

**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 5015565**

**DOMANDA DI PAGAMENTO 5144338**

**FOCUS AREA: 5D**

Titolo Piano	<b>Ammonia Washing Machine - Prototipo per ridurre le emissioni di ammoniacca dai ricoveri suini con recupero a fini fertilizzanti</b>
Ragione sociale del proponente (soggetto mandatario)	<b>Centro Ricerche Produzioni Animali – C.R.P.A. SpA</b>
Elenco partner del Gruppo Operativo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Società Agricola S. Anna s.r.l.</b></li> <li>• <b>Società Agricola Colombaro</b></li> <li>• <b>ASSER – Organizzazione dei Suinicoltori dell'Emilia Romagna</b></li> </ul>

Durata originariamente prevista del progetto (in mesi)	30
Data inizio attività	1/10/2017
Data termine attività (incluse eventuali proroghe già concesse)	27/09/2020

Relazione relativa al periodo di attività dal	1/06/2019	Al 27/09/2020
Data rilascio relazione	25/11/2020	

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

## Sommario

### Sommario

<b>1</b>	<b>- Descrizione dello stato di avanzamento del Piano .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1</b>	<b>Stato di avanzamento delle azioni previste nel Piano .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>- Descrizione per singola azione.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1</b>	<b>Attività e risultati.....</b>	<b>5</b>
<b>2.2</b>	<b>Personale .....</b>	<b>12</b>
<b>2.3</b>	<b>Trasferte .....</b>	<b>15</b>
<b>2.4</b>	<b>Materiale consumabile.....</b>	<b>17</b>
<b>2.5</b>	<b>Spese per materiale durevole e attrezzature.....</b>	<b>17</b>
<b>2.7</b>	<b>Attività di formazione.....</b>	<b>17</b>
<b>2.8</b>	<b>Collaborazioni, consulenze, altri servizi.....</b>	<b>18</b>
<b>3</b>	<b>- Criticità incontrate durante la realizzazione dell'attività.....</b>	<b>19</b>
<b>4</b>	<b>- Altre informazioni .....</b>	<b>19</b>
<b>5</b>	<b>- Considerazioni finali.....</b>	<b>20</b>
<b>6</b>	<b>- Relazione tecnica.....</b>	<b>20</b>

# 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.*

Il Piano d'innovazione "Prototipo per ridurre le emissioni di ammoniaca dai ricoveri suini con recupero a fini fertilizzanti – AMMONIA WASHING MACHINE" si è concluso a fine settembre 2020, con esposizione al convegno finale dei risultati e delle attività svolte. Il Gruppo Operativo si era costituito in forma di ATS in data 27/09/2017. In data 16/12/2019 è stata richiesta una proroga di 180 giorni alle attività, in seguito approvata e concessa con Atto amministrativo della Giunta Regionale Num. 101 del 08/01/2020. La proroga è stata richiesta in quanto, al momento del trasferimento del prototipo dal primo allevamento partner (Colombaro) al secondo (Sant'Anna), si è danneggiato e gli interventi di riparazione resesi necessari hanno ritardato l'installazione presso Sant'Anna.

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 stati i punti di forza del partenariato. A dimostrazione di questo sono le parole pronunciate dagli imprenditori e portatori di interesse (quali ASSER) durante il convegno finale e l'intenzione di continuare a collaborare.

Il 2018 ha visto le attività di rilievo e raccolta dati finalizzate alla progettazione e realizzazione del prototipo da parte della ditta incaricata della costruzione, supportata nella progettazione da CRPA.

Durante il 2019, l'impianto è stato operativo presso l'allevamento suinicolo Società Agricola Colombaro con sede a Formigine in provincia di Modena, dove si è provveduto a testarne il funzionamento e l'efficienza in diverse stagioni climatiche e in differenti situazioni di ventilazione delle sale.

A fine 2019 l'impianto pilota è stato trasferito presso l'allevamento suinicolo Società Agricola Sant'Anna, sempre con sede a Formigine, e qui riattivato dal mese di febbraio 2020 su una sala che ha ospitato sia suini in fase di magronaggio che in fase di ingrasso.

L'efficacia del prototipo nel rimuovere l'ammoniaca dall'aria, e di conseguenza ridurre le emissioni verso l'ambiente, è stata valutata monitorando la concentrazione di ammoniaca nel flusso d'aria prelevato dalle sale prima e dopo il lavaggio e la portata di aria trattata. L'ammoniaca rimossa è stata recuperata in una soluzione di solfato d'ammonio e l'azoto recuperato è stato anche quantificato pesando e caratterizzando analiticamente la soluzione di solfato d'ammonio prodotta.

Attività del GOI è stato, anche, quello di valutare se e quanto il trattamento potesse migliorare la qualità dell'aria all'interno delle porcilaie. Le concentrazioni di odore, ammoniaca e altri gas (quali l'anidride carbonica, metano e protossido d'azoto) sono state misurate all'interno della sala trattata e contemporaneamente in una sala controllo confinante, pressoché identica ed avente lo stesso numero e peso di suini.

Il prototipo, oltre che ridurre le emissioni ammoniacali, ha conseguito un secondo importante risultato in un'ottica di economia circolare: convertire le emissioni ammoniacali in una risorsa fertilizzante quale la soluzione liquida di solfato d'ammonio  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . L'ammoniaca rimossa dall'aria delle sale è stata infatti recuperata con produzione di una soluzione di solfato d'ammonio. Il buon tenore in azoto (3,5%), di cui il 99% presente in forma minerale, e il ridotto contenuto di solidi sono caratteristiche che rendono la soluzione prodotta una buona matrice azotata a fini fertilizzanti.

Il Piano ha indagato, inoltre, una seconda opportunità di valorizzazione della soluzione di solfato d'ammonio prodotta dal trattamento: la miscelazione con la frazione solida del liquame dopo separazione solido liquido mediante centrifuga. Lo scopo di tale operazione è duplice: primo, sfruttare il pH ancora acido della soluzione (pH 3) per salificare parte dell'azoto ammoniacale presente nel solido, limitando le emissioni di ammoniaca; secondo, aumentare il contenuto di azoto della frazione solida incrementandone le proprietà fertilizzanti. Le attività, iniziate a fine 2019 e terminate a luglio 2020 presso Sant'Anna, hanno monitorato le emissioni di ammoniaca e gas serra dalla fase di stoccaggio del solido separato additivato con la soluzione prodotta rispetto a quello non additivato.

Nel corso della durata del Piano numerose sono state le attività di disseminazione del GOI, le quali hanno originato variegati prodotti divulgativi quali: blog, video, social, cartacei e digitali. Tra i prodotti divulgativi più significativi si riporta: il video dell'emittente televisiva TRC Modena e Bologna che nei soli mesi di settembre ed ottobre ha avuto oltre 600 visualizzazioni tra il canale youtube CRPA e TRC "A cielo aperto"; il sito web dedicato al progetto con 529 diversi utenti registrati nell'ultimo anno, 3 articoli tecnico scientifici, il convegno finale di progetto e visita guidata virtuale.

Non previsto nel Piano, ma di importanza disseminativa a livello europeo, è stata la pubblicazione dell'abstract inerente alle attività del GO, dal titolo "*Ammonia emissions, from a problem to a fertilizer resource*" sugli atti del Convegno ManuREsource 2019 e la scelta dell'abstract ad essere presentato come *oral presentation* al ManuREsource (Hasselt – Belgio, 27-29 novembre 2019), un convegno scientifico internazionale che ha luogo ogni due anni.

## 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 Esercizio della Cooperazione	C.R.P.A. SPA e ASSER	COOPERAZIONE	1	1	30	
Azione 1	C.R.P.A. SPA, Soc. Agr. S. Anna, Soc. Agr. Colombaro	Realizzazione del sistema di trattamento prototipale Ammonia Washing Machine	1	1	3	15
Azione 2	C.R.P.A. SPA, Soc. Agr. S. Anna, Soc. Agr. Colombaro,	Monitoraggio dell'efficienza del sistema di trattamento nel ridurre ammoniaca e polveri	4	4	30	36
Azione 3	C.R.P.A. SPA Soc. Agr. S. Anna, Soc. Agr. Colombaro,	Monitoraggio della qualità dell'aria all'interno delle sale per la salute e la sicurezza addetti sul lavoro	4	4	30	36
Azione 4	C.R.P.A. SPA Soc. Agr. S. Anna	Riduzione delle emissioni di ammoniaca e GHG dallo stoccaggio valorizzando la soluzione prodotta dal sistema di trattamento	7	7	30	36
Azione 5	C.R.P.A. SPA, Soc. Agr. S. Anna, Soc. Agr. Colombaro, ASSER	Valutazione costi benefici e potenzialità di sviluppo della tecnologia risultante dal piano	22	16	30	36
Azione Divulgazione	C.R.P.A. SPA, Soc. Agr. S. Anna, Soc. Agr. Colombaro, ASSER	Divulgazione dei risultati del progetto	1	1	30	36

## 2 - Descrizione per singola azione

Compilare una scheda per ciascuna azione

### 2.1 Attività e risultati

<b>Azione</b>	AZIONE ESERCIZIO DELLA COOPERAZIONE
<b>Unità aziendale responsabile</b>	CRPA SpA con la collaborazione di tutto il GO
<b>Descrizione delle attività</b>	<p>Il Gruppo Operativo Ammonia Washing Machine ha confermato alla Regione l'interesse all'attivazione del Piano con lettera Prot. 2215 del 12/09/2017.</p> <p>Il Gruppo Operativo per l'Innovazione si era costituito in forma di ATS con atto notarile n. 13058 del 27/09/2017.</p> <p>Il kick-off meeting del Piano si è tenuto il 6 dicembre 2017 ed il 13 febbraio 2019 si è tenuta una seconda riunione di comitato presso l'azienda Colombaro.</p> <p>In questo secondo periodo di rendicontazione sono state organizzate e realizzate, presso l'azienda Sant'Anna, altre due riunioni di Piano:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>· il 18/11/2019 per pianificare le attività, test e monitoraggi presso Sant'Anna,</li><li>· il 21/08/2020 al termine delle riprese video di TRC per organizzare le attività finali di divulgazione e fornire tutte le informazioni per redigere il rendiconto amministrativo finale.</li></ul> <p>In data 16/12/2019 è stata richiesta una proroga di 180 giorni alle attività, in seguito approvata e concessa con Atto amministrativo della Giunta Regionale Num. 101 del 08/01/2020.</p> <p>Il management staff di CRPA ha incontrato anche singolarmente i vari partner per verificare la corrispondenza delle attività con quelle assegnate e la tempistica di esecuzione.</p> <p>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 supportate dal sistema di gestione della qualità (SGQ) di CRPA, conforme alla norma ISO 9001:2008.</p> <p>Lo strumento utilizzato per gestire l'SGQ in CRPA è il CRM aziendale.</p>
<b>Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate</b>	<p>Con la stesura di questa relazione tecnica finale e la predisposizione del rendiconto, l'attività di esercizio della cooperazione ha raggiunto gli obiettivi prefissati nel Piano.</p> <p>Non si evidenziano criticità.</p>
<b>Attività ancora da realizzare</b>	

<b>Azione</b>	<b>AZIONE 1 – Realizzazione del sistema di trattamento prototipale Ammonia Washing Machine</b>
<b>Unità aziendale responsabile</b>	CRPA SpA con Società Agricola Colombaro e Società Agricola S. Anna
<b>Descrizione delle attività</b>	L'azione risultava già conclusa, come previsto dal Piano, nella precedente relazione sullo stato di avanzamento per il periodo di attività dal 1/10/2017 al 31/05/2019.
<b>Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate</b>	Il prototipo è stato realizzato ed è operativo.
<b>Attività ancora da realizzare</b>	

<b>Azione</b>	<b>AZIONE 2 - Monitoraggio dell'efficienza del sistema di trattamento nel ridurre ammoniacale e polveri</b>
<b>Unità aziendale responsabile</b>	CRPA SpA con Società Agricola Colombaro e Società Agricola S. Anna
<b>Descrizione delle attività</b>	<p>Nel periodo di attività qui relazionato (01/06/2019 – 27/09/2020) sono state portate a termine le due campagne di test e monitoraggio estive presso l'azienda Colombaro, che si sono aggiunte alle 4 già effettuate. Una delle due campagne ha riguardato la sala da ingrasso in condizioni di ventilazione forzata mentre l'altra la sala in condizioni di ventilazione naturale. Con queste campagne sono terminate le attività di campo presso l'azienda Colombaro.</p> <p>La modalità di funzionamento del prototipo presso Colombaro ha previsto l'aspirazione dell'aria dal sottotetto, in prossimità del ventilatore di estrazione, e la successiva re-immissione dell'aria lavata in prossimità delle finestrate.</p> <p>Nell'autunno 2019 sono iniziate le operazioni di disinstallazione e trasferimento dell'impianto pilota presso l'allevamento suinicolo Società Agricola Sant'Anna. Il prototipo è stato riattivato ad inizio febbraio 2020, sino a settembre, su una sala che ha ospitato sia suini in fase di magronaggio (30 - 60 kg) che in fase di ingrasso (60 - 175 kg). Anche presso Sant'Anna sono state condotte campagne di test e monitoraggio dell'efficienza di lavaggio dell'aria: invernali, primaverili ed estive che hanno riguardato le due fasi di ingrasso.</p> <p>Presso Sant'Anna il prototipo è stato installato per aspirare l'aria dalle bocche di lupo (pertanto l'aria presente nel sotto-fessurato) con re-immissione dell'aria lavata in prossimità del ventilatore installato sul tetto.</p> <p>Le diverse modalità di ventilazione presenti a Sant'Anna e Colombaro (ricercate e programmate già in fase di progettazione del Piano) hanno permesso di testare l'efficacia del trattamento in condizioni operative differenti: aspirazione dalla sala ed aspirazione dal sotto-fessurato.</p> <p>In ciascuna campagna sono stati rilevati i seguenti parametri operativi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- consumo di acqua;</li> <li>- consumo di acido solforico;</li> <li>- consumo elettrico;</li> <li>- manodopera per la gestione del sistema di trattamento;</li> <li>- misurazione delle portate d'aria trattate;</li> <li>- produzione di soluzione di acido solforico;</li> <li>- misurazione del pH</li> <li>- valutazione di perdite di efficienza (di trattamento dell'aria) dovute a sporcamento</li> <li>- numero e peso dei suini.</li> </ul> <p>In occasione di ogni campagna si è proceduto al campionamento della soluzione di solfato d'ammonio prodotta ed alla sua caratterizzazione chimico-fisica sia per valutarne una possibile valorizzazione fertilizzante che per determinare la quantità effettiva (mediante bilancio di massa) di azoto ammoniacale catturato (19 campioni con determinazione di pH, ST, SST, NTK, N-ammoniacale, COD).</p> <p>L'efficienza del sistema di trattamento nel lavare l'aria dall'ammoniacale è stata valutata determinando la concentrazione di ammoniacale nel flusso d'aria in uscita dal sistema di trattamento rispetto a quella in ingresso, calcolando la percentuale di abbattimento. La concentrazione di ammoniacale sui flussi IN ed OUT è stata determinata mediante gorgogliamento in soluzione acida per cattura dell'ammoniacale con successiva quantificazione analitica (90 campionamenti ed analisi).</p> <p>La concentrazione di ammoniacale, metano, anidride carbonica e protossido d'azoto all'interno delle sale è stata invece analizzata in continuo in occasione di ciascuna campagna mediante un analizzatore gas fotoacustico IR (Multi Gas Monitor 1412 - INNOVA LUMASENSE).</p>
<b>Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate</b>	<p>In data 16/12/2019 è stata richiesta una proroga di 180 giorni alle attività, in seguito concessa. La proroga è stata richiesta in quanto, al momento del trasferimento del prototipo dal primo allevamento partner (Colombaro) al secondo (Sant'Anna), si è danneggiato e gli interventi di riparazione resesi necessari hanno ritardato l'installazione presso Sant'Anna.</p> <p>Grazie alla proroga, le attività si sono svolte nei tempi e modalità previste senza influire sul grado di raggiungimento degli obiettivi e la significatività dei risultati. Le sessioni di test e monitoraggio sono state condotte con successo. Il</p>

	prototipo ha dimostrato buone efficienze di trattamento, efficacia nel ridurre le emissioni e convertirle in risorsa fertilizzante.
<b>Attività ancora da realizzare</b>	

<b>Azione</b>	<b>Azione 3 – Monitoraggio della qualità dell’aria all’interno delle sale per la salute e sicurezza addetti sul lavoro</b>
<b>Unità aziendale responsabile</b>	CRPA SpA con Società Agricola Colombaro e Società Agricola S. Anna
<b>Descrizione delle attività</b>	<p>Nei periodi invernali o nelle fasi di magronaggio, quando i ricambi d’aria sono mantenuti al minimo per non raffreddare le stanze, le concentrazioni di ammoniaca all’interno delle sale possono divenire elevata. Proprio in questi periodi il sistema di trattamento ha dimostrato la maggior potenzialità nel garantire una qualità dell’aria migliore rispetto alla sala non trattata.</p> <p>Le attività condotte in Azione 3 nel periodo rendicontato hanno permesso di portare a termine la valutazione di quanto il trattamento prototipale di lavaggio potesse migliorare la qualità dell'aria all’interno delle porcilaie.</p> <p>La qualità dell’aria è stata valutata all'interno della sala trattata e contemporaneamente in una sala controllo confinante, pressoché identica ed avente lo stesso numero e peso di suini. Il monitoraggio è stato condotto in diverse condizioni climatiche ed in diverse situazioni operative di funzionamento del prototipo, sia a Colombaro che a Sant’Anna.</p> <p>La qualità dell’aria è stata determinata mediante:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- il rilievo della concentrazione di ammoniaca e gas serra quali metano, anidride carbonica e protossido d’azoto. I gas sono stati rilevati 24/24 h, in occasione di ciascuna campagna di monitoraggio, mediante un analizzatore fotoacustico IR (INNOVA Multi Gas Monitor 1412) collegato ad un campionatore sequenziale multipunto;</li> <li>- rilievo della temperatura e umidità dell’aria all’interno delle sale mediante sensori installati;</li> <li>- campionamento prolungato delle polveri con cattura su filtro e determinazione della concentrazione con metodologia gravimetrica (effettuati 16 campionamenti);</li> <li>- il prelevamento di campioni di aria da sottoporre ad olfattometria dinamica secondo la norma UNI EN 13725:04 (olfattometro TO8 Olfasense) per determinare la concentrazione di odore (condotte 44 analisi).</li> </ul> <p>L’azione è stata integrata dalla compilazione di schede (n. 42) per esprimere, mediante punteggi, un giudizio sulla qualità dell’aria della sala trattata rispetto a quella di controllo.</p>
<b>Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate</b>	<p>La proprietà ed il personale delle aziende del GO, che hanno garantito una gestione identica delle sale (animali, ventilazione, alimentazione), e l’utilizzo del campionatore multipunto, che collegato all’analizzatore INNOVA ha permesso un monitoraggio simultaneo delle due sale, ha reso possibile il raggiungimento degli obiettivi previsti ed il conseguimento di risultati positivi. Non si segnalano criticità.</p> <p>Il numero di parametri monitorati ed i campionamenti condotti sono risultati in linea con quanto preventivato in fase di progettazione del Piano.</p>
<b>Attività ancora da realizzare</b>	



<b>Azione</b>	<b>Azione 4 – Riduzione delle emissioni di ammoniaca e GHG dallo stoccaggio valorizzando la soluzione prodotta dal sistema di trattamento.</b>
<b>Unità aziendale responsabile</b>	CRPA SpA con Società Agricola S. Anna
<b>Descrizione delle attività</b>	<p>Le attività condotte hanno avuto lo scopo di valorizzare la sospensione di solfato d'ammonio spruzzandola sul cumulo di frazione solida prodotta dalla separazione meccanica solido-liquido del liquame suino. Lo scopo di tale operazione era duplice: primo, sfruttare il pH ancora acido della soluzione per salificare parte dell'azoto ammoniacale presente nel solido limitando le emissioni di ammoniaca dalla fase di stoccaggio; secondo, aumentare il contenuto di azoto della frazione solida incrementandone le proprietà fertilizzanti.</p> <p>Dopo aver messo a punto nella prima annualità la tecnica di misura e definita la logistica per misurare le emissioni dai cumuli, nel periodo da ottobre 2019 a luglio 2020 sono state condotte le 3 campagne di monitoraggio delle emissioni presso l'azienda Sant'Anna (una a novembre e due a giugno-luglio). Le attività hanno permesso di definire i dosaggi di soluzione per tonnellata di solido separato. Sono state indagate due modalità di impiego della soluzione ed è stato valutato quale offrì i migliori risultati nel ridurre le emissioni: la miscelazione con la frazione solida in concomitanza della formazione del cumulo e la spruzzazione della soluzione sulla superficie del cumulo una volta formato.</p> <p>In occasione di ciascuna delle 3 campagne sono stati formati due cumuli, nel capannone adibito a stoccaggio della frazione solida separata, simili in peso (3,5 t cadauno), forma e freschezza del materiale. Uno dei due cumuli è stato interessato dall'additivazione con la soluzione di solfato d'ammonio con dose pari a 20 litri/t di solido, una volta alla settimana per 3 settimane (complessivamente 60 litri di soluzione per t di solido, dose così calcolata in quanto una tonnellata di peso vivo suino aveva prodotto, nei test ultimati presso Colombaro, 265 litri/anno di soluzione e 4,4 t/anno di frazione solida separata). L'altro cumulo è servito come controllo.</p> <p>Le emissioni ammoniacali e di gas serra dai due cumuli sono state rilevate in 4 momenti durante le 4 settimane successive alla formazione dei cumuli. In ogni momento di misura sono state rilevate le emissioni da 3 posizioni differenti dei due cumuli, per un totale di 72 misure.</p> <p>Alla formazione dei cumuli, a metà ed alla fine del periodo di monitoraggio, si è provveduto a campionare il materiale in stoccaggio con la determinazione dei seguenti parametri: pH, ST, SV, NTK, N-ammoniacale.</p>
<b>Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate</b>	Il numero di rilievi e le campagne di misura condotte sono in linea con quanto preventivato nel Piano. La tecnica di misura utilizzata per lo studio dei flussi emissivi da superfici non convogliate ha permesso di quantificare le emissioni dal cumulo additivato rispetto a quello di controllo.
<b>Attività ancora da realizzare</b>	

<b>Azione</b>	<b>Azione 5 – Valutazione costi benefici e potenzialità di sviluppo della tecnologia risultante dal piano</b>
<b>Unità aziendale responsabile</b>	CRPA SpA con Società Agricola Colombaro, Società Agricola S. Anna e ASSER
<b>Descrizione delle attività</b>	<p>Le attività condotte in azione 5 hanno permesso di valutare la sostenibilità economica dell'innovazione.</p> <p>Da giugno 2019 è continuata l'attività di rilievo e registrazione dei dati utili alla valutazione finale costi-benefici, già iniziata l'anno precedente.</p> <p>Durante ogni campagna di test, sono state rilevate e quantificate le voci di</p>

	<p>costo ed è stata calcolata la loro incidenza percentuale sul costo totale annuo per il funzionamento del prototipo.</p> <p>I dati rilevati sul campo, in entrambi gli allevamenti, sono stati: consumi di acqua, consumi di reagente acido e di elettricità, nonché le ore del personale per la gestione del sistema di trattamento ed i costi di manutenzione.</p> <p>Parallelamente, con la collaborazione delle aziende, personale del settore economia di CRPA ha provveduto alla raccolta sistematica dei dati economici e di bilancio aziendali utili a calcolare il costo di produzione, per kg carne prodotto, sostenuti sia dall'azienda Colombaro che dall'azienda Sant'Anna.</p> <p>Questa attività ha permesso di quantificare l'incidenza che l'adozione del prototipo avrebbe avuto sui costi di produzione delle due aziende. Per la valutazione economica dei costi di produzione è stata utilizzata una metodologia ed un software di calcolo che CRPA ha messo a punto e validato in progetti di ricerca precedenti.</p>
<b>Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate</b>	<p>Le attività sono state condotte come previsto nel programma di lavoro e gli obiettivi raggiunti.</p> <p>Sono stati calcolati i costi-benefici del trattamento prototipale per kg carne prodotto, quantificata la loro incidenza sui costi aziendali in essere e la loro incidenza sul prezzo finale di vendita della carne suina rilevato negli ultimi due anni.</p>
<b>Attività ancora da realizzare</b>	

<b>Azione</b>	<b>Divulgazione</b>
<b>Unità aziendale responsabile</b>	CRPA SpA con la collaborazione di tutti gli altri partner, in particolar modo di ASSER
<b>Descrizione delle attività</b>	<p>Nel corso dell'ultimo anno di attività del Piano l'azione di divulgazione ha dato continuità ad attività di informazione, comunicazione e sensibilizzazione attraverso azioni dirette e indirette.</p> <p>Il sito internet dedicato (<a href="http://ammonia.crpa.it">http://ammonia.crpa.it</a>) è stato costantemente aggiornato con le attività realizzate nell'ambito del progetto e messe in risalto attraverso n. 10 news nel blog. Il sito di progetto è stato inoltre arricchito con Foto gallery per illustrare le attività, video e documentazione.</p> <p>Le statistiche di registrazione e gestione dei contatti in questo ultimo anno, hanno evidenziato un accesso al sito da parte di n. 529 nuovi utenti per un totale di n. 557 visitatori dall'attivazione del sito web, n. 740 sessioni aperte, con una media 2,81 pagine visualizzate durante ogni sessione; il 82,7% dei contatti ha effettuato l'accesso al sito tramite desktop, il 16,3% da mobile, mentre il restante 1% da tablet.</p> <p>E' stato realizzato il materiale divulgativo programmato con:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la stampa di un roll-up (luglio 2019);</li> <li>- la progettazione grafica, la impaginazione e la stampa in 500 copie di un opuscolo a colori con i risultati finali del progetto (settembre 2020);</li> <li>- Realizzazione ed invio del secondo Comunicato Stampa (21/09/2020) ad organi della comunicazione, invitati a partecipare al convegno finale.</li> </ul> <p>E' avvenuta la pubblicazione di articoli tecnico/divulgativi (pubblicati n. 4 articoli in totale nell'arco del progetto dei quali uno già rendicontato, rispetto a n. 1 articolo previsto sul piano):</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Articolo su rivista Suinicoltura n. 1 gennaio 2020, per Speciale Dossier Fieragricola Verona dal titolo "Emissioni ammoniacali da problema a risorsa" a cura di Giuseppe Moscatelli, Laura Valli CRPA SpA; pubblicato anche sulla newsletter spedita dalla rivista</li> </ol>

	<p>Suinicoltura a tutto il suo indirizzario (23 gennaio 2020);</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2. Articolo uscito sulla pubblicazione online AgroNotizie (21 settembre 2020) "Con una lavatrice ti pulisco l'aria delle porcilaie";</li> <li>3. Articolo pubblicato sulla rivista Suinicoltura n. 9-2020, "L'aria nelle porcilaie diventa pulita" a cura di Francesco Nen.</li> </ol> <p>E' stato inoltre prodotto e sottomesso a giudizio del comitato scientifico di ManuREsource un abstract, poi pubblicato sugli atti del Convegno internazionale ManuREsource 2019 "Ammonia emissions, from a problem to a fertilizer resource " a cura di Giuseppe Moscatelli, Laura Valli, Sergio Piccinini, Paolo Mantovi – CRPA SpA.</p> <p>Sono state inviate n. 4 newsletter come previsto, tramite piattaforma CRM aziendale a indirizzario specifico di portatori di interesse, allo scopo di diffondere le attività del Piano operativo:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Newsletter 1 inviata a luglio 2019, messa a punto di un prototipo che preleva l'aria dalle sale delle porcilaie, rimuovendo ammoniaca e polveri;</li> <li>2. Newsletter 2 inviata a luglio 2020, attività di monitoraggio terminate presso azienda Colombarone e avvio presso Società Agricola Sant'Anna;</li> <li>3. Newsletter 3, inviata 11 settembre 2020 con Crpa Informa n. 13, come invito al webinar del convegno finale;</li> <li>4. Newsletter 4, inviata 25 settembre 2020 con Crpa Informa n. 14, realizzazione convegno finale e diffusione dei risultati del progetto.</li> </ol> <p>Sono state effettuate le riprese video presso Azienda Agricola Sant'Anna per la realizzazione di un servizio televisivo, andato in onda su emittente TRC (TRC Modena, TRC Bologna e Sky) all'interno della rubrica di agricoltura "A Cielo Aperto" il 29 ed il 30/08/2020.</p> <p>Il video caricato sul canale Youtube di CRPA e di A Cielo Aperto ha avuto complessivamente oltre 600 visualizzazioni nei mesi di settembre ed ottobre. E' stato prodotto un videoclip, a partire dal servizio televisivo, <a href="http://ammonia.crpa.it/ngcontent.cfm?a_id=21307">http://ammonia.crpa.it/ngcontent.cfm?a_id=21307</a> anche utilizzato durante il webinar finale come supporto alla visita guidata virtuale.</p> <p>E' stato organizzato un webinar del convegno finale, preceduto da una visita guidata virtuale delle aziende partner e delle attività del GO. Il convegno si è tenuto il 22 settembre 2020, alla presenza online di n. 55 stakeholder e con la presenza di un rappresentante di tutti i partner del GO in qualità di relatore (imprenditore agricolo). Nel convegno finale sono state illustrate le seguenti presentazioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Visita guidata virtuale: la sede delle attività e le attrezzature impiegate</i> a cura di Massimo Bellei – Azienda agricola Colombaro, Gaetano Luppi – Azienda agricola S. Anna</li> <li>• <i>Emissioni ammoniacali, possibili soluzioni ed obiettivi del GOI</i> a cura di Laura Valli, CRPA</li> <li>• <i>I risultati del progetto</i> a cura di Giuseppe Moscatelli – CRPA</li> </ul> <p>Il GO ha partecipato alla quarta edizione di ManuREsource (Hasselt – Belgio, 27-29 novembre 2019) con presentazione orale delle attività del GO "Ammonia emissions: from a problem to a fertilizer resource" a cura di G. Moscatelli, L.Valli, S. Piccinini, P. Mantovi.</p>
<p><b>Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate</b></p>	<p>Si sono realizzate tutte le attività previste nel Piano.</p> <p>Unica variante rispetto al Piano presentato, tuttavia comunicata e concordata con il tutor regionale del progetto, è stata la realizzazione di eventi webinar in sostituzione della visita guidata e del convegno finale in presenza, per sopraggiunti impedimenti dovuti all'emergenza COVID-19.</p> <p>Ne consegue il non utilizzo dei costi per n. 2 coffee break e n. 2 affitto di sale, oltre al bus da 40 posti.</p>
<p><b>Attività ancora da realizzare</b></p>	

## 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
	Tecnico	Segreteria tecnica	21	498,54
	Amministrativo	Supporto gestione amministrativa	60	1.595,40
	Responsabile settore	Coordinamento, supervisione attività	16	721,12
	Responsabile amministrativa	Responsabile gestione amministrativa	86	3.489,02
	Amministrativo	Elaborazione dati, collaborazione alle attività di divulgazione	36	827,28
			<b>TOTALE</b>	<b>7.131,36</b>

### Azione 1 della realizzazione

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	Operaio	Supporto alle attività di campo	81	1.157,49
			<b>TOTALE</b>	<b>1.157,49</b>

### Azione 2 della realizzazione

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	Responsabile settore	Coordinamento, supervisione attività	48	2163,36
	Ricercatore	Coordinamento, supervisione attività	72	2956,32
	Ricercatore	Rilievi, elaborazione dati	91	2416,05
	Ricercatore	Rilievi, elaborazione dati, stesura relazioni	218	5896,9
	Tecnico	Analisi di laboratorio	78	1950,78
	Tecnico	Prelievo campioni, rilievi di campo	91	2467,01
	Operaio	Supporto alle attività di campo	135	1929,15
			<b>TOTALE</b>	<b>19.779,57</b>

*Azione 3 della realizzazione*

<b>Cognome e nome</b>	<b>Mansione/ qualifica</b>	<b>Attività svolta nell'azione</b>	<b>Ore</b>	<b>Costo</b>
	Responsabile settore	Coordinamento, supervisione attività	16	721,12
	Ricercatore	Coordinamento, supervisione attività	20	821,2
	Ricercatore	Rilievi, elaborazione dati	48	1274,4
	Ricercatore	Rilievi, elaborazione dati, stesura relazioni	64	1731,2
	Ricercatore	Analisi di laboratorio	56	1400,56
	Tecnico 2018	Prelievo campioni, rilievi di campo	96	2602,56
	Operaio	Supporto alle attività di campo	41	585,89
			<b>TOTALE</b>	<b>9.136,93</b>

*Azione 4 della realizzazione*

<b>Cognome e nome</b>	<b>Mansione/ qualifica</b>	<b>Attività svolta nell'azione</b>	<b>Ore</b>	<b>Costo</b>
	Responsabile settore	Coordinamento, supervisione attività	32	1442,24
	Ricercatore	Coordinamento, supervisione attività	32	1313,92
	Ricercatore	Rilievi, elaborazione dati	100	2655
	Ricercatore	Rilievi, elaborazione dati, stesura relazioni	136	3678,8
	Tecnico	Analisi di laboratorio	32	800,32
	Tecnico	Prelievo campioni, rilievi di campo	24	650,64
	Operaio	Supporto alle attività di campo	108	1543,32
			<b>TOTALE</b>	<b>12.084,24</b>

*Azione 5 della realizzazione*

<b>Cognome e nome</b>	<b>Mansione/ qualifica</b>	<b>Attività svolta nell'azione</b>	<b>Ore</b>	<b>Costo</b>
	Responsabile settore	Coordinamento, supervisione attività	40	1802,8
	Ricercatore	Coordinamento, supervisione attività	16	656,96
	Ricercatore	Rilievi, elaborazione dati	32	849,6
	Ricercatore	Rilievi, elaborazione dati, stesura relazioni	48	1298,4
	Responsabile settore	Supervisione analisi economica	51	2323,56
	Operaio	Supporto alle attività di campo	81	1.157,49

	Amministrativo	Elaborazione dati, collaborazione alle attività di divulgazione	71	1.631,58
			<b>TOTALE</b>	<b>9.720,39</b>

*Divulgazione*

<b>Cognome e nome</b>	<b>Mansione/ qualifica</b>	<b>Attività svolta nell'azione</b>	<b>Ore</b>	<b>Costo</b>
	Segreteria	Assistenza organizzativa divulgazione	18	377,46
	Ricercatore	Responsabile divulgazione	80	1.082,00
	Segreteria	Assistenza organizzativa divulgazione	40	901,60
	Riceercatore	Supporto tecnico attività di divulgazione	0	2.031,80
	Amministrativo	Elaborazione dati, collaborazione alle attività di divulgazione	215	4.940,70
			<b>TOTALE</b>	<b>9.333,56</b>

## 2.3 Trasferte

Cognome e nome	Azione	Descrizione	Costo
	Azione 2 - CRPA	RE -Formigine (MO) - RE-27/06/2019: Test trattamento aria, rilievo dati e campionamenti c/o Azienda Colombaro	€13,50
	Azione 2 - CRPA	RE -Formigine (MO) - RE-27/06/2019: rilievi c/o Azienda Colombaro	€41,40
	Azione 2 - CRPA	RE -Formigine (MO) - RE-28/06/2019: test, monitoraggio e campionamenti c/o Azienda Colombaro	€46,36
	Azione 2 - CRPA	RE -Formigine (MO) - RE-3/07/2019: test trattamento aria porcilaia e rilievi c/o Azienda Colombaro	€41,71
	Azione 2 - CRPA	RE -Formigine (MO) - RE-5/07/2019: campionamenti e rilievi c/o Azienda Colombaro	€42,62
	Azione 2 - CRPA	RE -Formigine (MO) - RE-8/07/2019: campionamenti e rilievi c/o Azienda Colombaro	€13,50
	Azione 2 - CRPA	RE -Formigine (MO) - RE-10/07/2019: test trattamento aria c/o Azienda Colombaro	€44,81
	Azione 2 - CRPA	RE -Formigine (MO) - RE-30/08/2019: disinstallazione prototipo c/o Azienda Colombaro	€27,90
	Azione 2 - CRPA	RE -Formigine (MO) - RE-2/09/2019: rilievo dati in porcilaia c/o Azienda Sant'Anna	€12,40
	Azione 2 - CRPA	RE -Formigine (MO) - RE-26/09/2019: campionamenti e rilievo dati c/o Azienda Colombaro	€43,88
	Azione 2 - CRPA	RE -Formigine (MO) - RE-27/09/2019: disinstallazione prototipo dati c/o Azienda Colombaro	€39,60
	Azione 2 - CRPA	RE -Formigine (MO) - RE-22/10/2019: verifiche per programmazione prove con prototipo c/o Azienda Sant'Anna	€13,02
	Azione 2 - CRPA	RE -Formigine (MO) - RE-24/10/2019: disinstallazione prototipo dati c/o Azienda Colombaro e Azienda Sant'Anna	€13,50
	Azione 2 - CRPA	RE -Formigine (MO) - RE-29/10/2019: test emissioni rilievi dagli stoccaggi c/o Azienda Sant'Anna	€13,50
	Azione 2 - CRPA	RE -Formigine (MO) - RE-18/11/2019: rilievi e campionamenti emissioni dai cumuli in fase di stoccaggio c/o Azienda Sant'Anna	€40,97
	Azione 2 - CRPA	RE - BO - Brussels - Hasselt - Brussels - BO - RE-26-30/11/2019: Presentazione del GO Ammonia W.M. al Convegno ManuREsource 2019 c/o PXL Hasselt (Belgio)	€516,85
Torelli Tours 2 (Estratto conto n. 2304 del 31/10/2019)	Azione 2 - CRPA	BO - Brussels - BO-26-30/11/2019: Biglietto aereo per trasferta Moscatelli - Presentazione del GO Ammonia W.M. al Convegno ManuREsource 2019 c/o PXL Hasselt (Belgio)	€95,81
VCM (fattura n. 19-720-021)	Azione 2 - CRPA	Hasselt Belgio-26-30/11/2019: Iscrizione al Convegno di Giuseppe Moscatelli - Presentazione del GO Ammonia W.M. al Convegno ManuREsource 2019 c/o PXL Hasselt (Belgio)	€415,00

Azione 2 - CRPA	RE -Formigine (MO) - RE-30/01/2020: Installazione e avvio sistema di lavaggio aria c/o Az. Sant'Anna	€17,60
Azione 2 - CRPA	RE -Formigine (MO) - RE-4/02/2020: Avvio test di trattamento aria e campionamenti c/o Az. Sant'Anna	€14,00
Azione 2 - CRPA	RE -Formigine (MO) - RE-6/02/2020: Test di trattamento aria e recupero ammoniaca c/o Az. Sant'Anna	€34,77
Azione 2 - CRPA	RE -Formigine (MO) - RE-7/02/2020: rilievi e campionamenti concentrazioni ammoniaca c/o Az. Sant'Anna	€15,00
Azione 2 - CRPA	RE -Formigine (MO) - RE-10/02/2020: monitoraggi e rilievi c/o Az. Sant'Anna	€30,50
Azione 2 - CRPA	RE -Formigine (MO) - RE-11/02/2020: monitoraggi e rilievi c/o Az. Sant'Anna	€11,00
Azione 2 - CRPA	RE -Formigine (MO) - RE-13/05/2020: avviamento pilota fase ingrasso c/o Az. Sant'Anna	€13,02
Azione 2 - CRPA	RE -Formigine (MO) - RE-13/05/2020: test lavaggio aria c/o Az. Sant'Anna	€18,56
Azione 2 - CRPA	RE -Formigine (MO) - RE-14/05/2020: test trattamento aria c/o Az. Sant'Anna	€18,88
Azione 2 - CRPA	RE -Formigine (MO) - RE-15-16/05/2020: prelievo campioni c/o Az. Sant'Anna	€28,52
Azione 2 - CRPA	RE -Formigine (MO) - RE-22/05/2020: campionamenti, rilievi e trasporto attrezzature c/o Az. Sant'Anna	€32,64
Azione 2 - CRPA	RE -Formigine (MO) - RE-26/05/2020: rilievi e test efficienza c/o Az. Sant'Anna	€19,53
Azione 2 - CRPA	RE -Formigine (MO) - RE-29/05/2020: test abbattimento e campionamento soluzioni c/o Az. Sant'Anna	€16,82
Azione 2 - CRPA	RE -Formigine (MO) - RE-18/06/2020: rilievi e test c/o Az. Sant'Anna	€20,46
Azione 2 - CRPA	RE -Formigine (MO) - RE-29/06/2020: test trattamento aria e rilievi c/o Az. Sant'Anna	€19,22
Azione 2 - CRPA	RE -Formigine (MO) - RE-30/06/2020: campionamenti e rilievi c/o Az. Sant'Anna	€19,84
Azione 2 - CRPA	RE -Formigine (MO) - RE-1/07/2020: campionamenti e rilievi c/o Az. Sant'Anna	€40,61
Azione 2 - CRPA	RE -Formigine (MO) - RE-6/07/2020: campionamenti matrici c/o Az. Sant'Anna	€41,90
Azione 2 - CRPA	RE -Formigine (MO) - RE-24/07/2020: campionamenti e rilievi c/o Az. Sant'Anna	€19,22
Azione 2 - CRPA	RE -Formigine (MO) - RE-19/08/2020: attivazione prototipo per riprese video c/o Az. Sant'Anna	€19,84
Azione 2 - CRPA	RE -Formigine (MO) - RE-21/08/2020: riprese video c/o Az. Sant'Anna	€20,46
Azione 2 - CRPA	RE -Formigine (MO) - RE-26/08/2020: campionamenti e rilievo dati c/o Az. Sant'Anna	€19,84
Azione 2 - CRPA	RE -Formigine (MO) - RE-26/08/2020: campionamenti e test c/o Az. Sant'Anna	€20,80
Azione 2 - CRPA	RE -Formigine (MO) - RE-28/08/2020: rilievo dati economici c/o Az. Sant'Anna	€20,15
<b>TOTALE</b>		<b>€2.009,51</b>



## 2.4 Materiale consumabile

FORNITORE		DESCRIZIONE	IMPORTO (AL NETTO IVA)
INSTRUMENTS LAB CONTROL	Azione 2 - CRPA	Materiale di consumo per laboratorio olfattometrico	€522,00
INSTRUMENTS LAB CONTROL	Azione 2 - CRPA	Materiale di consumo per attività di monitoraggio in campo	€808,00
TECNOGRAF SRL	Azione divulgazione - CRPA	Materiale di consumo per attività di divulgazione: roll up	€70,00
ENVEA spa	Azione 3 - CRPA	Materiale di consumo per attività di monitoraggio in campo	€3.925,00
INSTRUMENTS LAB CONTROL	Azione 2 - CRPA	Materiale di consumo per laboratorio	€362,85
INSTRUMENTS LAB CONTROL	Azione 2 - CRPA	Materiale di consumo per laboratorio	€27,89
INSTRUMENTS LAB CONTROL	Azione 2 - CRPA	Materiale di consumo per laboratorio olfattometrico	€400,00
TECNOGRAF SRL	Azione divulgazione - CRPA	Materiale di consumo per attività di divulgazione: opuscolo 250 copie	€450,00
<b>TOTALE</b>			<b>6.565,74</b>

## 2.5 Spese per materiale durevole e attrezzature

Fornitore	Azione - Partner	Descrizione dell'attrezzatura	Costo
Alba Leasing	Azione 2 – CRPA	Monitor Innova analizzatore portatile biogas – Varie fatture	8.058,67
<b>Totale:</b>			<b>8.058,67</b>

## 2.6 Materiali e lavorazioni direttamente imputabili alla realizzazione dei prototipi

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

## 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*

La proposta di formazione n. 5015620 non è stata ammessa.

## 2.8 Collaborazioni, consulenze, altri servizi

### CONSULENZE - PERSONE FISICHE

Nominativo del consulente	Azione - partner	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
	Azione 3 - CRPA	10.000,00	Impostazione campagne di monitoraggio; analisi dati e relazioni	3.999,84
	Azione 5 - CRPA	10.000,00	Impostazione campagne di monitoraggio; analisi dati e relazioni	3.999,84
	Divulgazione CRPA	2.000	Coordinamento attività divulgazione, comunicati stampa (incarico n. 345 del 15/02/2018)	510,00
	Divulgazione CRPA	2.000	Coordinamento attività divulgazione, comunicati stampa (incarico n. 345 del 15/02/2018)	765,00
	Divulgazione CRPA	2.000	Coordinamento attività divulgazione, comunicati stampa (incarico n. 345 del 15/02/2018)	780,00
<b>Totale:</b>				<b>10.054,68</b>

### CONSULENZE – SOCIETÀ

Azione - partner	Ragione sociale della società di consulenza	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
Divulgazione	S.I.A. Modena srl	850	Servizio televisivo	850,00
Azione 4 - CRPA	AIRNOVA srl	3.000,00	Calibrazione gas standard su multigas monitor mod. 1412i-5 s/n 713-597	3.000,00
<b>Totale:</b>				<b>3.850,00</b>

### 3 - Criticità incontrate durante la realizzazione dell'attività

Lunghezza max 1 pagina

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

### 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:  
**GO Ammonia Washing Machine relazione tecnica finale.pdf**
- Per ulteriori informazioni si rimanda al materiale disponibile ai seguenti link:

GO Ammonia Washing Machine Sito WEB	 <a href="http://ammonia.crpa.it/">http://ammonia.crpa.it/</a>
Opuscolo finale dei risultati del GO	<a href="http://ammonia.crpa.it/nqcontent.cfm?a_id=21502">http://ammonia.crpa.it/nqcontent.cfm?a_id=21502</a>
Articoli	<a href="http://ammonia.crpa.it/nqcontent.cfm?a_id=21310&amp;tt=t_bt_app1_ww_w">http://ammonia.crpa.it/nqcontent.cfm?a_id=21310&amp;tt=t_bt_app1_ww_w</a>
Presentazioni	<a href="http://ammonia.crpa.it/nqcontent.cfm?a_id=19904&amp;tt=t_bt_app1_ww_w">http://ammonia.crpa.it/nqcontent.cfm?a_id=19904&amp;tt=t_bt_app1_ww_w</a>
Video e Foto	<a href="http://ammonia.crpa.it/nqcontent.cfm?a_id=21305&amp;tt=t_bt_app1_ww_w">http://ammonia.crpa.it/nqcontent.cfm?a_id=21305&amp;tt=t_bt_app1_ww_w</a>
Newsletter e comunicati	<a href="http://ammonia.crpa.it/nqcontent.cfm?a_id=16595&amp;tt=t_bt_app1_ww_w">http://ammonia.crpa.it/nqcontent.cfm?a_id=16595&amp;tt=t_bt_app1_ww_w</a>

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 – Ammonia Washing Machine

(domanda di sostegno 5015565)

## **Ammonia Washing Machine**

**Prototipo per ridurre le emissioni di ammoniaca dai ricoveri suini con recupero a fini fertilizzanti**

ALLEGATO: *GO Ammonia Washing Machine relazione tecnica finale.pdf*

Rendicontazione tecnica finale del Piano d'Innovazione

A cura di



Centro Ricerche Produzioni Animali

Viale Timavo, 43/2 – 42121 Reggio Emilia

*Reggio Emilia, novembre 2020*



## INDICE

INTRODUZIONE	3
AZIONE 1 – Realizzazione del sistema di trattamento prototipale Ammonia Washing Machine	4
AZIONE 2 – Monitoraggio dell'efficienza del sistema di trattamento nel ridurre ammoniaca e polveri	6
AZIONE 3 – Monitoraggio della qualità dell'aria all'interno delle sale per la salute e sicurezza addetti sul lavoro	12
AZIONE 4 – Riduzione delle emissioni di ammoniaca e GHG dallo stoccaggio valorizzando la soluzione prodotta dal sistema di trattamento	17
AZIONE 5 – Valutazione dei costi-benefici e potenzialità di sviluppo della tecnologia risultante dal piano	20
CONCLUSIONI	23

## **INTRODUZIONE**

Dalla stabulazione intensiva dei suini si riscontrano emissioni ammoniacali in atmosfera dovute all'imbrattamento delle superfici causate da feci ed urine e alla presenza di liquami sotto i fessurati.

Gli imprenditori suinicoli emiliano-romagnoli auspicano lo sviluppo di soluzioni tecniche affidabili ed economicamente sostenibili che possano aiutarli nel ridurre queste emissioni. Non solo, essi stessi sono attivi nel ricercare e sperimentare innovazioni tecnologiche, anche provenienti da altri settori industriali, per incrementare sempre più la sostenibilità ambientale e sociale delle loro produzioni di riconosciuta qualità.

La necessità di migliorare il benessere degli animali, la salute dei lavoratori e di ridurre le emissioni in atmosfera di ammoniaca, è stata la motivazione alla base della nascita del Gruppo Operativo per l'Innovazione "*Ammonia Washing Machine*", che ha realizzato e testato un sistema prototipale di trattamento dell'aria delle porcilaie. Il prototipo rimuove l'ammoniaca e la recupera in una soluzione di solfato d'ammonio in un'ottica di economia circolare: convertire le emissioni ammoniacali in una risorsa fertilizzante.

Il progetto, coordinato dal Centro Ricerche Produzioni Animali – CRPA SpA, è stato realizzato in collaborazione con ASSER – Organizzazione dei Suinicoltori dell'Emilia Romagna e due importanti allevamenti suinicoli di Formigine in provincia di Modena: Società Agricola S. Anna e Società Agricola Colombaro.

Il GOI, attraverso la realizzazione del prototipo per rimuovere l'ammoniaca dalle sale suinicole ed attraverso il monitoraggio dell'efficienza dell'intero processo, ha realizzato interventi finalizzati alla riduzione delle emissioni in atmosfera.

Essendo le imprese del GOI degli allevamenti suinicoli, il piano può incidere sui sistemi zootecnici regionali, non solo suinicoli ma anche di altre tipologie d'allevamento intensivo.

## ***AZIONE 1 – Realizzazione del sistema di trattamento prototipale Ammonia Washing Machine***

CRPA, supportato dagli allevamenti Colombaro e Sant'Anna (partner del GO), ha fatto da tramite con la ditta affidataria della costruzione del sistema di trattamento prototipale. La prima fase dell'azione ha visto la raccolta ed il rilievo delle informazioni utili alla realizzazione del prototipo, alla sua installazione in azienda ed alla sua gestione operativa una volta attivato.

Un esempio delle informazioni raccolte e dei rilievi tecnici eseguiti sono i seguenti:

- valutazione delle sale e dei cicli produttivi in cui è stato testato il sistema, il numero di suini presenti, le portate di ventilazione in gioco nei diversi periodi climatici per capo suino presente;
- ha previsto quali linee (es. elettriche o tubazioni di convogliamento aria), anche se provvisorie, dovevano essere installate e, quando le sale risultavano vuote;
- rilievi delle stanze, delle aperture e delle attrezzature presenti al fine di non ostacolare le fasi produttive aziendali;
- valutazione del posizionamento del prototipo.

Il dispositivo sperimentale (*Figura 1*) preleva l'aria ricca di ammoniaca dalle sale delle porcilaie attraverso dei condotti di aspirazione sottoponendola a lavaggio. Da qui il nome del GOI Ammonia Washing Machine, che tradotto dall'inglese significa lavatrice di ammoniaca. Il prototipo affronta il problema di migliorare la qualità dell'aria all'interno delle sale, specialmente in quelle condizioni stabulative (svezzamento e magronaggio) o climatiche (invernali) ove i ricambi d'aria risultano ridotti.

Il trattamento si basa sull'assorbimento chimico dell'ammoniaca contenuta nel flusso aeriforme, mediante lavaggio in controcorrente, con reagente acido nebulizzato in una torre con corpi di riempimento (*Figura 2*). L'aria ricca in ammoniaca sale verso l'alto aspirata da un ventilatore centrifugo, mentre la matrice acida scende nebulizzata a pioggia dall'alto. I corpi di riempimento, bagnandosi ed incorporando negli interstizi la soluzione acida di cattura dell'ammoniaca, servono ad aumentare la superficie di contatto e rendere più efficiente il lavaggio. Un demister, collocato nella parte superiore della torre, permette la condensazione di eventuali vapori e goccioline nebulizzate, evitando così la presenza di condensa nel flusso d'aria post lavaggio.

Il processo avviene a pH 3 ed una soluzione di acido solforico ( $H_2SO_4$ ) al 2% viene utilizzata come matrice assorbente, che reagendo con l'ammoniaca ( $NH_3$ ) forma una soluzione stabile di solfato d'ammonio ( $(NH_4)_2SO_4$ ) poi raccolta nel serbatoio sottostante. Il pilota sperimentale è stato progettato per trattare 1.800 – 2.000  $m^3/h$  di aria.





*Figura 1 - Primo piano dell'interno della torre di lavaggio e dei corpi di riempimento utilizzati*



*Figura 2 - Primo piano del prototipo installato: si notano gli oblò per verificare il corretto lavaggio e per permettere la manutenzione agli ugelli; i condotti che prelevano l'aria dalle sale della porcilaia*

## **AZIONE 2 – Monitoraggio dell'efficienza del sistema di trattamento nel ridurre ammoniacca e polveri**

Terminata la realizzazione del prototipo, si è provveduto al trasporto ed installazione presso l'azienda Colombaro di Formigine (MO).

Durante il 2019, l'impianto è stato operativo presso l'allevamento suinicolo Società Agricola Colombaro (ingrasso a ciclo aperto con 14950 posti animale) con sede a Formigine in provincia di Modena, dove si è provveduto a testarne il funzionamento e l'efficienza in diverse stagioni climatiche e in differenti situazioni di ventilazione delle sale: 3 campagne in condizioni di estrazione forzata dell'aria ed altrettante campagne in condizioni di ventilazione naturale.

I test sono stati condotti su una sala che ha visto una presenza media di 144 suini in fase di ingrasso dai 66 ai 170 kg destinati alla filiera del Prosciutto di Parma DOP (17,9 t di peso vivo mediamente presente). Le sale sono provviste di pavimentazione parzialmente fessurata con allontanamento continuo e costante degli effluenti, che vengono avviati a digestione anaerobica per la produzione di biogas. La ventilazione delle sale viene garantita da finestrate, le cui aperture sono automatizzate e regolate dalla temperatura interna, da estrattori d'aria e da cupolini collocati sul soffitto. Le sale possono essere ventilate sia naturalmente che mediante estrazione forzata dell'aria.



*Figura 3 - Installazione del prototipo di trattamento presso l'allevamento Colombaro (2019)*

La modalità di funzionamento del prototipo presso Colombaro ha previsto l'aspirazione dell'aria dal sottotetto, in prossimità del ventilatore di estrazione, e la successiva re-immissione dell'aria lavata in prossimità delle finestrate (*Figura 3 e Figura 4*).

Durante i test presso Colombaro la portata dell'aria trattata è risultata mediamente pari a 1735 Nm<sup>3</sup>/h (Dev. ST 113) e se rapportata ai suini presenti pari a 12 Nm<sup>3</sup>/h x capo.

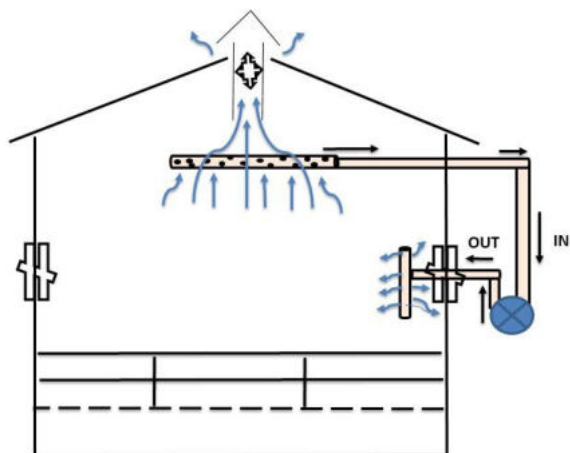


Figura 4 - Layout della linea di trattamento presso l'Az. Colombaro con aspirazione dalla sala e re-immissione dell'aria pulita attraverso la finestra

L'efficienza del pilota nel rimuovere l'ammoniaca dall'aria, e di conseguenza ridurre le emissioni verso l'ambiente, è stata valutata misurando le concentrazioni di ammoniaca nel flusso d'aria prelevato dalla sala prima e dopo il lavaggio. La concentrazione media di ammoniaca riscontrata nel flusso d'aria prima del lavaggio è stata di  $9,0 \text{ mg/m}^3$  ( $6,0 \div 17,1 \text{ mg/m}^3$ ), mentre nel flusso d'aria dopo il lavaggio è stata in media pari a  $0,6 \text{ mg/m}^3$  ( $0,0 \div 2,6 \text{ mg/m}^3$ ), con un'efficienza media di rimozione dell'ammoniaca nel flusso d'aria pari al 93% (min 65% - max 99%).

In Figura 5 si riporta l'efficienza di trattamento riscontrata durante i test e la concentrazione di ammoniaca nel flusso d'aria prima e dopo il trattamento. Nel periodo estivo giugno-luglio si è riscontrato un calo di efficacia del lavaggio dovuto alle temperature elevate estive. Il periodo estivo, a causa dell'evaporazione, ha incrementato il fabbisogno di acqua dalla media di 50 litri/giorno ad oltre 120 litri/giorno. Conseguentemente si è dovuto variare il dosaggio dell'acido al fine di mantenere il pH pari a 3. Ricalcolati i giusti dosaggi di acido, l'efficienza è tornata subito oltre il 95% dal 9 luglio.

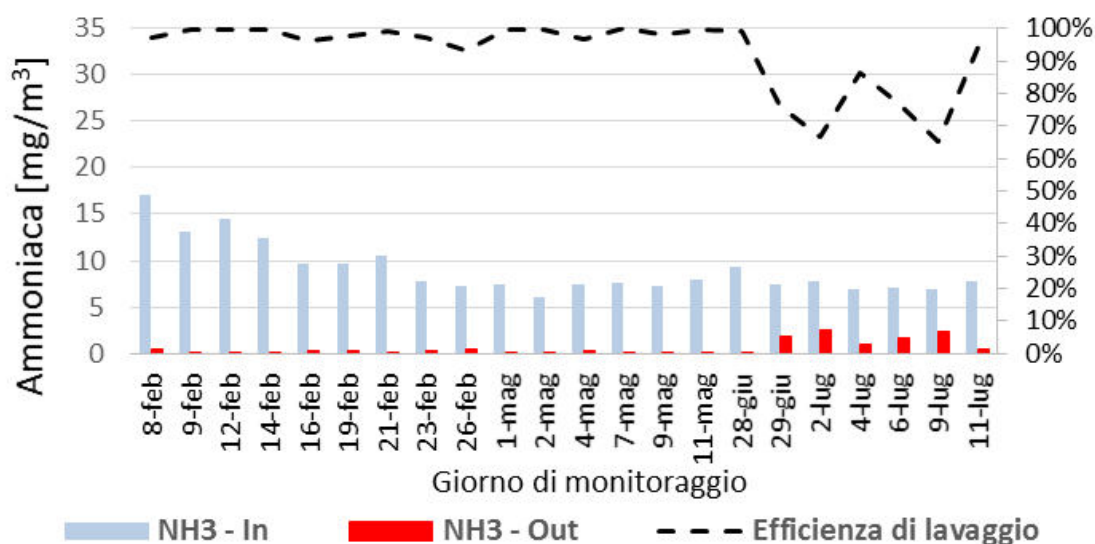


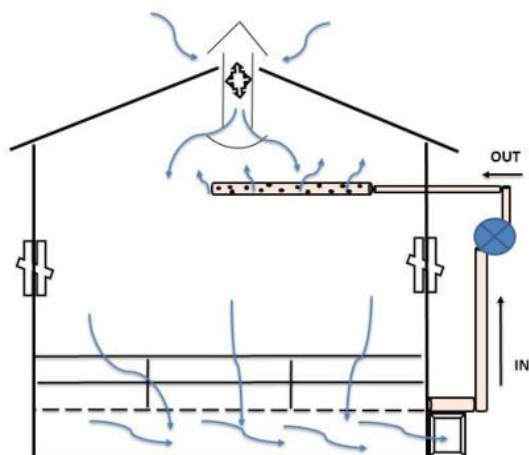
Figura 5 – Efficienza di trattamento e concentrazione di ammoniaca presente nel flusso d'aria prima e dopo il lavaggio (test 2019)

A fine 2019 l'impianto pilota è stato trasferito presso l'allevamento suinicolo Società Agricola Sant'Anna (ingrasso a ciclo aperto con 10.500 posti animale, sempre con sede a Formigine) e qui riattivato dal mese di febbraio 2020 su una sala che ha ospitato sia suini in fase di magronaggio (n. 146 suini mediamente presenti nel periodo 30-60 kg) che in fase di ingrasso (n. 80 suini mediamente presenti nel periodo 60-175 kg). Anche in questo caso i suini allevati sono destinati alla filiera DOP del Prosciutto di Parma. La presenza media nella sala è stata di 103 suini, con un carico medio pari a 10,1 t di peso vivo. Sono state condotte 3 campagne per ciascuna fase di ingrasso. In *Figura 6* viene illustrata l'installazione del prototipo all'esterno della porcilaia.



*Figura 6 - Installazione del prototipo di trattamento presso l'allevamento Sant'Anna (2020)*

Nella sala che ha ospitato i test era presente un pavimento parzialmente fessurato; Il liquame prodotto viene costantemente allontanato ed avviato a separazione solido/liquida mediante centrifugazione e la frazione liquida chiarificata sottoposta a successivo trattamento biologico aerobico di nitrificazione-denitrificazione. Infine, sia la frazione liquida post depurazione che la frazione solida, prodotta dalla centrifuga, sono utilizzate a fini fertilizzanti. Il ricambio d'aria nelle sale viene garantito sia attraverso finestre che da ventilatori assiali collocati sul soffitto. Non sono presenti cupolini.



*Figura 7 - Layout della linea di trattamento presso l'Az. Sant'Anna con aspirazione dal sotto-fessurato attraverso le bocche di lupo e re-immissione dell'aria pulita nel sottotetto*

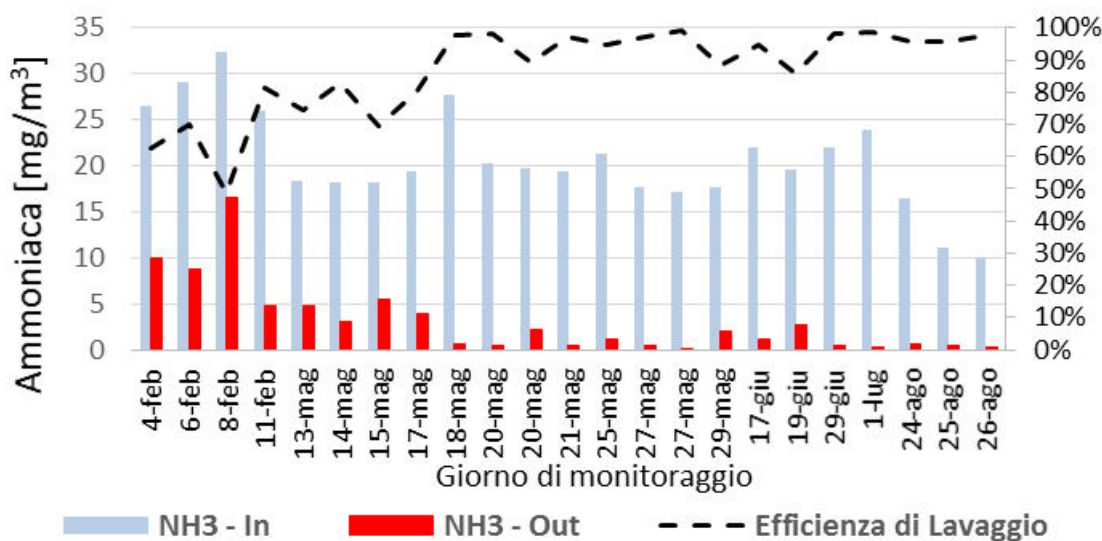
I ventilatori installati sul tetto prelevavano l'aria ambiente immettendola nella sala creando una ventilazione forzata in pressione. L'aria attraversava il pavimento fessurato per poi essere espulsa dalle bocche di lupo che mettevano in comunicazione il sotto fessurato con l'esterno. Il prototipo ha operato aspirando l'aria dalle bocche di lupo (pertanto l'aria presente nel sotto-fessurato) con reimmissione dell'aria lavata in prossimità del ventilatore installato sul tetto (*Figura 7*).

Durante i test presso Sant'Anna la portata dell'aria trattata è risultata mediamente pari a 1805 Nm<sup>3</sup>/h (Dev. ST 71) e se rapportata ai suini presenti pari a 17 Nm<sup>3</sup>/h x capo.

Le situazioni operative e la concentrazione di ammoniaca prelevando l'aria da sotto il fessurato sono risultate molto diverse che nei precedenti test del 2019.

La concentrazione media di ammoniaca riscontrata nel flusso d'aria prima del lavaggio è stata di 20,6 mg/m<sup>3</sup> (10,1 ÷ 32,4 mg/m<sup>3</sup>), mentre nel flusso d'aria dopo il lavaggio è stata in media pari a 3,1 mg/m<sup>3</sup> (0,1 ÷ 16,6 mg/m<sup>3</sup>), con un'efficienza media di rimozione dell'ammoniaca nel flusso d'aria pari al 87% (min 64% - max 99%).

In *Figura 8* si riporta l'efficienza di trattamento riscontrata durante i test del 2020 e la concentrazione di ammoniaca nel flusso d'aria prima e dopo il trattamento. Il primo periodo è servito per mettere a punto la corretta gestione del prototipo in quanto ci si è trovati di fronte ad una operatività differente rispetto al 2019. Una volta messa a punto la corretta gestione le efficienze sono sempre state superiori al 90% per tutto il resto del periodo, anche in estate avendo maturato l'esperienza passata del 2019.



*Figura 8 – Efficienza di trattamento e concentrazione di ammoniaca presente nel flusso d'aria prima e dopo il lavaggio (test 2020)*

Mediamente, valutando complessivamente la sperimentazione (test 2019 e 2020), il dispositivo ha permesso di ottenere dopo il lavaggio un'aria a ridottissimo contenuto di ammoniaca, con efficienze medie di abbattimento tra ingresso ed uscita del 90%, raggiungendo in numerosi test anche efficienze di rimozione pari al 99%. La concentrazione di ammoniaca mediamente riscontrata nel flusso d'aria avviato a lavaggio è stata di 14,8 mg/m<sup>3</sup> (6,0 ÷ 32,4 mg/m<sup>3</sup>), mentre nel flusso d'aria dopo il lavaggio è stata in media pari a 1,9 mg/m<sup>3</sup> (0,0 ÷ 16,6 mg/m<sup>3</sup>).

Le diverse modalità di ventilazione presenti a Sant'Anna e Colombaro hanno permesso di testare l'efficacia del trattamento in condizioni operative differenti: aspirazione dalla sala ed aspirazione dal sotto-fessurato.

Le attività sperimentali hanno evidenziato che, prelevando l'aria dalla sala, il prototipo è stato in grado di recuperare, sotto forma di soluzione di solfato d'ammonio, 6,5 kg di azoto per tonnellata di peso vivo presente per anno, che riportato in emissioni significa aver evitato emissioni ammoniacali in atmosfera pari a 7,9 kg NH<sub>3</sub>/t p.v./anno (0,7 kg NH<sub>3</sub>/anno per posto animale). Nei test condotti aspirando l'aria da sotto il fessurato, il prototipo ha recuperato 23,1 kg di azoto per tonnellata di peso vivo per anno, che significa aver evitato emissioni pari a 28,1 kg NH<sub>3</sub>/t p.v./anno (2,4 kg NH<sub>3</sub>/anno per posto animale).

La seconda modalità operativa ha permesso non solo di catturare l'ammoniaca presente nella sala, ma anche di intercettare e recuperare le emissioni ammoniacali dal liquame presente nella fossa sottostante al pavimento fessurato. Condizione questa che ha determinato un'efficienza di recupero dell'azoto, per tonnellata di peso vivo, 3 volte superiore rispetto all'aspirazione dalla sala.

L'ammoniaca rimossa è stata recuperata in una soluzione di solfato d'ammonio e l'azoto recuperato è stato quantificato sia pesando e caratterizzando la soluzione di solfato d'ammonio prodotta che calcolato sulla riduzione della concentrazione di ammoniaca tra IN ed OUT al lavaggio moltiplicata per le portate d'aria trattata.

Il prototipo, oltre che ridurre le emissioni ammoniacali, ha conseguito un secondo importante risultato: la produzione di una soluzione liquida di solfato d'ammonio (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. La quantità di soluzione di solfato d'ammonio prodotta e le relative caratteristiche chimiche sono riportate in Tabella 1.

<b>Caratteristiche della soluzione prodotta e potenzialità produttiva</b>		2019	2020
pH	(-)	2,8	2,9
Solidi totali	(kg/t)	102	155
dei quali come (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	(%ST)	~ 90%	~ 99%
NTK – Azoto Totale Kjeldahl	(kg/t)	20	35
	(% in peso)	2%	3.5%
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N – Azoto Ammoniacale	(%TKN)	99%	99%
Soluzione prodotta durante i giorni di monitoraggio	(litri)	660	385
Potenzialità	(litri/t p.v./anno)	265	394

Tabella 1 – Caratterizzazione analitica e quantità della soluzione di solfato d'ammonio prodotta

In

Figura 9 si riportano alcune foto della soluzione di solfato d'ammonio risultante dal sistema prototipale di trattamento sia durante le fasi di campionamento che di analisi presso il laboratorio CRPA.



Figura 9 – Alcune immagini della soluzione fertilizzante di solfato d'ammonio prodotta

Nel 2020 il tenore di azoto contenuto nella soluzione estratta è stato pari al 3,5%, superiore rispetto al 2019, in quanto si è cercato di aumentarne il tenore fertilizzante incrementando il tempo di ritenzione della soluzione all'interno della torre di lavaggio. L'incremento di N nella soluzione estratta non ha determinato alcuna perdita di efficienza e nessuna problematicità di funzionamento e ciò rende del tutto plausibile la possibilità di andare oltre il 3,5% di N.

Il buon tenore in azoto, di cui il 99% presente in forma minerale, e il ridotto contenuto di solidi sono caratteristiche che rendono questa soluzione una buona matrice azotata a fini fertilizzanti, specialmente se utilizzata in fertirrigazione su colture di pregio. Essendo inoltre l'azoto ammoniacale legato al solfato sotto forma di sale stabile, risulta essere un concime azotato ad azione progressiva e duratura, in quanto non rapidamente dilavabile dalle piogge. Importante è anche la presenza dello zolfo che permette ad esempio di ottenere ortaggi di qualità.

Si sottolinea che la soluzione di solfato d'ammonio prodotta potrebbe soddisfare le prescrizioni contenute nel nuovo regolamento dell'Unione Europea sui fertilizzanti (Regolamento UE 2019/1009 del 5 giugno 2019) che si applicherà a partire dal 2022, e in particolare essere considerata un concime inorganico liquido semplice a base di macroelementi - categoria PFC 1(C)(I)(b)(i) come definito in Allegato 1, parte II.

### ***AZIONE 3 – Monitoraggio della qualità dell'aria all'interno delle sale per la salute e sicurezza addetti sul lavoro***

Nei periodi invernali o nelle fasi di magronaggio, quando i ricambi d'aria sono mantenuti al minimo per non raffreddare le stanze, le concentrazioni di ammoniaca all'interno delle sale possono divenire elevate.

Obiettivo del GOI è stato, anche, quello di valutare se e quanto il trattamento potesse migliorare la qualità dell'aria all'interno delle porcilaie.

Le concentrazioni di ammoniaca e altri gas (quali l'anidride carbonica, metano e protossido d'azoto) sono state misurate all'interno della sala trattata e contemporaneamente in una sala controllo confinante, pressoché identica ed avente lo stesso numero e peso di suini.

I gas sono stati rilevati 24/24 h, in occasione di ciascuna campagna di monitoraggio, mediante un analizzatore fotoacustico IR (INNOVA Multi Gas Monitor Mod. 1412) collegato ad un campionatore sequenziale multipunto. L'identica gestione delle sale garantita dalla proprietà (animali, ventilazione, alimentazione), e l'utilizzo del campionatore multipunto, che collegato all'analizzatore INNOVA ha permesso un monitoraggio simultaneo delle due sale, ha reso possibile il raggiungimento degli obiettivi previsti e la conduzione di un corretto monitoraggio dal punto di vista sperimentale.



*Figura 10 – Alcune immagini delle attività di campionamento: a sinistra il prelievo di aria da sottoporre ad analisi olfattometrica, a destra l'installazione dell'analizzatore fotoacustico gas (INNOVA Multi Gas Monitor Mod. 1412).*

Il monitoraggio è stato condotto in diverse condizioni climatiche (3 stagioni) ed in diverse situazioni stabulative: a Colombaro per la ventilazione naturale e forzata, a Sant'Anna per l'ingrasso e magronaggio.

I grafici in Figura 11 mostrano l'andamento della concentrazione di ammoniaca nelle sale trattate rispetto alle sale controllo per ciascuna ora della giornata, giornata espressa come "giorno medio".



Per andamento del “giorno medio” si intende la media di tutti i valori di concentrazione misurati alla stessa ora nei diversi giorni di monitoraggio di ciascuna campagna condotta.

I due grafici di sinistra sintetizzano le differenze rilevate durante i test presso Colombaro, sia in situazione di ventilazione naturale della sala che in condizioni di ventilazione forzata. La concentrazione di ammoniaca nella sala in cui operava il lavaggio dell’aria è stata mediamente inferiore del 24% rispetto alla sala controllo. Il maggior effetto del trattamento lo si è riscontrato d’inverno (-31% di ammoniaca per la sala ventilata naturalmente e -26% per quella ad estrazione forzata, valori medi per le sessioni di monitoraggio invernali) quando la ventilazione è ridotta. Nel mese di febbraio 2019, in alcune giornate con temperature minime di -3°C e massime di 6°C, la concentrazione di ammoniaca nella sala trattata è risultata sino al 50% inferiore rispetto alla sala controllo durante le ore diurne (nella sala controllo dalle ore 11:00 alle 16:00 si è riscontrata una concentrazione di ammoniaca pari a 21 mg/m<sup>3</sup>, mentre nella sala trattata di 11 mg/m<sup>3</sup>). In estate, in presenza di elevati ricambi d’aria e con le finestrate tutte aperte, l’efficacia del trattamento si è ridotta e la concentrazione di ammoniaca nella sala trattata è risultata inferiore solo del 15%. Il maggior beneficio lo si è verificato lavando l’aria della sala ventilata naturalmente nei test del periodo invernale.

La riduzione di ammoniaca riscontrata a Sant’Anna è illustrata nei due grafici di destra di Figura 11: l’ammoniaca è stata ridotta mediamente del 51% durante la fase di magronaggio e del 66% durante la fase di ingrasso. Questa maggior efficienza nel ridurre la concentrazione di ammoniaca, rispetto ai test di Colombaro, è da imputarsi principalmente alla ventilazione forzata in pressione della sala, che unita all’aspirazione da sotto-fessurato dell’aria da trattare ha determinato un flusso più convogliato e meno soggetto all’apertura delle finestrate. Infatti, l’efficacia nel ridurre l’ammoniaca è risultata, nelle condizioni operative del prototipo testate nel 2020, poco influenzata dalle condizioni climatiche e di ventilazione (61% in meno di ammoniaca nella sala trattata rispetto a quella controllo in estate e 56% in meno in inverno). Al contrario l’efficacia del trattamento ha risentito del peso vivo stabulato (-51% nel magronaggio; -66% nell’ingrasso). Durante la fase magronaggio sono risultate mediamente presenti nella sala 7,5 t di peso vivo, mentre nella fase d’ingrasso 14 t di peso vivo.

Un importante aspetto, da considerarsi nelle fasi di sviluppo e trasferibilità della tecnologia, è l’opportunità di aspirare il flusso d’aria da avviare a trattamento da sotto il fessurato. Con questa modalità, infatti, è possibile intercettare le emissioni che si sviluppano dal liquame presente nel sotto-fessurato, le quali risultano maggiori nel periodo estivo rispetto a quello invernale per le temperature più elevate che favoriscono le emissioni di ammoniaca. Questa maggiore emissività dal sotto-fessurato nel periodo estivo ha bilanciato la minor presenza di ammoniaca presente nelle sale dovuta alla maggior ventilazione e pertanto è rimasta stabile l’efficacia del trattamento nelle differenti stagioni climatiche.

Il lavaggio dell’aria non ha influito sulle concentrazioni degli altri gas, oggetto di monitoraggio quali anidride carbonica, metano e protossido d’azoto, rilevate nella sala trattata rispetto a quella di controllo.

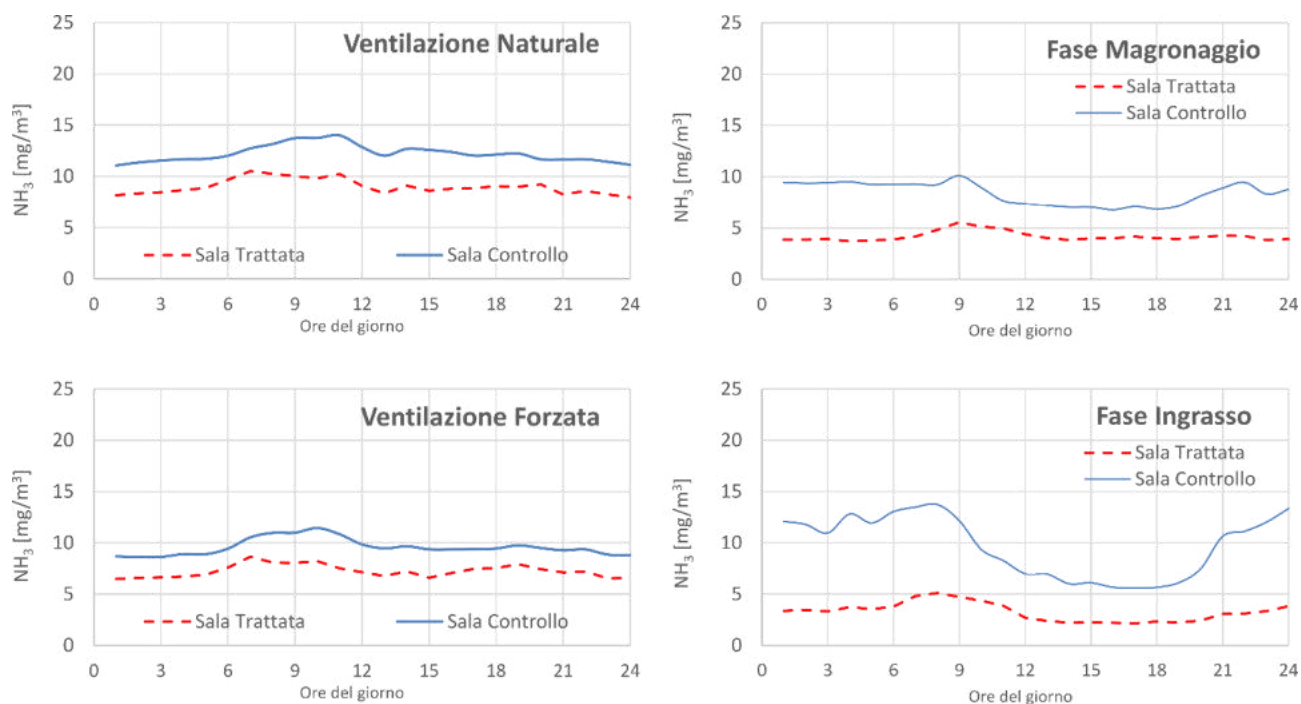


Figura 11 – Trend giornaliero della concentrazione di ammoniaca nella sala in cui viene lavata l'aria e nella sala di controllo (valori calcolati come media delle concentrazioni misurate alla stessa ora nei diversi giorni di monitoraggio)

La minor presenza di ammoniaca all'interno della sala comporta un miglioramento del benessere animale e delle condizioni lavorative del personale.

Per quanto riguarda il limite di esposizione (STEL) l'ammoniaca ha un valore limite di circa 35 ppm (23 mg/m<sup>3</sup>) se riferito ad una concentrazione media sui 15 minuti, mentre per il TWA - Time Weighted Average – riferito sul tempo prolungato di permanenza di circa 8 ore il valore di concentrazione limite scende ad un valore di 25 ppm (17 mg/m<sup>3</sup>).

Il sistema di trattamento si è dimostrato efficace nell'eliminare quei picchi di ammoniaca che generalmente si riscontrano durante i periodi più freddi ed a ridurre la concentrazione di ammoniaca al di sotto dei valori TWA e STEL.

Ulteriori analisi, per valutare il possibile incremento della qualità dell'aria in seguito all'applicazione del trattamento prototipale, hanno riguardato:

- determinazione delle polveri per via gravimetrica con pesata pre e post della membrana con le polveri catturate e previa una sua essiccazione per annullare l'eventuale effetto dell'umidità intrappolata durante il prelievo;
- il prelevamento di campioni di aria da sottoporre ad olfattometria dinamica secondo la norma UNI EN 13725:04 (olfattometro TO8 Olfasense) per determinare la concentrazione di odore.

Le particelle di polveri vengono classificate, principalmente, in respirabili o inalabili:

- la frazione respirabile è rappresentata da una sospensione di particelle con classe granulometrica (generalmente < 4 micron) tale da raggiungere, per effetto dei moti respiratori, la parte non ciliata del polmone (zona alveolare);
- la frazione inalabile o totale è rappresentata da una sospensione che comprende anche le particelle di diametro superiore (anche tra i 10 e i 100 micron).

Sul flusso d'aria prima e dopo il sistema di lavaggio sono stati effettuati dei campionamenti per valutare l'efficacia del dispositivo nel catturare le Polveri Totali o Inalabili - Metodica analitica M.U. 1998:13 manuale 124 - (attività condotte in azione 2), mentre all'interno della sala trattata e della sala controllo sono state determinate le concentrazioni di Polveri Respirabili che influiscono maggiormente sulla salute degli operatori - Metodica analitica M.U. 1998:13 manuale 124 - (azione 3).

L'abbattimento delle polveri totali sul flusso d'aria sottoposto a lavaggio è risultato mediamente del 28% e 22% rispettivamente per i test condotti nel 2019 (aspirazione dalla sala) e 2020 (aspirazione da sotto-fessurato) - Figura 12.

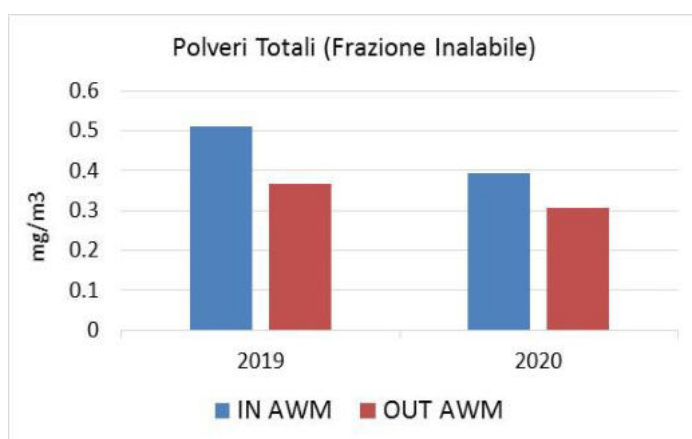


Figura 12 – Concentrazione di polveri Totali (o inalabile) presente nel flusso d'aria prima e dopo il trattamento AWM (Ammonia Washing Machine)

In

Figura 13 si riporta la concentrazione della frazione respirabile delle polveri rilevata all'interno della sala sottoposta al trattamento rispetto a quella di controllo. Dal grafico precedente si evince che il trattamento abbate le polveri totali sul flusso sottoposto a lavaggio (IN vs OUT) mentre un beneficio positivo non è stato riscontrato nel ridurre la presenza della frazione respirabile delle polveri all'interno della sala trattata rispetto a quella di controllo (Figura 13

Figura 13). Le concentrazioni medie rilevate sono infatti risultate simili, pari a 0.31 mg/m³ per la sala trattata rispetto a 0.25 mg/m³ per quella controllo. Una possibile spiegazione potrebbe essere che l'abbattimento delle polveri conseguente al lavaggio sia vanificato dall'effetto di una maggiore ventilazione dovuta al ricircolo dell'aria trattata.

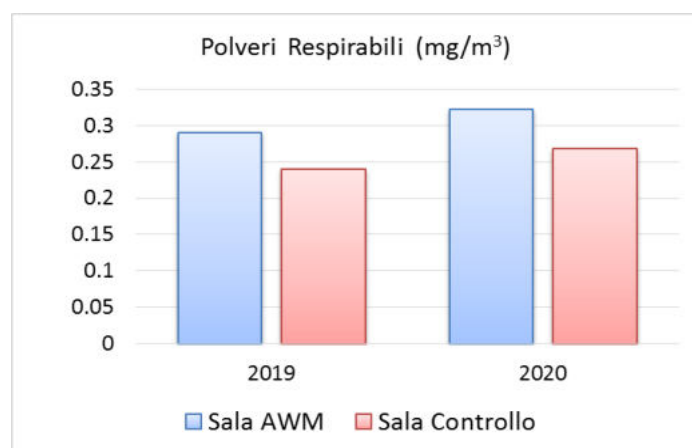


Figura 13 – Concentrazione della frazione respirabile delle polveri presente nella sala trattata (AWM) rispetto alla sala controllo

Si evidenzia che le concentrazioni rilevate sono sempre risultate ben al di sotto dei limiti massimi di concentrazione definiti per gli ambienti di lavoro: frazione inalabile 10 mg/m<sup>3</sup> e per la frazione respirabile 3 mg/m<sup>3</sup>.

Dall'analisi sui campioni di aria sottoposti ad olfattometria dinamica, si evince che il prototipo ha avuto mediamente un effetto positivo nel ridurre l'odore nella sala trattata rispetto a quella controllo, conseguentemente alla riduzione dell'ammoniaca (Figura 14). L'ammoniaca risulta, infatti, essere un gas pungente causa di molestie olfattive.

La riduzione media riscontrata è stata del 16%: elevata nel caso dei test condotti sulla sala a ventilazione naturale (-37% di odore) e nei test durante la fase ingrasso (-20%), ridotta nel caso dei test condotti sulla sala a ventilazione naturale (-7%) ed infine nulla nei test durante la fase di magronaggio (0%).

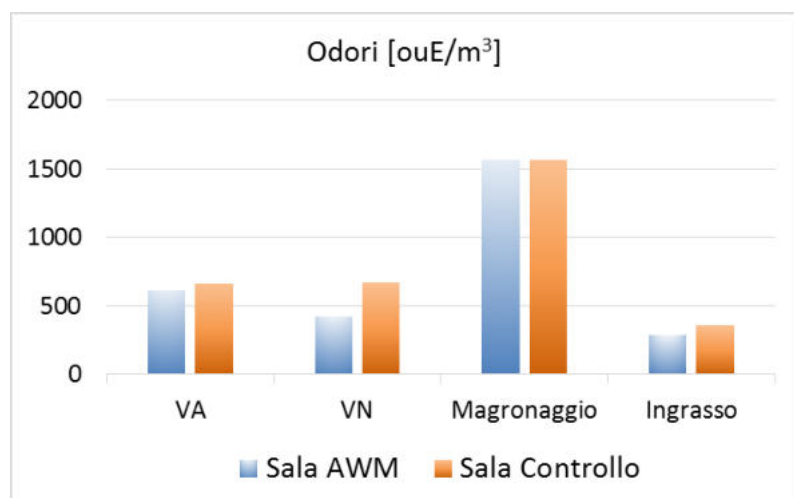


Figura 14 – Concentrazione di odore presente nella sala trattata (AWM) rispetto alla sala controllo (valori espressi come odour unit per m<sup>3</sup> di aria)

L'azione è stata infine supportata ed integrata dalla compilazione di schede per esprimere, mediante punteggi, un giudizio soggettivo e personale sulla qualità dell'aria all'interno della sala trattata rispetto a quella di controllo.

I parametri sui quali era richiesto un giudizio erano: odore, ammoniaca, polverosità ed umidità.

Il punteggio da attribuire andava da 0 (completa assenza della molestia) a 10 (molestia/presenza elevatissima). In Tabella 2 si riporta la sintesi dei giudizi espressi con la compilazione di 42 schede.

	<b>Sala AWM</b>	<b>Sala Controllo</b>
Odore	6	7
Ammoniaca	5	7
Polverosità	5	5
Umidità	6	6

Tabella 2 – Punteggio conseguito dalle sale sui 4 parametri oggetto di giudizio

#### **AZIONE 4 – Riduzione delle emissioni di ammoniaca e GHG dallo stoccaggio valorizzando la soluzione prodotta dal sistema di trattamento**

Per chiudere il cerchio, l'idea del Gruppo Operativo è stata quella di valorizzare la soluzione di solfato d'ammonio, derivante dal trattamento di cattura dell'ammoniaca, spruzzandola sul cumulo di frazione solida ottenuta dalla separazione meccanica solido-liquido del liquame suino.

Lo scopo di tale operazione è duplice: primo, sfruttare il pH ancora acido della soluzione (pH 3) per salificare parte dell'azoto ammoniacale presente nel solido, limitando le emissioni di ammoniaca; secondo, aumentare il contenuto di azoto della frazione solida incrementandone le proprietà fertilizzanti.

I dati rilevati in azione 2, relativamente ai test condotti nel 2019, hanno permesso di definire il dosaggio di additivazione, pari a 60 litri di soluzione per ton di solido separato. Tale dose è stata calcolata in relazione al fatto che una t di peso vivo suino in un anno ha prodotto 265 litri di soluzione di solfato d'ammonio (derivante dal trattamento dell'aria) e 4,4 t di frazione solida separata (ottenuta dal processo di separazione solido-liquido dei liquami prodotti da una tonnellata di peso vivo animale).

In occasione di ciascuna campagna di misura sono stati formati due cumuli, nel capannone adibito a stoccaggio della frazione solida separata, simili in peso (3,5 t cadauno), forma e freschezza del materiale. Uno dei due cumuli è stato interessato dall'additivazione con la soluzione di solfato d'ammonio, l'altro cumulo è invece servito come controllo.



*Figura 15 – Attività di monitoraggio delle emissioni dai cumuli in fase di stoccaggio*

Le emissioni ammoniacali e di gas serra (anidride carbonica, protossido d'azoto e metano) dai due cumuli sono state rilevate in 4 momenti (T0, T1, T2 e T3) nelle 4 settimane successive alla formazione dei cumuli. In ogni momento di misura sono state rilevate le emissioni da 3 posizioni differenti su ciascun cumulo.

Le attività, hanno indagato due diverse modalità di additivazione della frazione solida, per valutare quale applicazione offrì i migliori risultati nel ridurre le emissioni:

1. soluzione miscelata alla frazione solida in concomitanza della formazione del cumulo (60 l/t di solido, con additivazione una tantum all'atto della formazione);
2. sprayzzazione della soluzione sulla superficie del cumulo (dose pari a 15 litri/t di solido, una volta alla settimana per 4 settimane).

In Figura 16 si riporta il trend medio delle emissioni rilevate dalle 3 tesi e per ciascuno dei 4 momenti di misura (T0, T1, T2 e T3). Le tre tesi monitorate sono state: cumulo di controllo (Controllo), cumulo con additivazione di 60 l/t in un unico momento all'atto della formazione (MIX), cumulo con additivazione superficiale mediante sprayzzazione con dosi pari a 15 l/t una volta alla settimana per 4 settimane, per un totale di 60 l/t (SPRAY). Le frecce azzurre indicano i 4 momenti di sprayzzazione superficiale. In occasione della sprayzzazione si è provveduto a monitorare le emissioni dal cumulo prima (istogramma azzurro) e dopo l'evento (istogramma blu). Da rilevare l'effetto della soluzione a pH 3 nel ridurre le emissioni ammoniacali dal cumulo dopo l'evento di additivazione superficiale.

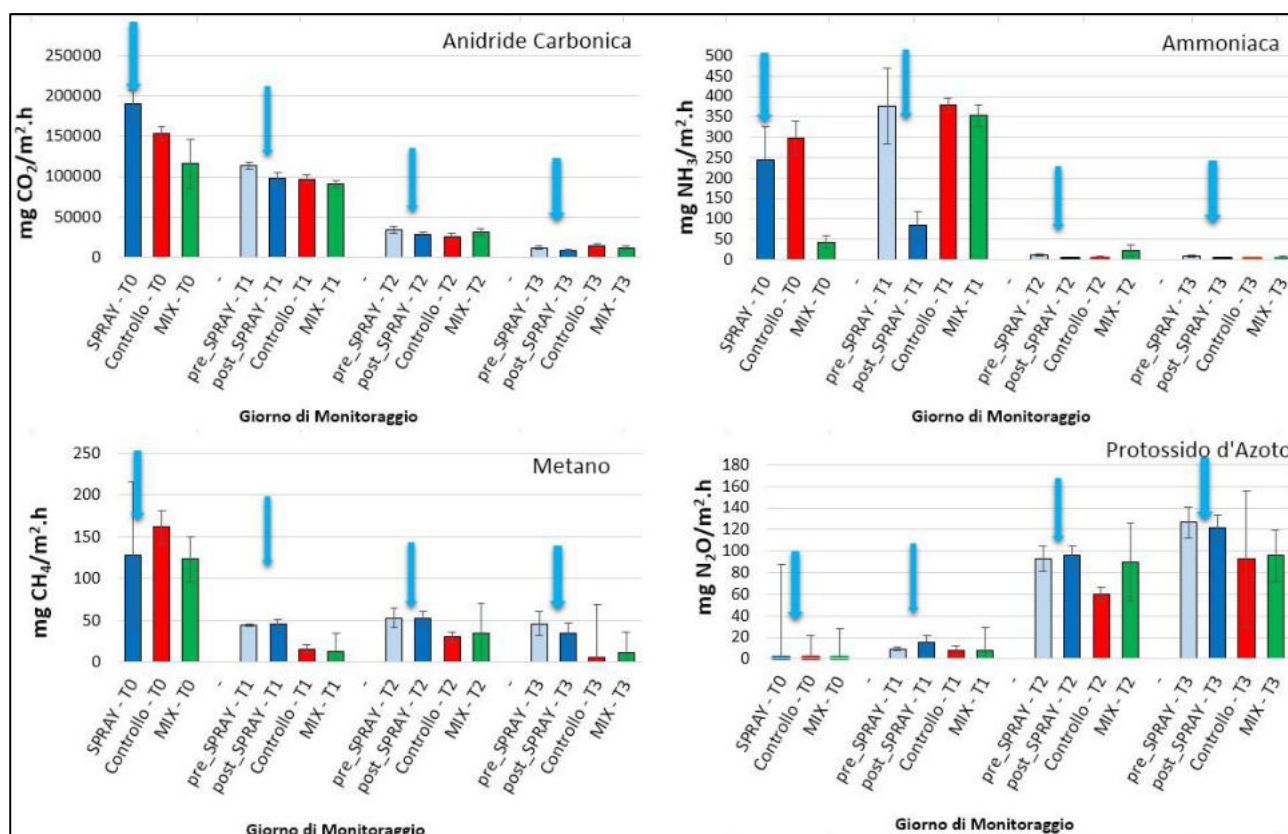


Figura 16 – Emissioni di ammoniaca e gas serra dai cumuli di frazione solida in fase di stoccaggio, espresse in mg gas/m<sup>2</sup> di superficie di cumulo per ora

Nel complesso, quantificando le emissioni cumulate nel periodo di monitoraggio per m<sup>2</sup> di superficie di cumulo (Tabella 3), si è riscontrato che l'additivazione non ha mostrato particolare influenza nel ridurre le emissioni di anidride carbonica. L'applicazione spray si è dimostrata la più efficiente nel ridurre le emissioni di ammoniaca (34%), ma ha determinato un significativo incremento di emissioni di protossido d'azoto e di metano, rispettivamente del 49 e 51%. La miscelazione della soluzione in una unica applicazione, in miscela alla frazione solida, ha ridotto le emissioni di ammoniaca del 16%, incrementato del 28% quelle di protossido d'azoto e non ha mostrato effetti significativi sulle emissioni di metano.

	g CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	g N <sub>2</sub> O/m <sup>2</sup>	g NH <sub>3</sub> /m <sup>2</sup>	g CH <sub>4</sub> /m <sup>2</sup>
Spray	+ 1%	+ 49%	- 34%	+ 51%
Mix	- 6%	+ 28%	- 16%	- 5%

Tabella 3 – Effetto dell’additivazione sulle emissioni di gas dalle tesi trattate rispetto al controllo

Le attività hanno previsto il campionamento del materiale fresco ad inizio fase di stoccaggio e delle matrici (3 tesi) alla fine del periodo di stoccaggio (Tabella 4). La tesi controllo ha mostrato una riduzione del contenuto di azoto in seguito alle emissioni, mentre le tesi additivate un incremento dovuto all’apporto di azoto contenuto nella soluzione di solfato d’ammonio.

		Frazione solida ad inizio test	Controllo	MIX	SPRAY
pH	[-]	<b>7.76</b>	<b>7.43</b>	<b>7.04</b>	<b>7.03</b>
Solidi Totali	[g/kg tq]	<b>260.6</b>	<b>286.1</b>	<b>238.8</b>	<b>287.9</b>
	[%tq]	26.0	28.6	23.8	28.80
Solidi Volatili	[g/kg tq]	<b>212.6</b>	<b>217.9</b>	<b>183.0</b>	<b>218.1</b>
	[%ST]	81.6	76.1	76.6	75.7
N totale Kjeldahl	[mg/kg tq]	<b>9128</b>	<b>7522</b>	<b>11194</b>	<b>15853</b>
	[%ST]	3.5	2.6	4.6	5.5
N-ammoniacale	[mg/kg tq]	<b>1365</b>	<b>504</b>	<b>2833</b>	<b>1798</b>
	[%NTK]	14.9	6.7	25.3	11.3

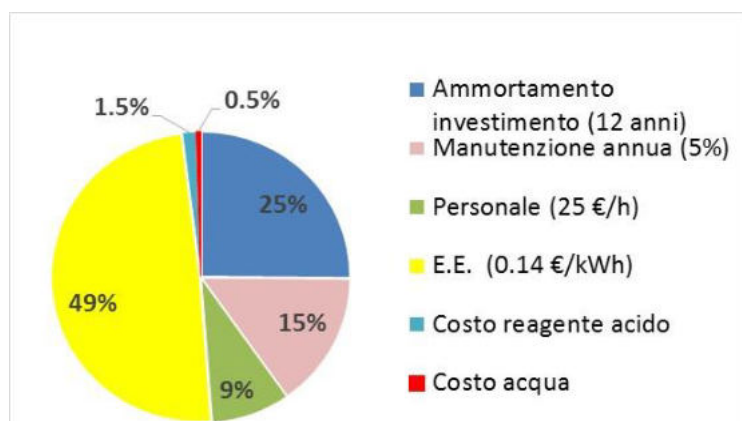
Tabella 4 – Caratterizzazione analitica delle matrici ad inizio ed alla fine del periodo di stoccaggio

I risultati dell’azione 2, integrati con le considerazioni in azione 4, portano alla conclusione che è da preferire una valorizzazione della soluzione di solfato d’ammonio tal quale, in quanto già ottima matrice azotata a fini fertilizzanti, specialmente se utilizzata in fertirrigazione. Infatti la sua additivazione alla frazione solida, da un lato riduce le emissioni ammoniacali ma dall’altro produce effetti negativi sulle emissioni di protossido d’azoto.

## AZIONE 5 – Valutazione dei costi-benefici e potenzialità di sviluppo della tecnologia risultante dal piano

Oltre al beneficio ambientale, il Gruppo Operativo ha valutato la sostenibilità economica dell'innovazione.

Durante le attività del Piano (azione 2), sono state rilevate e quantificate le voci di costo riportate in *Figura 17* ed è stata calcolata la loro incidenza percentuale sul costo totale annuo per il funzionamento del prototipo.



*Figura 17 - Voci di costo del prototipo e loro incidenza percentuale sul costo totale annuo*

I costi sono stati calcolati al netto dei benefici economicamente quantificabili, quali il risparmio di parte dell'energia elettrica per la ventilazione forzata delle sale e gli introiti provenienti dalla vendita della soluzione di solfato d'ammonio derivante dal trattamento. Questi ultimi sono stati stimati rapportando la quotazione del solfato d'ammonio con titolo 21% al tenore di N della soluzione prodotta, e decurtando del 15% il valore ottenuto in quanto soluzione di recupero.

Diversamente altri importantissimi benefici, quali la riduzione delle emissioni ammoniacali in atmosfera e l'incremento della sostenibilità sociale degli allevamenti, sono di difficile monetizzazione e pertanto non inclusi nel bilancio.

Le risorse del Piano non hanno inoltre permesso di valutare gli effetti sugli accrescimenti ponderali dei capi e sull'indice di conversione alimentare determinati dal miglioramento della qualità dell'aria all'interno dei ricoveri e, quindi, delle condizioni di benessere animale.

Le valutazioni economiche calate sulla realtà produttiva dei due allevamenti partner del GO hanno evidenziato che l'applicazione dell'innovazione comporta un costo quantificabile in 12 €cent per chilogrammo di peso venduto nell'allevamento Sant'Anna e in 9 €cent nel caso dell'allevamento Colombaro.

Rispetto alla quotazione media dell'ultimo triennio di 1,45 €/kg formulata dalla CUN suini e relativa ai suini da macello destinati al circuito DOP del prosciutto di Parma (160-175 kg), l'incidenza del costo di installazione e gestione di un impianto di trattamento dell'aria come quello testato nell'ambito del Piano risulta pari al 7,1% (*Figura 18*). In considerazione dell'elevata volatilità che tipicamente caratterizza il mercato del suino pesante, nello stesso periodo l'incidenza del costo dell'impianto rimane compreso tra un minimo del 5,7% (novembre-dicembre 2019 con quotazioni del suino pari a 1,79 €/kg) ed un massimo del 9,8% (maggio-giugno 2020 col listino pari a 1,05 €/kg). Come accennato, nella stima della sostenibilità economica dell'intervento andrebbero tuttavia quantificati anche i potenziali incrementi della produttività aziendale dovuti all'innovazione, la cui valutazione richiederebbe ulteriori e specifiche prove sperimentali.



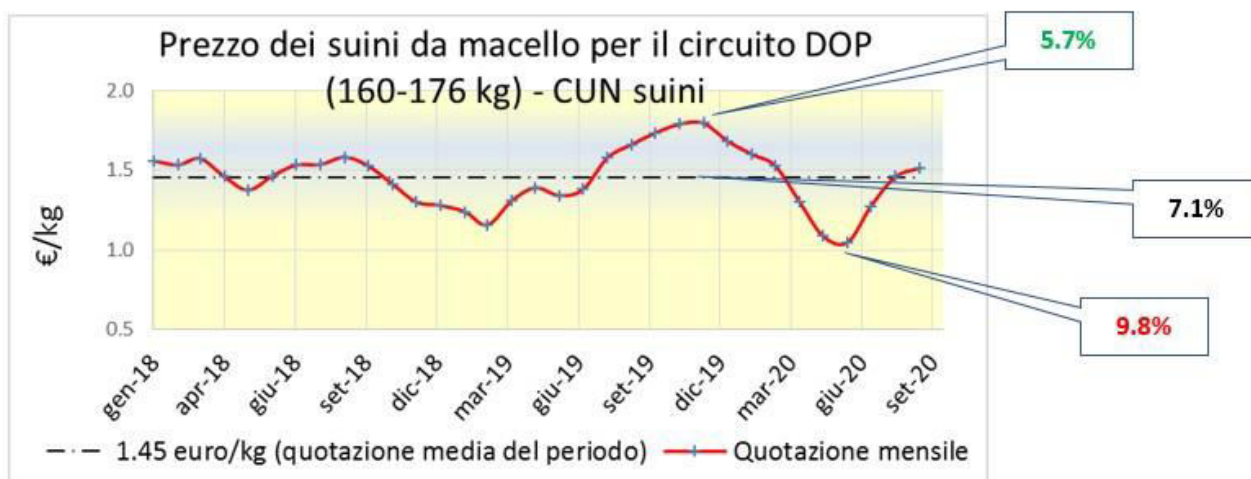


Figura 18 – Incidenza percentuale del trattamento sul costo di vendita del kg carne suina, in relazione all'andamento dei prezzi rilevati negli ultimi tre anni (Fonte dei prezzi: CUN suini).

Tra le attività dell'azione 5 era previsto anche il calcolo dell'incidenza dell'applicazione del trattamento sul costo medio reale dei due allevamenti, che è stato calcolato in riferimento all'esercizio 2019 mediante la rilevazione dei dati contabili e produttivi aziendali.

La Società Agricola Sant'Anna nel 2019 ha venduto un totale di 17.400 capi, allevati a partire da un peso medio iniziale di 7 chilogrammi. Il 30% dei capi venduti sono magroni da allevamento del peso di 48 kg e la rimanente quota è costituita da grassi da macello dal peso medio vivo di 165 chilogrammi. Complessivamente la produzione netta annua si è attestata a 1.953 tonnellate di peso vivo.

Il costo medio riportato nella Tabella 5 seguente è riferito ad un capo di 127 chilogrammi, che è la media dei pesi dei magroni e dei capi da macello ceduti dall'allevamento.

Costo per capo e peso vivo venduto	€/capo IVA incl	€/kg p.v. IVA incl
<b>Mezzi correnti e servizi (di cui):</b>	<b>199,66</b>	<b>1,58</b>
Alimentazione	110,06	0,87
Lattonzolo	54,60	0,43
Energia e carburanti	10,01	0,08
Medicinali e veter.	6,12	0,05
Servizi e prestaz. prof.	7,43	0,06
Manutenzioni e materiali	9,43	0,07
Spese generali	2,01	0,02
<b>Fattori di produzione (di cui):</b>	<b>29,37</b>	<b>0,18</b>
Lavoro	14,96	0,12
Ammort. e interessi	14,41	0,11
<b>Costo totale</b>	<b>229,03</b>	<b>1,81</b>

Tabella 5 - Costo complessivo medio di produzione allevamento Sant'Anna (2019)

Qualora l'innovazione fosse applicata a tutti gli edifici di stabulazione dell'allevamento il costo medio di 1,81 €/kg p.v. aumenterebbe del 5%, attestandosi a 1,90 €/kg. L'incremento corrisponderebbe a 11 € per capo venduto.

L'allevamento Colombaro dispone invece di una capacità 16.500 posti destinati all'ingrasso di suini pesanti di 170 kg a partire da un peso medio del magrone di 31 chilogrammi. Nel 2019 sono stati venduti al macello 27.000 capi, mentre la produzione netta dell'allevamento si è attestata a 3.600 tonnellate di peso vivo. Il costo medio è risultato pari a 1,59 € per chilogrammo di peso vivo venduto, corrispondente a 267 €/capo (Tabella 6).

<b>Costo per capo e peso vivo venduto</b>	<b>€/capo IVA incl</b>	<b>€/kg p.v. IVA incl</b>
<b>Mezzi correnti e servizi (di cui):</b>	<b>243,90</b>	<b>1,44</b>
Alimentazione	121,08	0,71
Magrone	96,84	0,57
Energia e carburanti	5,98	0,04
Medicinali e veter.	5,61	0,03
Affitti	0,96	0,01
Servizi e prestaz. prof.	5,72	0,03
Manutenzioni e materiali	1,00	0,01
Spese generali	6,71	0,04
<b>Fattori di produzione (di cui):</b>	<b>26,04</b>	<b>0,15</b>
Lavoro	14,86	0,09
Ammort. e interessi	11,18	0,07
<b>Costo totale</b>	<b>269,94</b>	<b>1,59</b>

Tabella 6 - Costo complessivo medio di produzione allevamento Colombaro (2019)

Se tutti i reparti da ingrasso fossero stati dotati del prototipo per il trattamento dell'aria testato nell'ambito delle attività del progetto, il costo medio sarebbe aumentato del 7,5%, portandosi a 1,71 €/kg. Rapportato ai suini da macello venduti, l'incremento del costo sarebbe quantificabile in 20 € per capo.

La potenzialità di sviluppo della tecnologia risulta pertanto legata alle quotazioni del suino pesante DOP. In periodi caratterizzati dalla giusta remunerazione della produzione suinicola e da quotazioni stabili per tempi prolungati, gli allevatori possono avere margine di investimento e sicuramente interessati al trattamento, specialmente per tutti gli allevamenti soggetti all'Autorizzazione Integrata Ambientale in quanto potrebbe risultare anche una tecnologia applicabile e compensativa di altri interventi al contrario non attuabili.

Per favorire la diffusione del trattamento, potrebbe essere utile valorizzare economicamente la matrice fertilizzante prodotta (soluzione liquida di solfato d'ammonio) e riconoscere economicamente la maggior sostenibilità ambientale e sociale degli allevamenti, che applicano soluzioni atte a ridurre l'impatto delle loro produzioni, da parte dei consumatori.

## **CONCLUSIONI**

Il lavaggio dell'aria con recupero dell'ammoniaca è risultato tecnicamente fattibile.

Mediamente sull'intera sperimentazione (2019-2020) il dispositivo ha permesso di ottenere dopo il lavaggio un'aria a ridottissimo contenuto di ammoniaca, con efficienze medie di abbattimento tra ingresso ed uscita del 90%, raggiungendo in numerosi test anche efficienze di rimozione pari al 99%.

I risultati conseguiti dal Gruppo Operativo dimostrano che un importante elemento nutritivo quale l'azoto, che sotto forma di ammoniaca emessa in atmosfera origina tanti problemi, può essere recuperato e dare vita a fertilizzanti nell'ottica del "nutrient recovery and reuse".

È stato possibile recuperare azoto ed evitare emissioni ammoniacali in atmosfera per 0,7 kg NH<sub>3</sub>/posto animale/anno nei test condotti aspirando l'aria dalla sala (2019), mentre aspirando l'aria da sotto-fessurato (2020) sono state evitate emissioni per 2,4 kg NH<sub>3</sub>/posto animale/anno. La seconda modalità operativa ha permesso non solo di catturare l'ammoniaca presente nella sala, ma anche di intercettare e recuperare le emissioni ammoniacali dal liquame presente nella fossa sottostante al pavimento fessurato. Condizione questa che ha determinato un'efficienza di recupero dell'azoto, per tonnellata di peso vivo, 3 volte superiore rispetto all'aspirazione dalla sala.

Questi dati di emissioni ammoniacali evitate, se rapportati ai valori di emissione da ricoveri esistenti per suini da ingrasso, presenti nelle BAT Conclusions (valori fissati dalle BAT-AELs pari a 3,6 kg NH<sub>3</sub>/posto animale/anno), evidenziano una riduzione delle emissioni quantificabile tra il 20 e il 66%, in base alle condizioni operative del prototipo.

Il lavaggio dell'aria con ricircolo del flusso trattato ha significativamente ridotto la presenza di ammoniaca nelle sale delle porcilaie, determinando un miglioramento della qualità dell'aria interna, specialmente in tutti quei periodi ove i ricambi d'aria sono ridotti a causa delle basse temperature o per la presenza di suini piccoli.

Sicuramente la condizione meteo-climatica padana, con ventilazioni estive degli ingrassi anche 15 volte superiori rispetto a quelle invernali (10-150 m<sup>3</sup>/h capo) non facilita il dimensionamento del sistema di trattamento.

L'incidenza del trattamento sui costi può divenire problematica in considerazione dell'elevata volatilità delle quotazioni del suino pesante DOP e, pertanto, potrebbe essere utile valorizzare economicamente la matrice fertilizzante prodotta e la maggior sostenibilità ambientale e sociale degli allevamenti che applicano soluzioni atte a ridurre l'impatto delle loro produzioni.

L'innovazione Ammonia Washing Machine potrebbe aggiungersi alla lista delle "migliori tecniche disponibili" (BAT) che gli allevamenti, soggetti all'Autorizzazione Integrata Ambientale, dovranno applicare.