto, risultano inevitabilmente più emissivi dei sistemi in gabbia, ma che sono stati adottati da molti allevatori a seguito delle direttive sul benessere delle ovaiole.

Il GO, pertanto, ha indagato e valutato due nuove soluzioni impiantistiche: il sistema a terra con ventilazione longitudinale sotto i posatoi (Azione 5) ed il sistema a voliera abbinato a tunnel esterno di essiccazione della pollina (Azione 2).

Inoltre, avendo la Società Agricola Fiorin provveduto alla demolizione e completa ricostruzione di una parte dei vecchi capannoni che ospitavano le galline ovaiole, ulteriore e importante obiettivo di GasFreeHens è stato quello di valutare quanto questi innovativi sistemi d'allevamento a voliera potessero offrire vantaggi ambientali nel ridurre le emissioni.

Le attività hanno previsto il rilievo della concentrazione di ammoniaca (NH_3), protossido d'azoto (N_2O) e metano (CH_4), che integrate dalla misura della portata di ventilazione hanno permesso di determinare le emissioni dal ricovero innovativo rispetto ai capannoni più tradizionali.

Presso la Società Agricola Fiorin con sede a Mordano (BO), ed appartenente al gruppo Eurovo, sono state condotte 4 campagne di monitoraggio dalla durata di 7 giorni cadauna, tese a valutare le emissioni di ammoniaca e di gas serra (Azione 2 e 3):

- dal ricovero con sistema a voliera convenzionale;
- dal sistema a voliera con associato il tunnel esterno di essiccazione della pollina
- dal ricovero con sistema a voliera con uso di additivi in alimentazione
- dal ricovero con sistema a voliera di nuova realizzazione, dotato di tecnologie innovative di climatizzazione.

Il piano ha previsto il campionamento della pollina estratta dai capannoni e la sua caratterizzazione chimica relativamente ai parametri pH, ST, SV, NTK, $N\text{-}NH_4^+$ per valutare se e quanto le differenti tecnologie potessero influire sulle caratteristiche chimico-fisiche delle polline.

Sulla pollina estratta dai ricoveri, ed avviata a stoccaggio, sono poi state eseguite misure di emissività (Azione 4), prevedendo due distinte sessioni di misura: una dopo un giorno dall'uscita della pollina dal ricovero ed una seconda sessione dopo circa una settimana di stoccaggio.

Infine, le attività previste in Azione 6 hanno permesso di misurare in campo le emissioni di ammoniaca dalla fase di utilizzazione agronomica delle diverse tipologie di pollina.

I monitoraggi effettuati hanno anche costituito l'occasione per mettere alla prova dei sensori innovativi per rilevare le concentrazioni di NH_3, sviluppati e messi a punto da Proambiente (Azione 1). Allo scopo sono state realizzate due stazioni prototipali di monitoraggio, integrando sensoristica commerciale di costo contenuto con componentistica elettronica e meccanica.

L'illustrazione delle attività condotte, la disseminazione dei risultati conseguiti e la divulgazione del Gruppo Operativo GasFreeHens sono proseguite, nel 2020 e 2021, come pianificato mediante Newsletter, blog, articoli, video e fotogallery. Gli ultimi mesi del piano hanno visto la realizzazione di un servizio televisivo con messa in onda su emittenti regionali, la realizzazione dell'evento webinar conclusivo (18 febbraio 2021) e la stampa tipografica di un opuscolo che illustra i risultati e le attività. Il sito WEB dedicato interamente al progetto, ideato, progettato e realizzato nel 2018, è stato costantemente tenuto aggiornato con contenuti multimediali, documenti e presentazioni liberamente scaricabili e facilmente fruibili (http://gasfreehens.crpa.it).

1.1 Stato di avanzamento delle azioni previste nel Piano

Indicare per ciascuna azione il mese di inizio dell'attività originariamente previsto nella proposta ed il mese effettivo di inizio, indicare analogamente il mese previsto ed effettivo di termine delle attività. Indicare il numero del mese, ad es.: 1, 2, … considerando che il mese di inizio delle attività è il mese 1. Non indicare il mese di calendario.

Azione	Unità aziendale responsabile	Tipologia attività	Mese inizio attività previsto	Mese inizio attività effettivo	Mese termine attività previsto	Mese termine attività effettivo
Azione di Esercizio della Cooperazione	C.R.P.A. SPA con tutti i partner	COOPERAZIONE	1	1	36	41
Azione 1	Proambiente scrl.	Sviluppo della rete di sensori per il monitoraggio in continuo delle concentrazioni di ammonica	1	1	9	41
Azione 2	C.R.P.A. SPA con Proambiente scrl. ed Az. Fiorin	Monitoraggio del sistema voliera + tunnel di essiccazione	10	13	18	41
Azione 3	C.R.P.A. SPA con Proambiente scrl. ed Az. Fiorin	Monitoraggio del sistema a voliera con additivi in alimentazione	13	13	30	41
Azione 4	C.R.P.A. SPA Az. Fiorin	Monitoraggio delle emissioni dai cumuli di stoccaggio	10	13	30	41
Azione 5	C.R.P.A. SPA con Az. MICRO	Monitoraggio delle emissioni del sistema a terra con ventilazione longitudinale	16	16	33	41
Azione 6	C.R.P.A. SPA con Az. Albarello	Emissioni dallo spandimento agronomico della pollina	19	19	36	41
Azione 7	C.R.P.A. SPA con tutti i partner	Valutazione integrata della riduzione delle emissioni di tutta la filiera	30	24	36	41
Azione Divulgazione	C.R.P.A. SPA con tutti i partner	Divulgazione dei risultati del progetto	1	1	36	41

2 - Descrizione per singola azione

Compilare una scheda per ciascuna azione

2.1 Attività e risultati

Azione	AZIONE ESERCIZIO DELLA COOPERAZIONE
Unità aziendale responsabile	CRPA SpA
Descrizione delle attività	Il Gruppo Operativo GasFreeHens ha confermato alla Regione l'interesse all'attivazione del Piano con lettera Prot. 2209 del 12/09/2017. Il Gruppo Operativo per l'Innovazione si è costituito in forma di ATS con atto notarile n. 13062 del 27/09/2017. Il kick-off meeting del Piano si è tenuto il 18 dicembre 2017 presso la sede centrale del gruppo Eurovo a Imola (BO). In tale occasione si è insediato il Comitato del Piano "GasFreeHens - Tecniche per ridurre le emissioni di ammoniaca e gas serra dei sistemi a terra per le ovaiole". Nel mese di luglio 2020 è stata presentata la relazione tecnica ed amministrativa intermedia (periodo di attività dal 01/10/2017 al 31/12/2019). In data 13/05/2020 è stata richiesta una proroga di 180 giorni alle attività, in seguito approvata e concessa con Atto amministrativo della Giunta Regionale Num. Prot. 28/07/2020.0525463.U. La proroga ha permesso di spostare il termine delle attività dalla data originaria del 23/08/2020 alla nuova del 19/02/2021 permettendo in tal modo la conclusione delle attività previste ed il raggiungimento degli obiettivi. Il 22 gennaio, presso l'azienda partner MICRO a Casalgrande (RE), ed il 2 febbraio 2021, presso la sede Eurovo di Imola (BO), si sono tenute le ultime due riunioni di comitato che sono servite ad illustrare le attività condotte, programmare gli eventi finali di divulgazione del GO ed impostare la fase finale di rendicontazione tecnica amministrativa. La collaborazione tra i soggetti che hanno partecipato alle attività, la messa a disposizione del GO delle competenze di ciascun partner e l'interesse concreto nel raggiungere gli obiettivi sono sempre stati presenti. Frequenti sono stati gli scambi di informazioni sia in presenza, in occasione delle attività di campo, che via mail. Il management staff di CRPA ha costantemente incontrato i vari partner per verificare la corrispondenza delle attività con quelle assegnate e la tempistica di esecuzione. Le attività di project management sono state svolte da CRPA SpA verificando il corretto svolgimento delle attività del Piano, seguendo le comunicazioni che riguardano la sua gestione, i passaggi di informazioni, la programmazione e la gestione delle attività di divulgazione/informazione. Tali attività sono state supportate dal sistema di gestione della qualità (SGQ) di CRPA, conforme alla norma ISO 9001:2008. Lo strumento utilizzato per gestire l'SGQ in CRPA è il CRM aziendale.

Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate

Con la stesura di questa relazione tecnica finale e la predisposizione del rendiconto, l'attività di esercizio della cooperazione ha raggiunto gli obiettivi prefissati.

Si evidenziano due scostamenti rispetto al piano di lavoro originario, comunque comunicati e concordati con gli organi Regionali (PEC di richiesta del 13/05/2020 Protocollo RER PG/2020/361416 in data 14/05/2020).

A) Richiesta di Proroga

Le motivazioni della richiesta sono dovute principalmente ai seguenti due motivi:

1. La Società Agricola Fiorin, partner del GOI, nel periodo intercorso tra la presentazione del Piano e l'inizio delle attività, ha provveduto alla demolizione e completa ricostruzione di una parte dei vecchi capannoni che ospitavano le galline ovaiole. Il GOI ha pertanto aspettato l'ultimazione dei lavori, per una parte delle attività previste, al fine di cogliere l'occasione che si era presentata: monitorare questi capannoni innovativi e confrontare le loro prestazioni ambientali rispetto ai capannoni esistenti. Le attività previste in azione 2, che prevedevano il monitoraggio del sistema a voliera, sono dunque partine nell'inverno 2018-2019 invece che nell'estate 2018.
2. La recente emergenza legata al Covid-19 e le conseguenti misure messe in atto per contenere il contagio, non hanno permesso di recuperare e di rientrare nei tempi programmati, con possibili ulteriori complicazioni.

B) Leggera modifica al piano di spesa:

	Tipologia di spesa	**CRPA Preventivo ammesso**	**CRPA Proposta di variazione**	Nuovo BUDGET
Personale	Personale dipendente e non dipendente	46.962,24	+15.550,00	62.512,24
	Spese di trasferta	15.850,00	-10.000,00	5.850,00
TOTALE SPESE DI PERSONALE (€)		**62.812,24**	**+5.550,00**	**68.362,24**
Realizzazione	Materiale consumabile	10.711,20	-4.200,00	6.511,20
	Materiale durevole e attrezzature	12.096,00	-1.350,00	10.746,00
	Materiale e attrezzature direttamente imputabili alla realizzazione dei prototipi			
	Collaborazioni, consulenze e altri servizi	13.476,00		13.476,00
	Formazione			
TOTALE SPESE DI REALIZZAZIONE (€)		**36.283,20**	-5.550,00	**30.733,20**
TOTALE SPESA (€)		**99.095,44**		**99.095,44**

Si è chiesto di poter spostare alla voce personale i risparmi ottenuti dalle spese di realizzazione.

Risparmi dovuti in quanto:

- l'attrezzatura sperimentale è stata acquistata su altri progetti e si è riusciti a riutilizzarla su questo grazie alla non concomitanza delle rilevazioni;
- Nella fase esecutiva delle Azioni 2, 3 e 4, grazie all'organizzazione logistica ed alla messa a disposizione di tre capannoni da parte dell'azienda partner Fiorin di Mordano (BO), è stato possibile effettuare in contemporanea attività previste in tempistiche differenti. Pertanto le trasferte sono state fortemente ottimizzate, ne è stato ridotto sensibilmente il numero (Reggio Emilia – Mordano, Bologna) evitando così le relative spese.

	Maggiore voce di personale dovuta a: – concomitanza di differenti attività da svolgere presso l'azienda Fiorin che ha però determinato un maggior impiego di personale. Tuttavia un monitoraggio simultaneo delle diverse innovazioni ha permesso di evitare che differenti condizioni meteo-climatiche (temperatura, vento, piovosità) influissero sui rilievi e sulle valutazioni. – le attività all'interno dei ricoveri hanno richiesto la co-presenza di più tecnici CRPA per garantire di effettuare i rilievi ed operare in sicurezza, trattandosi di capannoni di considerevoli dimensioni in cui all'interno erano stabulati sino a 60.000 animali allevati a terra e liberi di muoversi. – le attività di gestione delle prove in allevamento che quelle relative alle analisi di laboratorio si sono rilevate più impegnative rispetto a quanto preventivato nella proposta progettuale, in particolare per il campionamento e analisi delle diverse tipologie di polline. – protocolli di lavoro predisposti dalle misure di prevenzione della diffusione del COVID-19, che hanno reso necessario un maggiore impegno di personale rispetto al preventivato per le nuove modalità operative con inevitabile dilatazione dei tempi di lavoro.
Attività ancora da realizzare	

Azione	**Azione 1 – Sviluppo della rete di sensori per il monitoraggio in continuo delle concentrazioni di ammonica**
Unità aziendale responsabile	Proambiente s.c.r.l.
Descrizione delle attività	Le attività previste in Azione 1 relativamente alla ricerca dei sensori, test di calibrazione e di comparazione in laboratorio tra le letture di concentrazioni di ammoniaca rilevate dalla sensoristica "low cost" e lo strumento di riferimento ad elevata sensibilità (LumaSense Photoacoustic Gas Monitor INNOVA 1412i), si erano concluse già con la prima rendicontazione. A seguito dei test preliminari effettuati in laboratorio, i due prototipi di stazione di monitoraggio sono stati installati presso tre capannoni dell'azienda partner del gruppo EUROVO, con sede a Mordano (BO). In tutti e tre i capannoni, una stazione di monitoraggio ha rilevato la concentrazione di NH_3 all'interno della voliera, mentre l'altra ha rilevato la concentrazione di NH_3 in corrispondenza del tunnel di essiccazione MDS. La sperimentazione e test in campo delle stazioni prototipali di monitoraggio (condotta all'interno delle attività in Azione 2 e 3) è stata effettuata in quattro distinte campagne di misura, della durata di sette giorni ciascuna: - C1: 27 marzo / 3 aprile 2019 - C2: 17 luglio / 24 luglio 2019 - C3: 26 febbraio / 4 marzo 2020 - C4: 29 0ttobre / 6 novembre 2020
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Le attività previste nella Azione 1 sono state realizzate come definito in sede di presentazione del progetto. Le stazioni per il monitoraggio in continuo della concentrazione di ammoniaca, costituite da sensoristica commerciale "low cost" opportunamente assemblata, hanno mostrato un buon livello di affidabilità durante le 4 campagne di misura in campo e la comunicazione con il data storage remoto efficiente.
Attività ancora da realizzare	

Azione	**Azione 2 – Monitoraggio del sistema voliera + tunnel di essiccazione**
Unità aziendale responsabile	CRPA SpA
Descrizione delle attività	Per ridurre l'impatto emissivo della pollina, il Gruppo Operativo Gas Free Hens ha indagato e valutato l'abbinamento del sistema di allevamento a voliera ad un sistema a tunnel di essiccazione esterno (sistema Manure Drying System), che può consentire una rapida disidratazione della pollina. Le attività hanno previsto il monitoraggio delle performance di tale soluzione in quattro diverse stagioni climatiche (primavera ed estate 2019, inverno ed autunno 2020) presso due capannoni in un allevamento del gruppo Eurovo di Imola: Società Agricola Fiorin con sede a Mordano (BO). In particolare, le attività inerenti al secondo ed ultimo periodo di rendicontazione, dal 01/01/2020 al 19/02/2021, hanno riguardato le ultime due campagne di monitoraggio mancanti ed in particolare quella invernale (26 febbraio / 4 marzo 2020) e quella autunnale (29 0ttobre / 6 novembre 2020) della durata di 7 giorni cadauna. Inoltre, la Società Agricola Fiorin, nel periodo intercorso tra la presentazione del Piano e l'inizio delle attività, ha provveduto alla demolizione e completa ricostruzione di una parte dei vecchi capannoni che ospitavano le galline ovaiole. I nuovi capannoni sono stati dotati di elevate tecnologie per il controllo della climatizzazione interna (ventilazione, raffrescamento estivo), sono stati costruiti con materiali innovativi (legno marino, pannelli ad elevata coibentazione) e vi sono state alloggiate le più moderne attrezzature atte ad ospitare le galline ovaiole allevate a terra. Il GOI, anche se le attività del Piano non lo prevedevano, ha condotto il monitoraggio delle emissioni anche su uno di questi capannoni innovativi, per confrontare le loro prestazioni ambientali rispetto ai capannoni più tradizionali. Le attività in azione 2 hanno permesso di valutare le emissioni di ammoniaca e di gas serra: · dal ricovero con sistema a voliera classico; · dal sistema a voliera con associato il tunnel esterno di essiccazione della pollina (MDS – Manure Drying System) · dal capannone innovativo di recente costruzione. Obiettivo dell'azione è stato quello di valutare e quantificare: 1. i benefici dell'abbinamento di sistemi di essiccazione rapida della pollina, quali il tunnel esterno di essiccazione, al sistema di stabulazione a voliera; 2. i vantaggi ambientali offerti da innovativi sistemi d'allevamento a voliera. Durante il monitoraggio, i capannoni tradizionali hanno ospitato mediamente 39.277 e 34.793 ovaiole con peso medio pari a 1,82 kg/capo, mentre il capannone nuovo ha ospitato mediamente 58.811 ovaiole dal peso medio di 2.1 kg/capo. Per tutta la durata del monitoraggio sono state acquisite le temperature ambientali, quelle interne ai capannoni ed il numero di ventilatori attivi. Sono stati effettuati rilievi anemometrici di portata sui ventilatori al fine di calcolare i m^3/h di aria estratti dal ricovero, che moltiplicati per le concentrazioni di ammoniaca e gas serra rilevate, hanno permesso di quantificare le emissioni dai ricoveri. Il monitoraggio della concentrazione dei gas nell'aria estratta dal ricovero è stato effettuato sia mediante un analizzatore multigas fotoacustico (Lumasense mod. INNOVA 1412i), che con i sensori sviluppati da Proambiente in Azione 1, che mediante cattura dell'ammoniaca con sistemi di gorgogliamento in soluzione acida e successiva determinazione chimica. Sono stati prelevati campioni di aria dal flusso espulso dai ventilatori di ciascun capannone, e sottoposti ad analisi olfattometrica, al fine di valutare l'effetto delle innovazioni anche sull'impatto odorigeno. Infine si è provveduto per entrambe le campagne a campionare la pollina estratta dai 3 capannoni, determinando i parametri pH, ST, SV, NTK, $N\text{-}NH_4^+$ per valutare se e quanto le differenti tecnologie stabulative potessero influire sulle caratteristiche chimico-fisiche delle polline.

Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	In aggiunta a quanto preventivato dal piano, le attività hanno previsto anche il monitoraggio di una ulteriore tesi (Capannone innovativo). L'emergenza legata al Covid-19 e le conseguenti misure messe in atto per contenere il contagio hanno determinato un forte rallentamento delle attività, poi recuperate grazie alla proroga di 6 mesi. Il numero di campagne di monitoraggio (4, una per ciascuna stagione climatica come previsto dal piano), il numero di rilievi, campionamenti e determinazioni analitiche è stato in linea con quanto previsto e gli obiettivi dell'azione 2 pienamente raggiunti.
Attività ancora da realizzare	

Azione	**Azione 3 – Monitoraggio del sistema a voliera con additivi in alimentazione**
Unità aziendale responsabile	CRPA SpA
Descrizione delle attività	Le attività condotte hanno inteso testare se l'integrazione di additivi alla dieta standard delle ovaiole potesse ridurre le emissioni di ammoniaca e di gas serra rispetto ad una dieta convenzionale. Il partner Società Agricola Fiorin ha messo a disposizione un capannone (Capannone n. 61) identico in gestione, attrezzature e struttura edilizia al ricovero con sistema a voliera già oggetto di monitoraggio in azione 2 (Capannone n. 64). In questo modo è stato possibile valutare il beneficio ambientale della dieta innovativa rispetto a quella standard. Durante il periodo rendicontato il Capannone 61 è stato oggetto delle rimanenti due campagne di monitoraggio previste ed in concomitanza con quelle eseguite in azione 2: una invernale (26 febbraio / 4 marzo 2020) ed una autunnale (29 0ttobre / 6 novembre 2020) della durata di 7 giorni cadauna. Circa una settimana prima dall'inizio delle campagne di monitoraggio, la dieta delle ovaiole veniva additivata con Tributirrina. L'additivo in questione ha lo scopo di liberare all'interno del lume intestinale acido butirrico nutrendo i villi intestinali, promuovendo un migliore assorbimento dei nutrienti e lo sviluppo di una microflora positiva. L'acido butirrico, un acido grasso a catena corta, può essere usato per sostituire in parte l'uso degli antibiotici, espletando un'azione antimicrobica. Il capannone n. 61 durante le campagne di monitoraggio ha ospitato mediamente 34.793 ovaiole dal peso medio di 1.83 kg. Le galline allevate nel Capannone 61 erano di razza Lohmann Brown, stessa razza ospitata anche nel capannone controllo (Capannone 64). Le attività e le modalità di monitoraggio condotte in questa azione sono state identiche a quelle già descritte in azione 2.
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	L'emergenza legata al Covid-19 e le conseguenti misure messe in atto per contenere il contagio hanno determinato un rallentamento delle attività, poi recuperate grazie alla proroga di 6 mesi. Il numero di campagne di monitoraggio, il numero di rilievi, campionamenti e determinazioni analitiche è stato in linea con quanto previsto. A piano concluso non si evidenziano scostamenti rispetto al programma preventivato.
Attività ancora da realizzare	

Azione	**Azione 4 – Monitoraggio delle emissioni dai cumuli di stoccaggio**
Unità aziendale responsabile	CRPA SpA
Descrizione delle attività	Le attività condotte in azione 2 e 3 hanno permesso di valutare le emissioni di ammoniaca e gas serra dai ricoveri ed in particolare: · dal solo ricovero; · dal ricovero con associato il tunnel di essiccazione esterno (MDS); · dal ricovero di nuova concezione appena costruito; · dal ricovero che ospita le ovaiole alimentate con additivi. Le attività condotte in azione 4 sono servite per valutare le emissioni dalla fase di stoccaggio e conoscere le caratteristiche chimico-fisiche (pH, ST, SV, NTK, N-NH_4) delle diverse tipologie di polline prodotte dalle 4 tesi indagate. La pollina prodotta dalle ovaiole viene completamente estratta dai capannoni mediante nastri trasportatori sui quali si deposita, 3 volte la settimana, e stoccata in capannoni. L'emissione di gas (NH_3, N_2O, CH_4, CO_2) della pollina è stata determinata applicando un metodo di misura, definito "static chamber method" (Brewer et al., 1999; Hornig et al, 1999; Pedersen et al., 2001). Un'aliquota di pollina, di cui si vuole conoscere l'emissività, è stata confinata in uno spazio chiuso ed ermetico all'interno del quale si concentrano i gas emessi, appunto la camera statica. La concentrazione di tali gas all'interno della camera aumenta progressivamente nel tempo ed il calcolo del delta di concentrazione nell'intervallo di tempo permette di stimare la potenzialità emissiva del materiale in stoccaggio. Il rilievo della concentrazione dei gas è stato effettuato mediante un analizzatore multigas fotoacustico (Lumasense mod. INNOVA 1412i). Il potenziale emissivo della pollina è stato misurato sia sulle polline indagate nelle 4 tesi al momento dell'uscita dai capannoni e/o dal tunnel di essiccazione (T0), che dopo 5 giorni di stoccaggio. Le attività hanno pertanto previsto un ulteriore campionamento della pollina dopo 5 giorni di stoccaggio (T1) con caratterizzazione chimico-fisica delle aliquote prelevate al fine di valutare l'effetto dei trattamenti sulla stabilità chimico-fisica della pollina. Nel 2020 sono state portate a termine le rimanenti due campagne di campionamento della pollina e di monitoraggio delle emissioni nelle settimane successive alle campagne condotte in azione 2 e 3: una invernale ed una autunnale. Ogni campagna ha previsto due sessioni di test: la prima al tempo T0 ed una seconda al tempo T1 per un totale di 48 determinazioni (2 campagne x 2 sessioni x 3 repliche x 4 tesi a confronto). Il rilievo delle emissioni correlato alla simultanea caratterizzazione analitica della pollina ha permesso, inoltre, di valutare la relazione che intercorre tra il potenziale emissivo ed il tenore di umidità del materiale.
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Le attività sono state ultimate, gli obiettivi previsti dal piano di lavoro sono stati raggiunti e non si segnalano criticità.
Attività ancora da realizzare	

Azione	**Azione 5 – Monitoraggio delle emissioni del sistema a terra con ventilazione longitudinale**
Unità aziendale responsabile	CRPA SpA
Descrizione delle attività	Le attività in azione 5 hanno avuto luogo presso l'azienda MICRO partner del GO. L' azienda Micro nella sede operativa di Casalgrande (RE) ha un allevamento di galline ovaiole per la produzione di uova fecondate destinate alla filiera dei vaccini. Le ovaiole sono stabulate in un sistema alternativo alle gabbie costituito da posatoi e nidi. La pollina si accumula sotto i posatoi e viene rimossa solo a fine ciclo. Il ricovero è dotato di un sistema di ventilazione longitudinale che forza l'aria a passare anche sulla pollina che progressivamente si accumula sotto i posatoi, essiccandola. Si tratta di sistemi di stabulazione di piccole dimensioni e non molto diffusi. Nella sede di Casalgrande (RE) sono presenti 5 capannoni, le attività di GasFreeHens hanno riguardato il Capannone n. 5 dove nel settembre 2019 erano state accasate circa 8.000 pollastre e 640 galli (8 galli ogni 100 galline al fine di ottenere uova fecondate come richiesto per la produzione di vaccini). Obiettivo dell'azione è stato quello di valutare il grado di essiccazione della pollina estratta dal ricovero a fine ciclo, rispetto al contenuto di umidità della pollina escreta giornalmente dalle ovaiole. Un basso tenore di umidità della pollina estratta dal ricovero può infatti essere associato a bassi livelli emissivi. Per valutare il grado di essiccazione della pollina sono stati progettati e costruiti 16 fogli plastici rigidi in PVC (60 x 50 cm) che sono stati posizionati sotto i posatoi (grigliati plastici sui quali possono camminare sia gli operatori che le galline) per raccogliere la pollina fresca escreta dalle ovaiole. Questo ha permesso di raccogliere le deiezioni fresche e confrontarle con la pollina estratta dal ricovero a fine ciclo. Essendo il ricovero caratterizzato da 3 macro aree differenti per tipologia e deposizione della pollina, si è provveduto a collocare 4 fogli plastici per ciascuna delle quattro zone al fine di valutare anche la variabilità quali-quantitativa della pollina deposta nelle diverse zone. Le tre zone individuate sono risultate essere: 1. zona di alimentazione con gli alimentatori per distribuire il mangime; 2. zona di abbeverata con gli abbeveratoi anti spreco a goccia; 3. zona intermedia ove assenti sia gli alimentatori che gli abbeveratoi. Dopo 8 giorni di posizionamento, i fogli sono stati recuperati. La pollina deposta su ciascun foglio campionata, pesata e caratterizzata analiticamente con la determinazione dei seguenti parametri: pH, ST, SV, NTK, N-NH_4^+. La pollina rimossa a fine ciclo (15 marzo 2021) è stata campionata anch'essa nelle differenti zone e sottoposta alle medesime analisi chimiche della pollina appena deposta per valutare e quantificare sia le perdite di umidità che di azoto avvenute durante i mesi di stoccaggio sotto i posatoi. Oltre alla valutazione delle caratteristiche della pollina, il piano ha previsto: – un ciclo di monitoraggio delle emissioni di ammoniaca dal ricovero rilevando la concentrazione di ammoniaca nel flusso d'aria in uscita, le portate di ventilazione e le temperature interne; – il prelievo di sacche di aria da sottoporre ad analisi olfattometrica per determinare la concentrazione di odore nell'aria estratta dal ricovero rispetto all'aria ambientale di fondo.
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Le attività in campo previste per la azione 5 hanno subito un certo ritardo per la limitazione degli spostamenti dovuti all'emergenza COVID. Grazie alla proroga è stato possibile posticipare il monitoraggio, terminare il piano di lavoro come preventivato senza inficiare il raggiungimento degli obiettivi prefissati. Il ciclo d'allevamento, iniziato a settembre 2019, è terminato il 15 marzo 2021 e pertanto il campionamento della pollina a fine ciclo è avvenuto in data 15 marzo 2021.
Attività ancora da realizzare	Nessuna attività da realizzare

Azione	**Azione 6 – Emissioni dallo spandimento agronomico della pollina**
Unità aziendale responsabile	CRPA SpA
Descrizione delle attività	Per completare il bilancio delle diverse fasi emissive: ricovero, stoccaggio e spandimento sono state effettuate campagne di misura delle emissioni di ammoniaca dalla fase di utilizzazione agronomica delle diverse tipologie di pollina estratta dai sistemi di stabulazione monitorati. Sono state confrontate 3 diverse matrici: - pollina da voliera con alimentazione standard (voliera 64); - pollina da voliera+MDS con alimentazione standard (MDS); - pollina da voliera con integratore alimentare (voliera 61). Le misure di emissione sono state effettuate in due diversi periodi stagionali, estate 2019 e autunno 2020, nel primo caso su stoppie di frumento e nel secondo caso su un medicaio a fine vita. La distribuzione è stata effettuata manualmente simulando uno spandimento a tutto campo e la misura delle emissioni di ammoniaca è stata protratta per 72 h dopo l'applicazione, tempo oltre il quale le emissioni si riducono a livelli molto bassi e oltre il quale, nelle usuali pratiche di campagna, il materiale è di norma già stato sottoposto a incorporazione nel terreno. Prima delle attività di spandimento, le matrici sono state caratterizzate dal punto di vista chimico fisico (pH, ST, NTK e N-NH_4^+), al fine di determinare la dose corretta da distribuire in relazione al tenore di azoto, avendo come obiettivo l'applicazione di 340 kgN/ha. Immediatamente dopo la distribuzione sono state installate le attrezzature per determinare le emissioni gassose dal suolo. Per la misura delle emissioni di ammoniaca dalle superfici di distribuzione degli effluenti zootecnici è stata impiegata una tecnica validata in numerose esperienze a livello internazionale: quella del "tunnel a vento" (Lockyer, 1984; Ryden & Lockyer, 1985). Il "tunnel a vento" è un sistema sviluppato per rilevare emissioni di ammoniaca dal suolo in quanto non è possibile misurare le emissioni di tale gas con le camere di saturazione poiché alterano la diffusione del gas dal comparto suolo a quello aria. Il tunnel a vento è costituito da una mini-serra, da appoggiare sulla superficie emittente (terreno), connessa a una tubazione in cui alloggia il ventilatore, che consente di forzare ed estrarre dalla mini-serra un flusso d'aria da cui viene poi prelevata un'aliquota da analizzare. Il principio di funzionamento del dispositivo è quello di creare, sulla superficie di emissione, un flusso d'aria a velocità controllata e nota, e di campionare l'aria in ingresso e in uscita dal tunnel, per determinare in essa la concentrazione di ammoniaca. Rispetto ad altri campionatori a camera di volatilizzazione completamente chiusa, il tunnel offre il vantaggio di alterare il meno possibile le condizioni microclimatiche normalmente incontrate in campo. Un'aliquota di aria, sulla quale determinare la concentrazione di ammoniaca, è stata prelevata in continuo all'ingresso ed all'uscita di ciascun tunnel e fatta gorgogliare in una soluzione di acido solforico per fissare l'ammoniaca contenuta. Successivamente la soluzione di gorgogliamento viene sottoposta a titolazione in laboratorio al fine di determinare per via analitica la quantità di ammoniaca catturata. La quantità di ammoniaca catturata (mg) rapportata ai m^3 di aria campionata ha permesso di determinare la concentrazione di ammoniaca nel flusso d'aria (mg/m^3). Le emissioni di ammoniaca sono state rilevate nei 7 giorni successivi allo spandimento, con maggiore frequenza di analisi nelle prime 48 ore. Le emissioni di ammoniaca vengono quantificate in riferimento all'azoto applicato, come percentuale di N perso totalizzato su tutto il periodo di misura.
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità	Gli obiettivi sono stati integralmente raggiunti senza scostamenti né criticità rispetto alle attività programmate.

evidenziate	
Attività ancora da realizzare	Nessuna attività da realizzare.

Azione	**Azione 7 – Valutazione integrata della riduzione delle emissioni di tutta la filiera**
Unità aziendale responsabile	CRPA SpA.
Descrizione delle attività	Sulla base dei risultati delle diverse campagne di monitoraggio sono state quantificate le emissioni di ammoniaca del complesso delle fasi emissive: ricovero, stoccaggio e spandimento per le diverse tipologie considerate. Per una corretta valutazione dei livelli emissivi associati alla tecnica occorre infatti un approccio integrato per evitare di sottovalutare possibili trasferimenti dell'impatto da una fase all'altra. Le stime sono state riferite al posto animale presente in allevamento, tenendo conto della presenza media, dei tempi medi di stoccaggio, del materiale in cumulo, delle superfici esposte. Le emissioni dalla stabulazione sono state quantificate nella Azione 2 e Azione 3. Le misure effettuate sui ventilatori all'interno dei ricoveri hanno permesso di monitorare i livelli emissivi dalla stabulazione in sistemi a voliera (voliera standard, voliera con additivo alimentare e voliera innovativa) mentre le misure a valle del tunnel di essiccazione MDS hanno permesso di quantificare il contributo aggiuntivo di questo sistema di trattamento. I risultati sono stati espressi come fattori di emissione riferiti al capo, in kg NH3/capo/anno. I risultati della Azione 4 hanno permesso di quantificare le emissioni dalla fase di stoccaggio di polline caratterizzate da diversi tenori in sostanza secca, quali sono quelle in uscita dalle voliere o dal sistema MDS. Nelle prove effettuate sono state determinate curve di correlazione fra la emissività e il tenore di sostanza secca della pollina, espresse in kg di azoto ammoniacale perso per m2 di superficie emissiva. Tenendo conto della produzione media di pollina di una gallina (dato ricavato da precedenti progetti, in kg di ST/capo/anno), del tenore di ST e della densità della pollina, del tempo di stoccaggio richiesto dalla normativa (90 giorni) si sono stimate le superfici emissive media-mente presenti per un cumulo di stoccaggio, considerando un allevamento tipo da 40000 ovaiole. Su questa ipotesi si sono stimate le emissioni dalla fase di stoccaggio per 3 diverse tipologie di pollina: quella in uscita da voliera standard, quella in uscita da voliera innovativa e quella in uscita da voliera standard+MDS. Non sì è ritenuto utile fare un bilancio separato nel caso dell'utilizzo dell'additivo alimentare in quanto le emissioni dal ricovero e il tenore di sostanza secca della pollina non hanno mostrato differenze significative rispetto alla voliera standard. Nella azione 6 sono state quantificate le emissioni a seguito della distribuzione agronomica della pollina umida da voliera standard, voliera con additivo alimentare e pollina essiccata con sistema MDS. Le emissioni sono state espresse come perdite di azoto ammoniacale rapportato all'azoto totale distribuito. Considerando un valore di escrezione standard per le ovaiole, tratto dalle tabelle del DM effluenti e considerando le perdite di azoto ammoniacale misurate per la fase di stabulazione e la fase di stoccaggio della pollina, si sono determinati i valori di azoto al campo per le tre tipologie di pollina considerate: da voliera standard, da voliera standard + MDS, da voliera innovativa. Le emissioni in fase di distribuzione agronomica per la voliera innovativa sono state equiparate a quelle della voliera standard, considerato che le caratteristiche analitiche delle polline sono risultate del tutto comparabili. I risultati delle prove di distribuzione hanno permesso di quantificare le emissioni ammoniacali da questa fase, espresse in % rispetto all'azoto applicato. E' così possibile, sommando i contributi delle diverse fasi emissive, arrivare a un bilancio complessivo delle emissioni per la tipologia di gestione voliera standard senza MDS, voliera con MDS e voliera innovativa senza MDS.
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Gli obiettivi sono stati integralmente raggiunti senza scostamenti né criticità rispetto alle attività programmate.
Attività ancora da realizzare	Nessuna attività da realizzare.

Azione	**Divulgazione**
Unità aziendale responsabile	CRPA SpA con la collaborazione di tutti i partner
Descrizione delle attività	Nel corso del periodo qui rendicontato (dal 01/01/2020 sino a fine GO) si è dato seguito alle attività di divulgazione e disseminazione dei risultati come segue. • Aggiornamento costante del sito internet dedicato (http://gasfreehens.crpa.it) con *materiale divulgativo* realizzato, *pubblicazioni*, *presentazioni*, *gallerie fotografiche*, *video* ed *eventi* ai quali il GO si è reso partecipe, messe in risalto attraverso il caricamento di *n. 18 news nel blog*. Le statistiche degli accessi al sito web hanno evidenziato dal 07/02/2019 al 19/02/2021: n. 281 utenti per n. 383 sessioni aperte, con una media di 2,99 pagine visualizzate per sessione. L'accesso è avvenuto tramite desktop per l'86,3%, mobile 13,5%, tablet 0,2%. • A gennaio 2020, GasFreeHens ha partecipato al LIX Convegno Nazionale SIPA (Società Italiana di Patologia Aviare), in occasione delle FIERAGRICOLA Verona, con la presentazione: "Valorizzazione energetica degli effluenti avicoli" a cura di Sergio Piccinini e Mirco Garuti – CRPA. • Organizzazione e realizzazione di un servizio televisivo, con riprese ed interviste a responsabili e partner del progetto, effettuate presso azienda Eurovo, il 2 febbraio 2021. A montaggio effettuato il servizio è stato diffuso all'interno della rubrica di Agricoltura e Alimentazione "A Cielo Aperto - Con i Frutti della Terra" sulle emittenti: Teleromagna (canale 14 in Romagna, canale 74 in Emilia, canale 99 in Veneto), TRMIA (canale 74), E TV- RETE 7 (canale 10 a Bologna, Modena, Ferrara, Ravenna, Fo-Cesena e Rimini, Canale 635 a Piacenza e Reggio Emilia), TV QUI (canale 19 in Emilia Romagna). • Produzione di un videoclip del servizio TV, condiviso sul sito di progetto: http://gasfreehens.crpa.it/nqcontent.cfm?a_id=22033&tt=t_bt_app1_www. Il servizio televisivo è stato caricato sul canale social YouTube della trasmissione "A Cielo Aperto – Con i Frutti della Terra" e sul canale YouTube del CRPA ed ha totalizzato complessivamente 1.211 visualizzazioni al 13 di aprile 2021. Sono stati redatti altri n. 2 articoli tecnico/divulgativi (per un totale di n. 3 articoli nell'arco del progetto, rispetto a n. 2 previsti): • *"Tecniche per ridurre le emissioni di ammoniaca e gas serra dei sistemi a terra per le ovaiole" a cura di Giuseppe Moscatelli e Laura Valli – CRPA, pubblicato su rivista Zootecnia International - aprile 2021;* • *"GasFreeHens: ridurre le emissioni di ammoniaca e gas serra in allevamenti di ovaiole"* CRPA, pubblicato su rivista online AgroNotizie, 22 marzo 2021. Predisposizione di newsletter per informare sugli sviluppi del Piano ed invio tramite piattaforma aziendale CRM in formato elettronico a circa 2000 contatti (allevatori, imprese di trasformazione, associazioni di produttori, organizzazioni agricole, assessorati all'ambiente e all'agricoltura): • Newsletter-2 *"Una pollina essiccata per ridurre le emissioni – Parte 1",* inviata all'interno della newsletter CrpaInforma n. 5-2021, a n. 2526 contatti, comprensivo dell'indirizzario predisposto per interesse al Piano e a giornalisti; • Newsletter-3 *"Una pollina essiccata per ridurre le emissioni – Parte 2"*, inviata all'interno della newsletter CrpaInforma n. 5-2021, a n. 2526 contatti, comprensivo dell'indirizzario predisposto per interesse al Piano e a giornalisti; • Newsletter-4 locandina del convegno, come invito al webinar dell'evento finale, inviata con newsletter CrpaInforma n. 3-2021 a n. 13364 contatti, indirizzario globale CRPA per diffusione eventi. Predisposizione di una News per diffondere l'invito all'evento conclusivo,

	condivisa sul sito del ClusterER Green Tech, gennaio 2021. Organizzazione in modalità webinar di una visita guidata virtuale alle sedi delle attività, grazie alla condivisione del videoclip con riprese degli stabilimenti, e a seguire di un convegno finale, realizzati il 18 febbraio 2021, alla presenza di n. 44 portatori d'interesse. Di seguito le presentazioni dei risultati illustrate in occasione del webinar e liberamente scaricabili dal sito GasFreeHens: • "Presentazione del Gruppo Operativo Gas Free Hens" a cura di Laura Valli – CRPA; • "Il settore delle uova da consumo in Emilia-Romagna: situazioni e prospettive" a cura di Gian Luca Bagnara – ASSOAVI; • "Emissioni di ammoniaca e gas serra nel sistema a voliera con tunnel di essiccazione" a cura di Giuseppe Moscatelli – CRPA; • "Sistemi smart per il monitoraggio real-time delle emissioni di ammoniaca" a cura di Enrico Cozzani – Proambiente; • "Gli allevamenti di galline ovaiole in AIA nella provincia FC: tecniche applicate e caratteristiche della pollina" a cura di Francesco Vitali, Davide Angeli - PTR Agrozootecnia Arpae Forlì-Cesena. Stesura del Comunicato Stampa conclusivo, 18 febbraio 2021 ed invio tramite newsletter CrpaInforma n. 5-2021 a giornalisti ed addetti della comunicazione. Realizzazione di un opuscolo con i risultati finali del GO, condiviso e liberamente scaricabile dal sito web in formato pdf, oltre che ad essere stato stampato in n. 500 copie a colori (8 pagine). Diffusione degli eventi organizzati nell'ambito del progetto tramite social Twitter. Comunicazione dei risultati del gruppo operativo GasFreeHens nelle modalità richieste al fine di essere condivisi sul sito internet della rete PEI (www.eip-agri.eu).
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Per sopraggiunti impedimenti dovuti a emergenza COVID-19, non si è potuto realizzare un seminario tecnico presso una delle aziende, mentre la visita guidata è stata effettuata come visita virtuale in concomitanza con il convegno finale in modalità webinar (modalità condivisa con gli organi regionali ed il tutor di GasFreeHens). Ne è conseguito il non utilizzo dei costi per due coffee break e due affitti di sale.
Attività ancora da realizzare	

2.2 Personale

Elencare il personale impegnato, il cui costo è portato a rendiconto, descrivendo sinteticamente l'attività svolta. Non includere le consulenze specialistiche, che devono essere descritte a parte.

Esercizio della Cooperazione

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	CRPA - Responsabile amministrativa	Responsabile gestione amministrativa	27	1.216,35
	CRPA - Amministrativo	Supporto gestione amministrativa	41	1.090,19
	CRPA - Responsabile di settore	Coordinamento, supervisione attività	56	2.539,60
	ASSOAVI - Direttore	Assistenza organizzazione e divulgazione	56	3.053,68
	ASSOAVI -Segreteria Tecnica	Assistenza organizzazione e divulgazione	32	828,80
			TOTALE	**8.728,62**

Azione 1 della realizzazione

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	PROAMBIENTE - Ricercatore	Progettazione e realizzazione elettronica del sistema, condizionamento del segnale ed interfacciamento a sistema master, test funzionali	56	1.220,80
			TOTALE	**1.220,80**

Azione 2 della realizzazione

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	CRPA - Responsabile di settore	Coordinamento, supervisione attività	76	3.446,60
	CRPA - Ricercatore	Attività tecniche di laboratorio e campo, elaborazione dati, relazioni	176	4.715,04
	CRPA - Ricercatore	Attività tecniche di laboratorio e campo, elaborazione dati, relazioni	108	2.894,40
	CRPA - Tecnico 2021	Campionamento e rilievo dati	44	1.192,40
	FCSR - Tecnico	Analisi di laboratorio	67	1.633,46
	FCSR - Ricercatore	Analisi di laboratorio	76	2.083,16
	PROAMBIENTE Ricercatore	Elaborazione dati e processing con algoritmi di regressione lineare	56	1.315,44
	FIORIN - Operaio	Campionamenti	65	918,45

	FIORIN - Tecnico agricolo	Rilievi	109	2417,62
	FIORIN - Tecnico agricolo	Rilievi	10	134,1
	ASSOAVI - Direttore	Assistenza organizzazione e divulgazione	40	2.181,20
			TOTALE	**22.931,87**

Azione 3 della realizzazione

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	CRPA - Responsabile di settore	Coordinamento, supervisione attività	32	1.451,20
	CRPA - Ricercatore	Attività tecniche di laboratorio e campo, elaborazione dati, relazioni	56	1.500,24
	CRPA - Ricercatore	Attività tecniche di laboratorio e campo, elaborazione dati, relazioni	60	1.608,00
	FCSR - Tecnico	Analisi di laboratorio	71	1.730,98
	FCSR - Ricercatore	Analisi di laboratorio	32	877,12
	FIORIN - Operaio	Campionamenti	56	789,04
	FIORIN - Tecnico agricolo	Rilievi	79	1752,22
	FIORIN - Tecnico agricolo	Rilievi	70	938,7
			TOTALE	**10.647,50**

Azione 4 della realizzazione

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	CRPA - Responsabile di settore	Coordinamento, supervisione attività	32	1.451,20
	CRPA - Ricercatore	Attività tecniche di laboratorio e campo, elaborazione dati, relazioni	40	1.071,60
	CRPA - Ricercatore	Attività tecniche di laboratorio e campo, elaborazione dati, relazioni	40	1.072,00
	CRPA - Tecnico	Campionamento e rilievo dati	24	650,4
	FCSR - Tecnico	Analisi di laboratorio	32	780,16
	FCSR - Ricercatore	Analisi di laboratorio	16	438,56
			TOTALE	**5.463,92**

Azione 5 della realizzazione

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	CRPA - Responsabile di settore	Coordinamento, supervisione attività	20	907,00
	CRPA - Ricercatore	Attività tecniche di laboratorio e campo, elaborazione dati, relazioni	88	2.357,52
	CRPA - Ricercatore	Attività tecniche di laboratorio e campo, elaborazione dati, relazioni	60	1.608,00
	CRPA - Tecnico	Campionamento e rilievo dati	14	379,40
	FCSR - Tecnico	Analisi di laboratorio	72	1.755,36
	FCSR - Ricercatore	Analisi di laboratorio	80	2.192,80
	PROAMBIENTE Ricercatore	Elaborazione dati e processing con algoritmi di regressione lineare	96	2.580,48
	Operaia	Rilievi	501	6292,56
			TOTALE	**18.073,12**

Azione 6 della realizzazione

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	CRPA - Responsabile di settore	Coordinamento, supervisione attività	20	907
	CRPA - Ricercatore	Attività tecniche di laboratorio e campo, elaborazione dati, relazioni	24	642,96
	CRPA - Ricercatore	Attività tecniche di laboratorio e campo, elaborazione dati, relazioni	32	857,60
	FCSR - Tecnico	Analisi di laboratorio	36	877,68
	FCSR - Ricercatore	Analisi di laboratorio	24	657,84
	ALBARELLO - Operaio	Rilievi	346	4674,46
			TOTALE	**8.617,54**

Azione 7 della realizzazione

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	CRPA - Responsabile di settore	Coordinamento, supervisione attività	43	1950,05
			TOTALE	**1.950,05**

Divulgazione

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	CRPA - Ricercatore	Attività di divulgazione	16	428,64
	CRPA - Segreteria	Assistenza organizzativa divulgazione	19	428,26
	CRPA - Ricercatore	Supporto tecnico attività di divulgazione	133	2.675,61
	ASSOAVI - Direttore	Assistenza organizzazione e divulgazione	64	3489,92
	ASSOAVI -Segreteria Tecnica	Assistenza organizzazione e divulgazione	32	828,8
			TOTALE	**7.851,23**

2.3 Trasferte

Cognome e nome	Azione	Descrizione	Costo
	CRPA - Azione 2	km 230 - RE - Verona - RE-30/01/2020: Fiera agricola di Verona - Relazione al convegno nazionale SIPA	€86,10
	CRPA - Azione 2	km 95 - Bologna - Mordano (BO) - Bologna-26/02/2020: Fiorin Mordano - Installazione attrezzatura per campionamento	€44,45
	CRPA - Azione 2	RE - Mordano (BO) - RE-26/02/2020: Fiorin Mordano - Monitoraggio emissioni gas e campionamento	€29,30
	CRPA - Azione 3	RE - Mordano (BO) - RE-28/02/2020: Fiorin Mordano - Monitoraggio emissioni gas e campionamento	€25,10
	CRPA - Azione 3	km 90 - Bologna - Mordano (BO) - Bologna-28/02/2020: Fiorin Mordano - Scarico dati e rilievi progetto	€47,20
	CRPA - Azione 2	km 90 - Bologna - Mordano (BO) - Bologna-2/03/2020: Fiorin Mordano - Scarico dati e rilievi progetto	€47,20
	CRPA - Azione 4	km 90 - Bologna - Mordano (BO) - Bologna-4/03/2020: Fiorin Mordano - Rilievi	€49,90
	CRPA - Azione 4	RE - Mordano (BO) - RE-4/03/2020: Fiorin Mordano - Rilievi	€10,10
	CRPA - Azione 2	RE - Mordano (BO) - RE-4/03/2020: Fiorin Mordano - Monitoraggio emissioni e campionamenti	€25,30
	CRPA - Azione 2	km 105 - Bologna - Mordano (BO) - Bologna-29/10/2020: Fiorin Mordano - Rilievi	€51,70
	CRPA - Azione 3	km 169 - Bologna - Mordano (BO) - Bologna-2/11/2020: Fiorin Mordano - Rilievi	€72,72
	CRPA - Azione 4	km 170 - Bologna - Mordano (BO) - Bologna-4/11/2020: Fiorin Mordano - Rilievi	€71,40
	CRPA - Azione 4	km 105 - Bologna - Mordano (BO) - Bologna-6/11/2020: Fiorin Mordano - Rilievi	€50,20
	CRPA - Azione 3	RE - Mordano (BO) - RE-10/11/2020: Fiorin Mordano - Recupero strumentazione	€27,70
	CRPA - Azione 3	km 110 - Bologna - Mordano (BO) - Bologna-10/11/2020: Fiorin Mordano - Recupero strumentazione	€49,60
	CRPA - Azione 5	km 47 - RE - Casalgrande (RE) - RE-27/01/2021: Azienda MICRO - Rilievi sperimentali	€13,63
	CRPA - Azione 5	km 47 - RE - Casalgrande (RE) - RE-29/01/2021: Azienda MICRO - Rilievi sperimentali	€13,63
	CRPA - Azione 2	km 256 - RE - Imola - RE-2/02/2021: Eurovo - Riprese video	€97,14
	PROAMBIENTE - Azione 2	26/02/2020 - Mordano - 98,00 km-Terza campagna di misura (installazione strumentazione nel 1° capannone)	€ 10,10

	PROAMBIENTE - Azione 2	26/02/2020 - Mordano - 98,00 km-Terza campagna di misura (installazione strumentazione nel 1° capannone)	€ 45,11
	PROAMBIENTE - Azione 2	28/02/2020 - Mordano - 98,00 km-Terza campagna di misura (installazione strumentazione nel 2° capannone)	€ 42,11
	PROAMBIENTE - Azione 2	2/03/2020 - Mordano - 98,00 km-Terza campagna di misura (installazione strumentazione nel 3° capannone)	€ 11,10
	PROAMBIENTE - Azione 2	2/03/2020 - Mordano - 98,00 km-Terza campagna di misura (installazione strumentazione nel 3° capannone)	€ 45,11
	PROAMBIENTE - Azione 2	4/03/2020 - Mordano - 98,00 km-Terza campagna di misura (installazione strumentazione nel 2° capannone)	€ 11,10
	PROAMBIENTE - Azione 2	4/03/2020 - Mordano - 98,00 km-Terza campagna di misura	€ 46,61
	PROAMBIENTE - Azione 2	29/10/2020 - Mordano - 98,00 km-Quarta campagna di misura (installazione strumentazione nel 1° capannone)	€ 47,86
	PROAMBIENTE - Azione 5	2/11/2020 - Mordano - 98,00 km-Quarta campagna di misura (installazione strumentazione nel 2° capannone)	€ 50,52
	PROAMBIENTE - Azione 5	2/11/2020 - Mordano - 98,00 km-Quarta campagna di misura (installazione strumentazione nel 2° capannone)	€ 11,70
	PROAMBIENTE - Azione 5	4/11/2020 -Mordano - 98,00 km-Quarta campagna di misura (installazione strumentazione nel 3° capannone)	€ 41,37
	PROAMBIENTE - Azione 5	4/11/2020 -Mordano - 98,00 km-Quarta campagna di misura (installazione strumentazione nel 3° capannone)	€ 14,60
	PROAMBIENTE - Azione 2	6/11/2020 - Mordano - 98,00 km-Quarta campagna di misura (installazione strumentazione nel 1° capannone)	€ 10,10
	PROAMBIENTE - Azione 5	6/11/2020 - Mordano - 98,00 km-Quarta campagna di misura (disinstallazione strumentazione)	€ 44,37
	PROAMBIENTE - Azione 5	2/02/2021 - Mordano - 98,00 km-Quarta campagna di misura (disinstallazione strumentazione)	€ 13,30
	PROAMBIENTE - Azione 5	2/02/2021 - Mordano - 98,00 km-Terza campagna di misura (disinstallazione strumentazione)	€ 35,23
		TOTALE	**€ 1.292,66**

2.4 Materiale consumabile

Partner - Azione	Fornitore	Descrizione materiale	Costo
CRPA – Azione 5	Instruments lab control	Materiale di consumo per laboratorio analisi	€549,85
CRPA – Azione 2, 3, 4	Instruments lab control	Materiale di consumo per laboratorio analisi	€2.200,35
CRPA – Divulgazione	Tecnograf	Opuscolo a colori 8 pagine	€450,00
		TOTALE	**€3.200,20**

2.5 Spese per materiale durevole e attrezzature

Fornitore	Azione - Partner	Descrizione dell'attrezzatura	Costo
Alba Leasing	Azione 2 – CRPA	Monitor Innova analizzatore portatile gas – Varie fatture	2.246,31
		TOTALE:	**2.246,31**

2.6 Materiali e lavorazioni direttamente imputabili alla realizzazione dei prototipi

Descrivere i prototipi realizzati e i materiali direttamente imputabili nella loro realizzazione

Fornitore	Azione - Partner	Descrizione	Costo
		Totale:	

2.7 Attività di formazione

Descrivere brevemente le attività già concluse, indicando per ciascuna: ID proposta, numero di partecipanti, spesa e importo del contributo richiesto

2.8 Collaborazioni, consulenze, altri servizi

CONSULENZE - PERSONE FISICHE

AZIONE	Nominativo del consulente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
CRPA - Divulgazione		2.040,00	Coordinamento attività divulgazione, comunicati stampa (incarico n. 770 del 11/03/2019)	510,00 €
CRPA - Divulgazione		2.040,00	Coordinamento attività divulgazione, comunicati stampa (incarico n. 770 del 11/03/2019)	1.040,00 €
CRPA - Azione 2, 3, 4, 5		6.900,00	Impostazione campagne di monitoraggio; sopralluoghi in azienda; analisi dati e relazioni (incarico n. 74 del 11/01/2018)	3.399,76 €
			Totale:	**4.949,76 €**

CONSULENZE – SOCIETÀ

AZIONE	Ragione sociale della società di consulenza	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
CRPA - Divulgazione	Agricoltura e vita soc. coop	€850,00	Servizio televisivo + videoclip	€850,00
			Totale:	**850,00 €**

3 - Criticità incontrate durante la realizzazione dell'attività

Lunghezza max 1 pagina

Criticità tecnico-scientifiche	
Criticità gestionali (ad es. difficoltà con i fornitori, nel reperimento delle risorse umane, ecc.)	
Criticità finanziarie	

4 - Altre informazioni

Riportare in questa sezione eventuali altri contenuti tecnici non descritti nelle sezioni precedenti

5 - Considerazioni finali

Riportare qui ogni considerazione che si ritiene utile inviare all'Amministrazione, inclusi suggerimenti sulle modalità per migliorare l'efficienza del processo di presentazione, valutazione e gestione di proposte da cofinanziare

6 - Relazione tecnica

DA COMPILARE SOLO IN CASO DI RELAZIONE FINALE
Descrivere le attività complessivamente effettuate, nonché i risultati innovativi e i prodotti che caratterizzano il Piano e le potenziali ricadute in ambito produttivo e territoriale

- La **relazione tecnica finale** del Piano di Innovazione viene allegata come file separato in formato pdf e con nome (Allegato 1):

  5015560_GasFreeHens_relazione_finale_Allegato1.pdf

- Per ulteriori informazioni si rimanda inoltre al materiale disponibile ai seguenti link:

GasFreeHens Sito WEB	http://gasfreehens.crpa.it
QRcode GasFreeHens Sito WEB	
Opuscolo finale dei risultati del GO	http://gasfreehens.crpa.it/media/documents/gasfreehens_www/area_stampa/GOI_opuscolo_GasFreeHens.pdf?v=20210413
Articoli	http://gasfreehens.crpa.it/nqcontent.cfm?a_id=20815&tt=t_bt_app1_www
Presentazioni	http://gasfreehens.crpa.it/nqcontent.cfm?a_id=20155&tt=t_bt_app1_www
Video e Foto	http://gasfreehens.crpa.it/nqcontent.cfm?a_id=17013&tt=t_bt_app1_www
Newsletter e comunicati	http://gasfreehens.crpa.it/nqcontent.cfm?a_id=18703&tt=t_bt_app1_www

Data .... IL LEGALE RAPPRESENTANTE

.....

Regione Emilia-Romagna - Programma regionale di sviluppo rurale 2014-2020

16.1.01 - Gruppi operativi del partenariato europeo per l'innovazione: Produttività e sostenibilità dell'agricoltura — Focus Area 5D - Ridurre le emissioni di gas a effetto serra e di ammoniaca prodotte dall'agricoltura

Gruppo Operativo – GasFreeHens

(domanda di sostegno 5015560)

GasFreeHens

Tecniche per ridurre le emissioni di ammoniaca e gas serra dei sistemi a terra per le ovaiole

ALLEGATO*: GO GasFreeHens relazione finale.pdf*

Rendicontazione tecnica finale dei risultati del Piano d'Innovazione

A cura di

CRPA

Centro Ricerche Produzioni Animali

Viale Timavo, 43/2 – 42121 Reggio Emilia

Reggio Emilia, aprile 2021

INDICE

INTRODUZIONE 3

AZIONE 1 – Sviluppo della rete di sensori per il monitoraggio in continuo delle concentrazioni di ammonica 5

AZIONE 2 – Monitoraggio del sistema di allevamento a voliera con abbinato il tunnel di essiccazione 12

AZIONE 3 – Monitoraggio del sistema a voliera con additivi in alimentazione 22

AZIONE 4 – Monitoraggio delle emissioni dai cumuli di stoccaggio 26

AZIONE 5 – Monitoraggio delle emissioni del sistema a terra con ventilazione longitudinale 33

AZIONE 6 – Emissioni dallo spandimento agronomico della pollina 39

AZIONE 7 – Valutazione integrata della riduzione delle emissioni di tutta la filiera 44

CONCLUSIONI 47

INTRODUZIONE

Il settore avicolo europeo rappresenta un valore di oltre 33 miliardi di euro, con il pollame da carne che costituisce il 5,2% del valore della produzione agricola europea complessiva e le uova il 2,3%.

L'Unione Europea ha un'autosufficienza intorno al 105% con oltre 400 milioni di galline ovaiole che producono 7,5 milioni di tonnellate di uova all'anno, tre quarti delle quali provengono da sette Stati membri: Francia, Germania, Italia, Spagna, Regno Unito, Paesi Bassi e Polonia. Circa il 10% della produzione è costituito da uova da cova.

Il 50% delle galline viene allevato in gabbie arricchite (conforme alla direttiva 99/74/CE per i sistemi di stabulazione) e il restante 50% in sistemi alternativi: 11,8% a terra, 32,5% voliera; 6,2% biologico. Tuttavia, ci sono grandi differenze tra gli Stati membri: solo il 6% della produzione è in gabbie in Germania e il 14% in Olanda, contro l'82% in Polonia, il 77% in Spagna e circa il 50% in Francia e Italia.

Tabella 1 - Requisiti per i vari sistemi di produzione nell'UE (direttiva 99/74/CE)

Sistema di allevamento	Codice sull'uovo	Densità galline indoor	Accesso all'aperto
Gabbie arricchite	3	750 cm^2/capo	No
A terra	2	9 capi/m^2	No
Free range	1	9 capi/m^2	Si, 4 m^2/capo
Biologico	0	6 capi/m^2	Si, 4 m^2/capo

L'Italia rappresenta il 12% della produzione europea di uova e il 10% di quella di pollame. La produzione nazionale annua di uova è attestata su oltre 12,3 miliardi di uova, pari a circa 773 mila tonnellate di prodotto. Il valore complessivo della filiera, quindi compresi anche i prodotti derivanti dalle uova processate, ha raggiunto una cifra complessiva di 2,5 miliardi di euro annui.

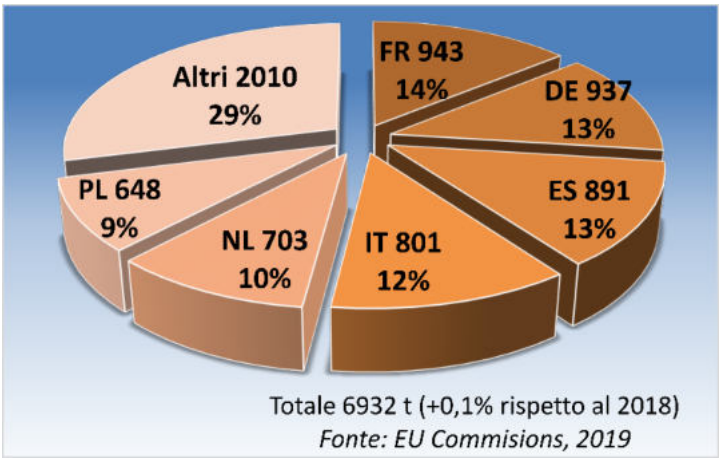


Figura 1 – Principali Paesi europei produttori di uova e relative quantità prodotte (in migliaia di tonnellate)

La produzione di uova è fortemente concentrata al Nord Italia, dove Lombardia, Veneto ed Emilia-Romagna insieme realizzano quasi il 70% del totale. Oltre il 19% dei capi allevati a livello nazionale è concentrato in Emilia-Romagna.

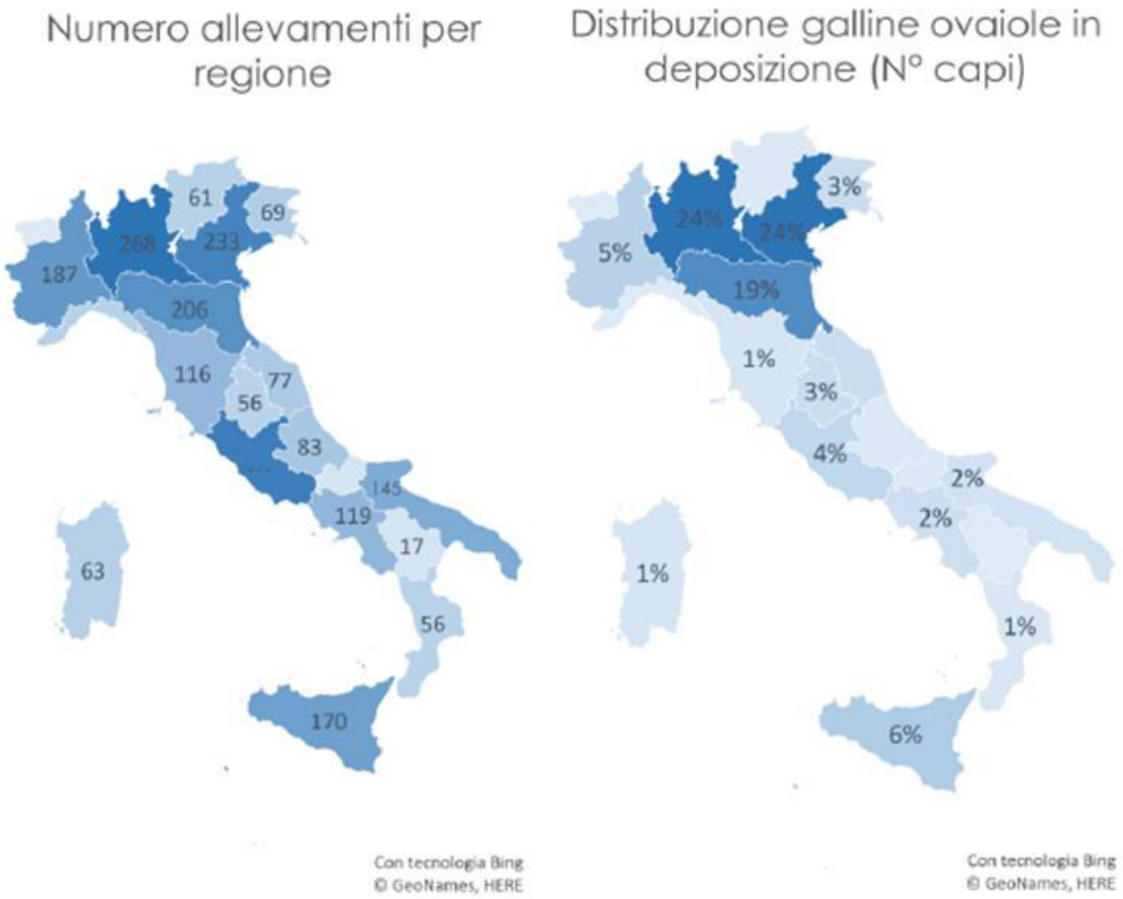


Figura 2 – Situazione italiana per l'allevamento delle ovaiole (Fonte: Anagrafe Nazionale Zootecnica)

Le aziende allevatrici italiane costituiscono un esempio di gestione in ambito europeo, in quanto promotrici del benessere animale al fine di creare un prodotto di qualità. Infatti, il 47% dei capi viene allevato a terra, il 45% con gabbie arricchite (-5% rispetto alla media europea), il 3% con allevamenti all'aperto ed il 5% in allevamenti biologici.

Bisogna considerare che del totale di uova prodotte, solo il 60% viene venduto direttamente alle famiglie italiane per il consumo fresco, mentre il restante 40% viene impiegato dall'industria per preparazioni alimentari varie.

La crescente attenzione del consumatore/cittadino ai temi della sostenibilità indirizzerà il settore ad un ricollegamento al settore agricolo e quindi al territorio. Questo rappresenta il tema di base che guiderà l'innovazione nel settore. In particolare, alcune tecnologie sono da tenere d'occhio per l'impatto che potrebbero avere nel comparto delle uova:

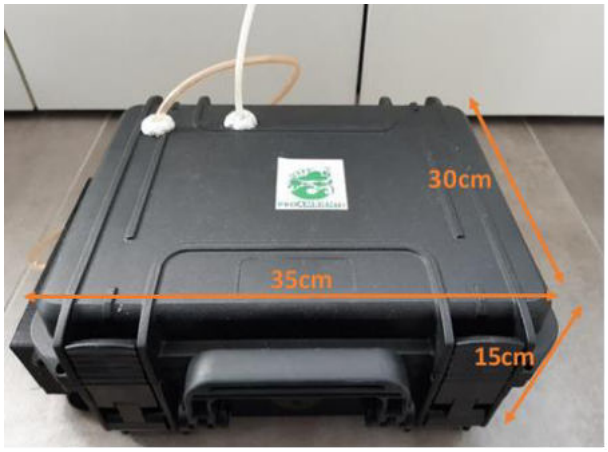
- Rilevamento remoto e blockchain: i consumatori moderni vogliono sapere come viene allevato, nutrito e prodotto il loro cibo;
- Automazione ed Intelligenza artificiale: migliorare l'efficienza produttiva ed ambientale;
- Microbioma e scienze della vita: questi temi accomunano la medicina veterinaria e quella umana.

AZIONE 1 – Sviluppo della rete di sensori per il monitoraggio in continuo delle concentrazioni di ammonica

L'obiettivo di questa azione, portata avanti e coordinata da Proambiente, è stato quello di sviluppare e realizzare due prototipi di stazione di monitoraggio per la misura a la quantificazione "real time" delle concentrazioni di ammoniaca, con lo scopo di installarli all'interno di un allevamento di galline ovaiole durante quattro campagne di misura stagionali (vedi Azioni 2 e 3).

I due prototipi sono stati realizzati integrando sensoristica commerciale di costo contenuto con componentistica (sempre commerciale) di tipo elettronico, meccanico e fluidico. All'interno di ciascun prototipo è stata realizzata una cameretta di misura in cui sono stati collocati tre sensori commerciali di NH_3, tutti con principio di funzionamento di tipo elettrochimico e appartenenti a tre diverse fasce di prezzo (da poche decine ad alcune centinaia di euro). Sono inoltre stati integrati sensori di Temperatura, Umidità Relativa e Pressione, oltre a un mini-PC Raspberry Pi3 per la gestione dei vari moduli, il salvataggio e la visualizzazione dei dati.

Un esemplare di prototipo, con evidenziate le dimensioni e i vari componenti, è presentato nelle immagini di Figura 3.



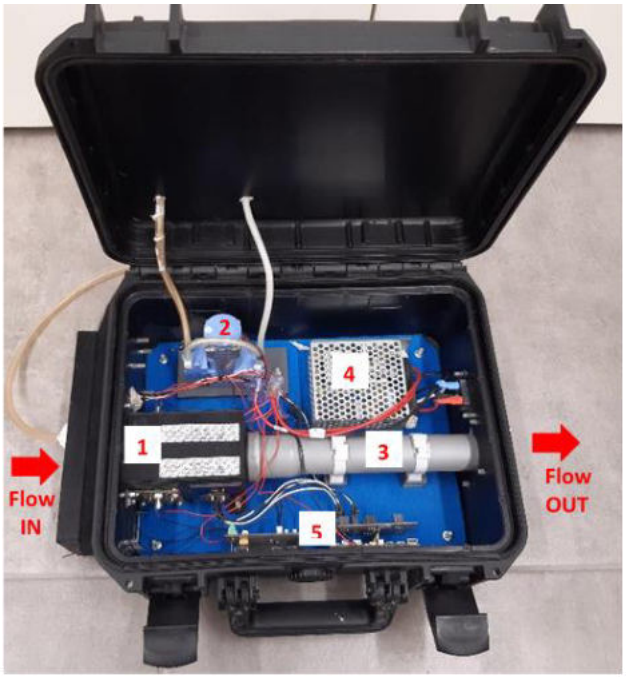


Figura 3 – Stazione di monitoraggio: dimensioni (sopra) e componentistica principale (sotto).

I prototipi sono dunque costituita da:

- Alimentatore che fornisce tensione a 5V e a 12V;
- Una mini-pompa per prelevare l'aria campione;
- Una cameretta entro cui sono alloggiati:
    - sensore di NH_3 denominato **SENS_A** (fascia di prezzo «alta», alcune centinaia di €)
    - sensore di NH_3 denominato **SENS_B** (fascia di prezzo «media», poche centinaia di €)
    - sensore di NH_3 denominato **SENS_C** (fascia di prezzo «bassa», alcune decine di €)
- Sensori di pressione, umidità relativa e temperatura;
- Due ventole (in e out) per forzare il percorso del flusso d'aria da analizzare;
- Elettronica e mini-PC integrato (Raspberry PI3) per la gestione dei sensori e il salvataggio dei dati di misura.

Come già accennato precedentemente, tutti e tre i sensori impiegati si basano sul medesimo principio di funzionamento elettrochimico e si differenziano fra loro per la fascia di prezzo.
Il miniPC integrato Raspberry PI3 temporizza i sensori e la "rate" di acquisizione dati (un valore di concentrazione di NH_3 ogni minuto oppure ogni due minuti), salvandoli su una microSD da cui possono poi essere scaricati e processati per valutare i trend di concentrazione (oraria, giornaliera, settimanale, ...) di ammoniaca.

Lo scopo ultimo è quello di confrontare i dati forniti dai tre sensori con quelli forniti da uno strumento di riferimento (Analizzatore Multigas Fotoacustico IR, mod. INNOVA 1412, in dotazione a CRPA) operante in parallelo, per stabilire se l'impiego di sensoristica di costo contenuto e di dimensioni ridotte possa costituire una alternativa all'uso di strumentazione molto impegnativa dal punto di vista dei costi e della complessità tecnologica.

Prima di effettuare il confronto "in campo", i sensori low-cost e lo strumento di riferimento sono stati preventivamente testati presso i laboratori di Proambiente, per valutare le loro risposte a fronte di concentrazioni note di NH_3 diluita in aria tecnica.

In Figura 2 sono riportati i risultati del confronto e le risposte dei vari sensori a concentrazioni note di NH_3: 0, 1, 2, 5, 7.5 e 10ppm (linea nera continua).

Come si può notare, le risposte dell'INNOVA (linea rossa), di SENS_A (linea verde) e di SENS_B (linea blu) sono stati abbastanza congruenti tra loro, mentre le risposte di SENS_C (linea rosa) sono risultate decisamente distanti.

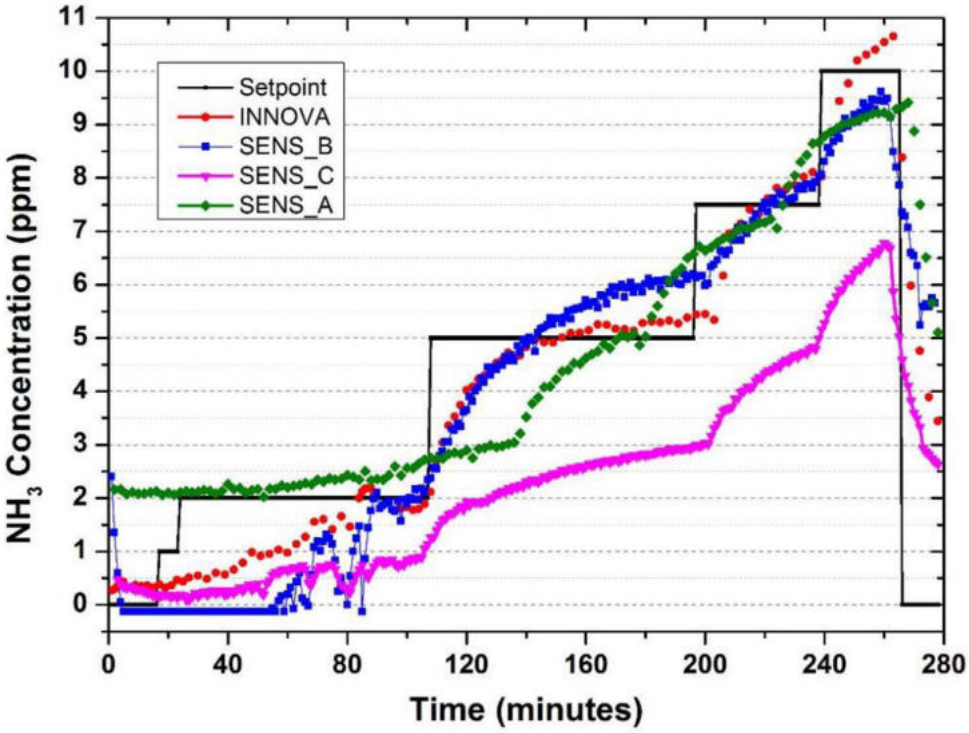


Figura 4 – Caratterizzazione in laboratorio dei tre sensori low-costo e dello strumento di riferimento INNOVA: risposte a concentrazioni note di ammoniaca in aria tecnica.

A seguito dei test preliminari effettuati in laboratorio, i due prototipi di stazione di monitoraggio sono stati installati presso tre capannoni dell'azienda partner del gruppo EUROVO, con sede a Mordano (BO), che ospitavano galline ovaiole.

Le caratteristiche dei tre capannoni sono le seguenti:

- CAPANNONE 64: Sistema di allevamento a voliera dotato di tunnel di essiccazione della pollina MDS (Manure Drying System).

- CAPANNONE 61: Sistema di allevamento a voliera e galline alimentate con additivi in alimentazione.

- CAPANNONE 5A: Di nuova concezione, costruito con materiali innovativi, dotato di sistema di climatizzazione interna (ventilazione longitudinale e raffrescamento estivo) e tunnel di essiccazione MDS.

In tutti e tre i capannoni, una stazione di monitoraggio ha rilevato la concentrazione di NH_3 all'interno della voliera, mentre l'altra ha rilevato la concentrazione di NH_3 in corrispondenza del tunnel di essiccazione MDS.

L'attività di sperimentazione e di monitoraggio è stata effettuata in quattro distinte campagne di misura, della durata di sette giorni ciascuna:

- C1: 27 marzo / 3 aprile 2019
- C2: 17 luglio / 24 luglio 2019
- C3: 26 febbraio / 4 marzo 2020
- C4: 29 0ttobre / 6 novembre 2020

Si è scelto di effettuare la sperimentazione in modo da coprire tutte le stagioni (nell'ordine: primavera, estate, inverno e autunno).

La Figura 5 mostra l'installazione di uno dei due prototipi all'interno del capannone 5A (in

corrispondenza degli impianti di ventilazione).

Figura 5 – Prototipo di stazione di monitoraggio installato all'interno del capannone 5A durante una campagna di misura.

Come nel caso dell'attività di laboratorio precedentemente descritta, i dati di misura sono stati poi confrontati con quelli raccolti dallo strumento di riferimento INNOVA 1412.

Quello che è emerso dalla sperimentazione in campo è che, esattamente come accaduto in laboratorio, i sensori SENS_A e SENS_B (ovvero quelli più "costosi") sono risultati essere in buon accordo con l'INNOVA, mentre le risposte fornite da SENS_C (sensore più economico) sono risultate essere poco significative (i valori di concentrazione rilevati sono stati molto più alti rispetto a quelli dell'INNOVA).

Di seguito vengono mostrati alcuni esempi di confronto tra i due sensori più promettenti e lo strumento INNOVA, per diverse tipologie di capannoni e per differenti campagne di misura (sull'asse delle ascisse sono riportati i giorni di misura, mentre sull'asse delle ordinate le concentrazioni di ammoniaca rilavate dai diversi strumenti).

Di seguito si riportano alcuni esempi di confronto tra i valori rilevati dai due sensori "low cost" e quelli rilevati dallo strumento INNOVA, dai quali si evincono utili considerazioni.

CAMPAGNA 1 - 27 marzo / 3 aprile 2019:

Dalla Figura 6 si nota come i due sensori "low cost" forniscano valori di NH_3 superiori rispetto a quelli dati dall'INNOVA, ma comunque dello stesso ordine di grandezza. Inoltre, anche gli andamenti temporali sono in buon accordo tra loro.

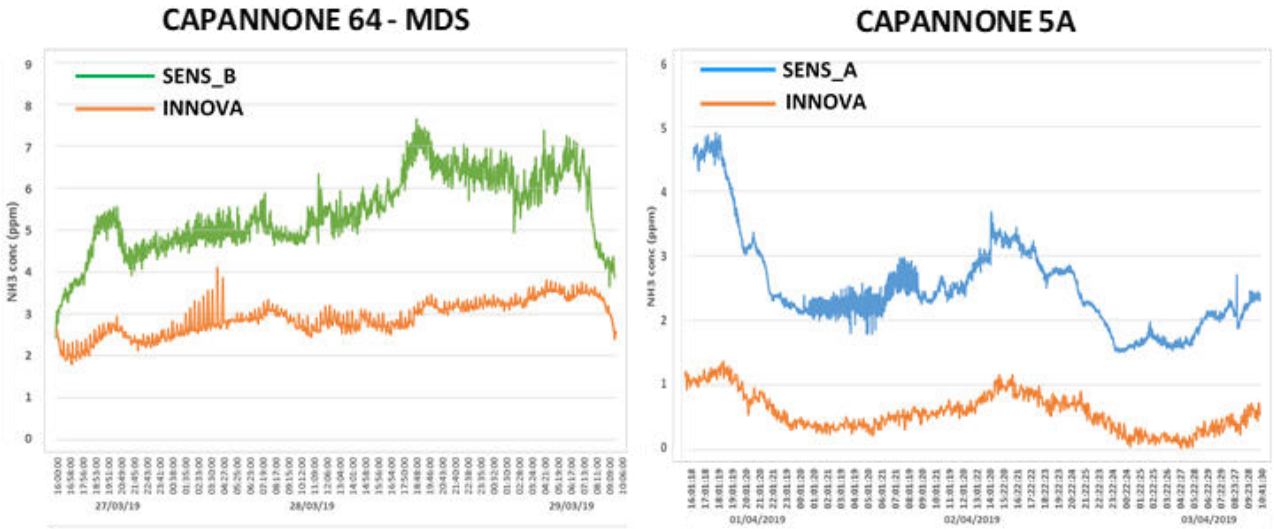


Figura 6 – Campagna di misura 1: confronto tra i dati rilevati da SENS_B e INNOVA in corrispondenza dell'MDS del capannone 64 (a sinistra) e tra i dati rilevati da SENS_A e INNOVA all'interno del capannone 5A (a destra).

CAMPAGNA 2 - 17 luglio / 24 luglio 2019:

Anche durante questa campagna di monitoraggio, dalla figura 7, si nota come i due sensori "low cost" forniscano valori di NH_3 superiori rispetto a quelli dati dall'INNOVA (tranne che per quei picchi rilevati dall'INNOVA nel capannone 61 evidenziati nel grafico dal cerchio rosso), ma comunque dello stesso ordine di grandezza. Inoltre, anche gli andamenti sono in accordo tra loro.

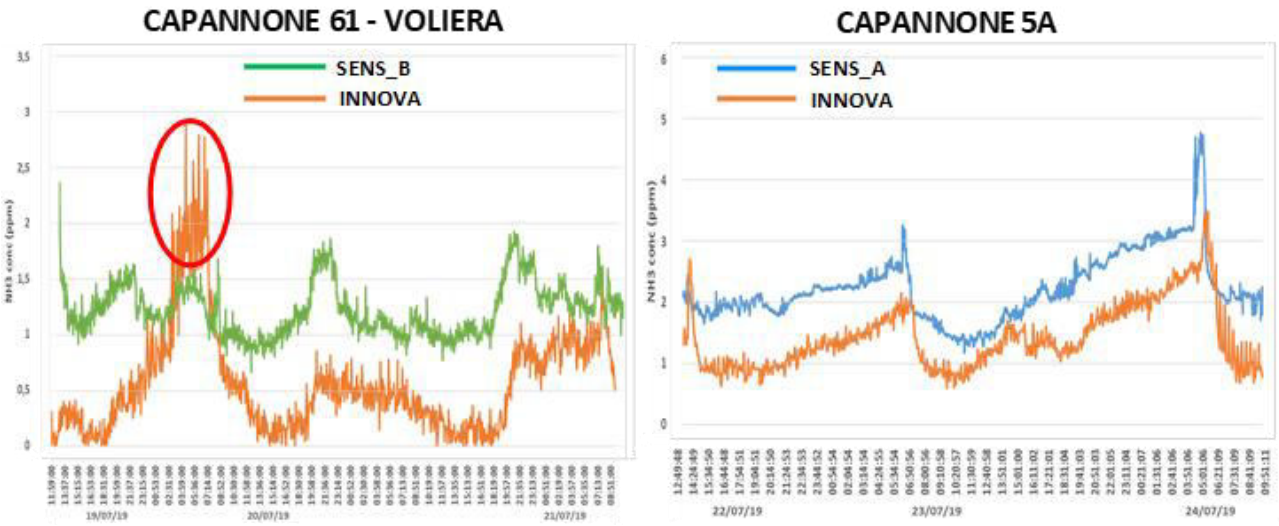


Figura 7 – Campagna di misura 2: confronto tra i dati rilevati da SENS_B e INNOVA all'interno del capannone 61 (a sinistra) e tra i dati rilevati da SENS_A e INNOVA all'interno del capannone 5A (a destra).

CAMPAGNA 3 - 26 febbraio / 4 marzo 2020:

I grafici in Figura 8 mostrano che SENS_B ha fornito risposte inferiori all'INNOVA (cosa che accade in genere a tutti i sensori di tipo elettrochimico, che col tempo manifestano un "drift" delle proprie prestazioni dovute all'usura cui va incontro l'elemento sensibile). Inoltre, SENS_B non ha rilevato il picco di concentrazione visto dall'INNOVA ed evidenziato in rosso nel grafico corrispondente.

Anche le concentrazioni di NH3 rilevate da SENS_A non sono più superiori rispetto a quelle rilevate dall'INNOVA (sintomo che anche SENS_A è affetto da "drift" nelle prestazioni) ma in questo caso esiste una corrispondenza di risposta tra i due sensori (gli andamenti temporali sono infatti praticamente sovrapponibili). Questo è il migliore confronto ottenuto durante le 4 campagne di misura in campo.

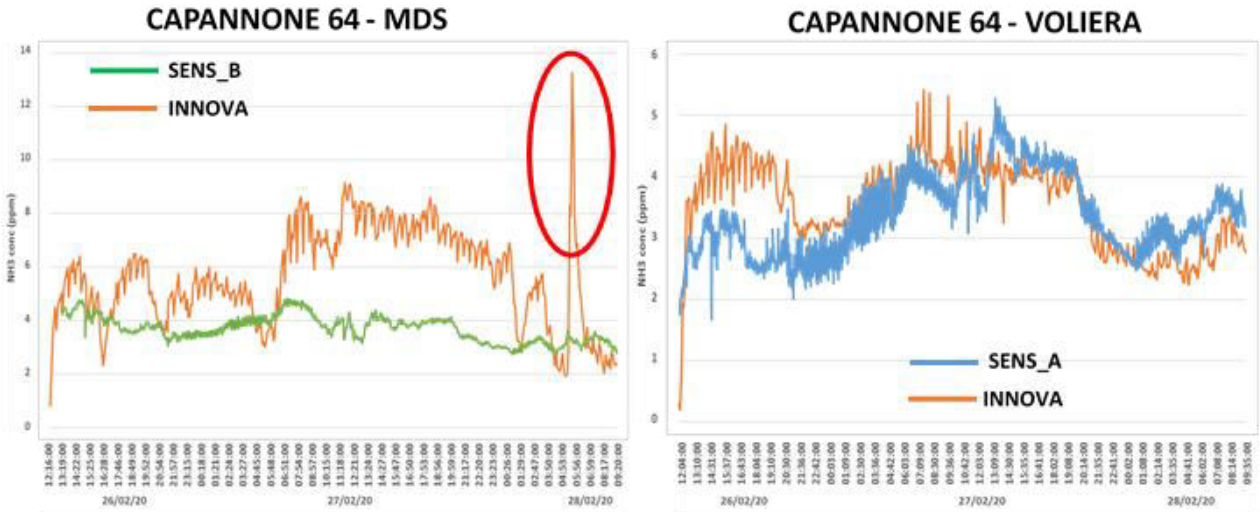


Figura 8 – Campagna di misura 3: confronto tra i dati rilevati da SENS_B e INNOVA in corrispondenza dell'MDS del capannone 64 (a sinistra) e tra i dati rilevati da SENS_A e INNOVA all'interno del capannone 64 (a destra).

CAMPAGNA 4 - 29 ottobre / 6 novembre 2020:

A seguito di una procedura di ri-calibrazione in laboratorio, SENS_B ha di nuovo presentato valori di concentrazioni di NH_3 superiori rispetto a quelli rilevati dall'INNOVA (grafico a sinistra), mentre SENS_A (ri-calibrazione non effettuata) ha presentato valori inferiori (quanto meno nella parte iniziale del grafico) per poi assestarsi praticamente sullo stesso trend fornito dall'INNOVA.

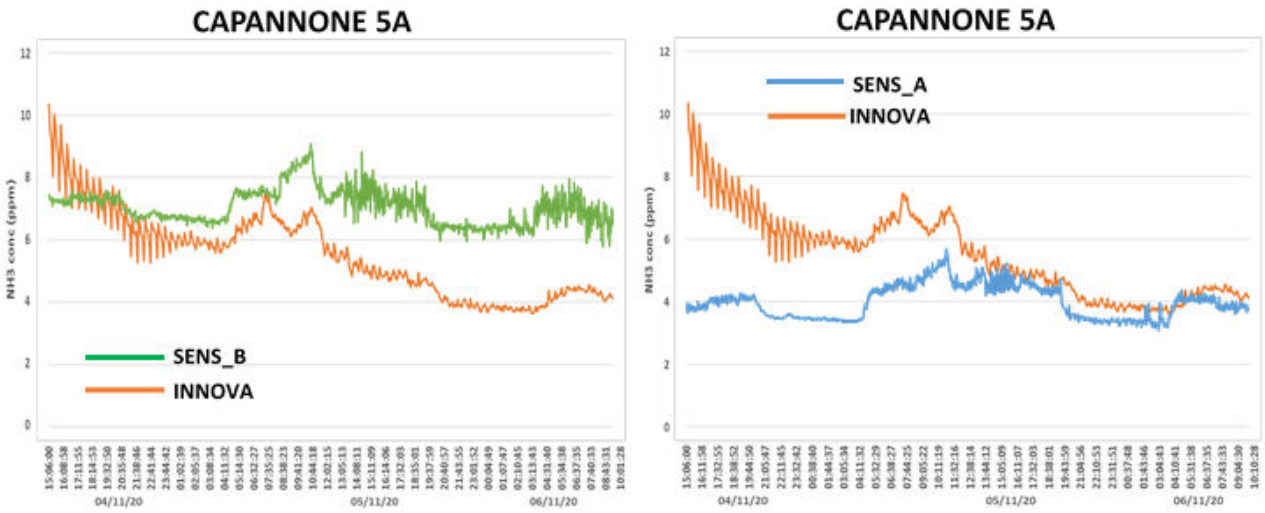


Figura 9 – Campagna di misura 4: confronto tra i dati rilevati da SENS_B e INNOVA (a sinistra) e tra i dati rilevati da SENS_A e INNOVA (a destra) all'interno del capannone 5A.

Sia in laboratorio che in campo, i dati forniti dai due sensori commerciali più «costosi» (SENS_A e SENS_B) integrati all'interno delle stazioni di monitoraggio realizzate da Proambiente, sono risultati in accordo con quelli forniti dallo strumento di riferimento INNOVA, sia per quanto riguarda l'ordine di grandezza delle concentrazioni rilevate che per quanto riguarda gli andamenti temporali. I dati forniti da SENS_C sono invece risultati di scarsa qualità (e per questa ragione non sono stati mostrati in questo documento).

Dall'analisi dei risultati ottenuti in questa prima sperimentazione, caratterizzata da intervalli temporali piuttosto ridotti, sembrano aprirsi interessanti prospettive per un utilizzo in campo delle stazioni realizzate, in grado di garantire un monitoraggio di allevamenti dalle grandi dimensioni con elevata risoluzione spaziale (è possibile pensare ad un numero elevato di punti di rilevazione all'interno degli allevamenti) e temporale (i sensori "low-cost" sono in grado di fornire un dato di concentrazione di NH_3 ogni minuto).

Le campagne di misura hanno avuto una durata limitata e non sono mai state rilevate concentrazioni di ammoniaca elevate: per trarre ulteriori conclusioni si dovrebbero fare confronti più duraturi (> 1 mese) e valutare come i sensori a basso costo possano rispondere a livelli di ammoniaca più consistenti (> 10 ppm).

AZIONE 2 – Monitoraggio del sistema di allevamento a voliera con abbinato il tunnel di essiccazione

L'allevamento delle galline ovaiole, nel corso degli ultimi anni, ha subito una profonda ristrutturazione, sia per adeguarsi alla direttiva IED e alle BAT-Conclusions (2017) che per migliorare le condizioni ambientali interne all'allevamento, richieste dalla normativa europea sul benessere animale e dal consumatore finale.

Proprio per soddisfare questo ultimo bisogno, si è rapidamente diffuso il sistema di stabulazione a "voliera" come sistema alternativo alle gabbie, soprattutto negli allevamenti di grandi dimensioni, che permette di allevare le galline ovaiole "a terra", libere di muoversi, razzolare e deporre le uova nei nidi.

Tali sistemi hanno la contropartita di causare maggiori emissioni di ammoniaca rispetto ai sistemi in gabbia per le maggiori superfici imbrattate. Quali sono le innovazioni in grado di mantenere comunque bassi i livelli emissivi, anche nelle stabulazioni a terra?

A questa domanda GasFreeHens ha inteso dare risposta, indagando:

- i benefici dell'abbinamento di sistemi di essiccazione rapida della pollina, quali il tunnel esterno di essiccazione, al sistema di stabulazione a voliera;
- i vantaggi ambientali offerti da innovativi sistemi d'allevamento a voliera.

Abbinamento del tunnel esterno di essiccazione della pollina al sistema a voliera per ridurre le emissioni di ammoniaca e gas serra

Nel sistema a voliera la pollina, che viene asportata fresca con nastri da sotto i posatoi, deve essere stoccata in cumulo in attesa dell'utilizzazione agronomica. In questa fase, se il livello di disidratazione raggiunto nel ricovero non è particolarmente elevato, si avviano processi di trasformazione della sostanza organica che possono generare emissioni di ammoniaca e gas serra dalle successive fasi di stoccaggio ed utilizzazione agronomica.

Per ridurre l'impatto emissivo della pollina, il Gruppo Operativo Gas Free Hens ha indagato e valutato l'abbinamento del sistema di allevamento a voliera ad un sistema a tunnel di essiccazione esterno MDS (sistema *Manure Drying System*), che può consentire una rapida disidratazione della pollina.

Le attività di Gas Free Hens hanno previsto il monitoraggio delle performance di tale soluzione in quattro diverse stagioni climatiche (primavera ed estate 2019, inverno ed autunno 2020) presso due capannoni in un allevamento del gruppo Eurovo di Imola (*Tabella 2*).

Tabella 2 – Parametri di ogni capannone

	Capannone 64	**Capannone 61**
Capi medi presenti durante il monitoraggio [n°]	39.277	34.793
Peso medio delle ovaiole [kg/capo]	1,810	1,830
Razza ovaiole	Lohmann Brown	Lohmann Brown
Tipologia di ventilazione	Estrazione forzata/trasversale comandata dalla temperatura interna	Estrazione forzata/trasversale comandata dalla temperatura interna

Step di ventilazione [n°]	8	8
Ventilatori per il ricambio d'aria del ricovero [n°]	30	28
dei quali con espulsione dell'aria sul tunnel di essiccazione [n°]	15	15

La pollina escreta dalle ovaiole, ogni lunedì, mercoledì e venerdì, viene completamente estratta dai capannoni mediante nastri trasportatori alloggiati sotto i diversi piani delle voliere. Gli stessi nastri, quando fermi, fungono da ricettori della pollina escreta. La pollina estratta ancora fresca viene caricata e distribuita uniformemente su un tunnel di essiccazione esterno a più piani.

La rapidità e l'uniformità del processo di essiccazione sono le due variabili che maggiormente influenzano l'efficienza della tecnica. Le emissioni all'interno del ricovero vengono così ridotte, grazie alla rimozione rapida e frequente della pollina.

Su una parete longitudinale del capannone sono alloggiati sia i ventilatori per il ricambio d'aria che il tunnel di essiccazione, che occupa però solo metà dello sviluppo longitudinale della parete. Sulla parete opposta sono invece presenti le finestrature dotate di cooling estivo per l'ingresso dell'aria pulita e la climatizzazione del ricovero. L'aria calda ed esausta viene estratta dai ventilatori ed allo stesso tempo convogliata, tramite una camera di compensazione ed omogeneizzazione, sul tunnel di essiccazione.

La pollina viene dosata sul nastro superiore del tunnel, dal quale, al termine della corsa, per la lunghezza del tunnel, cade su quello immediatamente inferiore, su cui compie il percorso in senso opposto e così via, fino all'ordine più basso dal quale viene estratta. I nastri del tunnel sui quali viene caricata la pollina sono forati, permettendo così al flusso di aria, estratto dal ricovero, di attraversare lo strato di pollina essiccandola (*Figura 10*).

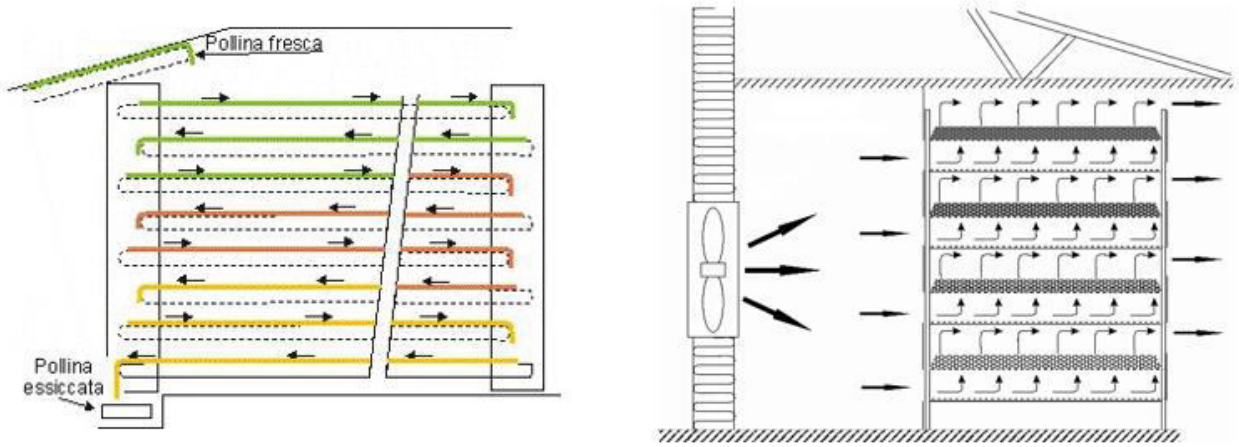


Figura 10 – Schema del tunnel di essiccazione, a sinistra vista in sezione longitudinale, a destra vista in sezione trasversale

Al termine della fase di essiccazione la pollina viene avviata, mediante nastri trasportatori, all'interno di un capannone in attesa dell'utilizzo agronomico.

L'essiccazione della pollina, mediante il tunnel esterno, risulta un sistema di trattamento economicamente sostenibile in quanto sfrutta un flusso di aria calda che necessariamente deve

essere estratto dal ricovero e disponibile anche nei mesi invernali. La fonte energetica necessaria alla disidratazione della pollina viene fornita dalla stessa aria calda estratta dal ricovero ad opera dei ventilatori, che garantiscono il ricambio d'aria alle ovaiole e la climatizzazione del capannone.

Figura 11 – Tunnel di essiccazione della pollina a sinistra, sulla destra il primo piano di uno dei nastri del tunnel con la pollina in fase di essiccazione

Durante le operazioni di estrazione della pollina dai capannoni si è proceduto al campionamento sia delle polline tal quali in uscita dal ricovero, che delle polline essiccate in uscita dal tunnel. I parametri analitici indagati (*Tabella 4*) sono stati pH, Solidi Totali (o sostanza secca), Solidi Volatili (o sostanza organica), Azoto Totale Kjeldahl (NTK) ed Azoto Ammoniacale ($N\text{-}NH_4^+$).

La pollina in ingresso al tunnel, corrispondente a quella in uscita dal ricovero, mostra un tenore in sostanza secca (ST) variabile a seconda delle stagioni, dal 29% in inverno al 41% nel periodo estivo, con un valore medio intorno al 35%. La pollina in uscita dal tunnel è caratterizzata, invece, da valori molto elevati di sostanza secca: variabili dal 75% riscontrato nelle stagioni fredde con ridotta ventilazione (62.000 m^3/h di ventilazione sul tunnel, pari a 1,7 m^3/capo/h), al 90% nelle stagioni più calde ove la ventilazione del ricovero è massima e il flusso d'aria convogliato sul tunnel esterno maggiore (306.000 m^3/h di ventilazione sul tunnel, pari a 7,2 m^3/capo/h). I risultati dei monitoraggi hanno evidenziato un'ottima efficacia di essiccazione della pollina da parte del tunnel quando abbinato agli innovativi sistemi di stabulazione a voliera, anche durante le stagioni invernali.

In Tabella 3 si riportano i flussi di aria che, convogliati sul tunnel, garantiscono l'essiccazione della pollina nelle diverse stagioni di monitoraggio. I valori sono espressi sia in senso assoluto (m^3/h) che rapportati ai capi presenti (m^3/capo/h).

Tabella 3 – Ventilazione media del tunnel riscontrata nei diversi periodi climatici.

Ventilazione del tunnel (permanenza pollina nel tunnel: 2-3 gg)							
Primavera		Estate		Inverno		Autunno	
m^3/capo/h	m^3/h	m^3/capo/h	m^3/h	m^3/capo/h	m^3/h	m^3/capo/h	m^3/h
2,1	75,000	7,2	306,000	1,7	62,000	2,3	70,000

Tabella 4 – Caratteristiche analitiche della pollina in uscita dal tunnel rispetto a quella estratta dal ricovero (valori medi, minimi e massimi riscontrati durante le 4 campagne di monitoraggio).

Parametro		***Out ricovero***		***Out tunnel***	
		media	*(min-max)*	media	*(min-max)*
pH	*[-]*	**7,0**	***(6,2 – 7,7)***	**6,9**	***(6,6 – 7,2)***
Solidi Totali (ST)	*[g/kg tq]*	**346**	***(289 – 413)***	**816**	***(745 – 895)***
	[%tq]	35	*(28,9 – 41,3)*	82	*(74,5 - 89,5)*
Solidi Volatili (SV)	*[g/kg tq]*	**248**	***(204 – 290)***	**603**	***(538 – 654)***
	[%ST]	72	*(68,6 – 76,0)*	74	*(72,2 - 76,6)*
Azoto Totale Kjeldahl (NTK)	*[mg/kg tq]*	**20388**	***(13740 – 26270)***	**34177**	***(25610 – 41050)***
	[%ST]	5,9	*(4,3 – 7,0)*	4,3	*(2,9 - 5,5)*
Azoto Ammoniacale	*[mg/kg tq]*	**3169**	***(1044 – 6793)***	**2154**	***(1416 – 3027)***
	[%NTK]	15,3	*(5,4 -33,4)*	6,2	*(5,5 - 7,4)*

Il processo rapido di essiccazione non ha comportato perdita di solidi volatili, infatti risulta simile il rapporto SV/ST della pollina essiccata rispetto a quella fresca (tabella 3). Al contrario, dalle analisi, si evince una perdita di azoto durante l'essiccazione, espresso come percentuale sulla sostanza secca (5,9 vs 4,3), e in particolare per la componente ammoniacale espressa come % NTK (15,3 vs 6,2).

L'essiccazione della pollina mediante il tunnel esterno si rivela anche un sistema di trattamento economicamente sostenibile in quanto sfrutta un flusso di aria calda che necessariamente deve essere estratto dal ricovero e disponibile anche nei mesi invernali.

I fattori emissivi riferiti al capo per anno riscontrati dai diversi sistemi indagati (solo voliera oppure voliera + MDS), espressi sia per le singole fasi d'allevamento che complessivamente per l'insieme delle fasi (stabulazione, stoccaggio e spandimento) sono illustrati dettagliatamente in tabella 18 ed in figura 44 presenti in Azione 7.

Per una corretta valutazione dei livelli emissivi associati alla tecnica occorre infatti un approccio integrato per evitare di sottovalutare possibili trasferimenti dell'impatto da una fase all'altra.

Le attività del GO hanno inoltre previsto di valutare l'effetto del tunnel di essiccazione relativamente alla concentrazione di odore.

In occasione di ogni campagna di monitoraggio, l'impatto odorigeno è stato valutato prelevando campioni di aria dal flusso estratto dal capannone, prima di essere convogliato sul tunnel, e dal flusso d'aria in uscita dal tunnel. I campioni prelevati sono stati successivamente analizzati per determinarne la concentrazione di odore mediante olfattometria dinamica, secondo la norma UNI EN 13725:04. Si tratta di una tecnica di misura sensoriale, basata sul giudizio di valutatori appositamente addestrati, e realizzata presso il laboratorio olfattometrico di CRPA, attrezzato con l'olfattometro TO8 della Olfasense. L'olfattometria dinamica consente di quantificare in modo standardizzato la molestia olfattiva determinando la concentrazione di odore per m^3 di aria analizzata. Si basa su una metodologia di esecuzione ed interpretazione dei risultati ormai consolidata e normata a livello comunitario.

Il monitoraggio ha evidenziato che nei periodi estivi l'impatto odorigeno del flusso d'aria in uscita dal tunnel risulta essere minore di quello del flusso d'aria in uscita dal ricovero (Figura 12). Nei periodi freddi, specialmente se in presenza di stagioni caratterizzate da elevata umidità ambientale quali quelle autunnali (4 novembre 2020) il trattamento di essiccazione comporta un incremento di odore. Il motivo potrebbe essere imputato al fatto che la pollina non viene rapidamente essiccata come nei periodi caratterizzati da minore umidità. Tuttavia deve essere preso in considerazione che la pollina in uscita dal tunnel di essiccazione risulta stabilizzata e pertanto il suo impatto odorigeno nella successiva fase di stoccaggio ridotto rispetto ad una pollina non disidratata.

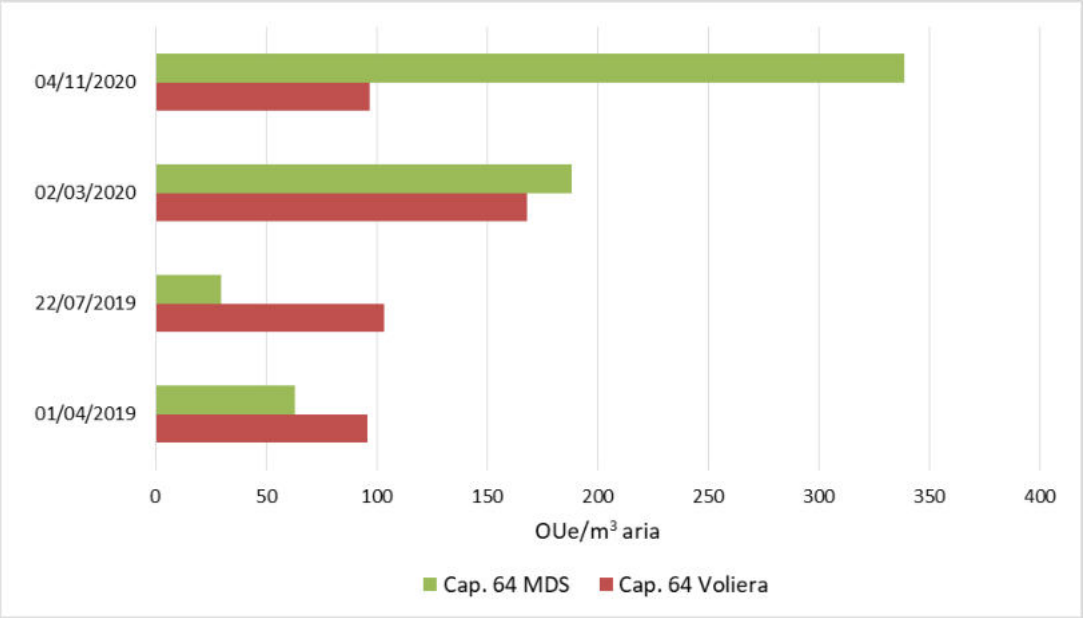


Figura 12 – Concentrazione media di odore (espressa in unità odorimetriche europee per m³) rilevate sul flusso d'aria prima e dopo il tunnel.

Capannoni e voliere ad elevata tecnologia per l'allevamento delle ovaiole a terra

Ulteriore e importante obiettivo di GasFreeHens è stato quello di valutare quanto innovativi sistemi d'allevamento a voliera potessero offrire vantaggi ambientali nel ridurre le emissioni.

La Società Agricola Fiorin, partner del GO, ha provveduto alla demolizione e completa ricostruzione di una parte dei vecchi capannoni che ospitavano le galline ovaiole. I nuovi capannoni sono stati dotati di elevate tecnologie per il controllo della climatizzazione interna (ventilazione longitudinale ad opera di ventilatori ad elevata efficienza, raffrescamento estivo mediante finestrature con cooling ad acqua refrigerata), per la loro realizzazione sono stati impiegati materiali innovativi (legno marino, pannelli coibentati per il tetto e le pareti, riduzione dei ponti termici e illuminazione a led) e sono state alloggiate le più moderne attrezzature atte ad ospitare le galline ovaiole allevate a terra (voliere, nidi, trespoli e posatoi). Ogni piano della voliera è stato provvisto di un nastro per la raccolta e l'asportazione della pollina escreta, mentre sul pavimento sono stati alloggiati dei raschiatori per asportare la lettiera in esubero. All'interno del ricovero è stata installata una rete di sensori di temperatura, pressostati e rilevatori di anidride

carbonica a servizio di una centralina *smart* di regolazione percentuale dell'apertura e chiusura delle diverse batterie di finestrature e l'azionamento selettivo dei ventilatori.

Le attività hanno previsto il rilievo della concentrazione di ammoniaca (NH_3), protossido d'azoto (N_2O) e metano (CH_4), che integrate dalla misura della portata di ventilazione hanno permesso di determinare le emissioni dal ricovero innovativo rispetto ai capannoni più tradizionali e di valutare le prestazioni ambientali dei nuovi capannoni.

Figura 13 – In alto vista laterale del nuovo ed innovativo capannone con la serie di finestrature e i deflettori installati sui ventilatori nella parte di fondo per abbattere le polveri. In basso la vista laterale del capannone standard con la parete che alloggia i ventilatori e il tunnel esterno di essiccazione della pollina

Tabella 5 – Principali caratteristiche dei ricoveri oggetto di monitoraggio delle emissioni

	Voliera standard (Cap, 64)	**Voliera innovativa (Cap. 5)**
Capi medi presenti durante il monitoraggio [n°]	39.277	58.811
Peso medio delle ovaiole [kg/capo]	1,81	2,10
Razza ovaiole	Lohmann Brown	Hyline Brown
Tipologia di ventilazione	forzata/**trasversale** con 8 step di ventilazione	forzata/**longitudinale** con 10 step di ventilazione
Ventilatori per il ricambio d'aria, in parentesi quelli con espulsione dell'aria sul tunnel di essiccazione [n°]	**30 (15)**	**20 (12)**

L'efficace climatizzazione del capannone di nuova costruzione *(figura 14 e 15)*, specialmente nei periodi estivi ove le temperature elevate favoriscono le emissioni, e la minor ventilazione richiesta

per garantire il benessere animale hanno comportato una minore emissione di ammoniaca, metano e protossido d'azoto rispetto al capannone standard *(tabella 5)*.

	Finestrature con il sistema di cooling e raffrescamento estivo dell'aria in ingresso, adottate al nuovo sistema d'allevamento a voliera
	Tunnel esterno di essiccazione in fase di costruzione
	Ovaiole allevate in sistemi a voliera
	Sistema di estrazione delle uova installato sul fronte del capannone

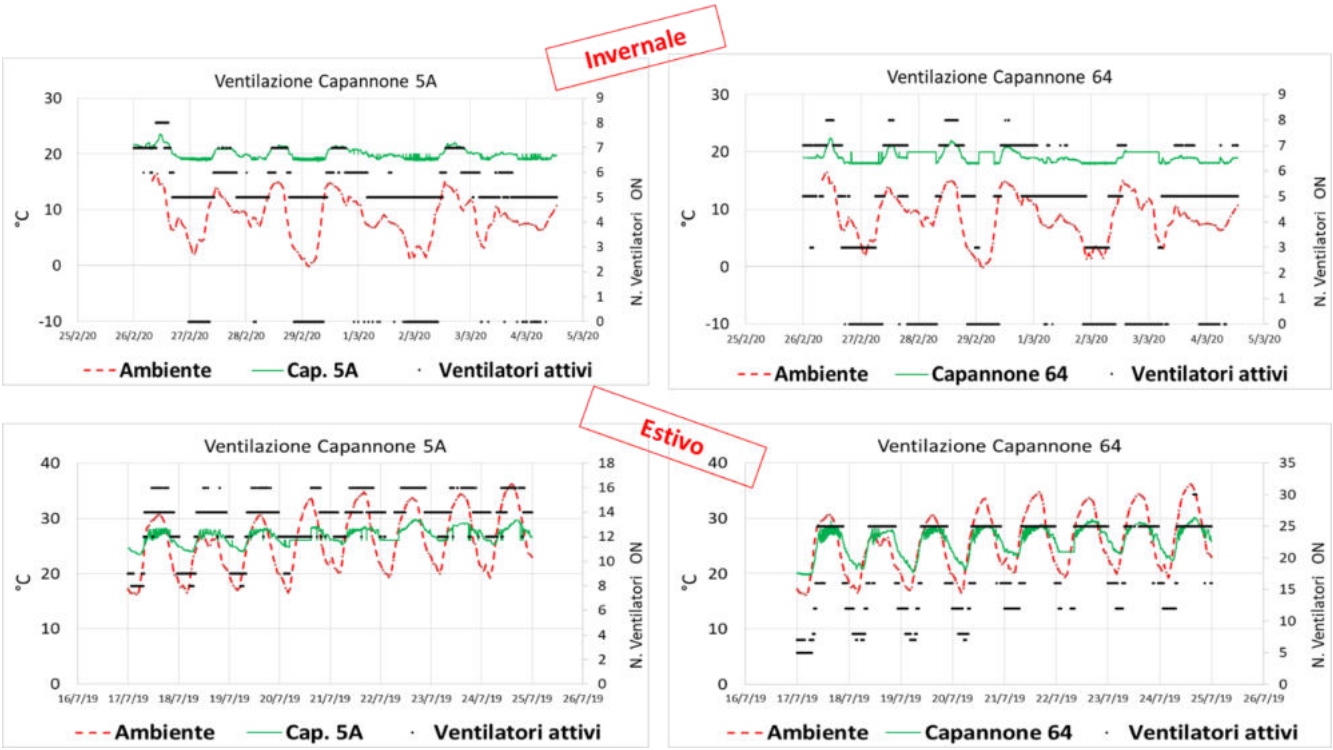


Figura 14 – Andamento delle temperature all'interno dei ricoveri rispetto a quelle ambientali e numero di ventilatori attivi necessari alla climatizzazione (es. campagna invernale 2020 ed estiva 2019).

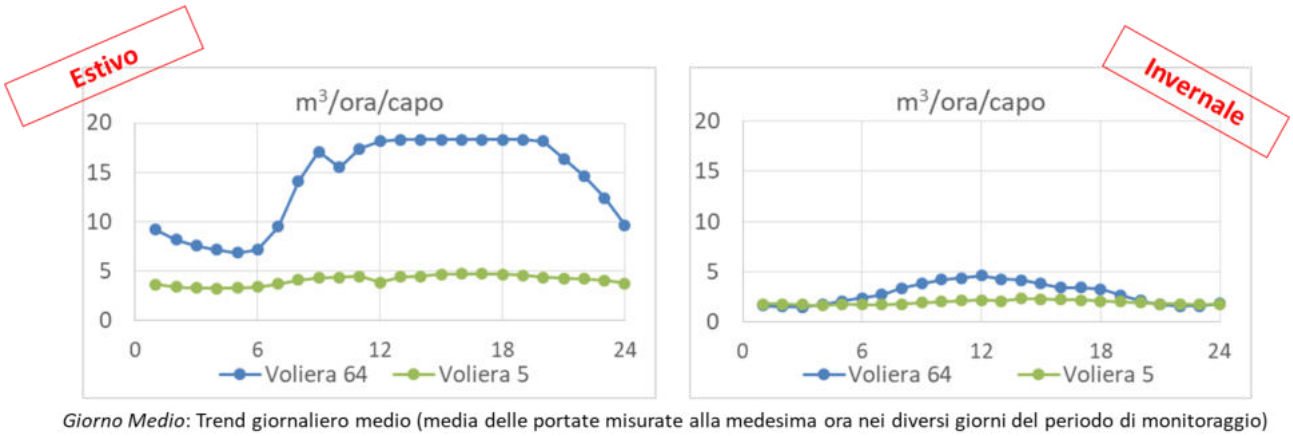


Figura 15 – Ventilazione richiesta per climatizzare il capannone standard rispetto a quella per il capannone innovativo (es. campagna invernale 2020 ed estiva 2019).

La voliera standard 64 ha richiesto una ventilazione mediamente 2,5 volte superiore a quella della voliera innovativa 5 (sino a 4 volte superiore d'estate: 18,3 vs 4,7 m^3/anno/capo) ed è stata caratterizzata, nel periodo estivo, da una escursione termica interna di quasi 10° C rispetto ai 4° C riscontrati nel capannone innovativo.

Le figure 16, 17 e 18 mostrano il trend giornaliero delle emissioni riscontrate dai due sistemi di allevamento (Giorno Medio - media delle portate misurate alla medesima ora nei diversi giorni del periodo di monitoraggio), mentre la figura 19 le concentrazioni di odore rilevate sul flusso d'aria in uscita dai due capannoni.

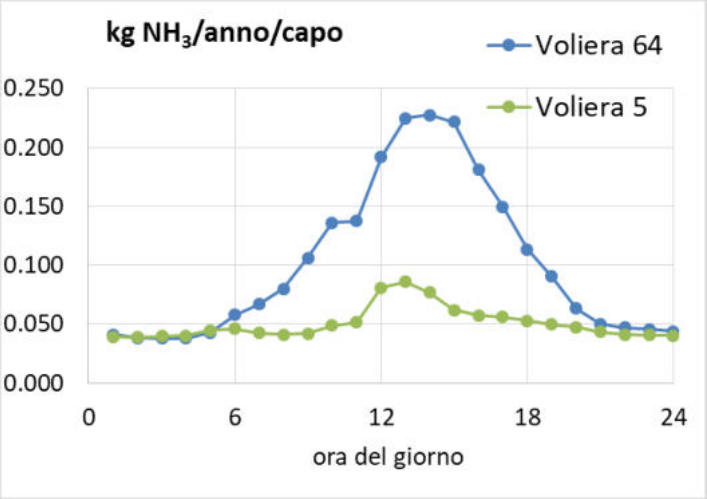


Figura 16 – Trend giornaliero medio delle emissioni ammoniacali (giorno medio delle 4 campagne).

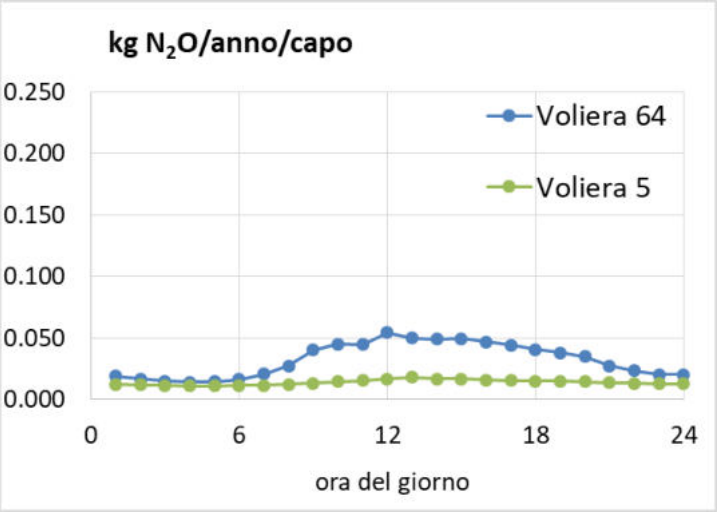


Figura 17 – Trend giornaliero medio delle emissioni di protossido d'azoto (giorno medio delle 4 campagne).

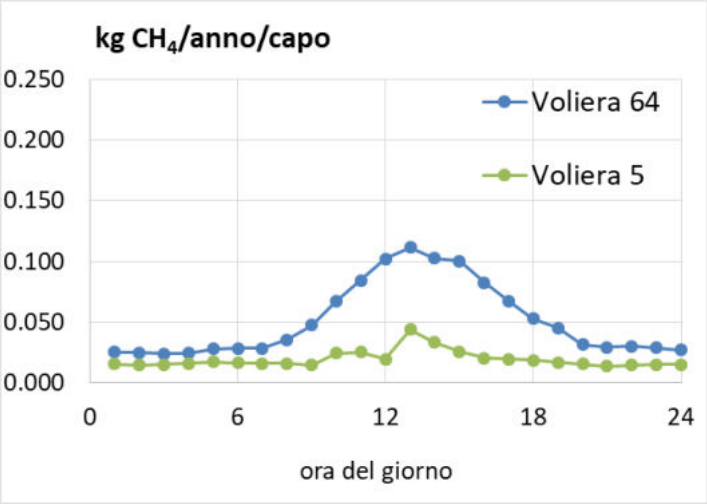


Figura 18 – Trend giornaliero medio delle emissioni di metano (giorno medio delle 4 campagne).

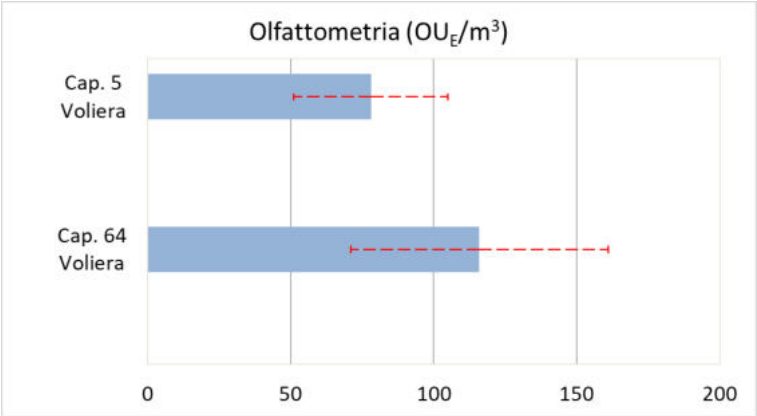


Figura 19 – Concentrazione media di odore (espressa in unità odorimetriche europee per m^3) rilevate in uscita dalla voliera 64 e dalla voliera 5 (in tratteggio Dev. ST).

In tabella 6 si riportano i fattori emissivi medi annuali risultanti dall'intero monitoraggio relativamente alle emissioni di ammoniaca e gas serra, quali metano e protossido d'azoto, espressi come kg di gas emessi per anno e per capo presente. Sempre in tabella si riportano i valori minimi e massimi orari riscontrati durante le 4 campagne di monitoraggio delle emissioni.

Tabella 6 – Fattori emissivi annui rilevati per capo (valori medi dell'intero periodo di monitoraggio)

	Voliera standard (64)				**Voliera Innovativa (5)**			
	NH_3 kg/a/capo	N_2O kg/a/capo	CH_4 kg/a/capo	Ventilazione m^3/h/capo	NH_3 kg/a/capo	N_2O kg/a/capo	CH_4 kg/a/capo	Ventilazione m^3/h/capo
Media annuale	**0,101**	**0,032**	**0,05**	**6,4**	**0,051**	**0,014**	**0,02**	**2,6**
Minima oraria	*0,004*	*0,005*	*0,00*	*1,3*	*0,002*	*0,005*	*0,00*	*1,1*
Massima oraria	*0,539*	*0,110*	*0,45*	*18,3*	*0,131*	*0,029*	*0,17*	*4,7*

L'introduzione di innovazioni costruttive, impiantistiche e tecnologiche nei sistemi di allevamento a voliera per le ovaiole contribuisce a ridurre i fattori emissivi di ammoniaca e GHG annui per capo allevato.

I sistemi a voliera innovativi oggetto delle attività condotte in GasFreeHens, caratterizzati da un fattore emissivo mediamente pari a 0,051 kg NH_3/posto animale/anno, hanno evidenziato un buon posizionamento in riferimento alla BAT-AEL (contenute nelle BAT Conclusions, Bref 2017), le quali considerano per i sistemi alternativi alle gabbie per galline ovaiole il range 0,02 – 0,13 kg NH_3/posto animale/anno.

AZIONE 3 – Monitoraggio del sistema a voliera con additivi in alimentazione

La azienda Fiorin ha adottato in alcuni dei capannoni di allevamento delle galline una alimentazione integrata con un mangime complementare con proprietà antiossidanti. Si tratta di un prodotto naturale, che ha lo scopo di liberare all'interno del lume intestinale acido butirrico nutrendo i villi intestinali, promuovendo un migliore assorbimento dei nutrienti e lo sviluppo di una microflora positiva, favorendo il miglioramento delle normali funzionalità fisiologiche e delle difese immunitarie degli animali.

Infatti, negli allevamenti intensivi, il rischio fenomeni epidemici, causati dall'alta densità di allevamento, non è infrequente e deve sempre essere tenuto in considerazione. Il rischio di contagio è favorito dal comportamento naturale delle ovaiole che induce l'animale a razzolare e becchettare il terreno; inoltre, trattandosi di un animale di piccola taglia, che vive a poca distanza dal terreno, le deiezioni presenti nell'ambiente di allevamento possono essere fonte di malattie infettive. Tra le malattie peculiari degli allevamenti avicoli vi sono le enteriti e le coccidiosi. Dato che il problema dell'antibiotico-resistenza sconsiglia l'uso sistematico di antibiotici (che nella UE sono comunque banditi negli allevamenti a fini auxinici) l'attenzione è verso valide alternative che permettano di avere animali sani, senza l'ausilio dell'uso massiccio di antibiotici. In tal senso alcune sostanze naturali, quali gli acidi grassi a corta e media catena, sembrano promettenti.

A livello metabolico, gli acidi grassi a corta catena (acidi acetico, butirrico, propionico e valerico) vengono normalmente prodotti durante la fermentazione intestinale della fibra e di particolare importanza è l'acido butirrico, in quanto soddisfa circa il 50% dei fabbisogni energetici delle cellule della mucosa intestinale, giocando un ruolo importante nella proliferazione e nella differenziazione delle cellule dei villi intestinali. Questi acidi grassi espletano la loro azione antimicrobica quando si trovano in forma indissociata, poiché sono in grado di attraversare la membrana cellulare, acidificando il citoplasma batterico e causando l'inibizione della sintesi del DNA. L'acido butirrico, in particolare, ha mostrato avere azione trofica sulle cellule delle pareti intestinali, promuovendo lo sviluppo dei microvilli intestinali durante il primo periodo di vita dell'animale e, conseguentemente, favorendo l'assorbimento dei nutrienti, migliorando le performance produttive in età adulta. L'acido butirrico, in sinergia con gli altri acidi grassi a corta e media catena, può essere, quindi, impiegato anche come promotore della crescita.

In questa azione di progetto si è voluto verificare se l'utilizzo di questo tipo di additivi alimentari, oltre all'azione antimicrobica, fosse anche in grado di esercitare, migliorando i processi di assimilazione dell'alimento, un effetto sulla riduzione delle emissioni che derivano dagli effluenti.

Presso l'azienda è stato, quindi, attuato un programma di monitoraggio delle emissioni di ammoniaca e gas serra da un ricovero del tutto simile alla voliera standard con alimentazione convenzionale monitorata nell'azione 2, ma in cui gli animali hanno ricevuto una alimentazione integrata con mangime complementare con proprietà antiossidanti. La alimentazione con integratore alimentare è stata avviata circa una settimana prima del periodo di monitoraggio.

Il programma di monitoraggio delle emissioni è stato attuato in modo del tutto analogo al protocollo adottato per l'azione 2. Le modalità gestionali del ricovero 61 (con additivo alimentare) sono del tutto analoghe a quelle del ricovero 64 (alimentazione standard) descritto nell'azione 2 a cui si rimanda per dettagli descrittivi. In Tabella 7 sono riportate a confronto le principali caratteristiche dei 2 capannoni di allevamento.

Tabella 7 – Principali caratteristiche dei ricoveri oggetto di monitoraggio delle emissioni

	Voliera standard (Cap, 64)	**Voliera con additivo alimentare (Cap. 61)**
Capi medi presenti durante il monitoraggio [n°]	39.277	34.793
Peso medio delle ovaiole [kg/capo]	1,81	1,83
Razza ovaiole	Lohmann Brown	Lohmann Brown
Tipologia di ventilazione	forzata/**trasversale** con 8 step di ventilazione	forzata/ **trasversale** con 8 step di ventilazione
Ventilatori per il ricambio d'aria, in parentesi quelli con espulsione dell'aria sul tunnel di essiccazione [n°]	**30 (15)**	**28 (15)**

In *Tabella 8* sono riportate le caratteristiche analitiche della pollina estratta dalla voliera standard e da quella con additivo alimentare. Dalle analisi chimico-fisiche non si evincono differenze significative nella composizione chimica delle polline in uscita dai due ricoveri (capannone 64 standard vs capannone 61 con additivo in alimentazione).

Tabella 8 – Caratteristiche analitiche della pollina estratta dai ricoveri (valori medi riscontrati durante le 4 campagne di monitoraggio).

Parametro	*Unità*	Voliera 64 (alimentazione standard)	Voliera 61 (additivo alimentare)
pH	*[-]*	**7.0**	**6.9**
ST	*[g/kg tq]*	**357**	**335**
	[%tq]	*35.7*	*33.5*
SV	*[g/kg tq]*	**257**	**240**
	[%ST]	*71.9*	*71.7*
NTK	*[mg/kg tq]*	**21425**	**19350**
	[%ST]	*6.00*	*5.78*
N-NH4+	*[mg/kg tq]*	**3060**	**3277**
	[%NTK]	*14.44*	*16.20*

Le attività hanno previsto il rilievo della concentrazione di ammoniaca (NH_3), protossido d'azoto (N_2O) e metano (CH_4), che integrate dalla misura della portata di ventilazione hanno permesso di determinare le emissioni dal ricovero tradizionale e da quello con additivo alimentare.

Sono state effettuate 4 campagne di monitoraggio nei diversi periodi stagionali, contemporanee ai monitoraggi effettuati sui capannoni 64 e 5.

Le figure 20, 21 e 22 mostrano il trend giornaliero delle emissioni riscontrate dai due sistemi di allevamento (Giorno Medio - media della concentrazione dei gas misurate alla medesima ora nei

diversi giorni del periodo di monitoraggio), mentre la figura 23 le concentrazioni di odore rilevate sul flusso d'aria in uscita dai due capannoni.

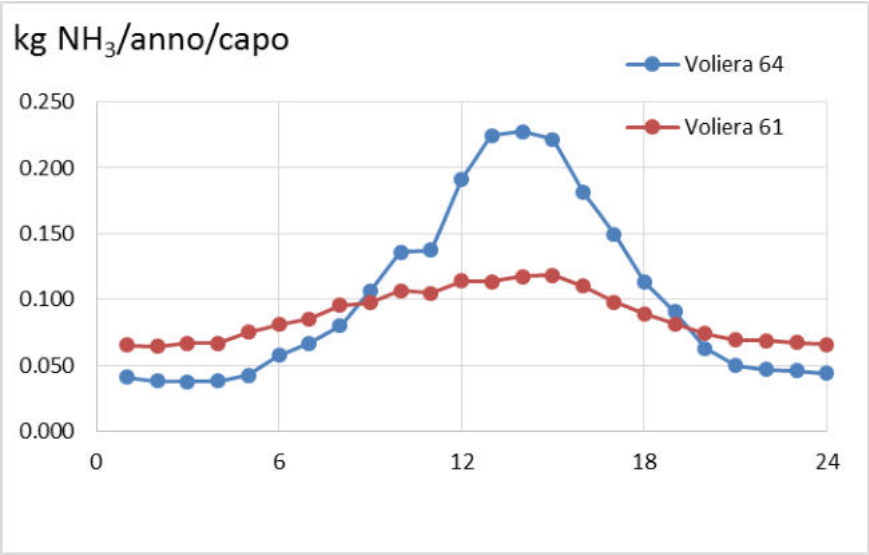


Figura 20 – Trend giornaliero medio delle emissioni ammoniacali (giorno medio delle 4 campagne).

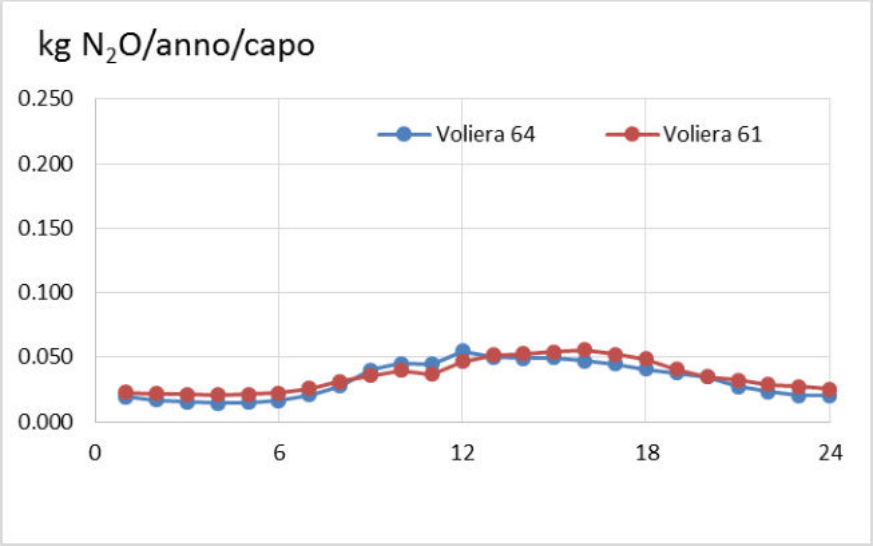


Figura 21 – Trend giornaliero medio delle emissioni di protossido d'azoto (giorno medio delle 4 campagne).

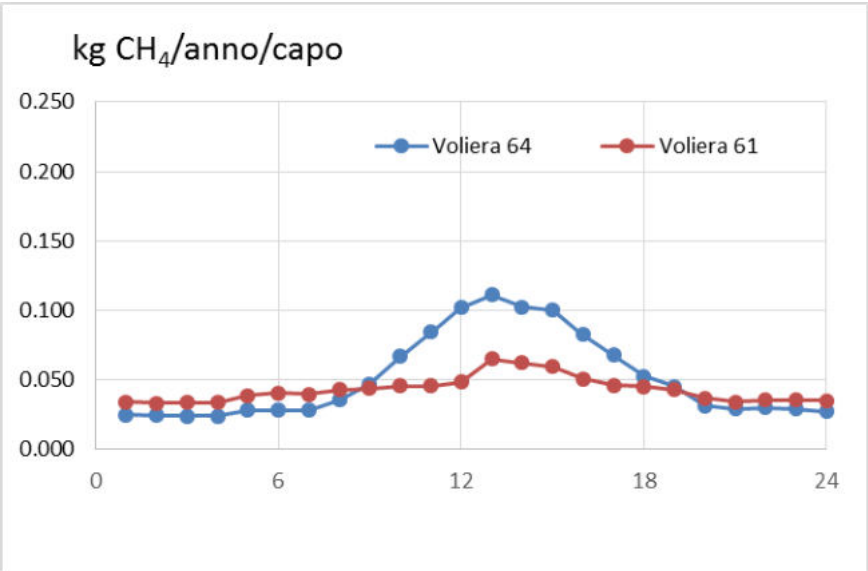


Figura 22 – Trend giornaliero medio delle emissioni di metano (giorno medio delle 4 campagne).

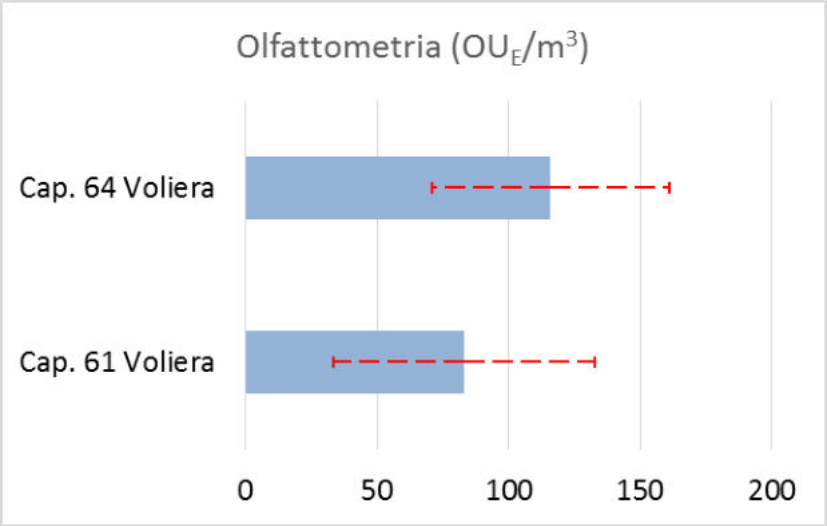


Figura 23 – Concentrazione media di odore (espressa in unità odorimetriche europee per m^3) rilevate in uscita dalla voliera 64 e dalla voliera 61 (in tratteggio Dev. ST).

In *tabella 9* si riportano i fattori emissivi medi annuali risultanti dall'intero monitoraggio relativamente alle emissioni di ammoniaca e gas serra, quali metano e protossido d'azoto, espressi come kg di gas emessi per anno e per capo presente. Sempre in tabella si riportano i valori minimi e massimi orari riscontrati durante le 4 campagne di monitoraggio delle emissioni.

Tabella 9 – Fattori emissivi annui rilevati per capo (valori medi dell'intero periodo di monitoraggio)

	Voliera standard (64)				**Voliera con additivo alimentare (61)**			
	NH_3 kg/a/capo	N_2O kg/a/capo	CH_4 kg/a/capo	Ventilazione m^3/h/capo	NH_3 kg/a/capo	N_2O kg/a/capo	CH_4 kg/a/capo	Ventilazione m^3/h/capo
Media annuale	**0,101**	**0,032**	**0,05**	**6,4**	**0,087**	**0,035**	**0,04**	**6,0**
Minima oraria	*0,004*	*0,005*	*0,00*	*1,3*	*0,014*	*0,009*	*0,00*	*1,8*
Massima oraria	*0,539*	*0,110*	*0,45*	*18,3*	*0,256*	*0,114*	*0,26*	*12,0*

La utilizzazione dell'additivo alimentare ha prodotto una leggera riduzione del fattore di emissione per l'ammoniaca (-14%) e per il metano (-16%), mentre per il protossido di azoto si è evidenziato un leggero aumento (+10%).

Anche la concentrazione di odore nell'aria prelevata dalla voliera con integratore alimentare ha mostrato valori in media inferiori (-28%) rispetto alla voliera standard, pur nella grande variabilità dei risultati che caratterizza le misure olfattometriche e che fanno risultare questa differenza non statisticamente significativa.

I sistemi a voliera sia con alimentazione standard che con alimentazione integrata con additivo alimentare hanno mostrato fattori di emissione per l'ammonica all'interno dell'intervallo richiesto dal BAT-AEL (contenuto nelle BAT Conclusions, Bref 2017), che considera per i sistemi alternativi alle gabbie per galline ovaiole il range 0,02 – 0,13 kg NH_3/posto animale/anno.

AZIONE 4 – Monitoraggio delle emissioni dai cumuli di stoccaggio

Le attività condotte in azione 4 hanno avuto l'obiettivo di valutare le emissioni dalla fase di stoccaggio e conoscere le caratteristiche chimico-fisiche (pH, ST, SV, NTK, N-NH_4^+) delle diverse tipologie di polline avviate a stoccaggio per le 4 tesi indagate (figura 24).

Altro obiettivo è stato quello di valutare la loro stabilità nei giorni successivi.

Figura 24 – Polline tal quali (out ricoveri) ed essiccate (out tunnel) sottoposte ad analisi

Le 4 differenti tipologie di pollina sono state campionate sia al tempo zero (T0) in uscita dalle voliere e dal tunnel di essiccazione che successivamente dopo 5 giorni di stoccaggio (T5).

In tabella 10 si riportano i valori medi analitici delle 4 tipologie di polline campionate al momento T0 ed al momento T1 sull'intero monitoraggio (valori medi delle 4 campagne di campionamento).

Tabella 10 – Caratteristiche analitiche medie delle polline campionate relativamente alle 4 tesi.

		voliera 64 (T0)	voliera 64 (T1)	MDS 64 (T0)	MDS 64 (T1)	voliera 5 (T0)	voliera 5 (T1)	voliera 61 (T0)	voliera 61 (T1)
pH	*[-]*	**7.0**	**7.5**	**6.9**	**6.5**	**7.2**	**7.5**	**6.9**	**7.4**
ST	*[g/kg tq]*	**357**	**522**	**816**	**862**	**337**	**509**	**335**	**502**
	[%tq]	*35.7*	*52.2*	*81.6*	*86.2*	*33.7*	*50.9*	*33.5*	*50.2*
SV	*[g/kg tq]*	**257**	**363**	**603**	**636**	**241**	**347**	**240**	**350**
	[%ST]	*71.9*	*70.1*	*74.0*	*73.8*	*71.4*	*68.5*	*71.7*	*70.3*
NTK	*[mg/kg tq]*	**21425**	**24820**	**34177**	**33180**	**18878**	**23597**	**19350**	**24550**
	[%ST]	*6.00*	*4.76*	*4.27*	*3.88*	*5.60*	*4.64*	*5.78*	*5.01*
N-NH_4^+	*[mg/kg tq]*	**3060**	**2373**	**2154**	**1862**	**3129**	**2324**	**3277**	**2381**
	[%NTK]	*14.44*	*9.45*	*6.18*	*5.69*	*16.76*	*10.14*	*16.20*	*9.74*

Le polline tal quali estratte dalle voliere sono soggette ad una significativa perdita di umidità dovuta all'innescamento di processi fermentativi aerobici che sviluppano calore e di trasformazione della sostanza organica: il tenore di secco ST sale dal 33-35% ad un valore pari a 50-52% per tutte e tre le tesi. Al contrario la pollina in uscita dal tunnel di essiccamento,

maggiormente stabilizzata, è caratterizzata da una ridotta perdita di umidità, passando mediamente da un tenore di secco del 82% al 86%.

Dalle analisi chimico-fisiche sulle polline campionate (tabella 1), non si evincono differenze significative nella composizione chimica delle polline in uscita dalle diverse tipologie di capannoni (voliera 64 standard vs voliera 5 innovativa) oppure rispetto al capannone in cui le ovaiole venivano alimentate nelle campagne di monitoraggio con l'additivo in alimentazione (capannone 64 standard vs capannone 61 con additivo in alimentazione).

I risultati delle analisi chimiche hanno evidenziato che la pollina essiccata non è soggetta a significative perdite di Solidi Volatili (sostanza organica) ed azoto (0,2% per SV e 9% per azoto, figura 25 e 26). Diversamente, la pollina tal quale estratta dalle voliere ha mostrato perdite più evidenti di sostanza organica ed azoto, rispettivamente pari al 2,0 - 2,5% e 17,0 - 20,0% (parametri espressi come % sui Solidi Totali, figura 25 e 26).

Significative per la pollina fresca sono state, inoltre, le perdite relativamente alla frazione azotata ammoniacale (35 - 40% rispetto al 8% di quella essiccata – figura 27). L'azoto ammoniacale è la frazione azotata maggiormente responsabile delle emissioni ammonicali.

Un significativo beneficio del tunnel di essiccazione è risultato quello di rendere la pollina più stabile durante la successiva fase di stoccaggio in tutte le stagioni dell'anno, limitandone le perdite di sostanza organica ed azoto che risultano responsabili rispettivamente delle emissioni di gas serra e di ammoniaca.

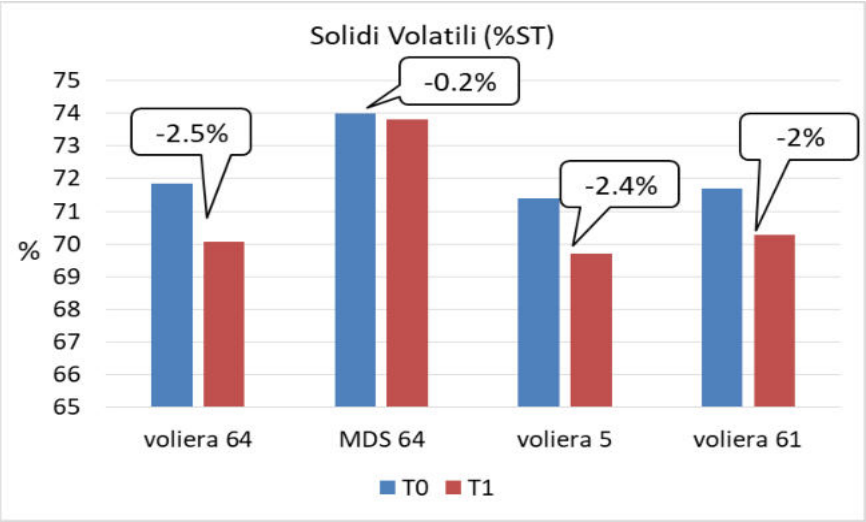


Figura 25 – Caratterizzazione analitica della pollina al momento T0 e T1 e perdita percentuale di Solidi Volatili nel periodo (SV espressi come % sui Solidi Totali - valori medi di 4 campionamenti).

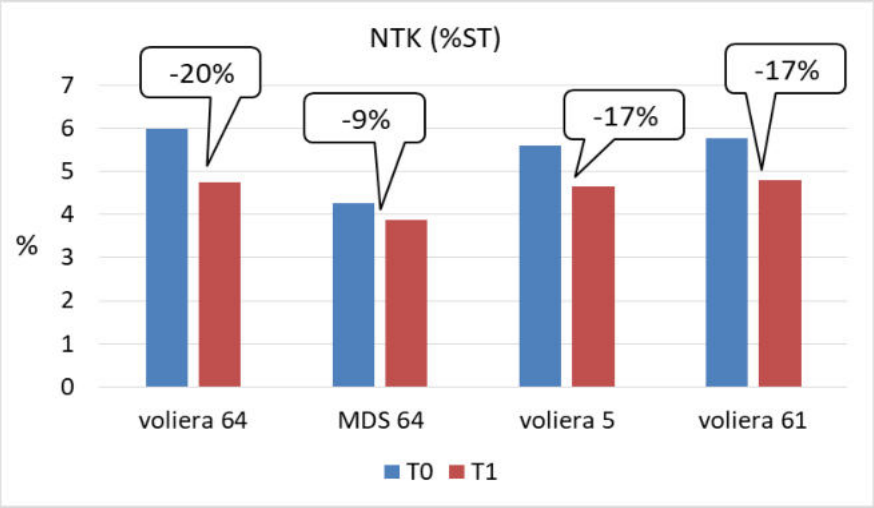


Figura 26 – Caratterizzazione analitica della pollina al momento T0 e T1 e perdita percentuale di Azoto Totale Kjeldahl nel periodo (N espresso come % sui Solidi Totali - valori medi di 4 campionamenti).

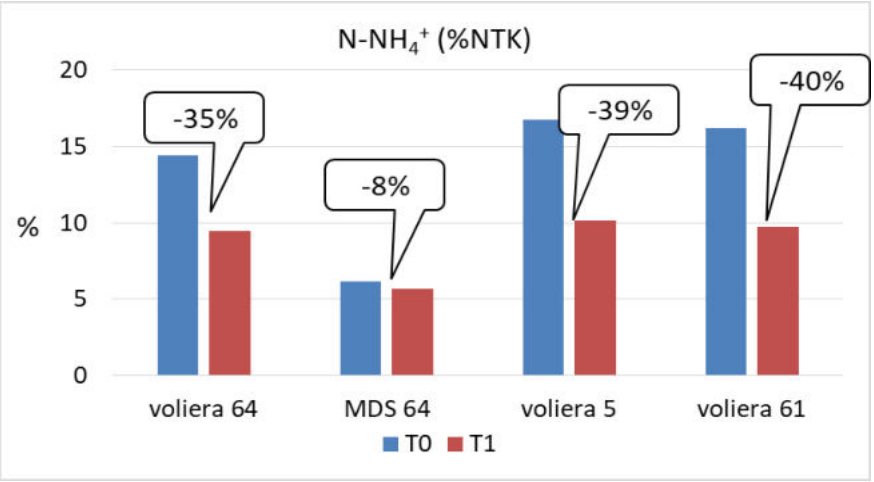


Figura 27 – Caratterizzazione analitica della pollina al momento T0 e T1 e perdita percentuale di Azoto Ammoniacale nel periodo ($N\text{-}NH_4^+$ espresso come % su NTK - valori medi di 4 campionamenti).

Oltre alla caratterizzazione chimica, il Gruppo Operativo ha valutato il potenziale emissivo della pollina pre e post essiccazione relativamente ai gas ammoniaca (NH_3), protossido d'azoto (N_2O), metano (CH_4) e anidride carbonica (CO_2).

Il potenziale emissivo della pollina in stoccaggio è stato determinato applicando una particolare tecnica di misura definita "static chamber method" (Brewer et al., 1999; Hornig et al, 1999; Pedersen et al., 2001).

Un'aliquota di pollina, di cui si vuole conoscere l'emissività, è stata confinata in uno spazio chiuso ed ermetico all'interno del quale si concentrano i gas emessi, appunto la camera statica. La concentrazione di tali gas all'interno della camera aumenta progressivamente nel tempo ed il calcolo del delta di concentrazione nell'intervallo di tempo permette di stimare la potenzialità emissiva del materiale durante la fase di stoccaggio (figura 28). Il rilievo della concentrazione dei

gas è stato effettuato mediante un analizzatore multigas fotoacustico (Lumasense mod. INNOVA 1412i). L'analizzatore multi-gas di tipo portatile, è caratterizzato da un limite di rilevabilità che può arrivare sino all'ordine dei ppb.

Il flusso emissivo E [g di gas/m^2·di superficie per ora h] è poi calcolato mediante la seguente relazione:

$$E = \frac{\Delta c \cdot V_{SdT}}{\Delta t \cdot A}$$

Dove:

- Δc/Δt è il gradiente di concentrazione nel tempo nel tratto rettilineo della curva (cioè il coefficiente angolare della retta di interpolazione dei punti);
- V_{Sdt} è il volume dello spazio di testa, in cui si concentrano i gas, al di sopra della superficie emittente;
- *A* corrisponde all'area della superficie emittente racchiusa dalla camera statica ermetica.

Figura 28 – Attività di misura delle emissioni dalla pollina

Le emissioni della pollina essiccata sono risultate quasi azzerate rispetto alle emissioni della pollina tal quale estratta dai ricoveri (figura 29): ridotte del 97% per la CO_2, dell'89% per N_2O, del 98% per NH_3 ed azzerate per il CH_4.

La pollina in uscita dal tunnel risulta così stabilizza e le emissioni dalle successive fasi (stoccaggio e distribuzione agronomica) risultano ridotte.

Gli effetti delle diverse tipologie di capannone e degli additivi in alimentazione sono risultati meno nitidi, in relazione all'elevata variabilità dei dati "intra tesi" (Deviazione Standard).

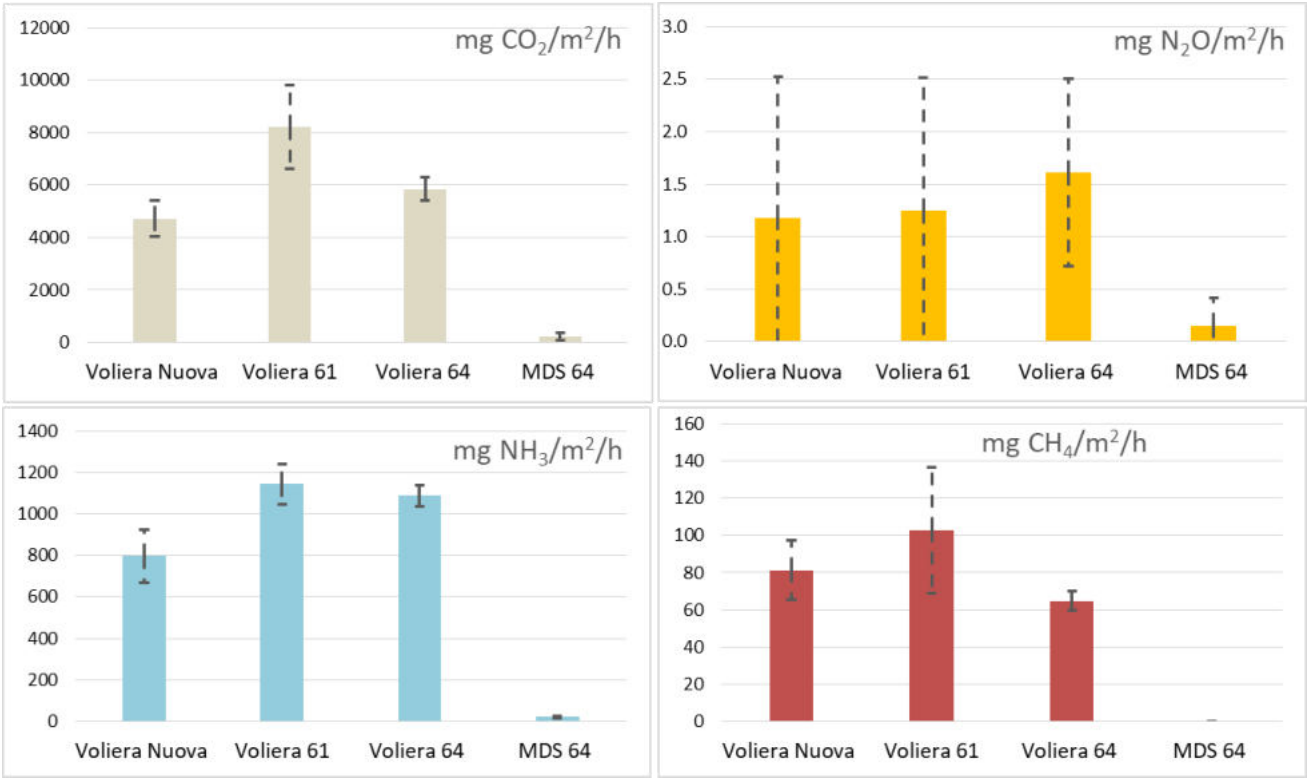


Figura 29 – Emissività media delle 4 tipologie di pollina oggetto di valutazione per i gas anidride carbonica, protossido d'azoto, ammoniaca e metano riferite al m^2 di superficie emissiva e per ora (in tratteggio la Dev.ST).

Il rilievo delle emissioni e la caratterizzazione analitica della pollina hanno permesso di valutare la relazione che intercorre tra il potenziale emissivo e il tenore di umidità e di azoto del materiale: all'aumentare del tenore di secco della pollina corrisponde un decremento delle emissioni di ammoniaca e metano (figura 6 e 9).

Le figure 30, 31, 32 e 33 illustrano la potenzialità emissiva rispettivamente di ammoniaca, anidride carbonica, metano e protossido d'azoto (questi ultimi due sono tra i gas ritenuti responsabili dell'effetto serra e sono caratterizzati da un Global Warming Potential rispettivamente pari a 28 e 265 volte quello dell'anidride carbonica) in relazione al tenore di sostanza secca della pollina sottoposta al monitoraggio delle emissioni.

Con tenori di secco della pollina superiori al 60%, le emissioni di metano e anidride carbonica sono notevolmente ridotte. Anche per l'ammoniaca si riscontra una significativa riduzione dell'emissività quando il tenore di secco sale attorno al 60%, mentre, avvicinandosi all'80%, si ottiene una drastica riduzione delle emissioni. Allo stesso modo le emissioni di protossido d'azoto risultano quasi azzerate in presenza di un secco pari al 75%; per questo gas la correlazione è risultata meno evidente, in quanto alcuni campioni di pollina, caratterizzati da un basso tenore di secco, hanno comunque evidenziato bassissime emissioni.

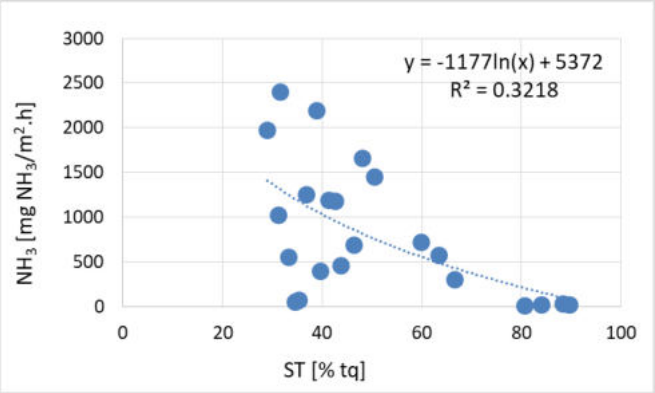


Figura 30 – Relazione tra potenzialità emissiva di ammoniaca e tenore di sostanza secca (ST) della pollina

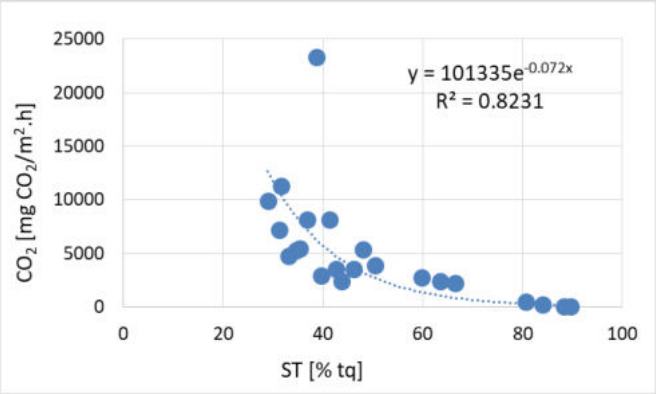


Figura 31 – Relazione tra potenzialità emissiva di anidride carbonica e tenore di sostanza secca della pollina

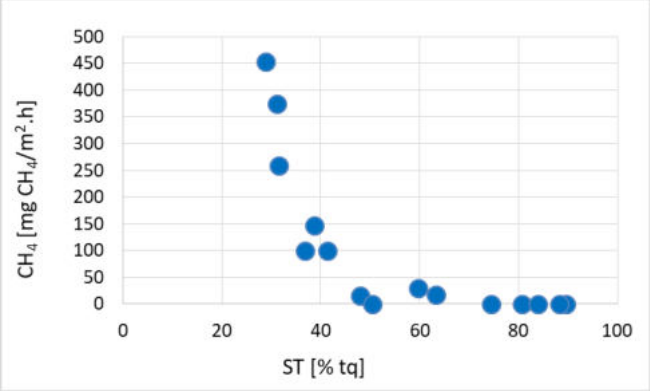


Figura 32 – Relazione tra potenzialità emissiva di metano e tenore di sostanza secca della pollina

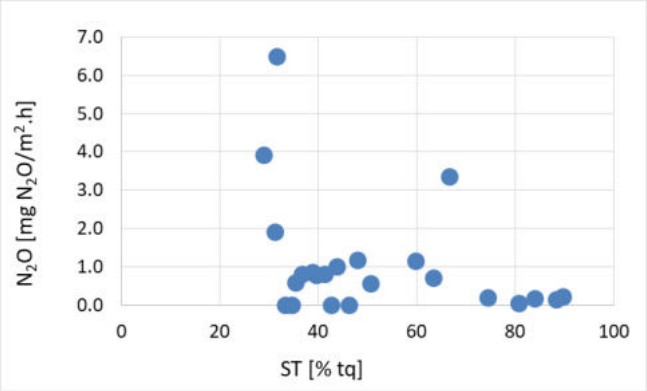


Figura 33 – Relazione tra potenzialità emissiva di protossido di azoto e tenore di sostanza secca della pollina

I grafici in figura 34 mostrano le emissioni azotate in relazione al contenuto di azoto (espresso come percentuale sul secco) presente nel campione di pollina: il grafico di sinistra per le emissioni ammoniacali, mentre quello di destra per le emissioni di protossido d'azoto. I punti blu rappresentano le polline pre-essiccamento mentre quelli in giallo le polline in uscita dal tunnel di essiccazione.

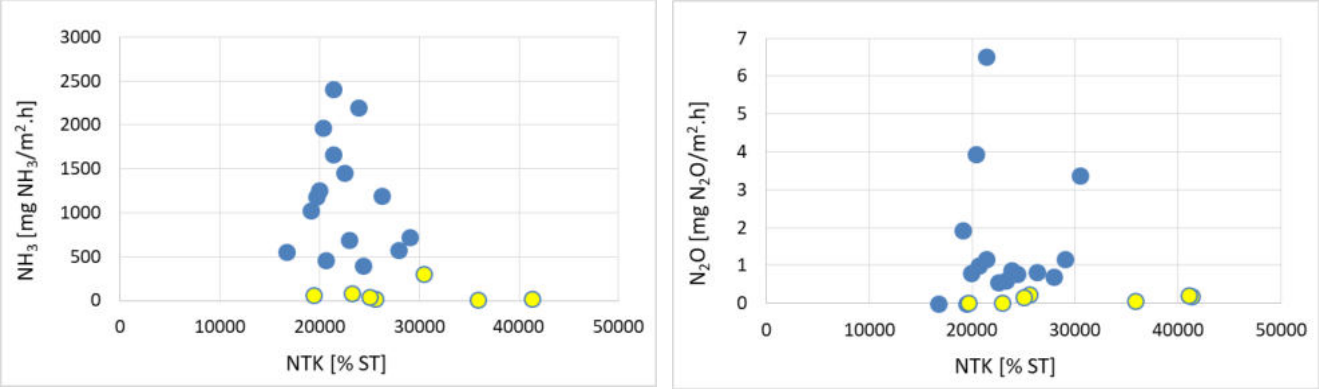


Figura 34 – Potenzialità emissiva di ammoniaca e protossido di azoto in relazione al contenuto di NTK (espresso come % ST) della pollina (in giallo i rilievi sulla pollina essiccata).

AZIONE 5 – Monitoraggio delle emissioni del sistema a terra con ventilazione longitudinale

Le attività in azione 5 hanno avuto luogo presso l'azienda MICRO partner del GO. L' azienda Micro nella sede operativa di Casalgrande (RE) ha un allevamento di galline ovaiole per la produzione di uova fecondate destinate alla filiera dei vaccini.

Le ovaiole sono stabulate in un sistema alternativo alle gabbie costituito da posatoi e nidi. La pollina si accumula sotto i posatoi e viene rimossa solo a fine ciclo. I posatoi, della tipologia a grigliato rettangolare plastico, sono sorretti da una struttura a palafitta in acciaio ad una altezza di 0,7 metri dal pavimento sottostante in cemento. Al di sotto dei postai la pollina si accumula sul pavimento per uno spessore che è risultato essere a fine ciclo pari a 0,5 m nella zona delle mangiatoie e di 0,3 m nella zona di abbeverata.

Il ricovero è dotato di un sistema di ventilazione longitudinale che forza l'aria a passare anche sulla pollina che progressivamente si accumula sotto i posatoi, essiccandola. La ventilazione è garantita da 5 ventilatori assiali con lato 1,25 m in grado di estrarre un portata media di aria rilevata durante il ciclo di monitoraggio pari a 18.000 m3/h cadauno.

Si tratta di sistemi di stabulazione di piccole dimensioni e non molto diffusi.

Nella sede di Casalgrande (RE) sono presenti 5 capannoni, le attività di GasFreeHens hanno riguardato il Capannone n. 5 (figura 35 e 36) dove nel settembre 2019 sono state accasate circa 8.000 pollastre e 640 galli (8 galli ogni 100 galline al fine di ottenere uova fecondate come richiesto per la produzione di vaccini). Il ciclo d'allevamento è terminato il 15 marzo del 2021.

Figura 35 – Vista esterna del capannone sede delle attività

Figura 36 – Sistema di allevamento delle ovaiole a terra alternativo alle gabbie costituito da posatoi (grigliati plastici sollevabili) e nidi.

Obiettivo dell'azione è stato quello di valutare il grado di essiccazione della pollina estratta dal ricovero a fine ciclo, rispetto al contenuto di umidità della pollina escreta giornalmente dalle ovaiole. Un basso tenore di umidità della pollina estratta dal ricovero può infatti essere associato a bassi livelli emissivi.

Per valutare il grado di essiccazione della pollina sono stati progettati e costruiti dei fogli plastici rigidi in PVC (60 x 50 cm) che sono stati posizionati sotto i posatoi (grigliati plastici rimovibili all'occorrenza sui quali possono camminare sia gli operatori che le galline) per raccogliere la pollina fresca escreta dalle ovaiole. Questo ha permesso di raccogliere le deiezioni fresche e confrontarle con la pollina estratta dal ricovero a fine ciclo (figura 37).

Essendo il ricovero caratterizzato da 3 macro aree differenti per tipologia e deposizione della pollina, si è provveduto a collocare 4 fogli plastici per ciascuna delle 3 zone al fine di valutare anche la variabilità quali-quantitativa della pollina deposta nelle diverse zone.

Le tre zone individuate sono risultate essere:

1. zona di alimentazione con gli alimentatori per distribuire il mangime;
2. zona di abbeverata con gli abbeveratoi anti spreco a goccia;
3. zona intermedia ove assenti sia gli alimentatori che gli abbeveratoi.

In figura 39 si illustra lo schema del capannone 5, il posizionamento delle attrezzature quali i ventilatori, le finestrature ed i nidi centrali di deposizione delle uova. Inoltre si riporta il posizionamento degli sheet plastici al di sotto dei posatoi, la collocazione all'interno del capannone delle 3 diverse zone ed il punto di rilievo della concentrazione di ammoniaca.

Figura 37 – Operazioni di posizionamento dei fogli plastici al di sotto dei posatoi.

Dopo 8 giorni di posizionamento (191 ore), i fogli sono stati recuperati (figura 37 e 38). La pollina deposta su ciascun foglio campionata, pesata e caratterizzata analiticamente con la determinazione dei seguenti parametri: pH, ST, SV, NTK, N-NH_4^+.

In tabella 11 si riportano le analisi chimiche della pollina escreta fresca raccolta nelle 3 differenti zone (media di 4 campioni per zona). Nella zona di alimentazione la pollina è risultata leggermente più secca e dal un contenuto di azoto superiore, probabilmente dovuto alla presenza di mangime caduto a terra in prossimità delle mangiatoie.

Figura 38 – Operazioni di campionamento e pesata della pollina raccolta sui fogli plastici una volta recuperati.

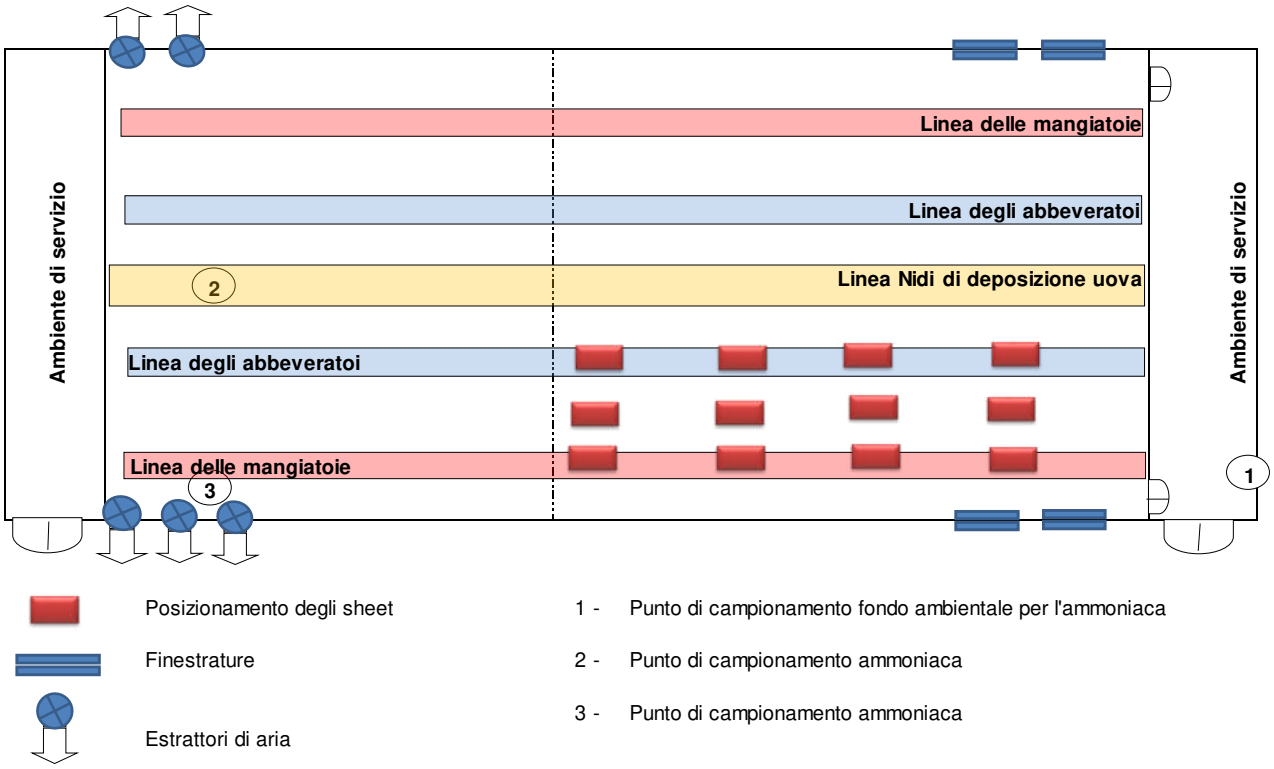


Figura 39 – Layout del capannone 5 sede delle attività, posizionamento dei fogli plastici in PVC e punti di campionamento della concentrazione di ammoniaca.

Tabella 11 – Caratteristiche chimico-fisiche della pollina escreta fresca

Parametro		Zona abbeveratoi	Zona alimentatori	Zona centrale
pH	*[-]*	**6.67**	**6.85**	**7.18**
ST	*[g/kg tq]*	**391.6**	**415.7**	**396.4**
	[%tq]	*39.16*	*41.57*	*39.64*
SV	*[g/kg tq]*	**295.5**	**300.0**	**285.2**
	[%ST]	*75.44*	*72.16*	*71.94*
NTK	*[mg/kg tq]*	**20428**	**24190**	**20340**
	[%ST]	*5.22*	*5.82*	*5.13*
N-NH4+	*[mg/kg tq]*	**1731**	**2375**	**2319**
	[%NTK]	*8.47*	*9.82*	*11.40*

In tabella 12 si riportano le quantità di pollina escreta dalle ovaiole, per m^2 e per giorno, relativamente alle 3 diverse zone stabulative, valori determinati mediante pesata della pollina deposta sui fogli plastici. Grazie al peso ed alle caratteristiche analitiche della pollina, è stato possibile ricavare il bilancio di massa per i Solidi Totali ed azoto escreto dalle ovaiole sempre per m^2 e per giorno.

Tabella 12 – Pollina escreta, solidi totali ed azoto escreto dalle ovaiole per m^2 per giorno e variabilità della deposizione per zona stabulativa.

Zona	Tempo dal posizionamento sheet	pollina escreta per m^2/giorno	Deposizione in peso rispetto al valore medio	ST prodotto per m^2/giorno	N prodotto per m^2/giorno	Deposizione ST rispetto al valore medio	Deposizione N rispetto al valore medio
	[h]	[g]	[%]	[g]	[g]	[%]	[%]
Zona Alimentatori	191	1013	162%	421	24	166%	175%
Zona centrale	191	720	115%	286	15	113%	105%
Zona Abbeveratoi	191	139	22%	55	3	21%	20%
	media	*624*		*254*	*14*		

Nella zona di alimentazione la pollina deposta è risultata essere 1,62 volte rispetto al valore medio, al contrario nella zona degli abbeveratoi viene escreta solo il 22% della pollina. Similari sono i risultati per gli ST ed N.

La pollina a fine ciclo (15 marzo 2021 dopo la rimozione delle ovaiole) è stata campionata anch'essa nelle differenti zone e sottoposta alle medesime analisi chimiche della pollina appena deposta per valutare e quantificare sia le perdite di umidità che di azoto avvenute durante i mesi di stoccaggio sotto i posatoi. In tabella 13 si riportano le caratteristiche medie della pollina a fine ciclo e di quella campionata nelle diverse aree.

Tabella 13 – Caratteristiche chimico-fisiche della pollina a fine ciclo

Parametro		Zona abbeveratoi	Zona alimentatori	Zona centrale	Media Ricovero
pH	*[-]*	**8.52**	**8.59**	**8.76**	**8.6**
ST	*[g/kg tq]*	**594.10**	**603.66**	**567.35**	**588.37**
	[%tq]	*59.41*	*60.37*	*56.74*	*58.84*
SV	*[g/kg tq]*	**338.63**	**365.09**	**325.51**	**343.1**
	[%ST]	*57.00*	*60.48*	*57.37*	*58.28*
NTK	*[mg/kg tq]*	**17340**	**27440**	**16930**	**20570**
	[%ST]	*2.92*	*4.55*	*2.98*	*3.48*
N-NH4+	*[mg/kg tq]*	**3371**	**4638**	**4166**	**4058**
	[%NTK]	*19.44*	*16.90*	*24.61*	*20.32*

Rispetto alla pollina escreta, quella a fine ciclo ha mostrato un incremento medio di pH pari al 25%. Il sistema di allevamento da un lato ha permesso di ottenere una pollina maggiormente secca (+46%, passando da un tenore medio di secco del 40% di quella escreta al 59% di quella a fine ciclo); tuttavia il tenore di sostanza organica (SV rapportati ai Solidi Totali) è sceso dal 73,2% al 58,3% (-20%) e l'azoto (NTK rapportato anch'esso al contenuto di Solidi Totali) si è ridotto dal 5,39% al 3,48% (-35%).

In occasione del monitoraggio, l'impatto odorigeno è stato valutato prelevando campioni di aria dal flusso estratto sul fondo dal capannone e dall'aria pulita in ingresso dalle finestre sul fronte (aria ambientale di fondo). I risultati, riportati in figura 40, evidenziano un incremento di concentrazione di odore non problematico essendo 80 unità odorimetriche europee per m^3 un valore che viene riconosciuto dalla maggior parte delle linee guida regionali sugli odori, come la soglia al di sotto della quale una sorgente odorigena può essere considerata poco significativa e può essere trascurata nella modellizzazione di ricaduta degli odori.

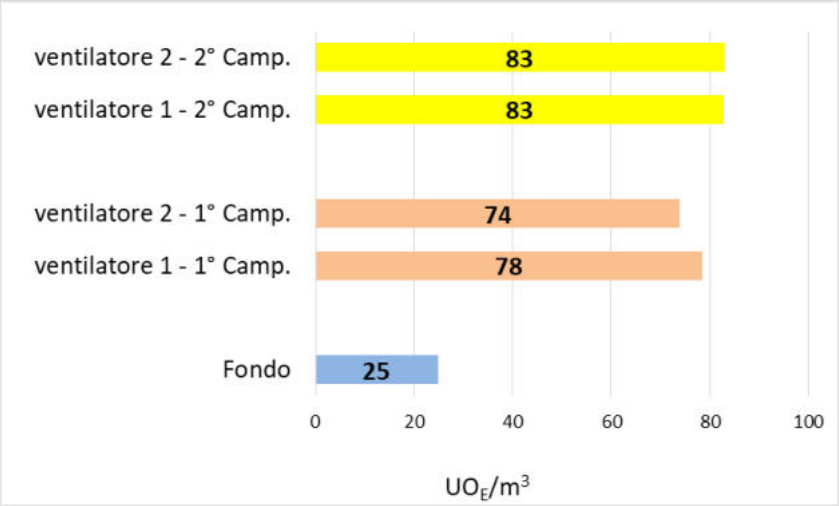


Figura 40 – *Concentrazione di odore (espressa in unità odorimetriche europee per m^3) rilevate sul flusso d'aria in uscita dal ricovero e nelle aree circostanti l'allevamento.*

Oltre alla valutazione delle caratteristiche della pollina, il piano ha previsto un ciclo di monitoraggio delle emissioni di ammoniaca dal ricovero, rilevando la concentrazione di ammoniaca nel flusso d'aria in uscita, le portate di ventilazione e le temperature interne al ricovero (tabella 14).

Tabella 14 – Parametri ambientali interni al ricovero e ventilazione

	Temp [°C]	RH [%]	m^3/capo/h
media	17.4	47.2	2.4
minimo	14.9	29.3	0.0
massimo	21.9	59.7	5.2
Dev.ST	1.7	7.0	0.7

Il fattore emissivo riferito al capo per anno è risultato pari a 0.345 kgNH_3/capo/anno.

AZIONE 6 – Emissioni dallo spandimento agronomico della pollina

Per completare il bilancio delle diverse fasi emissive: ricovero, stoccaggio e spandimento sono state effettuate campagne di misura delle emissioni di ammoniaca dalla fase di utilizzazione agronomica delle diverse tipologie di pollina estratta dai sistemi di stabulazione monitorati.

Sono state confrontate 3 diverse matrici:

- pollina da voliera con alimentazione standard (voliera 64);
- pollina da voliera + MDS con alimentazione standard (voliera 64 + MDS);
- pollina da voliera con integratore alimentare (voliera 61).

Le misure di emissione sono state effettuate in due diversi periodi stagionali, estate e autunno, nel primo caso su stoppie di frumento e nel secondo caso su un medicaio a fine vita.

La distribuzione è stata effettuata manualmente simulando uno spandimento a tutto campo e la misura delle emissioni di ammoniaca è stata protratta per 72 h dopo l'applicazione, tempo oltre il quale le emissioni si riducono a livelli molto bassi e oltre il quale, nelle usuali pratiche di campagna, il materiale è di norma già stato sottoposto a incorporazione nel terreno.

Prima delle attività di spandimento, le matrici sono state caratterizzate dal punto di vista chimico fisico (pH, ST, NTK e N-NH_4^+), al fine di determinare dose corretta da distribuire in relazione al tenore di azoto, avendo come obiettivo l'applicazione di 340 kgN/ha (*tabella 15* per la prova estiva e *tabella 16* per la prova autunnale).

Tabella 15 – Caratteristiche analitiche della pollina per le tre tesi utilizzate nella prova estiva di distribuzione agronomica

Parametro	Unità	Voliera 64	Voliera 61 (additivo)	Voliera 64 +MDS
pH	*[-]*	**7.73**	**7.6**	**6.9**
ST	*[g/kg tq]*	**315.45**	**289.4**	**815.6**
	[%tq]	*31.55*	*28.94*	*81.56*
SV	*[g/kg tq]*	**216.47**	**204.07**	**603.4**
	[%ST]	*68.62*	*70.51*	*73.98*
NTK	*[mg/kg tq]*	**21390**	**20330**	**34177**
	[%ST]	*6.78*	*7.02*	*4.27*
N-NH4+	*[mg/kg tq]*	**6700**	**6793**	**2154**
	[%NTK]	*31.32*	*33.41*	*6.18*

Tabella 16 – Caratteristiche analitiche della pollina per le tre tesi utilizzate nella prova autunnale di distribuzione agronomica

Parametro	Unità	Voliera 64	Voliera 61 (additivo)	Voliera 64 +MDS
pH	*[-]*	**6.5**	**6.45**	**7.24**
ST	*[g/kg tq]*	**346.28**	**318.91**	**744.59**
	[%tq]	*34.63*	*31.89*	*74.46*
SV	*[g/kg tq]*	**251.66**	**224.59**	**537.76**
	[%ST]	*72.68*	*70.42*	*72.22*
NTK	*[mg/kg tq]*	**14750**	**13740**	**41050**
	[%ST]	*4.26*	*4.31*	*5.51*
N-NH4+	*[mg/kg tq]*	**1573**	**1275**	**3027**
	[%NTK]	*10.66*	*9.28*	*7.37*

Immediatamente dopo la distribuzione sono state installate le attrezzature per determinare le emissioni gassose dal suolo.

Per la misura delle emissioni di ammoniaca dalle superfici di distribuzione degli effluenti zootecnici è stata impiegata una tecnica validata in numerose esperienze a livello internazionale: quella del "tunnel a vento" (Lockyer, 1984; Ryden & Lockyer, 1985). Il "tunnel a vento" è un sistema sviluppato per rilevare emissioni di ammoniaca dal suolo in quanto non è possibile misurare le emissioni di tale gas con le camere di saturazione poiché alterano la diffusione del gas dal comparto suolo a quello aria. Il tunnel a vento è costituito da una mini-serra, da appoggiare sulla superficie emittente (terreno), connessa a una tubazione in cui alloggia il ventilatore, che consente di forzare ed estrarre dalla mini-serra un flusso d'aria da cui viene poi prelevata un'aliquota da analizzare. Il principio di funzionamento del dispositivo è quello di creare, sulla superficie di emissione, un flusso d'aria a velocità controllata e nota, e di campionare l'aria in ingresso e in uscita dal tunnel, per determinare in essa la concentrazione di ammoniaca. Rispetto ad altri campionatori a camera di volatilizzazione completamente chiusa, il tunnel offre il vantaggio di alterare il meno possibile le condizioni microclimatiche normalmente incontrate in campo.

I campioni di atmosfera da analizzare vengono prelevati, in continuo, all'ingresso e all'uscita di ciascun tunnel e fatti gorgogliare in una soluzione di acido solforico per fissare l'ammoniaca in essi contenuta che viene successivamente quantificata mediante una titolazione in laboratorio.

Le emissioni di ammoniaca sono state rilevate nei 7 giorni successivi allo spandimento, con maggiore frequenza di analisi nelle prime 48 ore. In *figura 41* e *figura 42* si riporta l'andamento temporale delle emissioni cumulate su tutto il periodo di monitoraggio, espresse come azoto ammoniacale perso rispetto all'azoto totale applicato.

In tutte e due le prove si osservano emissioni complessive abbastanza simili per le polline non essiccate (Voliera 61 e Voliera 64), molto inferiori, soprattutto nella prova estiva, per quelle essiccate (MDS).

Nella prova estiva (Temperatura: minima 18,8°C; massima 33,9°C; media 25,8°C) le emissioni dopo le prime due giornate si riducono quasi a zero, mentre nella prova autunnale, pur mostrando livelli emissivi complessivamente inferiori, tendono a proseguire anche nelle ultime giornate di misura, almeno nel caso delle polline in uscita dalle voliere, che sono caratterizzate da un più basso tenore di sostanza secca. Le minori emissioni complessive della prova autunnale (range 3-7% dell'azoto totale applicato vs 4-17%) sono presumibilmente da attribuirsi alle basse temperature che si sono registrate nel periodo di misura (Temperatura: minima 3,2°C; massima 16,7°C; media 10,5°C), mentre il perdurare delle emissioni anche dopo la seconda giornata dalla distribuzione è probabilmente dovuto alla elevata umidità ambientale, che non ha consentito una progressiva essiccazione della pollina distribuita, cosa che invece è avvenuta nella prova estiva.

Inoltre le caratteristiche analitiche delle polline utilizzate nella prova autunnale mostrano valori di azoto ammoniacale (tabella 17), soprattutto per le polline non essiccate, significativamente inferiori rispetto alla prova estiva e questo può avere portato a minori emissioni ammoniacali complessive.

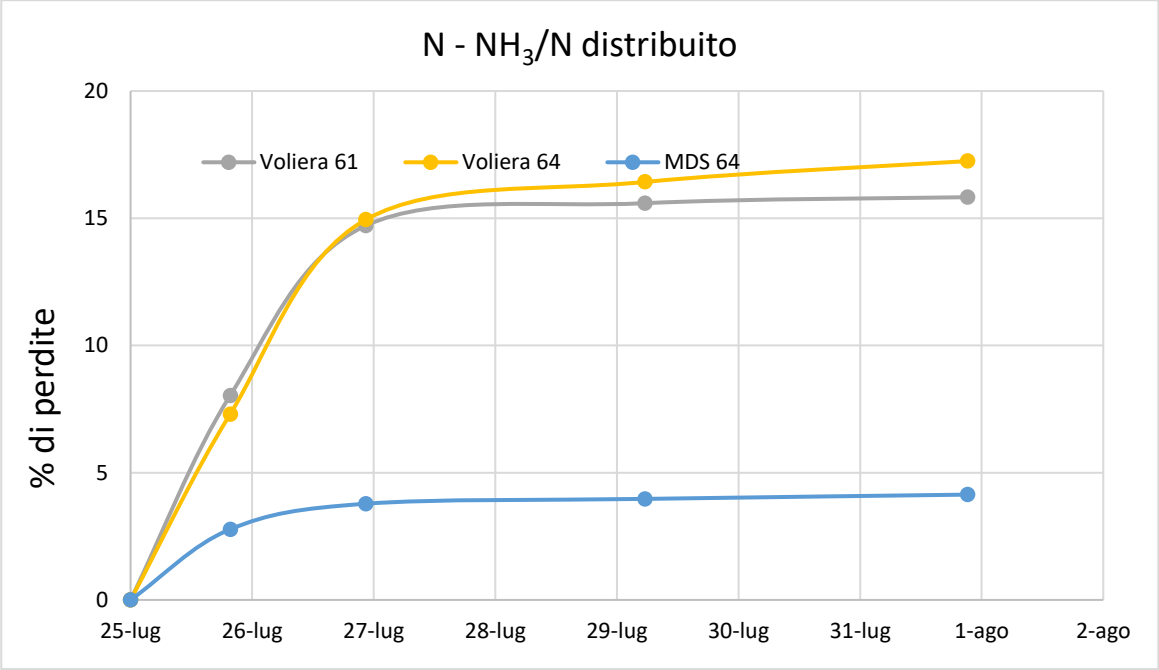


Figura 41 – Prova estiva - Emissioni ammoniacali cumulate espresse come % di N ammoniacale perso rispetto alla dose di N applicata per ettaro.

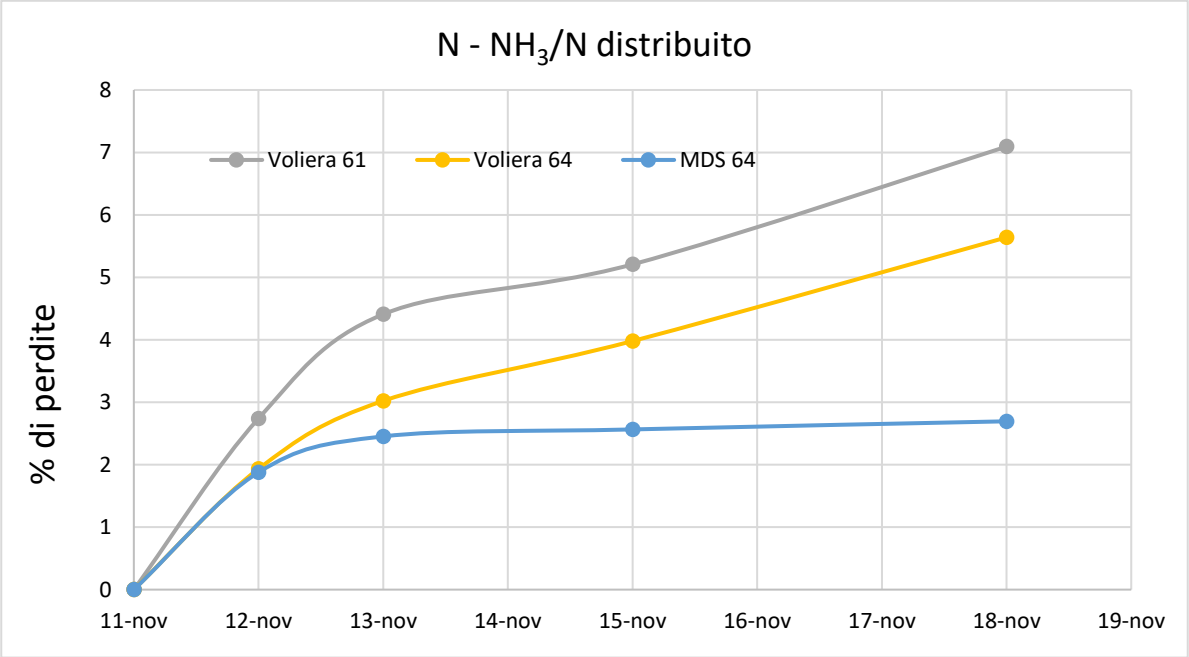


Figura 42 – Prova autunnale - Emissioni ammoniacali cumulate espresse come % di N ammoniacale perso rispetto alla dose di N applicata per ettaro.

In tabella 17 vengono sintetizzate dosi e caratteristiche della pollina distribuita ed emissioni di ammoniaca in seguito allo spandimento delle diverse matrici.

Tabella 17 – *Dosi e caratteristiche della pollina distribuita ed emissioni di ammoniaca in seguito allo spandimento delle diverse matrici (espresse come % N applicato).*

Epoca distri-buzione	Tipo di pollina distribuita	Quantità	Dose N	TAN	kg N-NH_3/kg N distribuito
		[t/ha]	[kg N/ha]	[%TKN]	[%]
Estiva	**Voliera 61**	1.63	331	33%	15.8
	Voliera 64	1.55	332	31%	17.2
	MDS	0.98	335	6%	4.1
Autunnale	**Voliera 61**	2.46	337	9%	7.1
	Voliera 64	2.37	349	11%	5.6
	MDS	0.87	355	7%	2.7

In *figura 43* vengono mostrate le emissioni ammoniacali complessive a seguito della distribuzione agronomica della pollina per le tre diverse tipologie e per i due diversi periodi stagionali

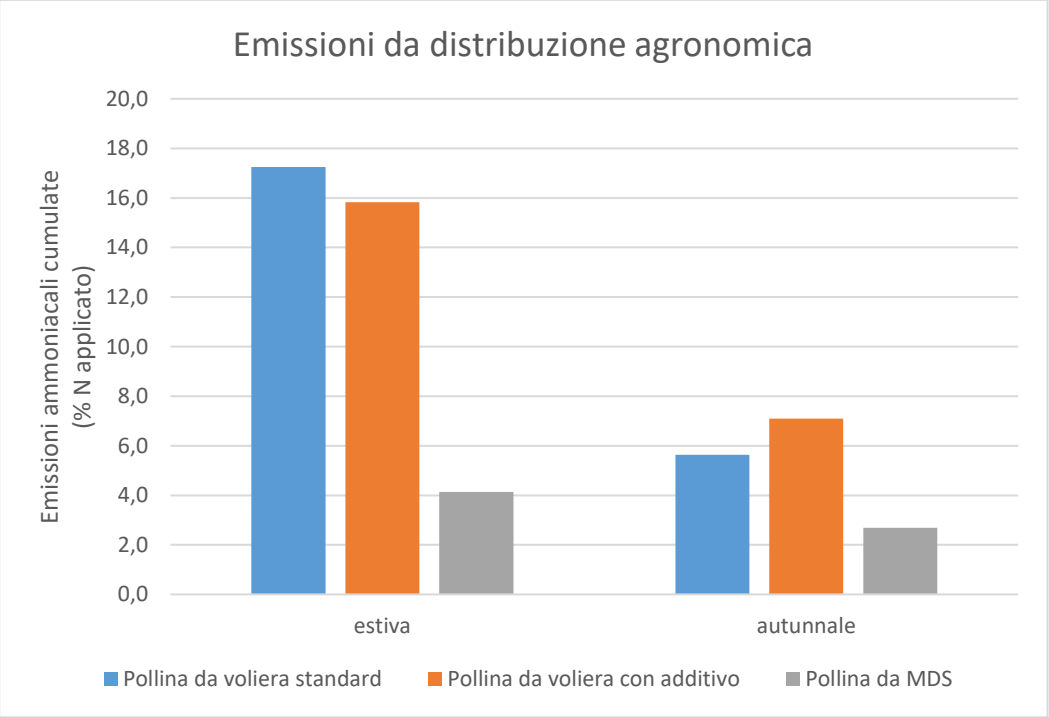


Figura 43 – Emissioni ammoniacali complessive a seguito della distribuzione agronomica della pollina per le tre diverse tipologie e per i due diversi periodi stagionali.

Sia nella prova estiva che in quella autunnale le emissioni dalla pollina essiccata con MDS sono risultate inferiori rispetto a quelle non essiccate. Questa riduzione è stata molto più marcata nella prova estiva (-76%), ma comunque significativa anche in quella autunnale (-52%). L'utilizzo dell'additivo alimentare non sembra avere avuto un chiaro effetto nella riduzione delle emissioni in fase di spandimento, che sono risultate leggermente incrementate (+26%) nella prova autunnale e leggermente ridotte (-8%) nella prova estiva rispetto alla pollina proveniente dalla voliera standard.

Nelle foto alcune immagini delle prove di distribuzione agronomica della pollina nella prova estiva e nella prova invernale.

Rilievi estivi sulle stoppie di frumento

Rilievi autunnali sul medicaio a fine vita: pollina umida da voliera (sinistra) e pollina secca da MDS (destra)

AZIONE 7 – Valutazione integrata della riduzione delle emissioni di tutta la filiera

Sulla base dei risultati delle diverse campagne di monitoraggio sono state quantificate le emissioni di ammoniaca del complesso delle fasi emissive: ricovero, stoccaggio e spandimento per le diverse tipologie considerate. Per una corretta valutazione dei livelli emissivi associati alla tecnica occorre infatti un approccio integrato per evitare di sottovalutare possibili trasferimenti dell'impatto da una fase all'altra.

Le stime sono state riferite al posto animale presente in allevamento, tenendo conto della presenza media, dei tempi medi di stoccaggio, del materiale in cumulo, delle superfici esposte.

Le emissioni dalla stabulazione sono state quantificate nella Azione 2 e Azione 3. Le misure effettuate sui ventilatori all'interno dei ricoveri hanno permesso di monitorare i livelli emissivi dalla stabulazione in sistemi a voliera (voliera standard, voliera con additivo alimentare e voliera innovativa) mentre le misure a valle del tunnel di essiccazione MDS hanno permesso di quantificare il contributo aggiuntivo di questo sistema di trattamento. I risultati sono stati espressi come fattori di emissione riferiti al capo, in kg NH_3/capo/anno.

I risultati della Azione 4 hanno permesso di quantificare le emissioni dalla fase di stoccaggio di polline caratterizzate da diversi tenori in sostanza secca, quali sono quelle in uscita dalle voliere o dal sistema MDS. Nelle prove effettuate sono state determinate curve di correlazione fra la emissività e il tenore di sostanza secca della pollina, espresse in kg di azoto ammoniacale perso per m^2 di superficie emissiva. Tenendo conto della produzione media di pollina di una gallina (dato ricavato da precedenti progetti, in kg di ST/capo/anno), del tenore di ST e della densità della pollina, del tempo di stoccaggio (nel periodo estivo si sono considerati i 90 giorni richiesti dalla normativa, nel periodo invernale si è considerato che il materiale resti in cumulo per 120 giorni) si sono stimate le superfici emissive mediamente presenti per un cumulo di stoccaggio, considerando un allevamento tipo da 40000 ovaiole. Su questa ipotesi si sono stimate le emissioni dalla fase di stoccaggio per 3 diverse tipologie di pollina: quella in uscita da voliera standard, quella in uscita da voliera innovativa e quella in uscita da voliera standard+MDS. Non sì è ritenuto utile fare un bilancio separato nel caso dell'utilizzo dell'additivo alimentare in quanto le emissioni dal ricovero e il tenore di sostanza secca della pollina non hanno mostrato differenze significative rispetto alla voliera standard.

Nella azione 6 sono state quantificate le emissioni a seguito della distribuzione agronomica della pollina umida da voliera standard, voliera con additivo alimentare e pollina essiccata con sistema MDS. Le emissioni sono state espresse come perdite di azoto ammoniacale rapportato all'azoto totale distribuito. Considerando un valore di escrezione standard per le ovaiole, tratto dalle tabelle del DM effluenti, pari a 0.657 kgN/capo/anno, e considerando le perdite di azoto ammoniacale misurate per la fase di stabulazione e la fase di stoccaggio della pollina, si sono determinati i valori di azoto al campo per le tre tipologie di pollina considerate: da voliera standard, da voliera standard + MDS, da voliera innovativa. Le emissioni in fase di distribuzione agronomica per la voliera innovativa sono state equiparate a quelle della voliera standard, considerato che le caratteristiche analitiche delle polline sono risultate del tutto comparabili. I risultati delle prove di distribuzione hanno permesso di quantificare le emissioni ammoniacali da questa fase, espresse in % rispetto all'azoto applicato.

E' così possibile, sommando i contributi delle diverse fasi emissive, arrivare a un bilancio complessivo delle emissioni per la tipologia di gestione voliera standard senza MDS, voliera standard con MDS e voliera innovativa senza MDS.

In *tabella 18* vengono riportati i parametri di calcolo.

Tabella 18 – Parametri per il calcolo del bilancio complessivo delle emissioni dai diversi sistemi studiati

Parametri	Voliera standard	Voliera + MDS	Voliera innovativa
n° capi	40000	40000	40000
produzione pollina in sostanza secca (g ST/capo/d)	29	29	29
produzione N da decreto (kgN/capo/a)	0.586	0.586	0.657
tenore ST pollina in uscita dal ricovero (%)	36%	82%	34%
tenore ST pollina a metà stoccaggio (%)	52%	86%	51%
produzione pollina tq (g/capo/d)	81.2	35.5	86.1
produzione pollina tq da DM effluenti (g/capo/d)	49.3	38.4	49.3
tempo di stoccaggio estate (giorni)	90	90	90
tempo di stoccaggio inverno (giorni)	120	120	120
cumulo in stoccaggio voliera estate (t)	292	128	310
cumulo in stoccaggio voliera inverno (t)	390	171	413
h stoccaggio (m)	3	3	3
densità pollina (t/m3)	0.6	0.3	0.6
cumulo in stoccaggio estate (m3)	487	426	516
cumulo in stoccaggio inverno (m3)	650	569	688
superficie totale cumulo estate (m2)*	239	214	251
superficie totale cumulo inverno (m2)*	293	261	308
emissività iniziale (mg NH3/m2/h)	1243	178	1317
emissività finale (mg NH3/m2/h)	753	107	786
emissione cumulo (kgNH3/anno)	2013	257	2219
emissione cumulo (kgNH3/capo/anno)	0.050	0.006	0.055
emissione ricovero (kgNH3/capo/a)	**0.116****	**0.101**	**0.051**
emissione MDS (kgNH3/capo/a)		**0.025**	
emissione stoccaggio (kgNH3/capo/a)	**0.050**	**0.006**	**0.055**
N al campo	0.449	0.476	0.498
emissioni spandimento (N-NH3/N applicato)	0.11	0.034	0.11
emissioni spandimento (kgNH3/capo/a)	**0.060**	**0.020**	**0.067**
Emissioni totali (kgNH3/capo/a)	**0.226**	**0.153**	**0.173**

* Per semplicità si è considerato un cumulo a forma di cubo con tre facce emissive.

**Nel calcolo di bilancio le emissioni da voliera senza tunnel di essiccazione sono state desunte dai risultati di un precedente progetto, in quanto senza il sistema MDS la frequenza di rimozione della pollina risulta inferiore e le emissioni leggermente superiori

In *figura 44* vengono illustrati i risultati di bilancio delle diverse fasi emissive.

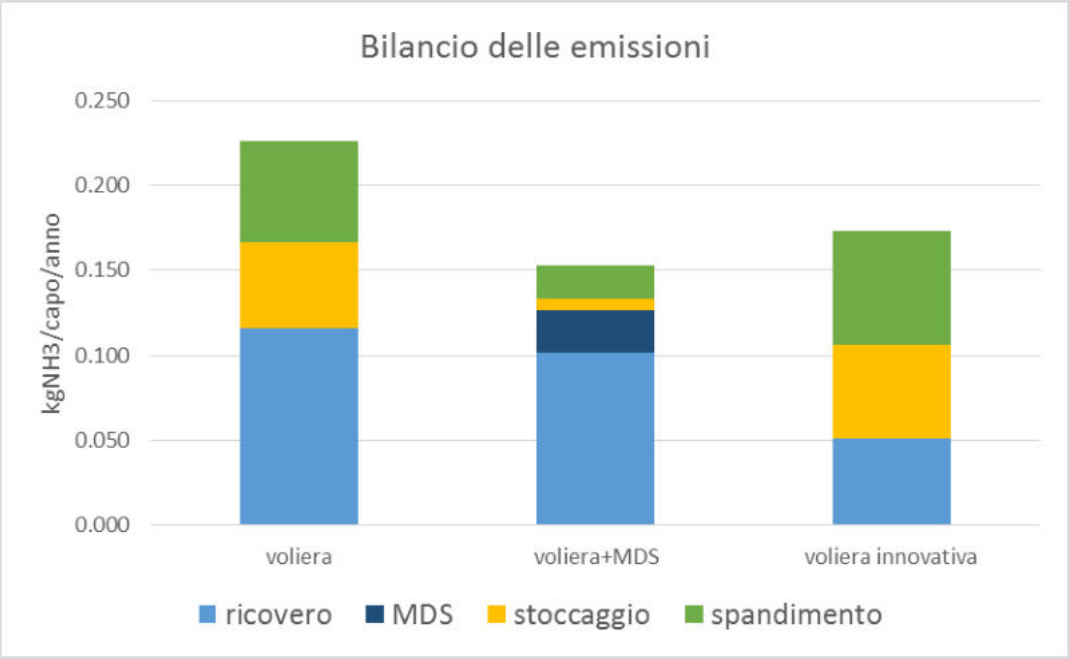


Figura 44 – Bilancio complessivo delle emissioni per le fasi di stabulazione, stoccaggio e distribuzione agronomica della pollina per i tre sistemi studiati

Si osserva che nel caso della voliera standard le emissioni sono prevalenti nella fase di stabulazione ma vi è anche un contributo importante nella fase di stoccaggio, in quanto la pollina ancora umida è emissiva. La situazione è molto diversa nel caso del sistema voliera+MDS nel quale le emissioni dalla stabulazione risultano leggermente incrementate a causa del contributo aggiuntivo del tunnel di essiccazione, ma le fasi di stoccaggio e distribuzione agronomica aggiungono molto poco al budget emissivo, grazie al tenore di sostanza secca molto alto della pollina in uscita dal tunnel MDS. Complessivamente la riduzione delle emissioni ammoniacali rispetto alla voliera standard è del 33%.

Nel caso della voliera innovativa, che nel corso del progetto non era stata ancora attrezzata con il sistema MDS, le emissioni dalla fase di stabulazione sono risultate nettamente inferiori rispetto alla voliera standard (-56%). Questo fa sì che arrivi una maggiore quantità di azoto alla fase di stoccaggio, che risulta così un po' più emissiva, anche se il tenore di sostanza secca della pollina è stato del tutto simile. Lo stesso avviene in fase di distribuzione agronomica. Complessivamente, comunque, le emissioni da tutta la filiera della voliera innovativa risultano significativamente inferiori rispetto alla voliera standard (-24%).

CONCLUSIONI

L'abbinamento di sistemi di essiccazione, quali il tunnel esterno di essiccazione, al sistema di stabulazione a voliera permette una rapida, uniforme ed efficace disidratazione della pollina anche nelle stagioni fredde, con polline in uscita dal processo di essiccazione caratterizzate da un tenore di secco mediamente pari all'82% e sempre superiori al 75%.
Le emissioni all'interno del ricovero vengono così ridotte, grazie alla frequente rimozione della pollina, che generalmente avviene 3 volte alla settimana.
Le polline disidratate mostrano una ridotta potenzialità emissiva, azzerata per le emissioni di metano, rispetto alle polline tal quali. Una pollina stabilizzata è meno soggetta ai processi di trasformazione della sostanza organica e di mineralizzazione dell'azoto organico in ammoniacale, che possono generare emissioni di ammoniaca e gas serra dalle successive fasi di stoccaggio e utilizzazione agronomica.
Il tunnel esterno abbinato ai sistemi a voliera risulta un sistema di trattamento economicamente sostenibile, in quanto sfrutta un flusso di aria calda che necessariamente deve essere estratto dal ricovero e disponibile anche nei mesi invernali.

L'introduzione di innovazioni costruttive, impiantistiche e tecnologiche nei sistemi di allevamento a voliera per le ovaiole contribuisce a ridurre i fattori emissivi di ammoniaca e GHG annui per capo allevato.

I sistemi a voliera innovativi oggetto delle attività condotte in GasFreeHens, caratterizzati da un fattore emissivo mediamente pari a 0,051 kg NH_3/posto animale/anno, hanno evidenziato un buon posizionamento in riferimento alla BAT-AEL (contenute nelle BAT Conclusions, Bref 2017), le quali considerano per i sistemi alternativi alle gabbie per galline ovaiole il range 0,02 – 0,13 kg NH_3/posto animale/anno.

Il bilancio complessivo delle emissioni ammoniacali dalle fasi di stabulazione, stoccaggio e distribuzione agronomica della pollina ha mostrato che l'abbinamento del tunnel di essiccazione alla voliera, grazie all'elevato tenore di sostanza secca della pollina ottenuta, è in grado di ridurre le emissioni di circa il 33% rispetto alla voliera standard, un beneficio che si ottiene soprattutto nello stoccaggio e nella distribuzione agronomica, mentre la voliera innovativa ha ridotto il complesso delle emissioni di circa il 24%, grazie alla maggiore efficienza del condizionamento ambientale del ricovero, che porta a un fattore di emissione della fase di stabulazione nettamente inferiore alla voliera standard.