



## TIPO DI OPERAZIONE

### 16.1.01 - Gruppi operativi del partenariato europeo per la produttività e la sostenibilità dell'agricoltura

### DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA REGIONALE N. 1089 DEL 31/08/2020

FOCUS AREA  5A  5D

## RELAZIONE TECNICA

### DOMANDA DI SOSTEGNO 5207205

### DOMANDA DI PAGAMENTO 5702838

Titolo Piano	<i>EMPARE – possibilità operative per la limitazione del Emissioni di gas negli allevamenti bovini da latte del comprensorio del Parmigiano REggiano</i>
Ragione sociale del proponente (soggetto mandatario)	Centro Ricerche Produzioni Animali - CRPA SCPA
Partner del GO	Centro Ricerche Produzioni Animali - CRPA SCPA Dinamica Soc. Cons. a.r.l. Società Agricola Delsante Elvezio e Saverio Società Semplice Società Agricola Fratelli Prandi S.S. di Marco, Maurizio, Stefano e Davide Stalla Sociale San Martino - Società Cooperativa Agricola a Responsabilità Limitata Consorzio del Formaggio Parmigiano-Reggiano (partner associato)

Durata originariamente prevista del progetto (in mesi)	<b>20</b>
Data inizio attività	27/04/2021
Data termine attività (incluse eventuali proroghe già concesse)	27/12/2023

Relazione relativa al periodo di attività dal	27/04/2021	al 27/12/2023
Data rilascio relazione	<b>30/01/2024</b>	

Autore della relazione	Paolo Rossi		
Telefono		Telefono	0522436999
pec	crpapec@pec.it		

## Sommario

1	- DESCRIZIONE DELLO STATO DI AVANZAMENTO DEL PIANO.....	4
1.1	STATO DI AVANZAMENTO DELLE AZIONI PREVISTE NEL PIANO .....	4
2	- DESCRIZIONE PER SINGOLA AZIONE.....	5
2.1	ATTIVITÀ E RISULTATI .....	5
2.2	PERSONALE.....	8
2.3	SPESE PER MATERIALE DUREVOLE E ATTREZZATURE .....	9
2.4	MATERIALI E LAVORAZIONI DIRETTAMENTE IMPUTABILI ALLA REALIZZAZIONE DEI PROTOTIPI .....	9
2.5	COLLABORAZIONI, CONSULENZE, ALTRI SERVIZI .....	10
2.6	SPESE PER ATTIVITÀ DI DIVULGAZIONE E DISSEMINAZIONE.....	10
2.7	SPESE PER ATTIVITÀ DI FORMAZIONE E CONSULENZA.....	10
3	- CRITICITÀ INCONTRATE DURANTE LA REALIZZAZIONE DELL'ATTIVITÀ.....	11
4	- ALTRE INFORMAZIONI.....	11
5	- CONSIDERAZIONI FINALI .....	11
6	- RELAZIONE TECNICA.....	12

# 1 - DESCRIZIONE DELLO STATO DI AVANZAMENTO DEL PIANO

Descrivere brevemente il quadro di insieme relativo alla realizzazione del piano.

L'obiettivo principale del Piano EMPARE è quello di valutare la situazione emissiva attuale e di stimare il potenziale di riduzione del comparto da latte più importante della regione, quello del comprensorio del Parmigiano Reggiano. La riduzione di emissioni GHG e di ammoniaca permette non solo una mitigazione dell'impatto odorogeno, ma anche un miglioramento della sostenibilità ambientale e sociale degli allevamenti.

Altri obiettivi perseguiti dal piano sono:

- riduzione dei rilasci di sostanze inquinanti e miglioramento delle qualità delle acque e del suolo, grazie all'adozione di interventi efficaci a migliorare l'utilizzazione agronomica degli effluenti e conseguente aumento dell'efficienza di utilizzazione dell'azoto da parte delle colture e riduzione delle perdite azotate verso le acque;
- miglioramento del benessere animale, in quanto le azioni introdotte per mitigare il problema delle emissioni (per esempio una maggior frequenza di rimozione degli effluenti in corsia) hanno effetti positivi sul livello di benessere degli animali e sulla qualità igienico-sanitaria degli ambienti d'allevamento.

Tutte le attività previste dal Piano sono state realizzate:

- indagine preliminare finalizzata a definire la realtà produttiva del comparto bovino da latte del comprensorio del Parmigiano Reggiano (Azione 1);
  - stima del livello delle emissioni del comparto bovino da latte nel comprensorio del Parmigiano Reggiano (Azione 2);
  - valutazione LCA (Life Cycle Assessment) attraverso il calcolo dell'impronta del carbonio che prevede la quantificazione dei gas serra emessi dalle attività produttive aziendali (Azione 3);
  - monitoraggio delle emissioni nelle aziende partner al fine di determinare le emissioni da ogni zona stabulativa della stalla (Azione 4);
  - analisi degli aspetti non tecnologici che possono influenzare l'adozione di tecniche mitigatorie da parte degli allevatori e l'accettazione sociale degli allevamenti in un contesto cittadino (Azione 5).
- Inoltre, sono state eseguite anche tutte le attività previste dall'Azione di Divulgazione e riferite alla disseminazione tecnico-scientifica e alla didattica/divulgazione attraverso Dinamica.

## 1.1 STATO DI AVANZAMENTO DELLE AZIONI PREVISTE NEL PIANO

Azione	Unità aziendale responsabile	Tipologia attività	Mese inizio attività previsto	Mese inizio attività effettivo	Mese termine attività previsto	Mese termine attività effettivo
Azione 0	CRPA SCPA	Esercizio della cooperazione	1	1	20	32
Azione 1	CRPA SCPA	Studi necessari alla realizzazione del piano	1	3	6	12
Azione 2	CRPA SCPA	Stima emissioni nel comprensorio del Parmigiano Reggiano	5	7	12	28
Azione 3	CRPA SCPA	Valutazione LCA	9	12	19	32
Azione 4	CRPA SCPA	Monitoraggio emissioni	9	12	19	32
Azione 5	CRPA SCPA	Sostenibilità ambientale e sociale della zootecnia periurbana	7	13	20	28
Divulgazione	CRPA SCPA	Divulgazione	1	1	20	32

## 2 - DESCRIZIONE PER SINGOLA AZIONE

Compilare una scheda per ciascuna azione

### 2.1 ATTIVITÀ E RISULTATI

Azione 0	<b>ESERCIZIO DELLA COOPERAZIONE</b>
Unità aziendale responsabile	Centro Ricerche Produzioni Animali – CRPA SCPA
Descrizione delle attività	<p>- <b>Riunione Kick off EMPARE il 26/08/2021 dalle 10:00 alle 12:00</b></p> <p>Durante lo svolgimento del progetto sono state svolte riunioni fra le singole aziende partner e i ricercatori coinvolti nelle diverse attività, allo scopo di definire nei particolari le attività previste, ipotizzare soluzioni alternative per superare difficoltà tecniche, scambiarsi dati importanti per lo svolgimento di attività specifiche. In tali contesti sono state anche sviluppate collaborazioni specifiche su determinati aspetti della gestione degli allevamenti che impattano sull'ambiente e che, quindi, hanno attinenza con le tematiche del progetto. Ad esempio, per l'azienda partner San Martino è stata svolta un'analisi di dettaglio sulla produzione complessiva di effluenti, che ha poi agevolato lo svolgimento di altre parti del progetto.</p> <p>In generale, l'attività di cooperazione ha visto la disponibilità al coinvolgimento delle aziende partner, soprattutto nel confronto face to face con i ricercatori di CRPA, meno per le riunioni generali.</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<p>Il piano di lavoro non si è discostato dagli obiettivi previsti. In corso d'opera, come comunicato si è ritenuto necessario fare ricorso alla collaborazione di un consulente esterno per l'elaborazione statistica dei dati rilevati mediante somministrazione di un questionario (vedi Azione 5). Per questo motivo parte del budget previsto dalla voce "personale" è stato spostato alla voce "realizzazione" (vedi allegato "Richiesta proroga.pdf"). Le attività dell'azione Cooperazione sono state realizzate; la difficoltà nell'organizzare riunioni di progetto ha portato alla scelta di svolgere incontri più frequenti con le singole aziende partner.</p>

Azione 1	<b>STUDI NECESSARI ALLA REALIZZAZIONE DEL PIANO</b>
Unità aziendale responsabile	Centro Ricerche Produzioni Animali – CRPA SCPA
Descrizione delle attività	<p>Questa azione prevede un'indagine preliminare finalizzata a definire la realtà produttiva del comparto bovino da latte del comprensorio del Parmigiano Reggiano.</p> <p>Per questa attività si prevede:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- predisposizione del questionario di raccolta dati;</li><li>- la raccolta delle informazioni (ad esempio tecniche di stabulazione, caratteristiche costruttive della stalla, tipologie di impianti e modalità operative per l'allontanamento degli effluenti) mediante questionario aziendale;</li><li>- elaborazione e analisi delle informazioni raccolte;</li><li>- modellizzazione delle aziende e definizione di alcune tipologie per procedere alla stima delle emissioni dell'area Parmigiano Reggiano.</li></ul> <p>L'indagine campionaria prevede il coinvolgimento di 60 aziende, che sommate a 120 aziende già indagate nel precedente GOI Milkgas, costituiscono circa il 5% del totale delle aziende del comprensorio. Il Consorzio del Formaggio Parmigiano Reggiano collabora nell'individuazione e nella definizione del campione di aziende.</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<p>Il piano di lavoro non si è discostato dagli obiettivi previsti e non si segnalano scostamenti dal progetto né particolari criticità tecnico-scientifiche emerse durante l'attività. Tutte le attività dell'azione Studi necessari alla realizzazione del Piano sono state realizzate secondo quanto previsto dal progetto. I prodotti previsti da questa azione sono stati realizzati e sono allegati al presente rendiconto (vedi Allegato 1 – Piano GO EMPARE, capitolo 1)</p>

Azione 2	<b>STIMA EMISSIONI NEL COMPRESORIO DEL PARMIGIANO REGGIANO</b>
Unità aziendale responsabile	Centro Ricerche Produzioni Animali – CRPA SCPA

Descrizione delle attività	<p>Questa azione prevede la stima del livello di emissioni del comparto bovino da latte nel comprensorio del Parmigiano Reggiano, attraverso:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- analisi dei dati del Consorzio del Formaggio Parmigiano Reggiano per definire la consistenza del patrimonio zootecnico;</li> <li>- suddivisione delle aziende del comprensorio nei modelli aziendali definiti nell'Azione 1 con calcolo delle relative consistenze;</li> <li>- calcolo delle emissioni dello stato di fatto per ogni modello, mediante Milkgas-tool;</li> <li>- stima delle emissioni dello stato di fatto per l'intero comprensorio di produzione con indicazione dei valori totali e di quelli unitari;</li> <li>- calcolo delle emissioni dello stato di progetto per ogni modello, mediante Milkgas-tool, per stimare la riduzione di emissioni in base alla tecnica di mitigazione individuata e il costo per eventuali investimenti;</li> <li>- stima delle emissioni dello stato di progetto per l'intero comprensorio di produzione con indicazione dei valori totali e di quelli unitari;</li> </ul> <p>Per le aziende partner si effettua una valutazione specifica del potenziale di riduzione delle emissioni con analisi dei possibili interventi, sulla base delle realtà operative e delle propensioni delle stesse aziende.</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<p>Il piano di lavoro non si è discostato dagli obiettivi previsti e non si segnalano scostamenti dal progetto né particolari criticità tecnico-scientifiche emerse durante l'attività. Tutte le attività dell'azione 2 sono state realizzate secondo quanto previsto dal progetto. I prodotti previsti da questa azione sono stati realizzati e sono allegati al presente rendiconto (vedi Allegato 1 – Piano GO EMPARE, capitolo 2)</p>

Azione 3	<b>VALUTAZIONE LCA</b>
Unità aziendale responsabile	Centro Ricerche Produzioni Animali – CRPA SCPA
Descrizione delle attività	<p>Questa azione prevede l'analisi dell'impronta del carbonio con riferimento allo stato di fatto e allo stato di progetto mediante metodologia LCA (Life Cycle Assessment) e quantificazione dei gas serra emessi delle attività produttive aziendali.</p> <p>L'azione prevede quindi le seguenti attività:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- compilazione delle schede di raccolta dati;</li> <li>- input ed elaborazione LCA ex-ante;</li> <li>- input ed elaborazione LCA ex-post</li> </ul> <p>L'azione prevede il coinvolgimento delle aziende partner e di un campione di altre 5 aziende scelte in modo mirato per le loro caratteristiche, possibilmente in rappresentanza dei modelli definiti nell'Azione 1</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<p>Il piano di lavoro non si è discostato dagli obiettivi previsti e non si segnalano scostamenti dal progetto né particolari criticità tecnico-scientifiche emerse durante l'attività. Tutte le attività dell'azione 3 sono state realizzate secondo quanto previsto dal progetto. La valutazione dell'impronta del carbonio mediante metodologia LCA è stata eseguita nelle 3 aziende partner e in 6 aziende rappresentative dei modelli aziendali (una in più rispetto a quanto previsto dal progetto)</p> <p>I prodotti previsti da questa azione sono stati realizzati e sono allegati al presente rendiconto (vedi Allegato 1 – Piano GO EMPARE, capitolo 3)</p>

Azione 4	<b>MONITORAGGIO EMISSIONI</b>
Unità aziendale responsabile	Centro Ricerche Produzioni Animali – CRPA SCPA
Descrizione delle attività	<p>Questa azione prevede il monitoraggio delle emissioni di ammoniaca e gas serra nelle aziende partner.</p> <p>L'azione prevede quindi le seguenti attività:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- definizione delle caratteristiche delle aziende in termini di dimensioni, organizzazione interna, tipo di stabulazione, numero di capi, tecniche di rimozione degli effluenti e tecniche attive per il controllo ambientale;</li> <li>- monitoraggio delle potenzialità emissiva delle stalle per vacche da latte nel comprensorio del Parmigiano Reggiano attraverso la rilevazione delle emissioni di ammoniaca e GHG mediante strumentazione specifica in zona di riposo, in corsia di smistamento e alimentazione (stalla libera) e nella zona posteriore della posta (stalla fissa).</li> <li>- monitoraggio dei valori di temperatura e umidità relativa in prossimità delle superfici mediante strumentazione portatile;</li> <li>- campione di deiezioni presenti al momento dei rilievi per ogni zona stabulativa.</li> </ul>

Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<i>Il piano di lavoro non si è discostato dagli obiettivi previsti e non si segnalano scostamenti dal progetto né particolari criticità tecnico-scientifiche emerse durante l'attività. Tutte le attività dell'azione 4 sono state realizzate secondo quanto previsto dal progetto. I prodotti previsti da questa azione sono stati realizzati e sono allegati al presente rendiconto (vedi Allegato 1 – Piano GO EMPARE, capitolo 4)</i>
---	---

Azione 5	<b>SOSTENIBILITA' AMBIENTALE E SOCIALE DELLA ZOOTECCIA PERIURBANA</b>
Unità aziendale responsabile	Centro Ricerche Produzioni Animali – CRPA SCPA
- Descrizione delle attività	<p><i>Questa azione intende analizzare degli aspetti non tecnologici che possono influenzare l'adozione di tecniche mitigatorie da parte degli allevatori e indagare l'accettazione sociale degli allevamenti in un contesto periurbano e il rapporto fra allevamenti zootecnici delle aree periurbane e società (cittadini, istituzioni e organi d'informazione).</i></p> <p><i>In particolare, l'azione prevede le seguenti attività:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>verifica della consistenza e della tipologia di aziende bovine da latte presenti nel comune di Reggio Emilia;</i></li> <li>- <i>indagine presso le aziende, mediante compilazione di apposito questionario, per conoscere il pensiero degli allevatori in merito a questioni ambientali e cambiamenti climatici;</i></li> <li>- <i>indagine presso i cittadini/consumatori, mediante compilazione di apposito questionario, per verificare il loro approccio rispetto alle questioni afferenti il mondo agricolo e zootecnico;</i></li> <li>- <i>costituzione di un gruppo di lavoro intersettoriale e definizione delle linee prioritarie;</i></li> <li>- <i>elaborazione e analisi dei dati raccolti.</i></li> </ul>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<i>Il piano di lavoro non si è discostato dagli obiettivi previsti e non si segnalano scostamenti dal progetto né particolari criticità tecnico-scientifiche emerse durante l'attività. Tutte le attività dell'azione 5 sono state realizzate secondo quanto previsto dal progetto. Il secondo questionario, rivolto ai cittadini in particolare delle città di Reggio Emilia e di Parma, è rimasto aperto online da marzo a giugno 2023. Nonostante il supporto del Comune di Reggio Emilia e i reiterati invii, è stato raccolto un numero insufficiente di questionari (119) per poter procedere ad un'analisi statistica significativa. Si è quindi ritenuto opportuno concentrarsi sul primo questionario, i cui risultati sono riportati nell'allegato di questo documento (vedi Allegato 1 – Piano GO EMPARE, capitolo 5).</i>

Azione	<b>DIVULGAZIONE</b>
Unità aziendale responsabile	Centro Ricerche Produzioni Animali – CRPA SCPA
Descrizione delle attività	<p><i>Le attività di divulgazione, volte a diffondere tutte le iniziative intraprese al fine di limitare le emissioni dagli allevamenti bovini da latte, hanno accompagnato tutto il decorso del progetto, fino alla diffusione dei risultati finali, avendo come target aziende zootecniche, operatori del comprensorio del Parmigiano-Reggiano, associazioni di categoria, agronomi, veterinari, istituzioni.</i></p> <p><i>Nei primi mesi si è ideata la linea grafica che ha caratterizzato tutti i prodotti divulgativi (logo, template vari da utilizzare per la comunicazione, quali comunicati stampa, poster, roll up, pagine web, presentazioni).</i></p> <p><i>Contestualmente è stato avviato il sito web dedicato, all'interno del dominio CRPA. Il sito, che si compone di una home page con carosello, news in primo piano e diverse sezioni tra cui "progetto", "blog", "documenti", "contatti", è stato implementato mano a mano con tutte le iniziative realizzate e il materiale prodotto e n. 16 news. Sono state inoltre attivate le statistiche di registrazione e gestione dei contatti (<a href="https://empare.crupa.it/nqcontent.cfm?a_id=22322&amp;tt=t_bt_app1_www">https://empare.crupa.it/nqcontent.cfm?a_id=22322&amp;tt=t_bt_app1_www</a>), oltre a una pagina sul sito <a href="http://goi.crupa.it">goi.crupa.it</a> (<a href="http://goi.crupa.it/nqcontent.cfm?a_id=23439&amp;tt=t_bt_app1_www">http://goi.crupa.it/nqcontent.cfm?a_id=23439&amp;tt=t_bt_app1_www</a>).</i></p> <p><i>Sono stati pubblicati su riviste tecniche n. 2 articoli tecnico-divulgativi:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Emissioni in atmosfera dei gas serra – Quale il ruolo degli allevamenti da latte a cura del Consorzio del Parmigiano-Reggiano, pubblicato sulla rivista Informatore Zootecnico n. 15-2021, rivista con una tiratura dichiarata di 13.500 copie per numero;</i></li> <li>- <i>Giù le emissioni per il Parmigiano-Reggiano a cura di Ambra Motta e Paolo Rossi – CRPA Scpa, pubblicato sulla rivista Allevatori Top n. 10 ottobre 2023, rivista con 10.800 copie veicolate per numero.</i></li> </ul> <p><i>Sono stati realizzate n. 4 newsletter (di n. 3 previste), inviate con newsletter CRPA</i></p>

	<p><i>Informa ad indirizzario aziendale, comprensivo di tutti i portatori d'interesse di Empare, per oltre 19.000 contatti:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Newsletter 1, a febbraio 2022, per dare informazione sugli obiettivi del piano, inviata con CRPA Informa 4/2022;</li> <li>- Newsletter 2, ad aprile 2023, per diffondere i risultati di un'indagine relativa agli allevamenti di bovini da latte per Parmigiano-Reggiano, inviata con CRPA Informa 7/2023;</li> <li>- Newsletter 3, ad ottobre 2023 con il programma dell'evento finale, inviata con CRPA Informa-17/2023;</li> <li>- Newsletter 4 (extra), a dicembre 2023 per divulgare i risultati emersi nel corso del progetto, inviata con CRPA Informa 20/2023.</li> </ul> <p><i>Le iniziative intraprese nell'arco della durata del progetto sono state diffuse anche attraverso i social Twitter e LinkedIn.</i></p> <p><i>E' stata organizzata una visita guidata presso la Società Agricola F.lli Prandi a Roncadella (RE), il 7 settembre 2023, per far conoscere una delle aziende partner e per fornire indicazioni sullo stato di avanzamento del progetto. La locandina con il programma è stata inviata con il CRPA Informa 13/2023 e con un invio di recall successivamente a più di 4.000 portatori d'interesse del progetto. All'incontro erano presenti n. 20 persone.</i></p> <p><i>Durante la visita guidata sono state realizzate le riprese per un servizio televisivo, andato in onda su reti regionali dal 17 al 22 settembre (<a href="https://empare.crupa.it/nqcontent.cfm?a_id=30330">https://empare.crupa.it/nqcontent.cfm?a_id=30330</a>).</i></p> <p><i>E' stato organizzato un seminario conclusivo presso il Tecnopolo di Reggio Emilia il 7 novembre 2023, per divulgare i risultati delle attività di Empare. L'evento è stato organizzato in collaborazione con l'Ordine dei Dottori Agronomi e Dottori Forestali di Reggio Emilia e con il Collegio interprovinciale dei Periti Agrari e Periti Agrari Laureati di Reggio Emilia e Parma, per il riconoscimento dei crediti per la formazione continua. La locandina con il programma è stata inviata direttamente ai portatori di interesse del progetto e un recall è stato fatto attraverso il CRPA Informa 17/2023. Ai n. 28 partecipanti è stato distribuito il materiale informativo del progetto all'interno di cartelline personalizzate.</i></p> <p><i>Di seguito le presentazioni:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- L'innovazione, la formazione e la consulenza per il settore agricolo e agroalimentare dell'Emilia-Romagna a cura di Maria Costanza Balboni - RER;</li> <li>- Il progetto EMPARE: partner, azioni e obiettivi a cura di Paolo Rossi - CRPA;</li> <li>- Le stalle del Parmigiano Reggiano: strutture e gestione degli effluenti a cura di Ambra Motta - CRPA;</li> <li>- Valutazione delle emissioni dalle strutture d'allevamento a stabulazione fissa e libera a cura di Giuseppe Moscatelli - CRPA;</li> <li>- La stima delle emissioni degli allevamenti del comprensorio del Parmigiano Reggiano a cura di Paolo Rossi - CRPA;</li> <li>- Indagine sui processi decisionali nella gestione sostenibile degli effluenti a cura di Andrea Porcelluzzi - CRPA.</li> </ul> <p><i>Altri prodotti divulgativi realizzati sono stati: un roll up a inizio progetto da utilizzare durante gli eventi; un opuscolo digitale a fine progetto con i risultati finali (<a href="https://empare.crupa.it/nqcontent.cfm?a_id=31694">https://empare.crupa.it/nqcontent.cfm?a_id=31694</a>) e una presentazione multimediale (<a href="https://sway.office.com/dBaAF6xsR1lhvRxc?ref=Link">https://sway.office.com/dBaAF6xsR1lhvRxc?ref=Link</a>) a conclusione delle attività.</i></p> <p><i>Si è dato informazione ai giornalisti del termine delle attività attraverso un comunicato stampa con i link all'opuscolo e alle presentazioni dei risultati, inviato tramite la piattaforma CRM aziendale a n. 457 persone e riviste di settore.</i></p>
<p>Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate</p>	<p><i>Il piano di lavoro non si è discostato dagli obiettivi previsti e non si segnalano particolari criticità tecnico-scientifiche emerse durante l'attività. Come comunicato in data 09/08/2023 (Richiesta variazione_09-08-2023.pdf) per motivi organizzativi e di opportunità, si è optato per realizzare il seminario conclusivo e la visita guidata in due giornate distinte:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 07 settembre 2023 visita guidata presso una delle aziende partner (con riprese per servizio TV)</li> <li>- 07 novembre 2023 seminario conclusivo presso il Tecnopolo di Reggio Emilia.</li> </ul> <p><i>I prodotti previsti da questa azione sono stati realizzati e sono allegati al presente rendiconto.</i></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.*



Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Costo orario	Ore	Costo totale
	ricercatore	coordinamento organizzativo, azione 5	27,00	154	4.158,00
	responsabile di settore	responsabile di progetto	43,00	186	7.998,00
	ricercatrice	raccolta ed elaborazione dati	27,00	203	5.481,00
	ricercatore senior	referente LCA	43,00	106	4.558,00
	ricercatore	raccolta ed elaborazione dati	27,00	318	8.586,00
	tecnico	rilevi sperimentali in allevamento	27,00	231	6.237,00
	tecnico	analisi di laboratorio, elaborazione dati	27,00	296	7.992,00
	ricercatrice	rilevi sperimentali in allevamento	27,00	323	8.721,00
	responsabile di settore	conduzione prove	43,00	373	16.039,00
	divulgazione	divulgazione	27,00	53	1.431,00
	responsabile divulgazione	divulgazione	43,00	68	2.924,00
	divulgazione	divulgazione	27,00	92	2.484,00
	ricercatrice	raccolta ed elaborazione dati	27,00	47	1.269,00
[DELSANTE]		raccolta ed elaborazione dati	19,50	348	6.786,00
[SAN MARTINO]		raccolta ed elaborazione dati	19,50	348	6.786,00
[PRANDI]		raccolta ed elaborazione dati	19,50	348	6.786,00
Totale:					77.878,00

## 2.3 SPESE PER MATERIALE DUREVOLE E ATTREZZATURE

Fornitore	Descrizione dell'attrezzatura	Costo
		Totale:

## 2.4 MATERIALI E LAVORAZIONI DIRETTAMENTE IMPUTABILI ALLA REALIZZAZIONE DEI PROTOTIPI

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

--

Fornitore	Descrizione	Costo

Totale:

## 2.5 COLLABORAZIONI, CONSULENZE, ALTRI SERVIZI

### CONSULENZE - PERSONE FISICHE

Nominativo del consulente	Importo contratto (euro)	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo (euro)
	4.320,00	collaborazione per raccolta dati relativi a gestione degli effluenti in stalla, stoccaggio, trattamento e spandimento sui terreni presso 30 siti aziendali	4.320,00
	3.780,00	revisione testi per la stesura di materiale a stampa - coordinamento attività di comunicazione e divulgazione - contributo all'avvio e implementazione sito web-supporto alla realizzazione servizio televisivo	3.780,00
	1.971,00	Analisi statistica azione 5	1.971,00
	1.512,00	definizione linea grafica ed editoriale comune - collaborazione attivazione sito web -ricerca immagini - progettazione materiale divulgativo	1.512,00
<b>Totale:</b>			<b>11.583,00</b>

### CONSULENZE – SOCIETÀ

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
<b>Totale:</b>				

## 2.6 SPESE PER ATTIVITÀ DI DIVULGAZIONE E DISSEMINAZIONE

Fornitore	Descrizione	Costo (euro)
Agricoltura e vita	SERVIZIO TELEVISIVO - RIPRESE-MONTAGGIO-MESSA IN ONDA	700,00
Tecnograf	GRAF IMPAGINAZIONE FASCICOLO A 8 PAGINE PRONTO PER LA STAMPA F.TO 32x46	130,00
<b>Totale:</b>		<b>830,00</b>

## 2.7 SPESE PER ATTIVITÀ DI FORMAZIONE E CONSULENZA

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

Proposta 5518864

"Interventi migliorativi per la sostenibilità e benessere degli allevamenti bovini da latte"

Durata 29 ore

Importo a partecipante € 718,04

Avvio formazione 5535564 con 20 utenti

Domanda di rendicontazione: 5565947 per un importo di 14,360.80 €

### **3 - CRITICITÀ INCONTRATE DURANTE LA REALIZZAZIONE DELL'ATTIVITÀ**

*Lunghezza max 1 pagina*

<b>Criticità tecnico-scientifiche</b>	Nessuna.
<b>Criticità gestionali</b> (ad es. difficoltà con i fornitori, nel reperimento delle risorse umane, ecc.)	Alcune attività (la formazione, la raccolta dati presso le aziende e i rilievi sperimentali) sono state fortemente rallentate a causa della pandemia COVID-19 e per questo motivo è stato necessario chiedere una proroga (vedi Richiesta proroga.pdf)
<b>Criticità finanziarie</b>	Nessuna.

### **4 - ALTRE INFORMAZIONI**

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

La collaborazione con le aziende partner ha permesso la realizzazione di attività non previste dal progetto ed escluse da questo rendiconto, scaturite dai continui contatti e scambi di informazioni o da specifiche richieste, come la valutazione della produzione complessiva di effluenti per la Stalla San Martino e il supporto per la predisposizione del materiale tecnico per il bando regionale Ambiente per l'Azienda Prandi, per la richiesta di finanziamento per la copertura delle vasche liquami e per l'acquisto di un carro botte per la distribuzione del liquame sui terreni con modalità meno impattante. Tutte attività con forte attinenza al GOI.

### **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

*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*

### ATTIVITÀ EFFETTUATE

Di seguito si riporta una sintesi delle attività, mentre per tutti i dettagli si rimanda all'Allegato 1 – Piano GO EMPARE.

Il progetto ha previsto la realizzazione di una serie di studi propedeutici alle successive attività.

E' stata realizzata un'indagine preliminare con l'obiettivo di definire la realtà produttiva del comparto bovino da latte del comprensorio del Parmigiano Reggiano. Le informazioni raccolte in allevamento hanno riguardato aspetti quali le tecniche di stabulazione, le caratteristiche costruttive, le tipologie di impianti e le modalità operative previste per l'allontanamento degli effluenti dai ricoveri, gli impianti per il controllo ambientale e le strutture di stoccaggio degli effluenti. L'indagine ha coinvolto un totale di 180 allevamenti di bovine da latte di cui 60 (prevalentemente a stabulazione fissa) previsti dal GOI EMPARE e 120 (a stabulazione libera) provenienti dall'indagine svolta nel precedente GOI Milkgas.

L'elaborazione e l'analisi dei dati derivanti dall'indagine ha permesso la definizione di modelli aziendali necessari per la stima delle emissioni dell'area del Parmigiano Reggiano dell'azione successiva (vedi Allegato 1 – Piano GO EMPARE, capitolo 1)

La prima fase dell'azione 2 ha previsto la definizione dello stato di fatto necessaria per la simulazione dell'applicazione delle azioni di mitigazione. Per ogni modello aziendale individuato è stato calcolato il livello medio di emissione sulla base dell'assetto strutturale, impiantistico e organizzativo degli allevamenti attraverso lo strumento Milkgas-tool. Successivamente è stato stimato complessivamente il livello delle emissioni delle aziende del Parmigiano Reggiano. Le aziende partner del GO sono state valutate per il loro specifico assetto, senza fare riferimento ai modelli individuati.

La seconda fase dell'azione 2 ha previsto la stima delle emissioni nello stato di progetto cioè nella situazione ipotizzata di applicazione, per ogni modello, delle tecniche di mitigazione ritenute più interessanti anche dal punto di vista del rapporto costi/benefici. Per le aziende partner del GO è stata effettuata una valutazione specifica del potenziale di riduzione delle emissioni con il dettaglio dei possibili interventi (vedi Allegato 1 – Piano GO EMPARE, capitolo 2)

L'azione 3 ha previsto la valutazione dell'impronta di carbonio nelle 3 aziende partner e in un campione di 6 aziende scelte in modo mirato per le loro caratteristiche (una in più rispetto a quanto previsto da progetto).

Sono state scelte 6 aziende (diversamente collocate per area geografica e con diverso sistema di stabulazione per le vacche: 2 aziende di pianura, 2 aziende di collina e 2 aziende di montagna; ciascuna coppia comprende un'azienda con stalla fissa e l'altra con stalla libera (vedi Allegato 1 – Piano GO EMPARE, capitolo 3).

L'azione 4 ha visto come sede delle attività le 3 aziende zootecniche partner del GO. La prima fase ha previsto una serie di rilievi per definire le caratteristiche delle stalle in termini di dimensioni, organizzazione interna, tipo di stabulazione, numero di capi ospitati, tecniche di rimozione degli effluenti e tecniche per il controllo ambientale. Successivamente sono state condotte 4 campagne di monitoraggio delle emissioni di ammoniaca e gas serra (protossido d'azoto N<sub>2</sub>O e metano CH<sub>4</sub>) in ciascuna delle 3 stalle. Le campagne sono state distribuite sulle 4 stagioni climatiche, al fine di ottenere una valutazione della potenzialità emissiva delle superfici delle stalle per vacche da latte del comprensorio del Parmigiano Reggiano che fosse rappresentativa dell'annualità. In occasione di ciascuna sessione di monitoraggio, sono state rilevate le emissioni in diversi punti della stalla ed in differenti momenti della giornata al fine di determinare le emissioni da ogni zona stabulativa della stalla ed in differenti situazioni di imbrattamento con le deiezioni (vedi Allegato 1 – Piano GO EMPARE, capitolo 4).

L'azione 5 ha previsto di analizzare:

- 1) I fattori che possono influenzare l'adozione di tecniche mitigatorie da parte degli allevatori
- 2) Il livello di accettazione sociale degli allevamenti in un contesto cittadino.

In entrambi i casi, tale analisi è stata svolta attraverso la somministrazione di un questionario a un campione rappresentativo: Il primo questionario, rivolto all'insieme di allevatori di vacche da latte destinato alla produzione del Parmigiano Reggiano; mentre il secondo questionario, rivolto ai cittadini in particolare delle città di Reggio Emilia e di Parma. L'analisi statistica dei dati è stata svolta dai ricercatori CRPA in collaborazione con i consulenti dott. Alessandro Catini e dott.ssa Ilaria Pozzetti (vedi Allegato 1 – Piano GO EMPARE, capitolo 5).

Attraverso le attività previste dall'azione Divulgazione è stato possibile realizzare attività di comunicazione e sensibilizzazione attraverso azioni di disseminazione tecnico-scientifica (articoli, comunicati stampa e seminario finale) e azioni di informazione e divulgazione (opuscolo, visita guidata e newsletter).

### RISULTATI INNOVATIVI

Grazie al Gruppo Operativo EMPARE è stato possibile:

- elaborare un quadro credibile e aggiornato sull'assetto strutturale e impiantistico delle aziende del

comprensorio per gli aspetti che hanno effetti sui livelli di emissione degli allevamenti e sulla base di questo definire modelli aziendali rappresentativi del comprensorio del Parmigiano Reggiano;

- conoscere il potenziale di riduzione emissiva del comprensorio del Parmigiano Reggiano attraverso il calcolo delle emissioni allo stato di fatto e allo stato di progetto dei modelli aziendali definiti nell'Azione studi necessari alla realizzazione del piano e delle aziende partner;
- individuare le tecniche e gli interventi migliorativi attuabili nelle stalle fisse e libere per mitigare le emissioni di ammoniaca e gas serra e attraverso lo strumento Milkgas-tool, stimare la riduzione delle emissioni in base alla tecnica individuata e i costi per eventuali investimenti (quota d'ammortamento e manutenzione) per l'esercizio e per l'implementazione delle tecniche di mitigazione.

#### POTENZIALI RICADUTE

L'esecuzione del Piano d'innovazione del Gruppo Operativo EMPARE e il raggiungimento dei risultati potranno determinare le seguenti ricadute sui partecipanti del GOI:

- lo stimolo alla riconversione verso sistemi di allevamento meno emittenti che porta verso un'azione di riduzione degli effetti climalteranti, ma anche verso un impatto diretto sulla salute dei cittadini/consumatori perché migliora la qualità dell'aria. Inoltre, il fatto che gli animali possano essere allevati in ambienti con un minor carico di gas tossici, ha effetti diretti sulla loro salute e quindi sulla qualità dei prodotti da loro forniti con benefici presumibili sulla salute dei consumatori;
- la riduzione delle emissioni di ammoniaca e gas serra nell'area del Parmigiano Reggiano con conseguente impatto positivo sulla salute degli addetti delle aziende in quanto minori emissioni comportano minore presenza di gas potenzialmente tossici per l'uomo

Potenzialmente il numero di allevatori che il Gruppo Operativo EMPARE è in grado di supportare nelle scelte aziendali è elevato visto che la stima del potenziale della riduzione delle emissioni è stata fatta su modelli aziendali definiti sulla base delle informazioni raccolte in 180 aziende dell'area del Parmigiano Reggiano.

Le attività pratiche nelle Aziende Pilota, il materiale informativo relativo alle tecniche di mitigazione, la visita, il convegno, gli articoli, le newsletter e una specifica attività di formazione permettono di divulgare i risultati del progetto a una vasta platea di imprese agricole e di altri portatori d'interesse.

ELENCO PRODOTTI AZIONI STUDI NECESSARI ALLA REALIZZAZIONE DEL PIANO, AZIONI 1, 2, 3, 4 e 5.

#### *Azione Cooperazione*

Richiesta proroga.pdf

PC.1 Dichiarazione di avvio attività (già consegnato all'Amministrazione Regionale)

PC.2 Costituzione ATS (già consegnato all'Amministrazione Regionale)

PC.3 Relazione finale/Rendicontazione (questa relazione)

#### *Azione 1*

P1.1.1 Questionario EMPARE Scheda A.pdf

P1.1.2 Questionario EMPARE Scheda B1.pdf

P1.1.3 Questionario EMPARE Scheda B2.pdf

P1.1.4 Questionario EMPARE Scheda C.pdf

P1.1.5 Questionario EMPARE Scheda D-E.pdf

P1.3 Input questionari EMPARE-Milkgas.xlsx

P1.4 Relazione finale dell'azione (in Allegato 1 – Piano GO EMPARE.pdf, capitolo 1)

#### *Azione 2*

P2.1 Scheda finale Milkgas-tool per ogni modello di azienda definito (all'interno dell'Allegato 1, tabelle da 2.5 a 2.16)

P2.2 Relazione finale dell'azione (in Allegato 1 – Piano GO EMPARE.pdf, capitolo 2)

#### *Azione 3*

P3.1 Schede aziendali relative alla valutazione LCA (all'interno dell'Allegato 1, tabelle da 3.4 a 3.9)

P3.2 Relazione finale dell'azione (in Allegato 1 – Piano GO EMPARE.pdf, capitolo 3)

#### *Azione 4*

P4.1 Valutazione emissioni nelle 3 aziende partner (all'interno dell'Allegato 1, figure da 4.16 a 4.20)

P4.2 Relazione finale dell'azione (in Allegato 1 – Piano GO EMPARE.pdf, capitolo 4)

#### *Azione 5*

P5.1 Questionario EMPARE Allevatori.pdf

P5.2 Questionario EMPARE Cittadini.pdf

P5.4 Relazione finale dell'azione (in Allegato 1 – Piano GO EMPARE.pdf, capitolo 5)

P5.5 Allegato Analisi statistica.pdf

ELENCO PRODOTTI DIVULGAZIONE

Richiesta variazione\_09-08-2023.pdf

PD.1 Comunicato\_Stampa\_Empare.pdf

PD.2 Linea grafica progetto

PD3.1 Empare\_VG\_07092023\_RegistriPeritiAgrari-Periti-Laureati\_RE-PR.pdf

PD.3.2 Empare\_VG\_07092023\_RegistroPresenti.pdf

PD.3.3 Empare\_VG\_RE\_07092023\_005.pdf

PD.3.4 Empare\_VG\_RegistroDottoriAgronomi-DottoriForestali\_RE.pdf

PD.4.1 Empare\_CF\_RE\_07112023\_006.pdf

PD.4.2 doc-2023-2652\_RegistroPartecipanti\_07112023.pdf

PD.4.3 doc-2023-2653\_Registri\_Agronomi\_partecipanti\_07112023.pdf

PD.4.4 doc-2023-2654\_Registro\_Periti\_partecipanti\_07112023.pdf

PD.4.5 EMPARE\_SC\_RE\_07112023\_Balboni.pdf

PD.4.6 EMPARE\_SC\_RE\_07112023\_Rossi\_1.pdf

PD.4.7 EMPARE\_SC\_RE\_07112023\_Motta.pdf

PD.4.8 EMPARE\_SC\_RE\_07112023\_Rossi\_2.pdf

PD.4.9 EMPARE\_SC\_RE\_07112023\_Moscatelli.pdf

PD.4.10 EMPARE\_SC\_RE\_07112023\_Porcelluzzi.pdf

PD.5.1 Articolo-IZ\_n.15\_pag.24-25\_Empare.pdf

PD.5.2 Articolo\_AllevatoriTop.pdf

PD.6.1 Newsletter\_1\_002.pdf

PD.6.2 Newsletter\_2\_004.pdf

PD.6.3 Newsletter\_3.pdf

PD.6.4 Newsletter\_4\_002.pdf

PD.7 Opuscolo\_EMPARE.pdf

PD.8 Programmazione\_ServizioTV\_ACIELOAPERTO.pdf

PD.9 Empare\_Statistiche\_SitoWeb\_Analytics\_20210427-20230712.pdf

PD.10 Rete PEI

PD.11.1 CRPA\_Informa\_04\_2022\_002.pdf

PD.11.2 CRPA\_Informa\_07\_2023\_001.pdf

PD.11.3 CRPA\_Informa\_13\_2023\_002.pdf

Data 1/02/2024

*Firma del legale rapp.te*

IL PROCURATORE

Paolo Mantovi

.....  
*Firma autografa (\*) Firma digitale (\*\*)*

(\*) In caso di firma autografa allegare copia di un documento di identità in corso di validità

(\*\*) Ai sensi dell'art. 24 del D.Lgs. 82/2005

**REGIONE EMILIA-ROMAGNA**

**SERVIZIO INNOVAZIONE, QUALITA', PROMOZIONE E  
INTERNAZIONALIZZAZIONE DEL SISTEMA AGROALIMENTARE**

**Operazione 16.1.01  
Focus Area 5D**

**Piano del Gruppo Operativo EMPARE:**

**Possibilità operative per la limitazione delle Emissioni di gas  
negli allevamenti bovini da latte del comprensorio del  
PARmigiano REggiano**

**RELAZIONE TECNICA FINALE  
(ALLEGATO 1 – PIANO GO EMPARE.PDF)**

A cura di:

**CRPA SCpA**

Paolo Rossi, Ambra Motta, Stefano Pignedoli, Giuseppe Moscatelli, Andrea Porcelluzzi

*Reggio Emilia, gennaio 2024*

## Sommario

Introduzione .....	6
Azione 1 – Studi necessari alla realizzazione del Piano .....	13
1. Indagine preliminare per la definizione della realtà produttiva del comparto bovino da latte del comprensorio del Parmigiano Reggiano .....	13
1.1. Predisposizione del questionario .....	13
1.2. Elaborazione dei dati raccolti .....	15
1.2.1. Aspetti generali .....	15
1.2.2. Le stalle per le vacche .....	15
1.2.3. Le stalle per la rimonta.....	20
1.2.4. Le strutture esterne per lo stoccaggio e il trattamento degli effluenti.....	22
1.2.5. Lo spandimento degli effluenti sui terreni .....	24
1.3. Definizione delle caratteristiche delle aziende .....	25
1.3.1. Allevamenti tipo .....	28
1.3.2. Caratteristiche degli allevamenti tipo .....	30
Azione 2 – Stima emissioni nel comprensorio Parmigiano Reggiano .....	33
2. La stima delle emissioni di ammoniaca e gas serra degli allevamenti del comprensorio del Parmigiano Reggiano .....	33
2.1. Stima delle emissioni: stato di fatto .....	33
2.1.1. Stima delle emissioni negli allevamenti tipo.....	33
2.1.2. Stima delle emissioni nel comprensorio PR .....	35
2.2. Stima delle emissioni: stato di progetto.....	36
2.2.1. Interventi di mitigazione .....	38
2.3. Gli scenari di mitigazione .....	41
2.3.1. Gli scenari per l’ammoniaca .....	41
2.3.2. Gli scenari per i gas serra .....	42



2.3.3. Conclusioni .....	43
2.4. La stima dei costi degli interventi di mitigazione .....	43
2.4.1. Pulizia delle corsie .....	44
2.4.2. Aggiunta di paglia in zona di riposo a lettiera .....	44
2.4.3. Rimozione della lettiera .....	44
2.4.4. Stoccaggio del liquame.....	45
2.4.5. Spandimento degli effluenti sui terreni .....	45
2.4.6. Stima del costo totale degli interventi .....	45
2.5. Interventi di mitigazione per le aziende partner .....	46
2.5.1. Azienda 1 .....	47
2.5.2. Azienda 2 .....	48
2.5.3. Azienda 3 .....	49
2.5.4. Conclusioni .....	50
Azione 3 – Valutazione LCA .....	51
3. LCA (Life Cycle Assessment) delle aziende partner.....	51
3.1. Provenienza dei dati e dimensione delle mandrie .....	52
3.2. Inventario .....	53
3.3. Metodologia LCA per il calcolo dell'impronta di carbonio per gli allevamenti .....	54
3.4. Emissioni a impatto nullo .....	54
3.5. Metodologia LCA per il calcolo dell'impronta di carbonio per le produzioni vegetali.....	55
3.6. Risultati dell'analisi .....	55
3.7. Confronto con altre aziende del comprensorio P.R.....	56
3.8. Riflessioni sul metano .....	57
3.9. Analisi degli interventi migliorativi.....	58
Azione 4 – Monitoraggio emissioni.....	59

4. Il monitoraggio delle emissioni nelle aziende partner.....	59
4.1. Azienda 1 .....	61
4.2. Azienda 2 .....	61
4.3. Azienda 3 .....	62
4.4. Risultati delle campagne di monitoraggio.....	63
4.5. Conclusioni .....	66
Azione 5 – Sostenibilità ambientale e sociale della zootecnia periurbana.....	67
5.1. Sintesi delle attività svolte .....	67
5.2. <i>Indagine sui processi decisionali nella gestione sostenibile degli effluenti tra gli allevatori</i> in area P.R.....	67
5.2.1. Inquadramento teorico .....	67
5.2.2. La teoria del comportamento pianificato .....	69
5.2.3. Definizione del comportamento/intenzione che si intende analizzare. ....	71
5.2.4. Definizione dei cluster.....	71
Intenzione (I – intention).....	72
Atteggiamento (A – Attitude) .....	72
Norme percepite (SN – Subjective norms).....	72
Controllo comportamentale percepito (PBC – Perceived behavioral control).....	73
5.2.5. Definizione dei fattori di background da rilevare.....	73
5.3. <i>Risultati dell'indagine</i> .....	73
5.3.1. Analisi socio-demografica .....	73
5.3.2. Struttura delle aziende .....	74
5.3.3. Convivenza in aree periurbane e percezione delle tematiche ambientali.....	74
5.3.4. Percezione delle tematiche ambientali .....	75
5.3.4. Applicazione della Teoria del Comportamento Pianificato: valutazione dei fattori decisionali.....	75

Analisi statistica dei dati .....	75
Interpretazione dei risultati.....	76
5.3.5. Cluster analysis e profilazione dei rispondenti .....	78
5.4. <i>Conclusioni</i> .....	79
5.5. <i>Limiti dello studio</i> .....	80
TABELLE .....	81
FIGURE.....	103
BIBLIOGRAFIA.....	124

## Introduzione

Il grande interesse rivolto alla valutazione di impatto ambientale quale elemento chiave della gestione ambientale negli ultimi 40 anni ha coinciso con il riconoscimento che le attività antropiche siano considerevolmente coinvolte nel processo. Ad oggi, ogni decisione potrebbe avere un'implicazione significativa per la salvaguardia della società e dell'ambiente. È dunque doveroso esaminare i vari settori che possono rappresentare una sfida per il raggiungimento dell'obiettivo e il settore zootecnico è sicuramente fra questi.

Una delle sfide più significative per la zootecnia moderna è proprio la riduzione delle emissioni gassose dagli allevamenti, con particolare riferimento all'ammoniaca e ai cosiddetti gas serra (GHG).

La critica, che trova fondamento, è motivo di numerose ricerche di tecniche di mitigazione che possano concretarsi nella realtà del settore zootecnico, con particolare attenzione al rapporto tra beneficio emissivo ottenuto e costo dell'intervento.

Un aspetto molto importante che interessa gli allevamenti bovini da latte è la gestione degli effluenti zootecnici. Com'è noto, gli effluenti rappresentano dei sottoprodotti dell'allevamento che vengono per lo più reimpiegati come concimi e ammendanti nei terreni aziendali (utilizzo agronomico), eventualmente anche dopo essere stati sfruttati per la produzione di energia pulita (impianti di biogas).

Gli effluenti possono essere palabili (letame, separato solido) o non palabili (liquame, frazione liquida dopo separazione, reflui di mungitura) e le loro caratteristiche qualitative e quantitative dipendono molto dalle tecniche di stabulazione adottate e dall'assetto organizzativo delle stalle.

Uno degli aspetti più rilevanti è rappresentato dalle modalità di pulizia degli ambienti d'allevamento e dalle tecniche adottate per l'allontanamento degli effluenti dai ricoveri. In questo specifico campo l'innovazione tecnologica è stata molto rilevante; negli ultimi 50 anni si è passati da modalità operative che richiedevano molto lavoro manuale a tecniche moderne che assolvono il compito di pulire le aree di stabulazione in modo totalmente automatico.

Anche la proposta di impianti sempre più efficienti di trattamento degli effluenti ha fornito ulteriori possibilità nella gestione di questi sottoprodotti zootecnici e nell'organizzazione dei processi produttivi delle aziende. Nel comparto bovino da latte, ad esempio, si è diffusa la tecnologia dei separatori meccanici, che estraggono la frazione solida del liquame e consentono

l'accumulo del materiale palabile su platea, portando alla riduzione della frazione liquida residua.

Oggi l'attenzione per l'ambiente sta crescendo a livello mondiale e nell'acceso dibattito fra gli esperti e i diversi portatori d'interesse rientra inevitabilmente anche l'attività zootecnica, che si ritrova a fare i conti con le numerose normative emesse nei diversi contesti territoriali.

In Europa l'ultimo atto in tal senso è stata la presentazione a dicembre 2019 dell'*European Green Deal*, ovvero del nuovo documento programmatico per la difesa dall'inquinamento e dai cambiamenti climatici, che interessa tutti i settori dell'economia, compresa l'agricoltura e in particolare la zootecnia.

Diventa quindi basilare, tramite la ricerca e la sperimentazione, valutare in allevamento le possibili soluzioni volte a ridurre l'impatto ambientale, con riferimento innanzitutto alle emissioni ammoniacali, che sono tipicamente zootecniche, e in seconda battuta alle emissioni di gas a effetto serra (GHG = Greenhouse Gases), quali l'anidride carbonica, il metano e il protossido d'azoto.

Secondo i dati di Arpae (2022) relativi all'anno 2020, le emissioni di ammoniaca del settore agricolo costituiscono il 97% delle emissioni in Emilia-Romagna, di cui il 76% derivante dagli effluenti zootecnici. Il comparto dei bovini da latte incide per quasi il 40% del contributo totale della zootecnia emiliano-romagnola (*figura 0.1*); tali emissioni sono responsabili di fenomeni di acidificazione del suolo e delle acque e sono co-responsabili nella formazione del particolato fine (6% di contributo alla formazione di PM<sub>10</sub> regionale) e ultrafine (PM<sub>2,5</sub>).

Non è un caso che le 3 province della regione con il più rilevante patrimonio bovino da latte (Parma, Reggio Emilia e Modena), siano anche quelle con la maggiore percentuale di contributo alle emissioni ammoniacali (46,5% del totale regionale).

Le emissioni di ammoniaca avvengono a diversi stadi della produzione zootecnica: nella fase di ricovero degli animali, in quella di stoccaggio e trattamento degli effluenti e in quella della distribuzione degli effluenti sul suolo e per ognuna di queste fasi sono disponibili tecniche e modalità gestionali in grado di ridurre le emissioni, in particolare limitando per quanto possibile il tempo e la superficie di contatto fra effluenti e aria.

La necessità di ridurre le emissioni di ammoniaca in atmosfera, oltre che derivare da impegni specifici presi dall'Italia nell'ambito di protocolli internazionali (Göteborg) e da direttive europee (NEC), è particolarmente importante per le regioni padane, in quanto è noto che quest'area d'Italia

è un nodo di controllo per il superamento dei limiti di concentrazione delle polveri sottili.

Le regioni padane hanno siglato un *Accordo di programma per l'adozione coordinata e congiunta di misure per il miglioramento della qualità dell'aria nel Bacino Padano* (dicembre 2013, poi rinnovato in giugno 2017), a seguito del quale il MIPAAF ha elaborato le *Linee guida per la riduzione delle emissioni in atmosfera provenienti dalle attività agricole e zootecniche*, che devono essere recepite a livello regionale.

Le emissioni di gas a effetto serra (GHG) al 2020 (ISPRA, 2022) sono soprattutto imputabili al settore dell'energia (trasporti, industria, residenziale e servizi), con oltre il 78% del totale nazionale; l'agricoltura contribuisce per il 7,8% (circa 32,7 Mt di CO<sub>2</sub> eq), con un calo del 13,2% rispetto al contributo del 1990, dovuto alle riduzioni del patrimonio zootecnico, della superficie agricola e dell'uso dei fertilizzanti sintetici, oltre al miglioramento nella gestione degli effluenti zootecnici.

Gli allevamenti sono tra i principali responsabili delle emissioni di gas serra del settore agricolo; infatti, il 72% delle emissioni agricole di GHG sono imputabili alla zootecnia, con particolare riferimento al protossido di azoto (N<sub>2</sub>O) e al metano (CH<sub>4</sub>). Le principali fonti di emissione del N<sub>2</sub>O sono costituite dallo stoccaggio e dallo spandimento degli effluenti zootecnici sui terreni e, in misura molto minore, dall'apporto diretto di deiezioni sul terreno da parte di animali al pascolo, mentre il CH<sub>4</sub> deriva dall'emissione enterica dei ruminanti dovuta alla fermentazione che avviene nel rumine durante la digestione e dalla fermentazione dei letami e dei liquami.

Anche se la responsabilità del settore agricolo, nel caso dei gas serra, è di molto inferiore rispetto al caso dei composti acidificanti, tuttavia la mitigazione delle emissioni climalteranti è chiaramente obiettivo prioritario su scala globale.

A livello globale il contributo dei singoli gas vede prevalere nettamente la CO<sub>2</sub> (circa 79%), seguita da CH<sub>4</sub> (circa 12%) e N<sub>2</sub>O (circa 5%). L'agricoltura è la maggiore responsabile delle emissioni di CH<sub>4</sub> (45,1% sul totale metano) e di N<sub>2</sub>O (66,3% sul totale protossido d'azoto), in quest'ultimo caso soprattutto per l'utilizzo dei fertilizzanti chimici e organici e per la gestione degli effluenti zootecnici negli allevamenti. Non si considera, invece, la CO<sub>2</sub> agricola, in quanto biogenica, cioè di origine biologica (non prodotta dall'uso dei combustibili fossili).

Relativamente al metano, è bene fare alcune considerazioni aggiuntive: è sicuramente un potente gas serra, secondo solo all'anidride carbonica in termini di contributo al riscaldamento globale del

pianeta (IPCC, 2021) e ha un impatto climalterante pari a 28 volte quello della CO<sub>2</sub> in un arco di 100 anni, ma il metano scompare in circa 10-15 anni. Quindi, se da un lato il suo elevato impatto sulla temperatura atmosferica lo rende un obiettivo primario per intervenire in maniera tempestiva ed efficace sui cambiamenti climatici (la sua riduzione risulta relativamente rapida), dall'altro non è del tutto fuori luogo ipotizzare di eliminare dal conteggio emissivo le emissioni enteriche di metano, proprio per il rapido decadimento atmosferico tipico di questo gas.

Per calcolare l'impatto climatico del metano, alcuni ricercatori (Allen, Cain, Lynch, Frame e altri) suggeriscono un diverso approccio, che tenga conto delle differenze nel modo in cui gli inquinanti climatici a vita breve e quelli a vita lunga riscaldano effettivamente l'atmosfera. Il GWP (*Global Warming Potential*) esprime il contributo all'effetto serra di ogni tipo di gas e, quindi, rappresenta in modo accurato l'impatto sul riscaldamento globale, tenendo anche conto della breve durata della molecola di metano.

Le emissioni in atmosfera dalle aziende zootecniche sono state regolate dalla direttiva 2010/75/UE sulle emissioni industriali (IED, ex direttiva IPPC), recepita dall'Italia con il d.lgs. 46/2014, che richiede agli allevamenti intensivi suinicoli e avicoli al di sopra di una certa soglia dimensionale di dotarsi della Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) e di adottare le Migliori Tecniche Disponibili (MTD).

Le aziende con bovini da latte e da carne, invece, non vengono regolate da questa normativa e ricadono sotto le disposizioni del d.lgs. 152/2006, che prevede autorizzazioni "generali" o "semplificate" alle emissioni in atmosfera. Per queste aziende, quindi, le tecniche di mitigazione delle emissioni sono meno conosciute e diffuse e i benefici conseguibili possono risultare superiori. Recentemente, il dibattito a livello europeo ha interessato anche la revisione dell'esclusione degli allevamenti bovini dall'AIA, sebbene le ultime azioni del Parlamento UE sembrano confermare lo stato di fatto.

I piani per la riduzione delle emissioni dall'attività zootecnica sono distinguibili in due principali linee di intervento:

- **azioni a monte.** Esse sono volte a ridurre le emissioni di metano enterico e i quantitativi di escreto per unità di prodotto finito (es. kg di latte o di carne). Tale linea d'intervento comprende quelle azioni che consentono di ridurre il numero di capi allevati per unità di prodotto e quelle indirizzate al miglioramento dell'efficienza alimentare degli animali, per ridurre le escrezioni di nutrienti e le emissioni di metano enterico;

- **azioni a valle.** Esse sono finalizzate a contenere le emissioni dagli effluenti prodotti; in tale linea sono comprese le azioni di contenimento delle emissioni nelle varie fasi di gestione degli effluenti, dal ricovero, allo stoccaggio e alla distribuzione in campo.

Le strategie che interessano l'alimentazione sono rivolte al miglioramento dell'efficienza alimentare degli animali, nell'ottica della *precision feeding*, col fine di decrementare le escrezioni di nutrienti e le emissioni di metano enterico. Ciò è possibile, ad esempio, bilanciando adeguatamente i nutrienti nella dieta, così da massimizzare l'efficienza di utilizzazione, oppure evitando gli eccessi nel razionamento proteico o controllando con regolarità la composizione delle diete e degli alimenti, così da assicurarsi che la razione formulata corrisponda ai fabbisogni delle singole fasi produttive.

Al fine di ridurre le emissioni di azoto e di metano per unità di latte o di carne è plausibile optare per una riduzione del numero di capi necessari per unità di prodotto finito (aumento dell'efficienza produttiva). Ciò è possibile, ad esempio, allungando la carriera produttiva, riducendo le inefficienze (mortalità, scarto o eliminazione di animali a causa di infortuni, malattie o infertilità), oppure aumentando il potenziale produttivo del singolo capo attraverso la selezione genetica, in modo da ridurre l'incidenza del mantenimento sull'unità di prodotto finito.

Le fermentazioni microbiche che avvengono nelle deiezioni sono responsabili delle emissioni di ammoniaca, metano e protossido di azoto all'interno dei ricoveri. Queste, insieme alla volatilizzazione dei gas prodotti, sono influenzate da parametri ambientali quali temperatura, umidità e tasso di ventilazione all'interno del ricovero. Le strategie atte a ridurre le emissioni dai ricoveri zootecnici sono: riduzione delle superfici interessate dalla deposizione delle deiezioni; riduzione del tempo di permanenza delle deiezioni all'interno del ricovero; corretta climatizzazione (controllo ambientale e azioni per la difesa dal caldo estivo).

L'obiettivo dei trattamenti degli effluenti zootecnici è quello di modificare le caratteristiche chimico-fisiche di questi materiali, allo scopo di una migliore gestione aziendale sia in fase di stoccaggio, sia in fase di distribuzione, andando a incidere positivamente anche sulle emissioni in atmosfera. Ad esempio, separando la frazione solida da quella liquida si possono ottenere i seguenti vantaggi:

- la frazione liquida è più facilmente pompabile (fertirrigazione) e può essere destinata alla distribuzione in copertura (meno imbrattamento fogliare). Inoltre, l'azoto è in forma prevalentemente ammoniacale, quindi prontamente disponibile per le piante;
- la frazione solida ha maggiore concentrazione di sostanza secca, sostanza organica e



nutrienti e l'azoto è prevalentemente in forma organica (lento rilascio), quindi la frazione è adatta come ammendante prima delle lavorazioni principali;

- si riducono le emissioni complessive di metano e protossido d'azoto delle due frazioni rispetto al liquame tal quale.

Per quanto riguarda lo stoccaggio, le strutture esterne alla stalla sono manufatti importanti che caratterizzano tutti gli insediamenti zootecnici; per il comparto bovino da latte sono diffuse soprattutto le concimaie a platea destinate allo stoccaggio del materiale palabile (letame, separato solido) e le vasche per lo stoccaggio del materiale non palabile (liquame, frazione liquida dopo separazione meccanica, reflui di mungitura, acqua piovana raccolta dai paddock scoperti).

In generale, è bene ricordare che le azioni volte a limitare le emissioni dagli allevamenti permettono un miglioramento complessivo dell'impatto ambientale (riduzione degli odori) e del benessere degli animali, perché da un lato i gas sono potenzialmente nocivi e tossici per gli stessi bovini, se superano determinate soglie, e dall'altro la gestione attenta dell'igiene di stalla può limitare il pericolo di diffusione di eventuali batteri patogeni.

A livello internazionale le soluzioni strutturali e impiantistiche per le stalle di bovine da latte che possono avere effetti sul livello delle emissioni non sono ancora molte e sicuramente sono in numero modesto rispetto a quanto viene proposto, ad esempio, per il comparto suinicolo. L'importante lavoro di sintesi svolto in ambito Unece per la redazione di una Linea Guida sulla riduzione delle emissioni di ammoniaca dal settore agricolo (Bittman et al., 2014) elenca solo due tecniche che vengono considerate di provata efficacia per le stalle bovine: le pavimentazioni scanalate su cui agiscono raschiatori dentellati (groovedfloor) e il controllo ambientale finalizzato alla riduzione della temperatura dei locali d'allevamento (isolamento del tetto e tecniche attive per il raffrescamento degli ambienti).

Il CRPA, in un lavoro svolto per conto di Confagricoltura e in un successivo progetto sul PSR Regione Emilia-Romagna (GO Milkgas), ha valutato alcune tecniche interessanti, come la maggiore frequenza di passaggio dei raschiatori meccanici sulle corsie e l'impiego della ventilazione forzata normalmente utilizzata nelle stalle per la limitazione dello stress termico estivo.

Inoltre, importanti azioni di mitigazione possono essere attuate a livello di stoccaggio degli effluenti zootecnici, ad esempio provvedendo alla copertura, e nella fase di spandimento sui terreni, prevedendo un rapido interrimento dell'effluente distribuito.

Il GO Empare, come già il precedente GO Milkgas, ha lo scopo di indagare alcuni aspetti rilevanti inerenti le tecniche di mitigazione dell'impatto ambientale dell'allevamento bovino da latte; ma nel caso di Empare il riferimento territoriale non è l'intero territorio regionale, come era per Milkgas, ma solo l'area di produzione del formaggio Parmigiano Reggiano (d'ora in poi indicato come P.R.).

Il progetto, condotto dal CRPA, ha visto coinvolti i seguenti partner: Dinamica Società Consortile di Bologna, Società Agricola Delsante di Parma (azienda 1), Stalla Sociale San Martino di Parma (azienda 2), Società Agricola F.lli Prandi di Roncadella di Reggio Emilia (azienda 3), e Consorzio del Formaggio Parmigiano Reggiano.

L'obiettivo principale del GO EMPARE si riferisce al tema specifico di focus area "Tecniche di riduzione emissioni GHG e ammoniaca negli allevamenti", ovvero, in altri termini, esso è volto a valutare la situazione emissiva attuale e a stimare il potenziale di riduzione del comparto da latte più importante della regione, ovvero quello del comprensorio del P.R.

Al fine di raggiungere il suddetto obiettivo, viene utilizzato un innovativo strumento di supporto decisionale sviluppato nel piano del GO *Milkgas (Milkgas-Tool)*, che consente di effettuare una stima delle emissioni dello stato di fatto della singola azienda e la valutazione tecnico-economica dei possibili interventi di riduzione delle emissioni.

Inoltre, il GO prevede di integrare, in un'area pilota, un'indagine sulla percezione degli allevatori rispetto alle tematiche ambientali, nonché ai vincoli e agli ostacoli percepiti nell'adozione di soluzioni di riduzione delle emissioni nel contesto territoriale dell'agricoltura periurbana.

## **Azione 1 – Studi necessari alla realizzazione del Piano**

### **1. Indagine preliminare per la definizione della realtà produttiva del comparto bovino da latte del comprensorio del Parmigiano Reggiano**

#### **1.1. Predisposizione del questionario**

Il principale scopo dell'indagine preliminare era quello di raccogliere informazioni attendibili e aggiornate sulle tematiche che impattano sul livello di emissioni di ammoniaca e gas a effetto serra negli allevamenti. Fra queste tematiche, assumono grande rilevanza le tecniche e le tecnologie utilizzate per la pulizia delle stalle e la rimozione, movimentazione e trattamento degli effluenti zootecnici.

Su questi aspetti non esistono statistiche attendibili o studi specifici; per questo l'azione ha previsto la preventiva stesura e successiva validazione di un questionario aziendale dedicato, articolato in una parte generale e in 4 parti di approfondimento tematico.

Il questionario è una versione migliorata e ampliata di quello già utilizzato da CRPA nell'analogha indagine del progetto Milkgas; in particolare, è stata aggiunta una scheda specifica per le stalle a stabulazione fissa, che non erano state considerate nel precedente progetto e che invece costituiscono ancora una realtà importante per l'area del P.R.

Il questionario è articolato in 6 schede ([Allegati P1.1.1-P1.1.5](#)), che di seguito vengono brevemente descritte.

La [scheda A](#) rileva gli aspetti generali dell'allevamento, definendo i dati anagrafici dell'azienda, caratterizzando la mandria e verificando la destinazione del latte.

La [scheda B1](#) è dedicata alle vacche da latte in lattazione allevate in stalla a stabulazione libera; queste bovine rappresentano la sezione della mandria che ha la maggiore rilevanza in termini di peso vivo, di produzione di effluenti e di emissioni.

Nella prima parte vengono considerate le principali caratteristiche strutturali della stalla, quali il tipo di tetto e il tipo di edificio ([figura 1.1](#)), mentre nella seconda parte si analizzano le caratteristiche della zona di alimentazione, valutando il tipo di pavimento, il sistema di asportazione degli effluenti, la frequenza di pulizia e la pendenza dei pavimenti.

La terza parte è dedicata alla zona di riposo ([figura 1.2](#)) in tutte le sue possibili varianti, con verifica del tipo di lettiera (se utilizzata), delle superfici in gioco, del numero di cuccette, della quantità

media di lettini utilizzati e della frequenza di distribuzione del lettime e di asportazione delle lettiere esauste. Nella quarta parte si completa la zona di riposo delle stalle a cuccette, valutando la corsia di smistamento (*figura 1.3*).

Infine, la quinta e la sesta parte indagano le caratteristiche degli eventuali paddock, ovvero delle aree esterne scoperte di esercizio e alcuni aspetti del controllo ambientale, con particolare riferimento alla presenza di impianti di raffrescamento estivo (*figura 1.4*).

Anche la scheda B2 interessa le vacche in lattazione, ma solo quelle stabulate in stalla fissa (stabulazione con legatura; *figura 1.5*). La struttura è la stessa della scheda B1, ma in questo caso i dati da raccogliere riguardano soprattutto le caratteristiche delle poste, come le dimensioni e il tipo di attacco, e il fatto che in azienda si preveda la slegatura temporanea degli animali per permettere loro l'accesso ad aree esterne di servizio.

La scheda C è dedicata a quella parte della mandria che viene definita rimonta, ovvero l'insieme dei capi bovini allevati allo scopo di sostituire le vacche riformate a fine carriera o eliminate per problemi sanitari e riproduttivi. Nella rimonta sono comprese le bovine dalla nascita fino al parto, quindi le vitelle, le manzette, le manze vuote e le manze gravide.

Per questa sezione dell'allevamento vengono ricercate le medesime informazioni già elencate per la precedente scheda B1.

La scheda D è interamente dedicata alle strutture per lo stoccaggio degli effluenti d'allevamento. Nella prima parte si raccolgono dati relativi allo stoccaggio del letame, o materiale palabile (*figura 1.6*), mentre nella seconda parte le informazioni riguardano lo stoccaggio del liquame, o materiale non palabile (*figura 1.7*). La terza e ultima parte analizza le principali tecniche di trattamento degli effluenti.

Infine la scheda E, che raccoglie i dati relativi alla distribuzione del letame e del liquame sui terreni, soprattutto per quanto concerne le colture interessate agli spandimenti e le macchine impiegate nelle operazioni di distribuzione. Il tipo di distribuzione ha fatto riferimento a quanto riportato nel software Bat-Tool Plus, perché questo stesso programma è stato poi utilizzato per altre attività di questo GO.

Il questionario è stato redatto da personale qualificato presso 60 aziende agricole con allevamenti di bovini da latte delle province di Parma, Reggio Emilia e Modena. In questa campagna di rilevazione è stata posta l'attenzione sulle aziende con stalle fisse, proprio perché queste non

erano state considerate nella rilevazione di Milkgas.

## **1.2. Elaborazione dei dati raccolti**

L'elaborazione ha riguardato un totale di 181 allevamenti, dei quali 60 rilevati in questo GO e gli altri derivanti dal progetto Milkgas, con solo riferimento a quelli dell'area del P.R.

Questo campione è sufficientemente rappresentativo della realtà produttiva del P.R., risultando pari a quasi il 7% del totale degli allevamenti del comprensorio.

### **1.2.1. Aspetti generali**

La distribuzione delle aziende per provincia vede la netta prevalenza di Reggio Emilia (72,38%), seguita da Parma (18,78%) e da Modena (8,29%); solo un'azienda per la provincia di Bologna. La maggior parte di questi allevamenti si trova in pianura (70,17%).

Le aziende oggetto dell'indagine allevano in media 283 capi così ripartiti: 132 vacche in lattazione, 25 vacche in asciutta e 126 bovine da rimonta.

Nell'81,2% delle aziende viene allevata una sola razza, che nel 77,9% del totale è la Frisona e nel 2,8% è la Reggiana. Il rimanente delle aziende alleva 2 o più razze, fra le quali la più importante rimane la Frisona, seguita da Montbeliard, Rossa svedese, Bruna, Reggiana e Pezzata rossa.

La produzione media annuale degli allevamenti è di 1.382 t, per una produzione unitaria di 8.805 kg/anno per vacca presente; il latte è destinato quasi totalmente alla trasformazione in PR; soltanto 3 allevamenti destinano una parte del loro latte a consumo alimentare.

Le stalle presenti e funzionanti sono in media 2 per azienda, con la seguente distribuzione in ordine decrescente: 39,78% delle aziende con 2 stalle, 35,36% con 1 stalla, 14,92% con 3 stalle e la rimanente quota con 4 o più stalle.

### **1.2.2. Le stalle per le vacche**

Il questionario prevedeva, in presenza di più edifici destinati alla stabulazione libera delle vacche in lattazione, la compilazione di due schede B per i due edifici più rappresentativi o con il maggior numero di animali; in totale le schede B compilate sono state 202, corrispondenti ad altrettante stalle per vacche in mungitura: 142 sono a stabulazione libera e 60 sono a stabulazione fissa.

Di seguito si analizzeranno separatamente le stalle libere e le stalle fisse.

In media, le **stalle libere** per le vacche ospitano 146 capi in lattazione, con un range molto ampio, che va da un minimo di 20 a un massimo di 792 capi.

Dal punto di vista delle caratteristiche strutturali, queste stalle hanno in prevalenza un tetto realizzato in pannelli prefabbricati coibentati tipo *sandwich* (53,1% dei casi), mentre il solaio latero-cementizio con isolante e manto di copertura, anche nella forma di un pannello *sandwich*, è presente nel 28% delle stalle. Un certo numero di stalle (10,4%) presenta un semplice manto di copertura, senza solaio e senza isolante.

La fessura al colmo della copertura a 2 falde, con relativo cupolino, fondamentale per la buona ventilazione delle stalle, è presente in quasi il 90% dei casi.

Per l'allestimento dei due lati lunghi della stalla prevalgono le soluzioni con edificio totalmente aperto (35%) e con edificio parzialmente aperto, con soli tamponamenti di base (31,5%), mentre la soluzione con edificio tamponato e finestre continue è presente nel 24,5% dei casi.

Il 72,9% delle stalle totalmente o parzialmente aperte è dotato di tamponamenti mobili, per lo più in forma di reti frangivento a movimento verticale.

La zona (o corsia) di alimentazione è quell'area della stalla libera nella quale gli animali si recano per alimentarsi e in molti casi anche per bere, oltreché per fare attività fisica e socializzare con le compagne.

Il numero di zone di alimentazione presenti dipende ovviamente dalla dimensione della mandria allevata, quindi dalla dimensione della stalla e dalla sua conformazione planimetrica.

La larghezza media di tutte le corsie di alimentazione è pari a 4,2 m, ma la variabilità è piuttosto elevata, essendo presenti corsie molto strette (2 m) e corsie molto larghe (9 m), anche se in quest'ultimo caso si tratta in genere di paddock esterni con accesso alla mangiatoia su un lato e accesso alla zona di riposo sull'altro lato.

Per quanto riguarda la pavimentazione delle 243 corsie di alimentazione considerate, prevalgono nettamente i pavimenti pieni con rigatura antiscivolo (77,8% dei casi), mentre il pavimento pieno con gomma è limitato all'11,9% delle corsie. Residuale la presenza di pavimento fessurato con o senza gomma.

L'asportazione degli effluenti dalla zona di alimentazione avviene in prevalenza con mezzi meccanici automatici: 79% per i raschiatori con sistema di trazione ad asta rigida e 11,9% per i raschiatori a fune. Nel 5,8% dei casi la pulizia avviene con trattore dotato di lama raschiante.

Gli effluenti vengono allontanati dalle corsie di alimentazione 3-4 volte/d nel 46% dei casi e 5 o più

volte/d nel 25,9% dei casi.

Un aspetto importante per la pulizia dei pavimenti, e quindi anche per le emissioni dal ricovero, ma anche per la sanità dei piedi delle bovine, è la pendenza dei pavimenti pieni delle corsie di stabulazione; la pendenza, infatti, favorisce l'allontanamento per gravità della frazione liquida delle deiezioni, consentendo un migliore livello igienico dell'ambiente d'allevamento (maggiore pulizia dei pavimenti significa anche maggiore pulizia delle cuccette) e un minor livello di emissioni.

Nel 28,4% dei casi la corsia di alimentazione non ha alcuna pendenza e questo non è un fatto positivo. Il 27,6% delle corsie di alimentazione ha solo pendenza longitudinale verso le strutture esterne di prima raccolta, mentre il 26,9% ha entrambe le pendenze (longitudinale e trasversale).

La zona di riposo della stalla dovrebbe consentire agli animali di dormire e riposare con la massima tranquillità, per un tempo complessivo che non dovrebbe scendere al di sotto delle 12 h/d per una bovina adulta. Questa zona può essere organizzata in diversi modi, ma la differenza sostanziale è fra le soluzioni a lettiera e quelle a cuccette.

La tipologia maggiormente presente negli allevamenti oggetto dell'indagine è quella a cuccette (89,2% delle stalle), con prevalenza delle cuccette "a buca" (quasi 80% delle stalle a cuccette). La presenza media di cuccette è pari a 157 per stalla, con variabilità compresa fra 40 e 1.200 posti.

Le stalle a lettiera, presenti in numero modesto, hanno una superficie della zona di riposo mediamente pari a 8,4 m<sup>2</sup>/capo, con minimo di 5 e massimo di 16 m<sup>2</sup>/capo.

La paglia è il principale materiale da lettiera, utilizzata nella maggior parte delle stalle; scarsamente impiegati sono la segatura, i trucioli e il separato da liquame. Nelle stalle a cuccette la paglia viene distribuita in media ogni 3,7 giorni, per una quantità media di 3,3 kg/d per cuccetta. Se si considerano tutte le stalle e tutti i materiali da lettiera, il consumo medio per vacca risulta pari a circa 8,3 kg/d per vacca, per una frequenza di distribuzione di 5,2 d.

Il tempo medio di distribuzione è pari a circa 27 s/vacca d, ma la variabilità è molto elevata, in ragione del tipo di stalla, delle macchine utilizzate e del tipo di lettime.

Nelle stalle a lettiera l'asportazione del materiale palabile esausto avviene in prevalenza ogni 3 mesi, ma in alcuni casi l'intervallo è più breve (una volta al mese o anche meno) e in altri è più lungo (una volta ogni 6-12 mesi).

Nelle stalle a cuccette sono presenti, in genere, all'interno dell'area di riposo, le corsie di smistamento, che hanno lo scopo di permettere agli animali di raggiungere i singoli posti dedicati al riposo. Nel complesso sono state censite 191 corsie di smistamento; la larghezza media è risultata pari a 3,1 m, con range compreso fra 2 e 7 m.

Come per la zona di alimentazione, il pavimento più diffuso è quello pieno con rigatura antiscivolo (88% delle corsie), seguito dal pavimento pieno con gomma (7,3%). I pavimenti fessurati occupano una posizione trascurabile.

L'asportazione degli effluenti dalla corsia di smistamento è attuata prevalentemente con raschiatori meccanici automatici, per il 75,4% del tipo ad asta rigida e per il 14,7% del tipo a fune.

Gli effluenti vengono allontanati dalle corsie di smistamento 3-4 volte/d nel 41% delle stalle e 5 o più volte/d nel 31% dei casi.

Nel 31,6% delle corsie è presente la doppia pendenza del pavimento pieno (soluzione migliore), mentre la sola pendenza longitudinale è presente nel 26,5% dei casi, ma quasi il 32% dei casi non ha alcuna pendenza.

Oltre l'81% delle stalle non ha un paddock esterno (area di esercizio); nel caso di presenza del paddock, questo è pavimentato nel 8,4% del totale stalle e in terra battuta nel 7,7% dei casi. Nella maggior parte dei casi (74,1% delle stalle con paddock) l'area di esercizio è collocata a lato della zona di riposo, mentre in un numero limitato di casi la collocazione è fra zona di riposo e zona di alimentazione (stalle a corpi separati).

Le dimensioni dei paddock variano molto in base al tipo di superficie; ovviamente, risultano più piccoli nel caso di superficie pavimentata, in media 4,9 m<sup>2</sup>/vacca (minimo di 1,8 e massimo di 14,7), e più grandi se la superficie è in terra battuta o inerbita, in media 15,6 m<sup>2</sup>/vacca (minimo di 4,3 e massimo di 48).

Gli impianti di ventilazione e di raffrescamento evaporativo si sono diffusi nelle stalle per limitare lo stress termico estivo a carico delle bovine; ma questi stessi impianti possono avere un effetto sul livello delle emissioni dalla stalla e per questo motivo sono stati rilevati nel questionario Milkgas.

Il 93% delle stalle prevede un impianto di raffrescamento; le principali tipologie rilevate sono le seguenti, con le relative percentuali di diffusione riferite al totale delle stalle per le vacche:



- ventilatori elicoidali ad asse di rotazione verticale, a cascata d'aria, detti comunemente “elicotteri” (48,9%);
- ventilatori elicoidali ad asse di rotazione orizzontale, disposti in allineamento longitudinale, a tunnel di vento (21,7%);
- sistema misto che prevede sia “elicotteri” nella zona di riposo, sia tunnel di vento nella zona di alimentazione (17,5%).

Infine, il 49% delle stalle è dotato di un impianto di raffrescamento evaporativo, del tipo a goccia grande (doccia) nell'87% dei casi e per il rimanente 13% del tipo a goccia fine (nebulizzazione).

Passando alle **stalle a stabulazione fissa**, la capienza media risulta pari a 43,5 vacche, ma anche in questo caso la variabilità è molto importante (da un minimo di 10 a un massimo di 122 posti).

La tipologia di tetto prevalente è quella che prevede solaio latero-cementizio e sovrastante coibentazione (56,7%), mentre il tipo di edificio più comune è quello tamponato con finestre continue sui lati lunghi (76,7%).

La fessura di ventilazione al colmo della copertura è presente in meno della metà delle stalle, fatto certamente non positivo.

Per l'allestimento interno, il numero di file di poste varia da 1 a 3, ma la soluzione nettamente più diffusa è la classica stalla a 2 file di poste testa a testa (91,7% dei casi).

Le dimensioni delle poste sono in media di 1,74 m per la lunghezza e di 1,17 m per la larghezza, evidenziando che si tratta per lo più di poste “corte” con attacchi molto vincolanti (tipo Olanda). Soltanto in 3 stalle sono presenti poste “lunghe” maggiori o uguali a 2 m.

Le poste, che di fatto rappresentano l'area di stabulazione delle bovine, hanno pavimento pieno con tappetino di gomma (50,8%), oppure pavimento pieno con rigatura antiscivolo (44,3%), mentre il sistema di asportazione degli effluenti dalla cunetta più diffuso è il trasportatore a palette incernierate su asta rigida, con movimento alternato (81,1%), seguito dal sistema con palette fissate a catena metallica, con moto continuo (13,9%). La cunetta all'interno della quale si muovono i mezzi meccanici automatici ha larghezza media di 0,5 m.

La frequenza di pulizia delle cunette è prevalentemente di 1 volta/d (91,7% dei casi).

Il lettimo più utilizzato è la paglia (96,7%), anche nelle versioni “trinciata” e “pellettata” e il consumo medio è di 3,23 kg/d per posta, con un minimo di circa 1 kg e un massimo di circa 6,7 kg.

Il lettino viene distribuito sulle poste in media ogni 4 d, con variabilità da 1 a 7 d.

Nell'80% delle stalle è presente un sistema di ventilazione artificiale di soccorso per limitare lo stress termico estivo, che è prevalentemente del tipo a tunnel d'aria (28,3%), del tipo a cascata d'aria (21,7%) oppure misto (21,7%). In media sono presenti 4 ventilatori in ogni stalla che ne è dotata.

Infine, soltanto 2 stalle su 60 sono dotate di paddock esterno dove le vacche possono fare esercizio fisico, ovviamente dopo essere state slegate temporaneamente.

### **1.2.3. Le stalle per la rimonta**

La rimonta rappresenta quella parte della mandria, costituita da animali giovani non ancora in produzione, che è destinata a sostituire le vacche a fine carriera che escono dal ciclo produttivo per scarto volontario o involontario. Alla rimonta appartengono le diverse categorie bovine che dalla nascita al primo parto vengono così distinte: vitelle, manzette, manze vuote e manze gravide.

La scheda C del questionario ha previsto il rilievo delle stalle a stabulazione libera e fissa per i capi da rimonta; nel caso di presenza di più stalle per questi capi, il rilievo era limitato alla stalla più grande (e quindi più capiente); in totale sono state compilate 162 schede C.

In media, le stalle per la rimonta ospitano 94 capi, con un range molto ampio, che va da un minimo di 4 a un massimo di 700 capi, anche in relazione al numero di vacche dell'allevamento, sebbene non tutte le stalle per rimonta siano state verificate; inoltre, è possibile che alcune aziende allevino parte della rimonta in altri siti aziendali o addirittura facciano allevare la propria rimonta ad altre aziende (rimonta "conto terzi").

Tra le aziende verificate, 5 stalle sono a stabulazione fissa e 2 aziende hanno rimonta esterna.

Nel 32,1% dei casi la stalla per la rimonta è la stessa destinata alle vacche da latte, mentre per il rimanente 67,9% la stalla è specifica per la rimonta ed è distinta da quella delle bovine adulte.

Le stalle da rimonta hanno in prevalenza un tetto realizzato in pannelli prefabbricati coibentati tipo *sandwich* (41,3% dei casi); il solaio latero-cementizio con isolante e manto di copertura, anche nella forma di un pannello *sandwich*, è presente nel 28,1% delle stalle. Il 15,6% delle stalle presenta un semplice manto di copertura, senza solaio e senza isolante.

La fessura di colmo con cupolino è presente nel 61,7% dei casi.

L'allestimento dei due lati lunghi della stalla vede prevalere l'edificio tamponato con finestre

continue (36,6%) e l'edificio parzialmente aperto, con soli tamponamenti di base (26,1%); discretamente diffuso anche l'edificio totalmente aperto (18,6%).

Le finestre o aperture di ventilazione sono presenti su entrambi i lati lunghi nel 81% dei casi, mentre nelle rimanenti stalle uno dei due lati è chiuso. Nel 54,2% delle stalle totalmente o parzialmente aperte sono presenti tamponamenti mobili (per lo più reti frangivento a movimento verticale).

La larghezza media delle 163 corsie di alimentazione rilevate è pari a 2,65 m, con variabilità elevata; in alcuni casi la larghezza risulta molto limitata (0,5 m) perché è lo spazio destinato all'appoggio dei piedi anteriori, quando l'animale è alla mangiatoia, nelle tipologie a lettiera a superficie indistinta o a lettiera inclinata con cunetta delle deiezioni posta in prossimità della rastrelliera.

Per quanto riguarda la pavimentazione, prevalgono nettamente i pavimenti pieni con rigatura antiscivolo (59,5% dei casi), seguiti dai pavimenti pieni senza rigatura (28,8%) e dai pavimenti fessurati o forati (9%); molto modesta la diffusione del pavimento pieno con gomma (3,7%) per queste categorie di bovini.

L'asportazione degli effluenti dalla zona di alimentazione avviene in prevalenza con a raschiatori ad asta rigida (60,1%), mentre nel 15,3% dei casi la pulizia avviene con mezzo a motore endotermico (trattore dotato di specifiche attrezzature). Il nastro trasportatore a palette, che opera all'interno di una specifica cunetta, è presente nel 9,8% delle stalle, soprattutto in abbinamento con la lettiera inclinata.

La frequenza prevalente di asportazione degli effluenti dalla corsia di alimentazione è di 2 volte/d (46% dei casi), seguita da 3-4 volte/d (16,5%) e da 1 volta ogni 2 giorni o più giorni (16,5%); solo nel 6,5% delle stalle l'asportazione avviene 5 o più volte al giorno al giorno.

Per quanto riguarda la pendenza dei pavimenti pieni, il 38,9% delle stalle valutate non presenta alcuna pendenza. Quando è presente, quella longitudinale prevale con il 28,5%.

La zona di riposo, com'è noto, può essere organizzata in diversi modi, ma la differenza sostanziale è la presenza di cuccette, di poste fisse oppure di ampie aree a lettiera. Nelle stalle da rimonta, a differenza di quanto rilevato nelle stalle delle vacche, prevalgono nettamente le tipologie a lettiera, sia nella forma della lettiera permanente (52,2%), sia in quella della lettiera inclinata (18,6%), mentre le cuccette sono scarsamente utilizzate (13%). In pochi casi gli animali sono

stabulati in posta fissa (3,1%)

Le stalle a lettiera hanno una superficie della zona di riposo mediamente pari a 4,3 m<sup>2</sup>/capo, con variabilità molto alta (da 0,5 e 15 m<sup>2</sup>/capo), dipendente dalla tipologia di lettiera e dalle categorie bovine ospitate.

La paglia è nettamente il materiale da lettiera più utilizzato (88,2% delle stalle); scarsamente impiegati tutti gli altri materiali, fra i quali stocchi di mais, segatura e separato da liquame. Con solo riferimento alle stalle a lettiera, il consumo medio giornaliero è pari a 5,9 kg/capo, ,9

L'intervallo di distribuzione del lettimo è mediamente pari a 6 d, ma in alcune stalle il materiale viene distribuito ogni giorno e in altre ogni 30 d.

Nelle stalle a lettiera l'asportazione del materiale palabile esausto avviene in prevalenza una volta al mese (28,8%) o una volta ogni 3 mesi (16%); nel caso delle lettiere inclinate lo svuotamento avviene in modo naturale (calpestio e gravità) ogni giorno, ma ciò non richiede l'intervento dell'uomo.

Nella maggior parte dei casi (60,9%) la stalla da rimonta non ha un paddock esterno (area di esercizio); quando è presente, il paddock è pavimentato nel 19,82% delle stalle e in terra battuta nel 10,6% dei casi. Molto spesso il paddock è posto a lato della zona di riposo (81,4% delle stalle che hanno il paddock), mentre le altre collocazioni sono poco frequenti.

L'area del paddock varia in base al tipo di superficie; sono più piccoli i paddock pavimentati, in media 4,8 m<sup>2</sup>/capo (da 1 a 19,6), e più grandi quelli con superficie in terra battuta o inerbita, in media 82,2 m<sup>2</sup>/capo (da 2,5 a 417,5).

Infine, per quanto concerne il controllo ambientale, meno della metà delle stalle è dotata di un impianto di raffrescamento; le tipologie più frequenti sono i ventilatori elicoidali ad asse di rotazione verticale, a cascata d'aria ("elicotteri"), presenti nel 18% delle stalle, e i ventilatori elicoidali ad asse di rotazione orizzontale, disposti in allineamento longitudinale, a tunnel di vento, presenti nel 13,7% delle stalle.

Solo 2 stalle su un totale di 161 sono anche dotate di un sistema di raffrescamento evaporativo del tipo a goccia pesante (doccia).

#### **1.2.4. Le strutture esterne per lo stoccaggio e il trattamento degli effluenti**

Queste strutture esterne alla stalla sono manufatti importanti che caratterizzano tutti gli

insediamenti zootecnici; per il comparto bovino da latte parliamo soprattutto delle concimaie a platea per lo stoccaggio del materiale palabile (letame, separato solido) e delle vasche per lo stoccaggio del materiale non palabile (liquame, frazione liquida dopo separazione meccanica, reflui di mungitura, acqua piovana raccolta dai paddock scoperti).

Le **concimaie** sono presenti nel 95,6% delle aziende, in numero variabile in base alla dimensione della mandria e al collocamento degli edifici di stabulazione. Nel 65,7% dei casi è presente una sola concimaia, nel 21% ne sono presenti 2 e nell'8,9% il numero è pari o superiore a 3.

La tipologia di concimaia prevalente è quella con pareti perimetrali su 2 o 3 lati (68,4%), seguita dalla concimaia con semplici cordoli perimetrali (16,4%). L'altezza media delle pareti è pari a circa 2 m, mentre la superficie complessiva delle concimaie è mediamente pari a circa 413 m<sup>2</sup>, con range molto ampio (da 35 a oltre 2.000 m<sup>2</sup>), dipendente dalla dimensione della mandria e dall'autonomia di stoccaggio. Solo il 2,3% delle aziende è dotato di una concimaia coperta.

L'acqua piovana che cade sulla concimaia viene raccolta, unitamente alla frazione liquida che sgronda dal letame, da pozzetti o griglie di scolo e cade direttamente nel pozzettone interrato posto al disotto della platea (59% dei casi), oppure viene trasferita con tubazioni a una vasca interrata o al pozzetto di sollevamento (38,6%) posti nei pressi della concimaia.

Il letame viene destinato totalmente all'utilizzo agronomico nel 98,2% dei casi.

Per quanto riguarda lo stoccaggio del liquame, sono presenti in media 2,41 **vasche** per azienda; il 30,7% degli allevamenti ha una vasca, mentre il 28,5% ne ha 2 e il 22,9% ne ha 3; negli allevamenti rimanenti ci sono 4 o più vasche liquami.

Il collocamento delle vasche rispetto al piano di campagna può essere fuori terra, seminterrato e interrato; nel 56,1% delle aziende sono presenti solo vasche interrate e nel 29,4% si prevedono 2 o 3 tipologie diverse di vasche nella stessa azienda.

Le forme più comuni delle vasche sono quella cubica e quella cilindrica; rispetto alla visione planimetrica (dall'alto) si possono distinguere in quadrangolari e circolari, anche se non mancano forme diverse come la ottagonale o quella che prevede due pareti opposte lineari e le altre due a semicerchio. Il 58,8% delle aziende ha solo vasche a pianta quadrangolare, mentre solo il 14,7% ha solo vasche circolari; il rimanente 26,5% è dotato sia di vasche rettangolari che di vasche circolari, o di forme diverse.

Dal punto di vista costruttivo, prevalgono nettamente le vasche in calcestruzzo armato gettato in

opera (74,9%), seguite da quelle in calcestruzzo armato prefabbricato (11,4%), ma nel 13,7% dei casi sono presenti entrambe le soluzioni precedenti.

Le aziende hanno in media 1.979 m<sup>3</sup> di volume totale dei contenitori per liquame, con un minimo di 54 m<sup>3</sup> e un massimo di 30.000 m<sup>3</sup>. Se si rapporta il volume di ogni azienda al carico animale, espresso in UBA, si ottiene un valore medio di 7,9 m<sup>3</sup>/UBA.

L'altezza media delle pareti delle 281 vasche per le quali è stato rilevato il dato è di 3,8 m, con un minimo di 2 m e un massimo di 6 m. Il 23,1% delle vasche ha altezza uguale o maggiore di 5 m.

Il 38% delle aziende ha vasche scoperte; nel 41,5% dei casi sono previste coperture rigide in calcestruzzo armato (tipicamente le solette delle concimaie al disopra dei pozzettoni interrati) o tettoie di vario genere, mentre le coperture galleggianti delle diverse tipologie (cappellaccio, granuli Leca, piastrelle di materiale plastico, teli fissi) vengono adottate solo dal 7,9% delle aziende. Quasi il 13% delle aziende, infine, utilizza soluzioni miste su tutte o su parte delle vasche presenti.

La destinazione del liquame è ovviamente l'utilizzo agronomico.

Infine, un cenno agli impianti di trattamento; il separatore per liquami è presente nel 34,2% delle aziende, con prevalenza del modello a compressione elicoidale rispetto a quello cilindrico rotante a rulli compattatori.

Nel 46,7% degli allevamenti è presente una pre-vasca interrata per il sollevamento dei liquami, dotata di pompa sommersa trituratrice e di impianto di miscelazione (mixer).

Solo il 2,8% delle aziende è dotato di un impianto di biogas di proprietà, mentre un altro 1,7% conferisce parte degli effluenti a un impianto di biogas esterno o inter-aziendale.

### ***1.2.5. Lo spandimento degli effluenti sui terreni***

Lo spandimento degli effluenti zootecnici sui terreni agricoli rappresenta un'operazione fondamentale per le aziende, in quanto l'impiego agronomico del letame e del liquame consente l'apporto di nutrienti e di sostanza organica che migliorano la fertilità e la struttura dei terreni; inoltre, l'utilizzo degli effluenti zootecnici limita il consumo di concimi chimici e fa ritornare alla terra ciò che dalla terra è stato prelevato.

Le colture aziendali sulle quali viene prevalentemente utilizzato il letame sono le foraggere e i cereali: medica (65% delle aziende), prati stabili ed erbai (56%), altre foraggere (58%) e cereali

(30%).

La distribuzione del letame avviene sempre con carro spandiletame, di diversa foggia e dimensione; nel 18% delle aziende la distribuzione viene affidata a contoterzisti.

Le colture aziendali sulle quali viene prevalentemente utilizzato il liquame sono sempre le foraggere e i cereali: medica (59% delle aziende), prati stabili ed erbai (67%), altre foraggere (45%) e cereali (22%).

La distribuzione del liquame può avvenire con differenti tecniche, anche se il sistema nettamente prevalente è l'utilizzo del carrobotte con getto a ventaglio (79% dei casi); nel 18% dei casi il carrobotte è dotato di apparati interratori che consentono l'immissione del liquame direttamente nel terreno.

Scarsamente diffuse le altre tecniche, quali l'impianto a rotoloni con rete sotterranea o il sistema ombelicale.

### **1.3. Definizione delle caratteristiche delle aziende**

Le caratteristiche delle aziende fanno riferimento all'analisi dei questionari dell'indagine conoscitiva, nonché ai dati statistici disponibili; lo scopo è quello di definire, seppure in modo assuntivo, una situazione di partenza sulla quale stimare il livello emissivo totale dello stato di fatto, come se le aziende del campione fossero pienamente rappresentative della situazione presente nel comprensorio del PR.

Per quanto riguarda i dati statistici, si considera un'elaborazione CRPA su dati 2021 forniti dalla BDN (Banca Dati Nazionale) dell'Anagrafe Zootecnica istituita dal Ministero della Salute presso il CSN dell'Istituto "G. Caporale" di Teramo. Inoltre, si considerano i dati statistici forniti dal Consorzio del PR.

In particolare, i dati della regione Emilia-Romagna sono relativi al numero di allevamenti bovini da latte suddivisi per classe di capienza; si assume che questi siano esattamente adottabili per la sola area del PR e tale assunzione è molto realistica, considerando che la stragrande maggioranza degli allevamenti della regione (circa l'84%) appartiene all'area del comprensorio.

La suddivisione degli allevamenti di tutta la regione è la seguente:

- < 20 capi: 257 allevamenti
- 20-49 capi: 654 allevamenti

- 50-99 capi: 868 allevamenti
- 100-500 capi: 1.295 allevamenti
- > 500 capi: 156 allevamenti
- Totale: 3.230 allevamenti

La suddivisione dei capi, invece, è la seguente:

- < 20 capi: 3.103 bovini
- 20-49 capi: 22.439 bovini
- 50-99 capi: 63.045 bovini
- 100-500 capi: 270.219 bovini
- > 500 capi: 128.727 bovini
- Totale: 487.533 bovini

In base alle statistiche del Consorzio (2022), nell'area del PR sono presenti 2.668 allevamenti; quindi, si possono stimare gli allevamenti delle varie classi facendo delle semplici proporzioni sui totali regionali, ottenendo i seguenti risultati:

- < 20 capi: 212 allevamenti
- 20-49 capi: 540 allevamenti
- 50-99 capi: 717 allevamenti
- 100-500 capi: 1.070 allevamenti
- > 500 capi: 129 allevamenti
- Totale: 2.668 allevamenti

Queste 2.668 aziende allevano 202.164 vacche in lattazione, oltre alle altre categorie bovine (asciutte, rimonta, vitelli), per una media di 76 vacche in lattazione per allevamento. Non si hanno però statistiche relative agli altri bovini presenti negli allevamenti del PR.

Una modalità di stima dei capi totali allevati è quella che prevede il dimensionamento di un allevamento medio teorico: il modo più corretto è quello di adottare parametri produttivi e riproduttivi standardizzati e considerare che tutte le vacche del PR siano allevate nello stesso unico allevamento. La simulazione viene svolta con uno specifico programma messo a punto dal CRPA (PROG ALLEV BOVINO) che permette il dimensionamento di un allevamento sia in termini di presenza media dei capi delle diverse categorie, sia in termini di numero di posti necessari. I principali parametri di input e i rispettivi valori assegnati sono di seguito indicati:



- interparto medio d'allevamento = 420 d
- n. medio parti/vacca per carriera = 3
- durata media fase di asciutta = 63 d
- mortalità vacche = 5%
- età media primo concepimento = 16 mesi
- età vitelli allo svezzamento = 84 d
- n. vitelli nati vivi per 100 parti = 98
- mortalità vitelli pre-svezzamento = 8%
- mortalità post-svezzamento e fino al primo parto = 3%

Il programma restituisce la presenza media per ogni categoria bovina, ovvero la capienza media dell'ipotetico unico allevamento del PR, che è di seguito riportata:

- vacche in lattazione = 202.164
- vacche in asciutta e colostro = 29.650
- manze gravide = 62.018
- manze vuote = 29.397
- manzette = 45.458
- vitelle = 45.458
- totale capi = 414.145

Quindi, per il comprensorio del PR si stima un totale di **414.145** capi mediamente presenti, di cui il 56% vacche e il rimanente 44% capi da rimonta e vitelle.

Come ricordato in precedenza, le aziende del campione indagato allevano in media 283 capi, di cui 157 vacche (55,5%) e 126 bovine da rimonta (44,5%); come si nota, le rispettive percentuali sono perfettamente sovrapponibili a quelle prima indicate, a dimostrazione della validità del procedimento di stima.

A questo punto è anche possibile una stima dei capi totali per ogni classe di capienza dell'area del PR, in proporzione ai capi totali della regione, in modo analogo a quanto fatto per il numero di allevamenti. La ripartizione che risulta è la seguente:

- < 20 capi: 2.637 bovini
- 20-49 capi: 19.062 bovini
- 50-99 capi: 53.555 bovini

- 100-500 capi: 229.541 bovini
- > 500 capi: 109.350 bovini
- Totale: 414.145 bovini

Per ogni classe di capienza è possibile ottenere la capienza media facendo il rapporto fra numero totale dei capi e numero totale degli allevamenti, ottenendo i seguenti risultati:

- < 20 capi: 12 capi/allevamento
- 20-49 capi: 35 capi/allevamento
- 50-99 capi: 75 capi/allevamento
- 100-500 capi: 215 capi/allevamento
- > 500 capi: 848 capi/allevamento
- Totale: 155 capi/allevamento

Infine, partendo dal dato dell'analisi dei questionari che indica nel 75% gli allevamenti che hanno una o due stalle, si assume che tutti gli allevamenti di riferimento abbiano due stalle: una per le vacche e l'altra per la rimonta e per i vitelli.

A questo punto si hanno a disposizione i dati per poter ipotizzare gli allevamenti tipo, ai quali poi andrà riferito l'universo del comprensorio del PR.

### **1.3.1. Allevamenti tipo**

Di seguito si descrivono gli allevamenti tipo individuati, assunti come rappresentativi della realtà produttiva in esame.

#### **Allevamento TIPO 1**

E' la tipologia che rappresenta gli allevamenti meno avanzati e di più piccole dimensioni; si assume che questi allevamenti prevedano la stabulazione fissa per le vacche, mentre per le bovine da rimonta e le vitelle si prevede stabulazione libera su lettiera, perché questa tipologia è risultata prevalente dall'indagine campionaria. Dalla stessa indagine è emerso che in media le stalle fisse hanno una capienza di 44 vacche e sono per la maggior parte del tipo classico a 2 file di poste testa a testa, con cunetta di raccolta degli effluenti e allontanamento automatico con trasportatore a palette incernierate.

Com'è noto, la stalla fissa è una soluzione ormai superata, che non viene più utilizzata per le nuove costruzioni, ma che è ancora presente negli allevamenti dell'area del PR. Da statistiche del Consorzio di tutela (anno 2022) si desume che le stalle fisse rappresentano il 51,6% del totale delle

stalle del comprensorio, cioè 1.378 stalle (ipotizzando che ogni azienda abbia una stalla per le vacche), ma in esse si alleva il 22,6% delle vacche in lattazione (45.727), più la quota corrispondente di vacche in asciutta:

$$\text{totale vacche} = 45.727 + 15\% = 52.586$$

L'attribuzione degli altri capi (rimonta comprese vitelle) può essere fatta con riferimento alla distribuzione percentuale già nota del 56% delle vacche e del 44% della rimonta sul totale dei capi:

$$56 : 100 = 52.586 : x$$

$$x = \mathbf{93.904} \text{ capi totali}$$

$$93.904 - 52.586 = \mathbf{41.318} \text{ capi da rimonta}$$

Quindi, si attribuiscono a questa tipologia tutti gli allevamenti con meno di 50 capi e una quota consistente di quelli della classe 50-99 capi, al fine di arrivare ai 1.378 allevamenti con stalle fisse per vacche:

- classe < 20 capi, 212 allevamenti, 2.637 capi
- classe 20-49 capi, 540 allevamenti, 19.062 capi
- classe 50-99 capi, 626 allevamenti, 46.950 capi
- totale di **1.378** allevamenti e **68.649** capi.

In questo modo il TIPO 1 raccoglie esattamente gli allevamenti delle statistiche del Consorzio del PR con stalle fisse (51,6%), ma un numero totale di capi un po' sottostimato (16,6%).

La dimensione media di questo allevamento è pari a 50 capi.

### **Allevamento TIPO 2**

E' la tipologia intermedia, che prevede la stabulazione libera per le vacche nella forma più datata e meno diffusa, cioè la lettiera permanente, sebbene negli ultimi anni stia avendo un certo successo una forma alternativa di lettiera permanente, detta lettiera lavorata o *compost barn*.

Dall'elaborazione dei questionari aziendali è risultato che le stalle a lettiera per vacche da latte sono circa il 10% del totale delle stalle libere del campione, quindi si assume questa stessa percentuale per definire a livello dimensionale questa tipologia.

Anche in questo caso si assume che le bovine da rimonta e le vitelle siano allevate in stabulazione libera con zona di riposo a lettiera.

Gli allevamenti attribuiti a questa tipologia sono i seguenti:

- classe 50-99 capi, 9 allevamenti
- classe 100-500 capi, 107 allevamenti
- classe oltre 500 capi, 13 allevamenti
- totale di **129** allevamenti e **34.704** capi (dato stimato in base alla capienza media)

Il TIPO 2 raccoglie il 4,8% degli allevamenti PR e l'8,4% dei bovini.

La capienza media di questo allevamento tipo è pari a 269 capi.

### **Allevamento TIPO 3**

E' la tipologia più rilevante per quanto riguarda il totale di bovini allevati; prevede la stabulazione libera per le vacche nella forma più moderna e oggi più diffusa, con zona di riposo a cuccette.

L'elaborazione dei questionari aziendali ha mostrato che le stalle a cuccette per vacche da latte sono circa il 90% del totale delle stalle libere del campione, quindi si assume questa stessa percentuale per definire a livello dimensionale questa tipologia.

Anche in questo caso si assume che le bovine da rimonta e le vitelle siano allevate in stabulazione libera con zona di riposo a lettiera.

Gli allevamenti attribuiti a questa tipologia sono i seguenti:

- classe 50-99 capi, 82 allevamenti
- classe 100-500 capi, 963 allevamenti
- classe oltre 500 capi, 116 allevamenti
- totale di **1.161** allevamenti e **310.792** capi (dato ottenuto per differenza).

Il TIPO 3 raccoglie il 43,6% degli allevamenti e il 75% dei bovini.

La capienza media di questo allevamento tipo è pari a 268 capi.

### ***1.3.2. Caratteristiche degli allevamenti tipo***

La stima delle emissioni richiede la determinazione di una serie di caratteristiche strutturali, impiantistiche e organizzative della situazione attuale e tale analisi può essere fatta assumendo che l'indagine a campione svolta nell'Azione preliminare sia rappresentativa della realtà produttiva del comprensorio del PR. Ciò è certamente verosimile, per le considerazioni già fatte nei precedenti paragrafi.

Di seguito, per ogni allevamento tipo, si elencano le principali caratteristiche assunte.

### **Allevamento TIPO 1**

Stalla delle vacche a stabulazione fissa, con poste “corte” e attacchi di tipo Olanda, impiego di lettiera di paglia, asportazione degli effluenti dalla cunetta posteriore 1 volta/d mediante nastro trasportatore a palette incernierate (“va e vieni”).

Struttura della stalla del tipo prefabbricato a portali in calcestruzzo armato, con solaio di copertura latero-cementizio, isolamento in lana di roccia e manto di copertura di fibrocemento.

Stalla della rimonta a stabulazione libera in box con zona di riposo a lettiera permanente, con impiego di paglia, aggiunta ogni 7 o più giorni e rimozione totale della lettiera esausta ogni 90 o più giorni; zona di alimentazione a pavimento pieno con pulizia mediante raschiatore, con asportazione una volta al giorno.

Struttura della stalla del tipo prefabbricato a trave monolitica a lembi paralleli in calcestruzzo armato, con semplice manto di copertura posato su arcarecci.

Vitelle allevate su lettiera integrale nella stessa stalla per la rimonta, con aggiunta di paglia ogni 2 o più giorni e rimozione della lettiera esausta ogni 30-60 d.

Stoccaggio del letame per 3 mesi in concimaia a platea e stoccaggio del liquame per 4 mesi in pozzettone interrato e coperto posto sotto alla concimaia.

Spandimento del liquame senza interrimento e spandimento del letame con interrimento entro 24 h dalla distribuzione.

### **Allevamento TIPO 2**

Stalla delle vacche a stabulazione libera, con zona di riposo a lettiera permanente, impiego di paglia, aggiunta di lettiera ogni 7 d o più, asportazione della lettiera esausta ogni 90 d o più, zona di alimentazione a pavimento pieno con asportazione degli effluenti mediante raschiatore meccanico ad asta rigida non più di 2 volte/d.

Struttura della stalla del tipo prefabbricato di calcestruzzo armato a travi monolitiche in doppia pendenza, con solaio di copertura latero-cementizio, isolamento in lana di roccia e manto di copertura di fibrocemento.

Stalla della rimonta a stabulazione libera in box con zona di riposo a lettiera permanente, impiego di paglia, aggiunta di lettiera ogni 7 d o più, asportazione della lettiera esausta ogni 90 d o più,

zona di alimentazione a pavimento pieno con asportazione degli effluenti mediante raschiatore meccanico ad asta rigida non più di 2 volte/d.

Struttura della stalla del tipo prefabbricato a trave monolitica a lembi paralleli in calcestruzzo armato, con semplice manto di copertura posato su arcarecci.

Vitelle allevate su lettiera integrale nella stessa stalla per la rimonta, con aggiunta di paglia ogni 2 o più giorni e rimozione della lettiera esausta ogni 30-60 d.

Stoccaggio del letame per 3 mesi in concimaia a platea e stoccaggio del liquame per 4 mesi in vasche interrate.

Spandimento del liquame senza interrimento e spandimento del letame con interrimento entro 24 h dalla distribuzione.

### **Allevamento TIPO 3**

Stalla delle vacche a stabulazione libera, con zona di riposo a cuccette “groppa a groppa”, cuccette a buca con lettiera di paglia, zona di alimentazione a pavimento pieno con asportazione degli effluenti mediante raschiatore meccanico ad asta rigida non più di 2 volte/d.

Struttura della stalla del tipo prefabbricato in profilati d'acciaio zincato, copertura in pannelli sandwich dello spessore di 4 cm.

Stalla della rimonta a stabulazione libera in box con zona di riposo a lettiera permanente, con impiego di paglia, aggiunta ogni 7 o più giorni e rimozione totale della lettiera esausta ogni 90 o più giorni; zona di alimentazione a pavimento pieno con pulizia mediante raschiatore, con asportazione una volta al giorno.

Struttura della stalla del tipo prefabbricato in profilati d'acciaio zincato, copertura in pannelli sandwich dello spessore di 3 cm.

Vitelle allevate su lettiera integrale nella stessa stalla per la rimonta, con aggiunta di paglia ogni 2 o più giorni e rimozione della lettiera esausta ogni 30-60 d.

Stoccaggio del letame per 3 mesi in concimaia a platea e stoccaggio del liquame per 4 mesi in vasche interrate.

Spandimento del liquame senza interrimento e spandimento del letame con interrimento entro 24 h dalla distribuzione.

## **Azione 2 – Stima emissioni nel comprensorio Parmigiano Reggiano**

### **2. La stima delle emissioni di ammoniaca e gas serra degli allevamenti del comprensorio del Parmigiano Reggiano**

L'obiettivo dell'Azione 2 era la stima delle emissioni del comparto bovino da latte del comprensorio del Parmigiano Reggiano, allo scopo di definire un punto di partenza aggiornato (stato di fatto) e di simulare degli scenari di mitigazione delle emissioni (stato di progetto).

Inoltre, l'azione prevedeva un'analisi dei 3 allevamenti delle aziende partner del GO.

Per la stima delle emissioni del comparto PR, i dati strutturali necessari allo scopo sono già disponibili e sono quelli elaborati nel precedente capitolo, dove sono stati ipotizzati 3 allevamenti tipo rappresentativi della situazione presente nel comprensorio; inoltre, sono stati forniti i dati statistici elaborati relativi ad allevamenti e a patrimonio bovino.

Nelle [tabelle 2.1-2.3](#) vengono riassunti i principali dati di riferimento.

#### **2.1. Stima delle emissioni: stato di fatto**

La definizione degli allevamenti tipo ha portato alla suddivisione del patrimonio bovino da latte dell'area PR in 3 sottoinsiemi omogenei quanto a caratteristiche strutturali e gestionali. In pratica, è come se esistessero solo queste 3 tipologie d'allevamento, replicate in un numero di allevamenti indicato nella [tabella 2.2](#).

Il procedimento di stima delle emissioni prevede una prima fase che porta al calcolo delle emissioni dei 3 allevamenti tipo e una seconda fase nella quale si definiscono le emissioni a livello del comprensorio, moltiplicando il valore di emissione del singolo allevamento tipo per il numero di allevamenti attribuiti a quel tipo.

##### **2.1.1. Stima delle emissioni negli allevamenti tipo**

Il software utilizzato per la stima è *Bat-Tool Plus*, realizzato all'interno del progetto prepAIR finanziato nell'ambito del programma Life 2014-2020 e disponibile in rete. Tale software è stato implementato di un pacchetto, denominato *Milkgas Tool*, che permette anche la stima dei costi necessari per implementare una certa tecnologia o modalità operativa mitigatrice; ciò servirà nella stima dell'impatto economico degli interventi dello stato di progetto.

La stima delle emissioni viene attuata per i 3 allevamenti tipo, nelle differenti condizioni impostate, ottenendo 3 tabulati finali riassuntivi che ci indicano il totale delle emissioni annuali di

ammoniaca e di gas serra.

Per le emissioni di GHG è necessario fare una precisazione; dei 4 ambiti identificati da *Bat-Tool Plus* come generatori di emissioni, il quarto (Consumi energetici) richiede l'input dei consumi aziendali in termini di energia elettrica e di energia da combustibili. Questi consumi, non essendo presenti nel questionario aziendale, perché ciò avrebbe complicato molto la raccolta dei dati, vengono stimati grazie alle approfondite analisi ed elaborazioni svolte dal CRPA nel progetto ReSole; in particolare, i riferimenti utilizzati sono tratti dalle *Linee guida per il risparmio energetico e per la produzione di energia da fonte solare negli allevamenti zootecnici (2013)*.

I dati stimati per i 3 allevamenti tipo sono i seguenti:

- Tipo 1, 350 kWh/a per UBA di energia elettrica e 550 kWh/a per UBA di energia termica;
- Tipo 2, 450 kWh/a per UBA di energia elettrica e 750 kWh/a per UBA di energia termica;
- Tipo 3, 500 kWh/a per UBA di energia elettrica e 650 kWh/a per UBA di energia termica.

I consumi termici sono poi trasformati nell'equivalente consumo di gasolio e GPL, in quanto questi sono i combustibili più utilizzati negli allevamenti bovini da latte; sul totale termico si considera il 70% di gasolio e il 30% di GPL. I dati unitari stimati di consumo di combustibili sono riportati di seguito:

- Tipo 1, 40,2 l/a per UBA di gasolio e 24,2 l/a per UBA di GPL;
- Tipo 2, 54,8 l/a per UBA di gasolio e 33 l/a per UBA di GPL;
- Tipo 3, 47,5 l/a per UBA di gasolio e 28,6 l/a per UBA di GPL.

I consumi totali di energia elettrica, gasolio e GPL sono quindi i seguenti:

- Tipo 1, 13.790 kWh/a di energia elettrica, 1.584 l/a di gasolio e di 953 l/a di GPL;
- Tipo 2, 94.590 kWh/a di energia elettrica, 11.519 l/a di gasolio e di 6.937 l/a di GPL;
- Tipo 3, 105.000 kWh/a di energia elettrica, 9.975 l/a di gasolio e di 6.006 l/a di GPL.

Nella [tabella 2.4](#) sono riassunti i valori di emissione annua di ammoniaca per gli allevamenti codificati, mentre nella [tabella 2.5](#) sono riportate le emissioni annue di GHG per gli stessi allevamenti tipo; le differenze, ovviamente, sono ascrivibili al dimensionamento della mandria, alle diversità nelle strutture d'allevamento e in quelle per lo stoccaggio degli effluenti, alle modalità di spandimento degli effluenti, che seppure uguali nelle 3 tipologie, coinvolgono una diversa quantità di letame e liquame, e infine al livello dei consumi energetici aziendali.



Per le **emissioni di ammoniaca**, i risultati evidenziati dal software sono di seguito riportati:

- il Tipo 1, per il quale si evidenzia un totale di azoto al campo di 3.285 kg/a, mostra un'emissione di 1.594 kg/a, pari a circa 31,9 kg/a per capo, così distribuita: 43% dai ricoveri, 23,3% dagli stoccaggi e 33,7% dallo spandimento;
- il Tipo 2, per il quale si evidenzia un totale di azoto al campo di 17.040,3 kg/a, mostra un'emissione di 9.281 kg/a, pari a circa 34,5 kg/a per capo, così distribuita: 37,2% dai ricoveri, 30,4% dagli stoccaggi e 32,4% dallo spandimento;
- il Tipo 3, per il quale si evidenzia un totale di azoto al campo di 17.103,5 kg/a, mostra un'emissione di 9.472 kg/a, pari a circa 35,3 kg/a per capo, così distribuita: 35,3% dai ricoveri, 29,9% dagli stoccaggi e 34,8% dallo spandimento.

Le emissioni ammoniacali unitarie mostrano un valore più basso per il Tipo 1, mentre i Tipi 2 e 3 hanno valori molto simili. L'apporto più rilevante in termini percentuali è sempre il ricovero, anche se ciò è più evidente in Tipo 1 e in Tipo 2 rispetto a Tipo 3; in quest'ultimo lo spandimento assume una rilevanza quasi uguale a quella dei ricoveri, a causa della maggiore quota di liquame sul totale degli effluenti (57%, contro il 31% di Tipo 1 e il 37% di Tipo 2).

Per quanto riguarda le **emissioni di GHG**, espresse in CO<sub>2</sub> equivalente, i risultati per i 3 allevamenti tipo sono i seguenti:

- il Tipo 1 mostra un'emissione di 237.530 kg/a, pari a circa 4.751 kg/a per capo, così distribuita: 71,2% di emissioni enteriche, 14,4% dalla gestione degli effluenti, 8,5% dalla distribuzione agronomica e 5,9% dai consumi energetici;
- il Tipo 2 mostra un'emissione di 1.551.040 kg/a, pari a circa 5.766 kg/a per capo, così distribuita: 69% di emissioni enteriche, 17,7% dalla gestione degli effluenti, 7% dalla distribuzione agronomica e 6,3% dai consumi energetici;
- il Tipo 3 mostra un'emissione di 1.666.665 kg/a, pari a circa 6.219 kg/a per capo, così distribuita: 64,2% di emissioni enteriche, 23,4% dalla gestione degli effluenti, 6,6% dalla distribuzione agronomica e 5,8% dai consumi energetici.

Le emissioni unitarie variano da un minimo di circa 4.750 kg/a per capo per il Tipo 1 a un massimo di circa 6.200 kg/a per capo per il Tipo 3.

### **2.1.2. Stima delle emissioni nel comprensorio PR**

I dati esposti nei paragrafi precedenti consentono finalmente la stima delle emissioni di

ammoniaca e di gas serra imputabili al comparto bovino da latte dell'area del PR, con riferimento allo stato attuale.

L'operazione è semplice: basta moltiplicare i valori di emissione di ciascun allevamento tipo per il numero relativo di allevamenti indicato in [tabella 2.2](#). Lo scorporo del totale per comparto di emissione è fatto in proporzione ai valori unitari di ogni allevamento tipo.

In [tabella 2.6](#) è riportata la stima delle emissioni annuali di ammoniaca e il contributo totale di ogni comparto emissivo. Il totale ammonta a **14.391 t/anno** e la suddivisione fra i comparti evidenzia la prevalenza delle emissioni dai ricoveri (36,6%), seguita dalle emissioni derivanti dalle operazioni di distribuzione degli effluenti sui terreni (34,5%) e infine dalle emissioni degli stoccaggi (28,9%).

Le emissioni unitarie di NH<sub>3</sub> risultano pari a:

- a) **34,75 kg/a** per capo
- b) **62,08 kg/a** per vacca (compresa quota rimonta)
- c) **44,3 kg/a** per UBA
- d) **6,23 kg** per 1 t di latte prodotto.

Nella [tabella 2.7](#) è invece riportata la stima delle emissioni di GHG, con un totale per gli allevamenti dell'area del PR di 2.462.398 t/anno; la parte nettamente più rilevante è quella delle emissioni enteriche, con il 65,5% del totale, seguita dalle emissioni nella gestione degli effluenti (21,8%), da quelle derivanti dagli spandimenti (6,8%) e da quelle dovute ai consumi energetici (5,9%).

Le emissioni unitarie di GHG risultano pari a:

- a) **5.946 kg/a** per capo
- b) **10.622 kg/a** per vacca (compresa quota rimonta)
- c) **7.580 kg/a** per UBA
- d) **1.066 kg** per 1 t di latte prodotto.

## **2.2. Stima delle emissioni: stato di progetto**

La fase successiva aveva l'obiettivo di stimare la riduzione potenziale delle emissioni in seguito all'applicazione di interventi migliorativi applicabili su larga scala negli allevamenti bovini da latte del comprensorio PR.

Sono stati definiti dei pacchetti di interventi, con riferimento ai 3 allevamenti tipo e ai comparti di emissione. Ovviamente, condizione essenziale per poter eseguire elaborazioni relative alla riduzione delle emissioni è quella che gli interventi considerati siano presenti nel software *Bat-Tools Plus*.

Peraltro, alcuni di questi interventi (ventilazione forzata, gestione delle superfici della stalla, frequenza di rimozione degli effluenti) erano stati valutati sperimentalmente nel precedente progetto *Milkgas*.

Per la ventilazione artificiale di soccorso estivo, in particolare, le prove sperimentali non avevano confermato la validità del sistema nel ridurre le emissioni dalle superfici.

Inoltre, era stato evidenziato come la superficie pavimentata delle corsie abbia una potenzialità emissiva maggiore rispetto alle cuccette per quanto concerne l'ammoniaca, mentre la situazione si ribalta quando si considerano le emissioni di GHG (metano e protossido d'azoto).

La corsia di alimentazione delle stalle libere rappresenta la zona normalmente più responsabile delle emissioni ammoniacali, a causa dell'elevata deposizione di deiezioni solide e urine. Queste deiezioni, a differenza di quanto accade nella zona di riposo, non vengono assorbite dalla lettiera e tutto l'azoto ammoniacale presente nelle urine è a contatto con l'aria e può, di conseguenza, liberarsi in atmosfera.

Il lettino presente in cuccetta, al contrario, assorbe le urine riducendo le emissioni ammoniacali, ma è luogo di processi fermentativi della sostanza organica (feci e paglia) che originano emissioni di gas serra.

L'aumento della frequenza di passaggio dei raschiatori durante la giornata è una tecnica valutata positivamente dalle prove di *Milkgas*: riducendo dalle 5–7 h alle 2-3 h l'intervallo tra i passaggi del raschiatore si è ottenuta una riduzione delle emissioni dalle corsie del 42% per il metano e del 46% per l'ammoniaca, mentre per il protossido d'azoto non sono emerse significative variazioni.

Altra considerazione desunta da *Milkgas* è il fatto che il centro delle corsie, in prossimità della canaletta del raschiatore, è la zona con le maggiori emissioni ammoniacali a causa del ristagno delle urine: corsie con adeguate pendenze trasversali (verso il centro) e longitudinali verso il fondo della stalla, e canalette dei raschiatori mantenute pulite, eventualmente con sistema di drenaggio a tubazione posto al di sotto del pavimento, possono garantire un rapido deflusso e collettamento delle urine, riducendo in tal modo le emissioni ammoniacali dalle superfici pavimentate delle

corsie di alimentazione e smistamento.

Ma l'aspetto forse più importante per il livello delle emissioni è il rispetto del numero di posti disponibili in stalla: il sovraffollamento, infatti, oltre a creare numerosi problemi agli animali (limitazione del benessere, aumento delle problematiche sanitarie, riduzione delle performance), comporta anche un eccessivo imbrattamento delle pavimentazioni, con le evidenti conseguenze di tipo ambientale. Peraltro, pavimenti molto sporchi hanno anche un effetto negativo sul livello igienico della superficie delle aree di riposo, perché i piedi degli animali trasferiscono lo sporco nelle cuccette.

Infine, la parte di testa e centrale della cuccetta sono caratterizzate da minime emissioni rispetto alla parte di coda: cuccette ben studiate, stalle con un numero adeguato di animali rispetto ai posti in riposo, per evitare che le vacche stazionino in prossimità delle cuccette imbrattandole, e una rimozione giornaliera delle feci nella parte posteriore della cuccetta, con riassetto del lettino, possono determinare una riduzione delle emissioni dalla parte di fondo delle cuccette.

### **2.2.1. Interventi di mitigazione**

Per l'attività di stima della riduzione potenziale delle emissioni di ammoniaca e di gas serra si è fatto riferimento al software citato e ai suoi algoritmi di calcolo. Gli interventi considerati sono i seguenti, suddivisi per tipo di allevamento e per ambito emissivo:

#### Tipo 1

- A) Emissioni dalla stalla delle vacche: nessun intervento
- B) Emissioni dalla stalla della rimonta:
  - 1. corsia con pavimento pieno e rimozione > 4 volte/d
  - 2. lettiera piana con corsia di alimentazione, frequenza aggiunta materiale di lettiera < 7 d
  - 3. lettiera piana con corsia di alimentazione, rinnovo completo lettiera <= 90 d
- C) Emissioni dalla stalla delle vitelle:
  - 1. lettiera piana senza corsia di alimentazione, aggiunta materiale di lettiera ogni giorno
  - 2. lettiera piana senza corsia di alimentazione, rinnovo completo lettiera <= 30 d
- D) Emissioni dallo stoccaggio: nessun intervento
- E) Emissioni dallo spandimento:
  - 1. Liquame, iniezione superficiale (solchi chiusi)
  - 2. Letame, incorporazione entro 4 h

F) Emissioni derivanti dai consumi energetici:

1. adozione di impianto FV

### Tipo 2

A) Emissioni dalla stalla delle vacche:

1. corsia con pavimento pieno e rimozione > 4 volte/d
2. lettiera piana con corsia di alimentazione, frequenza aggiunta lettiera < 7 d
3. lettiera piana con corsia di alimentazione, rinnovo completo lettiera <= 90 d

B) Emissioni dalla stalla della rimonta:

1. corsia con pavimento pieno e rimozione > 4 volte/d
2. lettiera piana con corsia di alimentazione, frequenza aggiunta materiale di lettiera < 7 d
3. lettiera piana con corsia di alimentazione, rinnovo completo lettiera <= 90 d

C) Emissioni dalla stalla delle vitelle:

1. lettiera piana senza corsia di alimentazione, aggiunta materiale di lettiera ogni giorno
2. lettiera piana senza corsia di alimentazione, rinnovo completo lettiera <= 30 d

D) Emissioni dallo stoccaggio:

1. liquame, copertura vasca con tenda di materiale flessibile

E) Emissioni dallo spandimento:

1. liquame: iniezione superficiale (solchi chiusi)
2. letame: incorporazione entro 4 h

F) Emissioni derivanti dai consumi energetici:

1. adozione di impianto FV

### Tipo 3

A) Emissioni dalla stalla delle vacche:

1. corsia con pavimento pieno e rimozione > 4 volte/d

B) Emissioni dalla stalla della rimonta:

1. corsia con pavimento pieno e rimozione > 4 volte/d
2. lettiera piana con corsia di alimentazione, frequenza aggiunta materiale di lettiera < 7 d
3. lettiera piana con corsia di alimentazione, rinnovo completo lettiera <= 90 d

C) Emissioni dalla stalla delle vitelle:

1. lettiera piana senza corsia di alimentazione, aggiunta materiale di lettiera ogni giorno
2. lettiera piana senza corsia di alimentazione, rinnovo completo lettiera <= 30 d

- D) Emissioni dallo stoccaggio:
  - 1. liquame, copertura vasca con tenda di materiale flessibile
- E) Emissioni dallo spandimento:
  - 1. liquame: iniezione superficiale (solchi chiusi)
  - 2. letame: incorporazione entro 4 h
- F) Emissioni derivanti dai consumi energetici:
  - 1. adozione di impianto FV

Gli interventi migliorativi ipotizzati sono stati inseriti nel software *Bat-Tool Plus*, separatamente per ogni allevamento tipo, ottenendo così i nuovi valori di emissione dello stato di progetto. I 3 tabulati finali che il programma restituisce indicano il totale delle emissioni annuali di ammoniaca e di gas serra per i 3 allevamenti.

Nella [tabella 2.8](#) vengono riassunti i valori annuali di **emissione di ammoniaca** per le 3 tipologie codificate di allevamento e nel nuovo stato di progetto

Le emissioni variano da un minimo di 19,8 kg/a per capo per Tipo 3 a un massimo di 23,6 kg/a per capo per Tipo 1, con riduzioni rispetto allo stato di fatto ante-interventi del 26% per Tipo 1, del 41,4% per Tipo 2 e del 44% per Tipo 3.

Ovviamente, le 3 aree di emissione non si sono ridotte in modo uniforme, perché gli interventi previsti erano diversi per ogni area e differenziati anche per tipo di allevamento; così, le maggiori mitigazioni della situazione Post rispetto ad Ante si registrano per l'area spandimenti, con riduzioni intorno al 70% per tutti gli allevamenti; molto elevate risultano anche le riduzioni dell'area stoccaggi per i Tipi 2 e 3 (-39,4% e -52,3% rispettivamente). Più modeste le mitigazioni nell'ambito delle stalle (-18% per Tipo 2 e -8,8% per Tipo 3), anche perché in questo caso la situazione di partenza era migliore rispetto agli altri comparti.

Nella [tabella 2.9](#) vengono riassunti i valori annuali di **emissione di GHG** per i 3 allevamenti tipo e per il nuovo assetto di progetto. In generale, le mitigazioni sono decisamente più modeste rispetto a quanto visto in precedenza per l'ammoniaca e il motivo è semplice: la quota nettamente maggiore delle emissioni è da imputarsi a quelle enteriche, che non vengono modificate dagli interventi strutturali e gestionali ipotizzati.

Le emissioni variano da un minimo di 4.444 kg/a per capo per Tipo 1 a un massimo di 5.624 kg/a per capo per Tipo 3; facendo il confronto con i valori relativi allo stato di fatto, si evidenziano

riduzioni del 6,4% per Tipo 1, del 7,1% per Tipo 2 e del 9,6% per Tipo 3.

Per quanto riguarda il comparto emissivo dei consumi energetici, la mitigazione ipotizzata è stata quella dell'installazione di un impianto fotovoltaico sul tetto della stalla, con una capacità produttiva adeguata per coprire la metà dei consumi elettrici stimati: quindi nel software sono stati inseriti dei consumi di energia elettrica dimezzati.

### **2.3. Gli scenari di mitigazione**

I valori di emissione unitaria riferiti agli allevamenti tipo consentono la stima delle emissioni di ammoniaca e GHG imputabili al comparto bovino da latte del comprensorio del PR, con riferimento allo stato di progetto (azioni di mitigazione).

Sono stati ipotizzati 3 differenti scenari di mitigazione, assumendo i pacchetti di interventi migliorativi per ogni allevamento tipo come base di partenza per le stime e agendo poi sulla differente entità di allevamenti alla quale applicare i benefici in termini di riduzione delle emissioni.

Lo **scenario 1** prevede l'applicazione degli interventi al 20% degli allevamenti tipo 1 e al 40% degli allevamenti tipo 2 e 3. Questo scenario è definito "base".

Lo **scenario 2** prevede l'applicazione degli interventi al 50% degli allevamenti tipo 1 e al 70% degli allevamenti tipo 2 e 3. Questo scenario è definito "ottimistico".

Lo **scenario 3**, infine, prevede l'applicazione degli interventi al 100% degli allevamenti dell'area del PR; quest'ultimo, ovviamente, rappresenta lo scenario "utopistico", che però permette di evidenziare la massima potenzialità di riduzione delle emissioni del comparto zootecnico in esame.

#### **2.3.1. Gli scenari per l'ammoniaca**

La [tabella 2.10](#) riporta la stima dell'entità delle riduzioni delle emissioni annuali di ammoniaca del comparto bovino da latte del PR nella situazione dello scenario 1 "base"; il totale della riduzione ammonta a **2.250 t/a**, pari a una riduzione del 15,6% rispetto allo stato di fatto.

La distribuzione relativa della riduzione nelle 3 aree di riferimento è la seguente, in ordine decrescente: 26,7% per spandimento, 17,9% per stoccaggio e 3,4% per ricovero.

La [tabella 2.11](#) riporta la stima dell'entità delle riduzioni delle emissioni annuali di ammoniaca del comparto bovino da latte del PR nella situazione dello scenario 2 "ottimo"; il totale della riduzione ammonta a **4.022 t/a**, pari a una riduzione del 27,9% rispetto allo stato di fatto.

La distribuzione relativa della riduzione nelle 3 aree di riferimento è la seguente, in ordine decrescente: 48,4% per spandimento, 31,3% per stoccaggio e 6,1% per ricovero.

La [tabella 2.12](#) riporta la stima dell'entità delle riduzioni delle emissioni annuali di ammoniaca del comparto bovino da latte del PR nella situazione dello scenario 3 "utopistico"; il totale della riduzione ammonta a **5.909** t/a, pari a una riduzione del 41,1% rispetto allo stato di fatto.

La distribuzione relativa della riduzione nelle 3 aree di riferimento è la seguente, in ordine decrescente: 72,1% per spandimento, 44,7% per stoccaggio e 9% per ricovero.

### **2.3.2. Gli scenari per i gas serra**

Si ricorda che le tipologie d'intervento proposte non hanno effetto sulle emissioni enteriche, che com'è noto sono la componente nettamente prevalente delle emissioni di GHG degli allevamenti bovini; quindi, nella trattazione seguente tali emissioni non saranno considerate.

La [tabella 2.13](#) riporta la stima dell'entità delle riduzioni delle emissioni annuali di GHG del comparto bovino da latte del PR nella situazione dello scenario 1 "base"; il totale della riduzione ammonta a **83.901** t/a, pari a una riduzione del 3,4% rispetto allo stato di fatto.

La distribuzione relativa della riduzione nelle 3 aree di riferimento è la seguente, in ordine decrescente: 12,8% per la gestione effluenti, 10,3% per i consumi energetici e 0,4% per lo spandimento.

La [tabella 2.14](#) riporta la stima dell'entità delle riduzioni delle emissioni annuali di ammoniaca del comparto bovino da latte del PR nella situazione dello scenario 2 "ottimo"; il totale della riduzione ammonta a **149.993** t/a, pari a una riduzione del 6,1% rispetto allo stato di fatto.

La distribuzione relativa della riduzione nelle 3 aree di riferimento è la seguente, in ordine decrescente: 22,7% per la gestione effluenti, 18,6% per i consumi energetici e 0,9% per lo spandimento.

La [tabella 2.15](#) riporta la stima dell'entità delle riduzioni delle emissioni annuali di ammoniaca del comparto bovino da latte del PR nella situazione dello scenario 3 "utopistico"; il totale della riduzione ammonta a **220.308** t/a, pari a una riduzione dell'8,9% rispetto allo stato di fatto.

La distribuzione relativa della riduzione nelle 3 aree di riferimento è la seguente, in ordine decrescente: 33,2% per la gestione effluenti, 27,5% per i consumi energetici e 1,6% per lo spandimento.



### **2.3.3. Conclusioni**

L'analisi svolta ha permesso di stimare il potenziale di riduzione delle emissioni di NH<sub>3</sub> e di GHG del comparto bovino da latte del comprensorio del PR.

Le emissioni nazionali di ammoniaca, come già ricordato, derivano per oltre il 95% dall'agricoltura e in particolare dal settore zootecnico (circa l'80% del totale agricoltura); è quindi di prioritaria importanza l'obiettivo di ridurre tali emissioni, con azioni che possono comportare investimenti più o meno onerosi per le aziende, oppure che comportano modifiche nel management aziendale e nel funzionamento di impianti e macchinari.

Gli scenari di mitigazione proposti nel GO Empare hanno evidenziato una potenzialità di riduzione variabile fra il **16** e il **28%** circa rispetto alla situazione stimata per lo stato di fatto; la massima riduzione possibile, soltanto teorica – perché presuppone l'applicazione di una serie di interventi di mitigazione in tutti gli allevamenti del PR – si attesta sul **41%** circa.

Per quanto riguarda le emissioni di GHG, invece, la situazione è meno interessante per gli interventi proposti, perché, come si è ricordato, la quota nettamente prevalente di tali emissioni totali è da imputarsi alle fermentazioni enteriche; su queste si potrà agire in altri modi (alimentazione, genetica), non considerati nel progetto Empare.

Comunque, gli scenari proposti hanno mostrato una potenzialità di riduzione variabile fra il **3** e il **6%** circa rispetto alla situazione stimata per lo stato di fatto; la massima riduzione possibile, nello scenario "utopistico", si attesta sul **9%** circa.

### **2.4. La stima dei costi degli interventi di mitigazione**

La fase finale dell'attività descritta è la stima dei costi di investimento e di gestione per l'adozione degli interventi di mitigazione proposti, ovviamente con riferimento ai 3 allevamenti tipo codificati. Tale stima è stata svolta con l'ausilio di *Milkgas-tool*, che prevede un database di voci di costo relative a diversi interventi possibili nel campo della riduzione delle emissioni. Per gli aspetti non presenti in questo database, si è proceduto con specifiche metodologie di calcolo consolidate di CRPA e, in particolare, si è fatto riferimento alle stime economiche svolte per il *Disciplinare per la valutazione degli allevamenti di bovini da latte* della Regione Emilia-Romagna (2021).

Ovviamente, la prima attività necessaria è stata quella di definire le caratteristiche dimensionali di tutti gli aspetti coinvolti nella stima e cioè le stalle, la gestione delle aree di riposo, gli stoccaggi degli effluenti e infine i terreni per lo spandimento.

Considerando gli interventi di mitigazione proposti (vedere paragrafo 2.2.1), l'analisi economica è stata suddivisa nelle seguenti aree d'intervento:

- pulizia delle corsie delle stalle libere;
- aggiunta di paglia in zona di riposo a lettiera;
- frequenza di rimozione della lettiera esausta;
- stoccaggio liquame;
- spandimento effluenti.

#### **2.4.1. Pulizia delle corsie**

La valutazione ha fatto riferimento al miglioramento da 2 a 6 passaggi/d del raschiatore sulla corsia. Solo per la piccola stalla da rimonta dell'allevamento Tipo 1 la situazione ante prevede 1 passaggio per giorno.

Nella [tabella 2.17](#) sono riassunti i costi stimati e nell'ultima colonna è evidenziata la differenza, che corrisponde al maggior costo per l'implementazione del miglioramento, anche rapportato agli UBA totali dell'allevamento.

L'aumento di costo più rilevante, ovviamente, è quello per la stalla A del Tipo 3, in quanto la stalla a cuccette ha due corsie da pulire (alimentazione e smistamento), mentre tutte le altre ne hanno una sola; questo aumento è pari al 200%.

#### **2.4.2. Aggiunta di paglia in zona di riposo a lettiera**

In questo caso il confronto è fatto per la frequenza di aggiunta di paglia nella lettiera e le variazioni sono determinate dalla categoria bovina. In pratica, il costo del singolo intervento di aggiunta, con esclusione del costo della paglia (che si assume costante nella quantità annua), viene moltiplicato per il numero di interventi annui.

La [tabella 2.18](#) evidenzia i costi stimati, riportando anche la differenza fra ante e post in termini assoluti e rapportata agli UBA totali dell'allevamento.

Questo intervento è più costoso di quello precedente e il costo unitario per UBA è molto simile in 3 casi su 4 (circa 11 €/UBA anno); solo la stalla A del Tipo 2 ha un costo decisamente più alto, giustificato dal fatto che si tratta dell'unica stalla a lettiera permanente per le vacche.

#### **2.4.3. Rimozione della lettiera**

L'intervento migliorativo della maggior frequenza di asportazione della lettiera esausta è stato

impostato sul raddoppio degli interventi, ovvero sul dimezzamento della frequenza stessa; per questo motivo il costo post è esattamente il doppio del costo ante e, quindi, il maggior costo è uguale al costo iniziale.

La [tabella 2.19](#) riporta la stima dei costi e la differenza fra ante e post in termini assoluti e unitari.

Come per l'intervento precedente, 3 costi su 4 sono praticamente identici (circa 9,4 €/UBA anno), mentre il quarto è nettamente più alto, per le stesse ragioni già indicate in precedenza.

#### **2.4.4. Stoccaggio del liquame**

Per questo aspetto sono coinvolti solo gli allevamenti con stalle libere, in quanto in essi le vasche non sono coperte, mentre nel caso della stalla fissa il pozzettone liquami è già coperto dalla soletta della concimaia. Si prevede una copertura a tenda con palo di sostegno centrale e tiranti d'acciaio.

Nella [tabella 2.20](#) sono riportati i costi d'investimento stimati, nonché le relative quote annue di ammortamento, che rappresentano il costo unitario da attribuire al singolo anno di durata stimata della copertura. I valori sono simili nei due casi considerati, con una leggera prevalenza di Tipo 3 a causa della maggiore dimensione delle vasche liquami.

#### **2.4.5. Spandimento degli effluenti sui terreni**

La valutazione economica è possibile solo per il liquame, che richiede un differente cantiere di lavoro, mentre per il letame il miglioramento prevede solo una tempistica diversa dell'azione (interramento entro 4 h anziché entro 24 h).

La stima è stata fatta con la metodologia adottata per il Disciplinare regionale già citato, con costo a UBA, ipotizzando lo spandimento per iniezione superficiale con chiusura dei solchi. E' chiaro, quindi, che i costi unitari sono praticamente identici, intorno ai 23,4 €/UBA anno. Questo è il costo unitario più alto fra tutti quelli stimati per gli interventi di mitigazione.

Nella [tabella 2.21](#) sono riassunti i dati e i maggiori costi.

#### **2.4.6. Stima del costo totale degli interventi**

Le stime dei paragrafi precedenti consentono di calcolare il costo totale annuo per ogni allevamento tipo, nell'ipotesi che tutti gli interventi ipotizzati vengano attuati; tale costo è rappresentato da costi di gestione per lo svolgimento di determinate azioni e da costi di ammortamento di investimenti necessari.

La [tabella 2.22](#) riporta tali stime ed evidenzia costi annui complessivi abbastanza diversificati nei 3

allevamenti di riferimento; il valore più alto si registra per Tipo 2, con oltre 110 €/UBA, mentre il costo più basso è per il Tipo 1, con circa 46 €/UBA. Il Tipo 3 si posiziona più o meno a metà fra i due valori estremi, con circa 76 €/UBA. Ovviamente tali differenze sono giustificate da un insieme d'interventi diversificato, derivante anche dalle differenti dotazioni strutturali e impiantistiche e dalle diverse tipologie di stabulazione.

Una valutazione finale può essere fatta parametrando i costi totali annui con il potenziale di riduzione delle emissioni ammoniacali degli interventi considerati.

I valori riportati nelle [tabelle 2.5](#) e [2.9](#) consentono il calcolo della riduzione delle emissioni ammoniacali per i 3 allevamenti tipo, ovvero la differenza fra le emissioni dello stato di fatto e quelle dello stato di progetto. Tale riduzione è di seguito indicata:

- Tipo 1 = 414 kg/a di NH<sub>3</sub>
- Tipo 2 = 3.845 kg/a di NH<sub>3</sub>
- Tipo 3 = 4.171 kg/a di NH<sub>3</sub>

Rapportando i maggiori costi stimati in precedenza all'entità della mitigazione, si può ottenere la stima del costo unitario per la riduzione di 1 kg di NH<sub>3</sub> per ogni allevamento, come di seguito riportato:

- Tipo 1 =  $1.832 / 414 = 4,42$  €/kg di NH<sub>3</sub>
- Tipo 2 =  $23.190 / 3.845 = 6,03$  €/kg di NH<sub>3</sub>
- Tipo 3 =  $16.058 / 4.171 = 3,85$  €/kg di NH<sub>3</sub>

Quindi, nelle condizioni ipotizzate dal presente lavoro, il costo per la riduzione delle emissioni di ammoniaca varia da un minimo di circa 3,9 €/kg a un massimo di circa 6 €/kg; il valore medio risulta pari a 4,77 €/kg.

## **2.5. Interventi di mitigazione per le aziende partner**

Le aziende partner del progetto Empare (1, 2 e 3) hanno dotazioni strutturali diversificate; si tratta infatti di allevamenti con diversa dimensione complessiva e con differenti tecniche di stabulazione per le vacche e per i capi da rimonta. Inoltre, anche la gestione degli effluenti è diversa, con una delle 3 aziende che è dotata di un impianto di biogas.

Tutte le aziende sono in area di pianura.

L'analisi delle 3 aziende parte dai dati raccolti con il questionario aziendale, per definire la

situazione di partenza e ipotizzare poi gli interventi di mitigazione.

### **2.5.1. Azienda 1**

Questa azienda si caratterizza per l'allevamento in stabulazione fissa delle vacche, che come si è detto è un sistema di stabulazione ancora presente nell'area del P.R.

L'allevamento è dotato, inoltre, di strutture per la stabulazione libera delle bovine da rimonta e dei vitelli, con zona di riposo a lettiera inclinata.

Nel software *Bat-tool Plus* sono stati caricati tutti i dati relativi alla mandria, alle strutture e alle tecniche adottate, allo scopo di stimare l'attuale livello delle emissioni ammoniacali; il risultato complessivo è riportato in [tabella 2.23](#). Il totale di 9.783 kg/anno di NH<sub>3</sub> è ripartito fra ricoveri (44,4%), spandimenti (27,9%) e stoccaggio (27,7%). L'emissione unitaria è pari a 37,2 kg/anno per UBA.

Rispetto alla situazione di riferimento (REF) del software, l'allevamento nello stato di fatto ha un livello emissivo già ridotto del 16,5%.

Sono stati ipotizzati i seguenti interventi di mitigazione delle emissioni ammoniacali:

- stalla a lettiera inclinata per rimonta, aumento del numero di passaggi dei raschiatori sulla corsia di alimentazione (>2 volte/d);
- stalla a lettiera per vitelle, aggiunta del lettime ogni giorno e rinnovo completo della lettiera ogni 30 d;
- spandimento del liquame sui terreni mediante iniezione superficiale a solchi chiusi;
- spandimento del letame sui terreni con incorporazione entro 4 h.

L'insieme di questi interventi inserito in *Bat-tool Plus* porta alla nuova stima dello stato di progetto per quanto attiene alle emissioni di ammoniaca, riportata in [tabella 2.24](#). Il nuovo totale di 7.985 kg/anno di NH<sub>3</sub> evidenzia una riduzione del 18,4% rispetto allo stato di fatto e del 31,8% rispetto a REF. L'emissione unitaria si abbassa a 30,36 kg/anno per UBA.

La nuova ripartizione per comparti emissivi è la seguente: ricoveri 52,7%, stoccaggi 34,1% e spandimenti 13,2%.

Gli interventi ipotizzati comportano un costo annuo aggiuntivo di circa 16.000 €, imputabile a soli costi di gestione. Il costo annuo per unità di bestiame risulta pari a 61 €/UBA, mentre il costo per unità di riduzione di ammoniaca è pari a **8,92 €/kg**.

### 2.5.2. Azienda 2

L'Azienda 2 è quella di maggiori dimensioni, prevedendo una mandria costituita da circa 460 vacche, 250 bovine da rimonta e 80 vitelle, per un totale di 790 capi e 626 UBA.

L'allevamento è dotato di strutture per la stabulazione libera dei bovini: stalle a cuccette per le vacche in mungitura e stalle a lettiera per vacche asciutte, rimonta e vitelli.

Nel software *Bat-tool Plus* sono stati caricati tutti i dati relativi alla mandria, alle strutture e alle tecniche adottate, allo scopo di stimare l'attuale livello delle emissioni ammoniacali; il risultato complessivo è riportato in [tabella 2.23](#). Il totale di 25.917 kg/anno di NH<sub>3</sub> è ripartito fra ricoveri (36,5%), stoccaggi (32,9%), spandimenti (27,8%) e trattamenti (2,8%). L'emissione unitaria è pari a 41,4 kg/anno per UBA.

Rispetto alla situazione di riferimento (REF) del software, l'allevamento nello stato di fatto ha un livello emissivo già ridotto del 18,9%.

Sono stati ipotizzati i seguenti interventi di mitigazione delle emissioni ammoniacali:

- stalle a lettiera per vacche asciutte, maggiore frequenza nell'aggiunta di lettine (<7 d) e nella rimozione della lettiera esausta (<=90 d);
- stalle a lettiera per rimonta, aumento del numero di passaggi dei raschiatori sulle corsie di alimentazione (>4 volte/d), maggiore frequenza nell'aggiunta di lettine (<7 d) e nella rimozione della lettiera esausta (<=90 d);
- stalla a lettiera per vitelle, aggiunta del lettine ogni giorno e rinnovo completo della lettiera ogni 30-60 d;
- copertura fissa a tenda delle vasche di stoccaggio dei liquami;
- spandimento del liquame sui terreni mediante iniezione superficiale a solchi chiusi;
- spandimento del letame sui terreni con incorporazione entro 4 h.

L'insieme di questi interventi inserito in *Bat-tool Plus* porta alla nuova stima dello stato di progetto per quanto attiene alle emissioni di ammoniaca, riportata in [tabella 2.24](#). Il nuovo totale di 14.956 kg/anno di NH<sub>3</sub> evidenzia una riduzione del 42,3% rispetto allo stato di fatto e del 53,2% rispetto a REF. L'emissione unitaria si abbassa a 23,89 kg/anno per UBA.

La nuova ripartizione per comparti emissivi è la seguente: ricoveri 58,1%, stoccaggi 18,6%, spandimenti 18,5% e trattamenti 4,8%.

Gli interventi ipotizzati comportano un costo annuo aggiuntivo di circa 45.000 €, imputabile in gran

parte a costi di gestione (88,7%) e per la restante parte alla quota di ammortamento annua degli investimenti necessari. Il costo annuo per unità di bestiame risulta pari a 71,90 €/UBA, mentre il costo per unità di riduzione di ammoniaca è pari a **4,10 €/kg**, molto più basso rispetto a quello calcolato per l'Azienda 1.

### **2.5.3. Azienda 3**

L'Azienda 3 ha una mandria costituita da circa 275 vacche, 110 bovine da rimonta e 40 vitelle, per un totale di 425 capi e 359 UBA.

Nell'allevamento sono presenti strutture per la stabulazione libera dei bovini: stalle a cuccette per le vacche e stalle a lettiera per rimonta e vitelli.

Nel software *Bat-tool Plus* sono stati caricati tutti i dati relativi alla mandria, alle strutture e alle tecniche adottate, allo scopo di stimare l'attuale livello delle emissioni ammoniacali; il risultato complessivo è riportato in [tabella 2.23](#). Il totale di 10.507 kg/anno di NH<sub>3</sub> è ripartito fra ricoveri (43,4%), stoccaggi (30,8%), spandimenti (21,9%) e trattamenti (3,9%). L'emissione unitaria è pari a 29,27 kg/anno per UBA.

Rispetto alla situazione di riferimento (REF) del software, l'allevamento nello stato di fatto ha un livello emissivo già ridotto del 39,6%.

Gli interventi ipotizzati per la mitigazione delle emissioni ammoniacali sono i seguenti:

- stalle a cuccette per vacche, passaggio più frequente dei raschiatori (>4 volte/d);
- stalle a lettiera per rimonta, aumento del numero di passaggi dei raschiatori sulle corsie di alimentazione (>4 volte/d), maggiore frequenza nell'aggiunta di lettine (<7 d) e nella rimozione della lettiera esausta (<=90 d);
- stalla a lettiera per vitelle, aggiunta del lettine ogni giorno e rinnovo completo della lettiera ogni 30-60 d;
- copertura fissa a tenda delle 2 vasche di stoccaggio dei liquami non coperte;
- spandimento del liquame sui terreni mediante iniezione superficiale a solchi chiusi;
- spandimento del letame sui terreni con incorporazione entro 4 h.

Il caricamento di questi interventi in *Bat-tool Plus* permette la stima dello stato di progetto relativamente alle emissioni di ammoniaca; i risultati sono riportati nella [tabella 2.24](#). Il nuovo totale di 7.252 kg/anno di NH<sub>3</sub> evidenzia una riduzione del 31% rispetto allo stato di fatto e del 58,3% rispetto a REF. L'emissione unitaria si abbassa a 20,2 kg/anno per UBA.

La nuova ripartizione per comparti emissivi è la seguente: ricoveri 60,3%, spandimenti 22,2%, stoccaggi 11,8% e trattamenti 5,7%.

Gli interventi ipotizzati comportano un costo annuo aggiuntivo di circa 25.700 €, imputabile in gran parte a costi di gestione (89,7%) e per la restante parte alla quota di ammortamento annua degli investimenti necessari. Il costo annuo per unità di bestiame risulta pari a 71,68 €/UBA, mentre il costo per unità di riduzione di ammoniaca è pari a **7,91 €/kg**.

#### **2.5.4. Conclusioni**

Le 3 aziende partner del GO sono state oggetto di un'analisi relativa ai possibili interventi di mitigazione delle emissioni ammoniacali. La situazione di partenza è stata valutata allo scopo di avere il valore di raffronto, ma anche per capire il collocamento della singola azienda rispetto alla situazione di riferimento (REF) del software *Bat-tool Plus*. In tal senso, le aziende 1 e 2 mostrano una situazione simile, con un livello di emissioni Ante inferiore del 16-19% rispetto a REF, mentre l'azienda 3, grazie anche alla presenza dell'impianto di biogas, mostra già una riduzione di quasi il 40% rispetto a REF.

Pur con inevitabili differenze, gli interventi di miglioramento ipotizzati sono relativi alla gestione delle zone di stabulazione (passaggio più frequente dei raschiatori, aggiunta più frequente di lettine e svuotamento più frequente delle lettiere), allo stoccaggio degli effluenti e alla distribuzione degli stessi sui terreni.

Nel complesso, le riduzioni stimate di emissioni ammoniacali vanno da un minimo del 18,4% per l'azienda 1 a un massimo del 42,3% per l'azienda 2.

I costi degli interventi ipotizzati, rispetto alla dimensione della mandria, sono molto simili per le aziende 2 e 3 con vacche in stabulazione libera (circa **72 €/UBA**), mentre si abbassano per l'azienda 1 con vacche in stalla fissa (**61 €/UBA**).

Le cose cambiano se si rapportano i costi all'unità di riduzione dell'emissione ammoniacale; in questo caso è l'azienda 2 che mostra il costo nettamente più basso (**4,1 €/kg NH<sub>3</sub>**), a dimostrazione di un'efficacia maggiore degli interventi, mentre le aziende 1 e 3 evidenziano un costo di **8-9 €/kg NH<sub>3</sub>**.

Infine, confrontando questi risultati con quelli ottenuti dall'analisi dei 3 allevamenti Tipo, si nota un tendenziale aumento dei costi per le aziende partner, con una media di quasi 7 €/kg di NH<sub>3</sub>, contro la media di 4,77 €/kg per i 3 allevamenti Tipo.



## Azione 3 – Valutazione LCA

### 3. LCA (Life Cycle Assessment) delle aziende partner

Obiettivo dell'azione è stato quello di calcolare gli impatti ambientali (impronta di carbonio) delle aziende partner, produttrici di latte destinato alla trasformazione in P.R., mediante l'applicazione dell'analisi LCA (norme ISO 14040-14044:2006, 14046:2014).

Il *Global Warming Potential (GWP)*, cioè il potenziale di riscaldamento globale di un gas, deriva dalla produzione e dall'accumulo dei gas a effetto serra. Quelli generati dalle produzioni agricole sono: il metano (CH<sub>4</sub>), che deriva dalle fermentazioni che avvengono nel tratto digestivo degli animali (enteriche) e dai processi di trasformazione delle loro deiezioni; il protossido di azoto (N<sub>2</sub>O), che deriva da processi di nitrificazione-denitrificazione che avvengono nel suolo e dai sistemi di gestione delle deiezioni; l'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) che si forma nei processi di combustione.

Per il calcolo è stata condotta un'attività di rilevazione dati nelle aziende, che rappresentano il sistema produttivo dove effettuare l'analisi del ciclo di vita del latte.

Nello studio LCA occorre definire innanzitutto l'**unità funzionale**, ossia l'unità di riferimento rispetto alla quale si calcolano gli impatti; questa deve essere l'unità che rappresenta la funzione produttiva delle aziende. Per la fase di produzione, l'unità funzionale scelta è il kg latte. Per tenere conto della variabilità del contenuto di grasso e proteina, il latte è stato "standardizzato" sulla base di definiti valori di contenuto di grasso e di proteina (*FPCM = Fat-Protein Corrected Milk*), in base alla seguente formula:

$$FPCM \text{ (kg/a)} = \text{produzione (kg/a)} \times (0,1226 * \% \text{ grasso} + 0,0776 * \% \text{ proteina} + 0,2534)$$

In considerazione degli obiettivi dello studio, il **sistema** riguarda tutti i flussi di materiali, di energia e di trasporti relativi alle produzioni aziendali.

I confini del sistema analizzato hanno incluso tutti gli input di materiali necessari alla produzione e si sono fermati al cancello dell'azienda. Non sono state considerate le fasi di trasporto e di trasformazione dei prodotti a valle dell'azienda agricola.

L'azienda bovina da latte produce, oltre al latte medesimo, la carne delle vacche a fine carriera e dei vitelli maschi, oltre a possibili vendite di bovini di altre categorie (manzette e manze da rimonta

eccedentarie rispetto ai fabbisogni aziendali).

Occorre quindi allocare gli impatti, suddividendoli fra latte e carne, che rappresentano i prodotti principali in uscita dall'azienda. Sono state escluse le produzioni vegetali che non concorrono all'alimentazione della mandria.

Per l'allocazione è stato impiegato l'approccio proposto da *International Dairy Federation (FIL - IDF, 2015)*, volto ad armonizzare le metodologie nella valutazione dell'impronta del carbonio della produzione di latte. Il criterio si basa sul peso dei prodotti, in modo da ripartire gli impatti fra le due produzioni. La percentuale di impatto da attribuire al latte viene calcolata utilizzando l'equazione seguente:

$$AF_L = 1 - 6,04 \times R$$

dove:

- $AF_L$  = fattore di allocazione per il latte, ovvero percentuale dell'impatto complessivo da attribuire al latte;
- 6,04 = numero ricavato empiricamente dall'elaborazione di dati aziendali provenienti da 536 aziende da latte;
- $R = M_{carne}/M_{latte}$
- $M_{carne}$  = somma del peso vivo di tutti gli animali venduti (kg)
- $M_{latte}$  = latte venduto (kg), espresso come FPCM

Nella [tabella 3.1](#) sono riportate le percentuali di allocazione attribuite alle tre aziende partner del progetto, mediante la formula sopra riportata.

### **3.1. Provenienza dei dati e dimensione delle mandrie**

Per la raccolta dei dati (fase di inventario) sono stati impiegati questionari appositamente predisposti con l'obiettivo di identificare gli elementi specifici necessari al calcolo del modello. La struttura generale del questionario prevede i seguenti aspetti fondamentali:

- dati generali dell'azienda (denominazione, localizzazione ecc.);
- produzione zootecnica (consistenza della mandria, indici produttivi, alimentazione, modalità di stabulazione e di gestione degli effluenti, consumi energetici, materie in ingresso, produzione di rifiuti ecc.);
- produzione agricola (colture praticate, dati produttivi, input e output di energia e materiali

dedicati all'allevamento).

Per i dati secondari, ossia quelli per i quali non è possibile una raccolta diretta, ad esempio gli impatti relativi alla produzione dei mezzi tecnici che entrano in azienda, è stata utilizzata la banca dati *LCA Agribalyse v3.1 (2021)* e *Ecoinvent, v.3 (2013)*.

Il dimensionamento della mandria è stato effettuato in base alle seguenti categorie bovine codificate:

- vacche in lattazione;
- vacche in asciutta;
- manze-manzette;
- vitelli.

La [tabella 3.2](#) riporta il numero di vacche per ogni azienda. Sono stati rilevati anche il numero di vacche riformate e il numero di vitelli maschi venduti dopo lo svezzamento, al fine di quantificare il peso della carne venduta.

### **3.2. Inventario**

La fase di inventario prevede la raccolta dei dati. Sono stati inclusi nei confini del sistema i seguenti input/output:

- la produzione dei mezzi tecnici impiegati (mangimi e integratori alimentari, lettiere, carburanti e animali acquistati);
- i consumi di carburante relativi al trasporto in azienda dei mezzi tecnici, dall'ultimo fornitore presso cui si serve abitualmente l'azienda agricola;
- la coltivazione dei foraggi e delle materie prime autoprodotti in azienda, includendo gli impatti dovuti alla produzione e applicazione dei fertilizzanti, all'utilizzazione agronomica degli effluenti d'allevamento e/o dei digestati, alla produzione e consumo di carburanti per le operazioni di campagna;
- le emissioni enteriche di CH<sub>4</sub>;
- le emissioni di CH<sub>4</sub> dalla gestione delle deiezioni;
- le emissioni di N<sub>2</sub>O dalla gestione delle deiezioni;
- i consumi di energia relativi alle operazioni di stalla.

Non sono stati inclusi nei confini del sistema il lavoro umano, gli edifici e le strutture di cui si avvale l'azienda agricola.

### **3.3. Metodologia LCA per il calcolo dell'impronta di carbonio per gli allevamenti**

Per impronta di carbonio si intende la somma di tutte le emissioni di gas serra correlate alle diverse produzioni, evidenziate in termini di emissioni di CO<sub>2</sub> equivalente (kg CO<sub>2</sub>e); questa è l'unità di misura che permette una quantificazione aggregata di tutti i gas che, di fatto, contribuiscono all'effetto serra.

Per il calcolo dell'indicatore *GWP*, nella fase di analisi degli impatti – LCIA (Life Cycle Impact Assessment) – sono stati utilizzati i fattori di caratterizzazione IPCC 2013 V Assessment Report AR5 (IPCC, CLIMATE CHANGE 2014, The Physical Science Basis, (<http://www.ipcc.ch/report/ar5/>), dove si indica che a un 1 kg di metano biogenico CH<sub>4</sub> corrispondono 27,75 kg di CO<sub>2</sub>e, e che a 1 kg di protossido di azoto N<sub>2</sub>O corrispondono 265 kg di CO<sub>2</sub>e.

Per le emissioni enteriche di metano e le emissioni derivanti dalla gestione delle deiezioni (metano e protossido di azoto) sono state seguite le linee guida della IPCC 2019, Tier 2 (2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories).

In particolare, le emissioni dirette di N<sub>2</sub>O dalle fertilizzazioni sono pari al 1% dell'azoto distribuito con i fertilizzanti organici e minerali e riportato al suolo dai residui colturali.

Le emissioni indirette di N<sub>2</sub>O dalle fertilizzazioni sono state stimate utilizzando la metodologia IPCC 2019 (Refinement to the 2006 IPCC), che considera le emissioni indirette di N-N<sub>2</sub>O pari al 1% delle perdite di N sotto forma di emissioni di NH<sub>3</sub>+NO, dovute ai fertilizzanti azotati applicati (sia minerali che organici), e pari al 1,1% delle perdite di N sotto forma di rilasci azotati come percolazione e ruscellamento. Le emissioni di NH<sub>3</sub> dall'applicazione dei fertilizzanti vengono stimate in base alla metodologia IPCC IPCC 2019 (Refinement to the 2006 IPCC). Le emissioni di N sotto forma di nitrati per percolazione e ruscellamento vengono stimate utilizzando il fattore di emissione pari al 24% di N applicato.

Per i consumi di energia (gasolio energia elettrica ecc.), i consumi idrici, il trasporto e i rifiuti, i valori raccolti sono stati moltiplicati per i fattori di impatto derivati dalle banche dati.

Nella [tabella 3.3](#) vengono riassunti i riferimenti per la stima delle emissioni di metano e di protossido d'azoto.

### **3.4. Emissioni a impatto nullo**

Le emissioni e/o assorbimenti di carbonio biogenico vengono considerate nulle, in quanto il

carbonio fissato con la fotosintesi dalle colture viene restituito con la respirazione degli animali e la decomposizione della sostanza organica degli effluenti. Si tratta del cosiddetto “ciclo breve del carbonio”, da non considerare come fonte netta di CO<sub>2</sub>.

Non sono stati considerati processi di sequestro di carbonio nel suolo, in quanto i suoli agricoli destinati alla produzione degli alimenti zootecnici non hanno subito modifiche nella gestione agronomica da più di 20 anni, per cui, in accordo con la metodologia IPCC 2006, non si devono registrare variazioni nel tenore del carbonio organico del suolo.

Infine, gli effluenti di allevamento utilizzati su terreni extra-aziendali vengono considerati alla stregua di residui destinati al riciclo, non assegnando ad essi nessun impatto.

### **3.5. Metodologia LCA per il calcolo dell'impronta di carbonio per le produzioni vegetali**

Le coltivazioni aziendali nelle aziende bovine dipendono dalle caratteristiche delle razioni alimentari per gli animali, con prevalenza di medica e prato stabile polifita nelle aziende per P.R.

Nel calcolo dell'impronta carbonica per la produzione di alimenti per la razione delle bovine, sono state considerate le emissioni di gas serra associate sia alle operazioni che avvengono in campagna, quali i consumi di carburanti e le emissioni di N<sub>2</sub>O dovute alle fertilizzazioni azotate organiche e minerali, sia le emissioni dovute alla produzione dei mezzi tecnici impiegati, quali fertilizzanti chimici, agro-farmaci e sementi.

Oltre alle coltivazioni autoprodotte, per l'alimentazione degli animali vengono utilizzati alimenti acquistati all'esterno, quali mangimi concentrati, nuclei, farina di mais, farina di soia, integratori ecc. Gli impatti legati alla produzione di questi alimenti sono stati ricavati dalle banche dati.

Infine, sono state considerate le emissioni di protossido di azoto derivanti dalla decomposizione dei residui colturali secondo la metodologia IPCC 2019.

### **3.6. Risultati dell'analisi**

Nella [tabella 3.4](#) vengono riportati i risultati degli indicatori ambientali calcolati per singola azienda. I valori d'impronta di carbonio sono compresi tra 1,11 e 1,5 kg di CO<sub>2</sub>e/kg di latte, con una media di 1,32 di CO<sub>2</sub>e/kg di latte ([figura 3.1](#)).

In [tabella 3.5](#) viene mostrata la percentuale di contributo alle emissioni dei processi di produzione, considerando i valori medi riscontrati. Nei casi analizzati, le emissioni enteriche contribuiscono per

il 37%, i mangimi per il 35%, la gestione degli effluenti per il 20% e i foraggi aziendali per il 7%.

### **3.7. Confronto con altre aziende del comprensorio P.R.**

Il progetto ha previsto anche il confronto delle emissioni delle 3 aziende partner con altre aziende della stessa area di produzione del P.R.

Sono state scelte 6 aziende (anziché 5 come da progetto) diversamente collocate per area geografica e con diverso sistema di stabulazione per le vacche, ottenendo un quadro di confronto costituito da 2 aziende di pianura, 2 aziende di collina e 2 aziende di montagna; ciascuna coppia comprende un'azienda con stalla fissa e l'altra con stalla libera.

Nella [tabella 3.6](#) vengono riportati i risultati ottenuti dall'analisi. Un'ulteriore elaborazione ha portato alla definizione della [tabella 3.7](#), dove vengono mostrate le medie di raggruppamenti omogenei delle 9 aziende (3 partner e 6 di confronto).

Pur nell'ambito di una variabilità abbastanza modesta (da un minimo di 1,3 a un massimo di 1,45 kg di CO<sub>2</sub>e per 1 kg di latte), i valori mostrano alcune tendenze, detto che i valori, ovviamente, sono anche condizionati dalla quantità di latte prodotto:

- tra le 3 aziende partner e le altre 6 aziende non si riscontra una differenza significativa;
- le aziende di montagna hanno valori maggiori, in linea con il fatto che in esse l'esecuzione di talune attività risulta più complessa e dispendiosa (ad esempio la lavorazione dei terreni e le pratiche colturali) e in media le produzioni sono inferiori;
- per le stesse ragioni, ma al contrario, le aziende di pianura sono quelle con la media più bassa;
- le aziende con stalle fisse per le vacche mostrano una media inferiore a quelle con stalle libere.

Bisogna dire che il numero di casi è modesto e non consente di esprimere giudizi certi e significativi; si può però affermare che ogni caso fa storia a se, tante sono le variabili che entrano in gioco e che possono influenzare le emissioni. Già da un anno all'altro le diverse condizioni climatiche, sanitarie, produttive ecc. possono portare a variazioni anche importanti dei risultati ottenuti dall'analisi LCA.

In generale, si può comunque affermare che le aziende esaminate non si discostano dai valori ottenuti in altre elaborazioni simili all'interno del Comprensorio del P.R.

### **3.8. Riflessioni sul metano**

Le emissioni enteriche sono tra le principali responsabili delle emissioni di gas climalteranti. Nel rapporto ISPRA si legge che la sorgente di gran lunga più rilevante del settore agricoltura è rappresentata dalla fermentazione enterica, ovvero dai processi digestivi degli animali d'allevamento. Tale sorgente rappresenta il 70,2% delle emissioni di metano dal settore agricoltura (2020).

Il metano è un potente gas serra, secondo solo all'anidride carbonica in termini di contributo al riscaldamento globale (IPCC, 2021); questo gas ha un impatto climalterante 28 volte superiore a quello della CO<sub>2</sub> su un arco di 100 anni, ma il metano scompare in circa 10-15 anni.

Se da un lato il rapido decadimento del metano e il suo elevato impatto sulla temperatura atmosferica lo rendono un obiettivo primario per intervenire in maniera tempestiva ed efficace sui cambiamenti climatici, dall'altro non è del tutto fuori luogo ipotizzare di eliminare dal conteggio delle emissioni le emissioni enteriche di metano, proprio a causa del rapido decadimento atmosferico.

Per calcolare meglio l'impatto climatico del metano, alcuni studiosi (Allen M. et al., 2021) e altri team di ricercatori suggeriscono un approccio diverso, che tenga conto delle differenze nel modo in cui gli inquinanti climatici a vita breve e quelli a vita lunga riscaldano effettivamente l'atmosfera. E' stato così sviluppato il *GWP\** per rappresentare accuratamente l'impatto sul riscaldamento di ciascuna molecola di metano, tenendo conto della sua breve durata.

Per calcolare le emissioni equivalenti di CO<sub>2</sub> utilizzando *GWP\**, le emissioni di metano attuali vengono moltiplicate per un fattore 8 e sommate a qualsiasi aumento o diminuzione delle emissioni nette di metano nei 20 anni precedenti, moltiplicato per 120.

Un'emissione di metano costante pari a 1 t/anno, stabilita per più di 20 anni, ha circa lo stesso impatto sul riscaldamento di un'emissione di 8 t/anno di CO<sub>2</sub>. Ma questo valore è circa 3,5 volte inferiore a quello implicito nel *GWP100*.

Una nuova fonte di emissione di 1 t/anno di metano ha lo stesso impatto sul riscaldamento di 128 (8+120) t/anno di CO<sub>2</sub> nei primi 20 anni dall'introduzione della nuova fonte. Questo valore è 4,5 volte maggiore di quello implicito nel *GWP100*.

Per un esempio di calcolo nel comparto bovino da latte è stata utilizzata la seguente formula (Smith M. et al., 2021), considerando invariata la dimensione della mandria da 20 anni ad oggi e

ipotizzando una conseguente emissione costante di metano:

$$E^* t = 128 \times ECH_4(t) - 120 \times ECH_4(t-20)$$

Dove:

- $E^*$ = emissioni in CO<sub>2</sub> equivalente
- $ECH_4$ =emissioni in CH<sub>4</sub>

Nella [tabella 3.8](#) sono posti a confronto i risultati dell'impronta di carbonio calcolati con la metodologia  $GWP^*$  e con la metodologia "standard"  $GWP100$  nelle tre aziende partner del progetto.

Con il calcolo del  $GWP^*$  la riduzione media dell'impronta di carbonio delle 3 aziende partner risulterebbe del 38%, passando da 1,32 a 0,82 kg CO<sub>2</sub>e/kg di latte.

E' bene precisare che il calcolo in questione è da considerarsi con la dovuta prudenza, in quanto non è stato ufficialmente riconosciuto nelle metodiche dell'IPCC, per cui vi è la possibilità di variazioni o rettifiche future sulla base di valutazioni più accurate o di nuove informazioni che dovessero emergere in seguito a una revisione formale o a un riconoscimento ufficiale da parte delle autorità competenti.

### **3.9. Analisi degli interventi migliorativi**

All'interno del progetto era prevista l'individuazione di interventi migliorativi nelle 3 aziende, con lo scopo di mitigare le emissioni di ammoniaca e GHG.

Si voleva anche verificare se le modifiche ipotizzate potessero influenzare le emissioni climalteranti in atmosfera (impronta di carbonio). Per questo sono state stimate, singolarmente in ogni azienda, le possibili variazioni delle emissioni derivanti dalle trasformazioni proposte.

L'obiettivo è stato quello di confrontare la situazione di fatto (ex ante) con la situazione che si verrebbe a creare dopo le migliorie (ex post).

Nell'azienda 1 è stata valutata la possibilità di effettuare una più frequente rimozione della paglia nella lettiera nella zona della rimonta e una più frequente aggiunta di paglia fresca nell'area di riposo. La quantità annua di paglia non viene modificata, mentre si è stimato un maggiore consumo di gasolio di circa 5 litri/d.

Nell'azienda 2, poiché non è presente la copertura della vasca di stoccaggio degli effluenti, si è pensato alla copertura completa della vasca.



Anche nell'azienda 3 è stata prevista la copertura totale delle vasche di stoccaggio liquame/digestato. In questo caso, però, è già presente una copertura che interessa il 40% delle strutture di contenimento del digestato (l'azienda, infatti, ha un impianto di biogas).

Nel caso dell'azienda 1 (*tabella 3.9*) risulta un leggero incremento dell'impronta di carbonio (+18%), mentre nelle altre due aziende si è registrata una modesta riduzione (-0,74% per l'azienda 2 e -1,33% per l'azienda 3).

In conclusione, l'analisi dei dati disponibili consente di affermare che le 3 aziende partner del GOI mantengono un livello d'impronta di carbonio in linea con la media del settore.

Nel contesto dell'agricoltura e di molti processi produttivi legati a fenomeni naturali, gli impatti ambientali sono il risultato di complessi processi biologici influenzati da molteplici variabili difficilmente controllabili. Tuttavia, è possibile intervenire con azioni mirate che possono avere effetti benefici. In questo studio gli interventi proposti non hanno modificato significativamente l'impronta carbonica.

## **Azione 4 – Monitoraggio emissioni**

### **4. Il monitoraggio delle emissioni nelle aziende partner**

L'azione 4 del progetto ha visto come sede delle attività le 3 aziende zootecniche partner del GO. Le attività hanno previsto, in una prima fase, i rilievi per definire le caratteristiche delle stalle in termini di dimensioni, organizzazione interna, tipo di stabulazione, numero di capi ospitati, tecniche di rimozione degli effluenti e tecniche per il controllo ambientale; ovviamente, molti di questi dati sono derivati dalle azioni precedenti.

In seguito sono state attivate le campagne di monitoraggio delle emissioni di ammoniaca e gas serra (protossido d'azoto  $N_2O$  e metano  $CH_4$ ) in ciascuna delle 3 stalle. Le campagne sono state distribuite nelle 4 stagioni climatiche, al fine di ottenere una valutazione della potenzialità emissiva delle superfici delle stalle per vacche da latte del comprensorio del P.R. che fosse rappresentativa dell'intera annualità.

Due delle tre stalle sono a stabulazione libera con cuccette, mentre la terza è una stalla a posta fissa.

Obiettivo dell'azione è stato quello di misurare le emissioni di ammoniaca e GHG dalle strutture di

allevamento che ospitano le vacche in produzione e di valutare eventuali differenze di emissioni tra la struttura a stabulazione fissa e quelle a stabulazione libera.

In occasione di ciascuna sessione di monitoraggio, sono state rilevate le emissioni in diversi punti della stalla e in differenti momenti della giornata, al fine di determinare le emissioni da ogni zona stabulativa della stalla e in differenti situazione di imbrattamento con le deiezioni.

Nello specifico:

- la posta fissa è stata monitorata in 3 punti (testa, centro e coda). Per questi monitoraggi è stato necessario movimentare le bovine prima del rilievo;
- la canaletta sul retro delle poste fisse, che allontana le deiezioni dalla stalla, è stata monitorata in tre momenti diversi della giornata (tra le due pulizie, pre pulizia e post pulizia) e in tre posizioni diverse (due posizioni dietro le poste e una terza tra le due poste);
- le corsie di alimentazione delle stalle libere sono state monitorate in tre momenti diversi della giornata (intra, pre e post pulizia) e in tre posizioni diverse (lato rastrelliera, al centro e lato cuccetta);
- le corsie di smistamento sono state monitorate in un momento intermedio della giornata (fra due pulizie) e in tre posizioni diverse (lato rastrelliera, centro e lato cuccetta).

I punti di rilievo sono stati scelti opportunamente per coprire la variabilità di insudiciamento delle diverse zone e perché risultassero rappresentativi dell'intera area d'allevamento. Sono state pertanto escluse sia le aree troppo pulite che quelle troppo imbrattate da deiezioni.

Per rilevare e quantificare le emissioni gassose dalle superfici è stata adottata una tecnica conosciuta come *static chamber method* (Brewer et al., 1999; Denmers et al, 1998; 1999; Pedersen et al., 2001). La tecnica è specifica per lo studio dei flussi emissivi da superfici non convogliate. Il monitor per la rilevazione istantanea delle concentrazioni dei gas, utilizzato nella campagna di monitoraggio (modello Multi-gas Monitor 1412, prodotto dalla INNOVA), è un analizzatore il cui principio di funzionamento si basa sulla misura fotoacustica ad infrarossi e con la soglia limite di rilievo dell'ordine di ppm. La tecnica di campionamento *static chamber method* consiste nel creare al di sopra della superficie emittente uno spazio chiuso all'interno del quale si concentrano i gas emessi ([figure 4.1-4.4](#)). La concentrazione di tali gas aumenta progressivamente e linearmente in un primo intervallo di tempo per poi rallentare e raggiungere un valore costante asintotico, in corrispondenza del quale la pressione parziale del gas in aria equivale alla tensione di vapore del gas presente nel substrato di cui si vuole valutare l'emissività.

Il coefficiente angolare della retta di regressione, costruita nel tratto lineare della curva di saturazione, rappresenta la potenzialità emissiva della superficie. Per verificare la linearità e, di conseguenza, la significatività della retta di regressione, sono stati utilizzati i test statistici di inferenza di Fisher e di t di Student.

Oltre al rilievo delle emissioni si è provveduto al campionamento delle deiezioni presenti nelle corsie e del lettime presente nelle cuccette, con successiva caratterizzazione chimico-fisica relativamente a quei parametri che maggiormente possono influenzare le emissioni, quali: pH, Solidi Totali (ST), Solidi Volatili (SV), Azoto Totale Kjeldahl (NTK) ed azoto ammoniacale (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>).

#### **4.1. Azienda 1**

L'azienda è ubicata nell'area periurbana nord-est del comune di Parma nella zona di bassa pianura; ha indirizzo zootecnico per la produzione di latte vaccino destinato alla trasformazione in P.R..

La stalla prevede un unico corpo nel quale sono allevati tutti i capi (*figure 4.5-4.8*); la stabulazione delle vacche è del tipo a posta fissa, mentre la rimonta è libera su lettiera. Nella struttura monitorata sono presenti 100 vacche in lattazione.

La planimetria della stalla è irregolare, componendosi di due forme rettangoli unite per il lato longitudinale, con orientamento Est-Ovest. Le travi e i pilastri sono prefabbricati di calcestruzzo armato; il tetto è a quattro falde, simmetriche a coppie. Sul colmo di due falde è presente un cupolino per tutta la lunghezza del tetto. Le pareti sono chiuse su tutti i lati della stalla e presentano finestre nella parte alta. Per favorire la ventilazione sono installati dei ventilatori a elicottero su tutta la lunghezza della stalla e disposti su due file; sulle cuccette sono presenti anche ventilatori di tipo assiale per favorire il ricambio d'aria nei periodi estivi.

La dimensione delle poste è di 1,1 m di larghezza e 1,9 m di lunghezza.

La cunetta per l'allontanamento delle deiezioni, collocata nella parte posteriore della posta, è larga 50 cm e profonda 10 cm, per una lunghezza complessiva di 60 m; sono presenti 3 cunette a servizio di tre file di poste e ognuna alloggia un trasportatore meccanico a palette a moto continuo, che viene azionato manualmente tre volte al giorno (alle 5:00, 11:00 e 18:00).

#### **4.2. Azienda 2**

L'azienda è ubicata nell'area periurbana Nord-Ovest del comune di Parma, nella zona di bassa pianura, e ha indirizzo zootecnico per la produzione di latte vaccino destinato alla trasformazione

in P.R.

Sono presenti diversi corpi stalla della tipologia a stabulazione libera, con cuccette per le vacche in lattazione e con lettiera per la rimonta e le vacche in asciutta. In totale l'azienda ospita 462 vacche da latte 332 capi da rimonta e vitelli. Il monitoraggio ha riguardato uno dei corpi stalla con lunghezza pari a 60 m e larghezza di 10 m, ospitante 72 vacche in lattazione (*figure 4.9-4.12*).

La planimetria della stalla oggetto della prova presenta una forma regolare, con struttura portante in calcestruzzo armato e tamponamenti laterali su 3 lati. Il tetto, simmetrico a quattro falde, presenta un doppio cupolino per favorire l'effetto camino. Il ricambio dell'aria viene ulteriormente favorito da ventilatori inclinati a pale presenti lungo tutta la corsia di alimentazione. Sono presenti anche ventilatori del tipo "elicottero" sulle file di cuccette. Nel periodo estivo si attivano anche doccette per il raffrescamento evaporativo delle bovine.

La zona di riposo è costituita da cuccette con materassini di gomma ricoperti da una miscela di segatura e calce; questa viene aggiunta periodicamente e la calce è utilizzata a fini igienizzanti. Le cuccette, che presentano battifianchi modello California, sono disposte groppa a groppa.

Le corsie di alimentazione e smistamento hanno pavimentazione rigata per evitare lo scivolamento degli animali. Per l'allontanamento delle deiezioni dalle corsie sono presenti due raschiatori a farfalla a moto discontinuo azionati in automatico circa ogni 2 ore, per un totale di 11 passaggi al giorno (00:00, 2:30, 5:00, 7:30, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00, 18:00, 20:00, 22:00). Il passaggio del raschiatore sulla corsia di smistamento avviene dopo 30 minuti dal passaggio del raschiatore sulla corsia di alimentazione.

### **4.3. Azienda 3**

L'azienda 3 è ubicata nell'area periurbana Est del comune di Reggio Emilia, in zona di alta pianura, e ha indirizzo produttivo zootecnico per la produzione di latte vaccino per la trasformazione in P.R..

La mandria media è costituita da 275 vacche e 150 bovine da rimonta e vitelle, allevate in due stalle distinte, ciascuna con la sala di mungitura.

Il monitoraggio ha riguardato una parte di stalla che ospita 64 vacche in stabulazione libera, con zona di riposo a cuccette con paglia (*figure 4.13-4.15*).

La stalla presenta pianta rettangolare e ha orientamento Est-Ovest, con sala di mungitura a spina di pesce (10+10) annessa al corpo stalla. La struttura portante della stalla è prefabbricata in acciaio,

senza tamponamenti, ma nei mesi invernali vengono poste delle balle di paglia di forma a parallelepipedo sui perimetri laterali, per proteggere gli animali dal vento freddo.

Il tetto a due falde simmetriche presenta un cupolino di colmo per tutta la lunghezza della stalla, che favorisce la ventilazione naturale. Nella stagione calda, la ventilazione viene incrementata con l'attivazione di ventilatori posti sulle corsie di alimentazione e sulle cuccette.

Le cuccette, disposte su 4 file, sono del tipo a buca con paglia. Le due corsie di alimentazione e smistamento, lunghe 80 m, presenta una pavimentazione in calcestruzzo rigato antiscivolo. Le deiezioni vengono allontanate mediante raschiatori ad asta rigida che vengono attivati in modalità manuale 3 volte al giorno (5:30, 8:30, 15:00).

Per la prova è stata scelta la metà stalla posta a Sud, con zona di riposo verso Ovest (due file di cuccette groppa a groppa) e zona di alimentazione verso Est.

#### **4.4. Risultati delle campagne di monitoraggio**

I parametri ambientali di temperatura e umidità relativa rilevati in stalla, in occasione di ogni campagna di monitoraggio, sono riportati in [tabella 4.1](#). Come si evince dalla tabella, i rilievi sono stati condotti in situazioni climatiche simili nelle diverse stalle.

Le attività di monitoraggio hanno indagato sulle emissioni di ammoniaca e gas ad effetto serra, quali il metano e il protossido d'azoto, dalle diverse aree di stabulazione di 3 differenti tipologie di stalle, rappresentative delle strutture zootecniche per vacche da latte nell'area del P.R..

La misura delle emissioni in differenti aree della corsia di alimentazione e in tre posizioni trasversali (in prossimità della rastrelliera, nella parte centrale ove è presente la canaletta di scorrimento del raschiatore e nella zona più vicina alle cuccette), oltre che in tre punti delle cuccette (nella parte posteriore di coda, nella parte centrale e nella parte anteriore di testa), ha permesso di ottenere i fattori emissivi medi orari rapportati a 1 m<sup>2</sup> di superficie.

La cunetta delle deiezioni della stalla fissa e le corsie di alimentazione e smistamento per le stalle a stabulazione libera ([figura 4.16 – grafico a destra](#)) rappresentano, rispetto alle zone di riposo a cuccetta o a posta ([figura 4.16 – grafico a sinistra](#)), le maggiori sorgenti emissive per l'ammoniaca. Nel caso della stalla che utilizza paglia in cuccetta, soggetta ad esser veicolata in corsia dagli animali, la corsia di smistamento risulta meno emissiva della corsia di alimentazione grazie al potere assorbente della paglia nei confronti delle urine. Per la stessa ragione anche la posta fissa e le cuccette con paglia sono meno emissive per ammoniaca rispetto alle cuccette con materassino.

Da sottolineare che, a causa del maggior imbrattamento, la parte posteriore delle cuccette (coda) risulta più emissiva della parte anteriore di testa.

Le cuccette con paglia e, in secondo luogo, le poste fisse con paglia, risultano sorgenti emissive di protossido d'azoto più rilevanti rispetto alle corsie ([figura 4.17](#); il grafico di sinistra è stato rappresentato con una scala verticale 30 volte superiore rispetto al grafico di destra). Questo gas, infatti, si origina dalle attività microbiche di nitrificazione e denitrificazione dell'azoto contenuto nelle lettiere sporche di deiezioni, in situazioni di degradazione della sostanza organica. Per questo motivo le cuccette che utilizzano il materassino in gomma, in sostituzione della paglia, risultano meno emissive.

Le emissioni azotate sotto forma di ammoniaca ( $N-NH_3$ ) risultano mediamente di due ordini di grandezza superiori rispetto alle emissioni azotate sotto forma di protossido d'azoto ( $N-NO_2$ ).

La parte posteriore delle cuccette con paglia si è dimostrata la superficie più emissiva per il metano ([figura 4.18](#)), a causa del mix di deiezioni fresche e sostanza organica da paglia.

Cuccette ben progettate nelle dimensioni, un corretto rapporto fra cuccette e animali in stalla e la pulizia frequente sono tutti aspetti che riducono significativamente le emissioni di metano da questa tipologia di superficie, molto presente nelle stalle del comprensorio del P.R..

Le [tabelle 4.2 e 4.3](#) riportano le analisi chimico-fisiche delle deiezioni campionate nelle corsie e del lettime nelle cuccette in occasione delle 4 sessioni di rilievo. Si è proceduto ad indagare quei parametri che maggiormente possono influenzare le emissioni, quali: pH, Solidi Totali (ST), Solidi Volatili (SV), Azoto Totale Kjeldahl (NTK) ed azoto ammoniacale ( $N-NH_4^+$ ).

Il contenuto di azoto ammoniacale in rapporto all'azoto totale [%NTK] e il contenuto percentuale di azoto sul secco [%ST] delle metrici campionate nelle corsie e canaletta sono significativamente superiori a quelli presenti nelle matrici campionate nelle zone di riposo. Questi risultati analitici supportano l'ipotesi della minore emissività di ammoniaca dalle cuccette rispetto alle corsie. L'azoto ammoniacale è la frazione azotata principalmente responsabile delle emissioni ammoniacali in atmosfera.

Per quanto concerne i liquami, occorre precisare che i campioni medi sottoposti a determinazione analitica (composti ciascuno da 3 sub campioni) sono stati raccolti sulla superficie pavimentata e, di conseguenza, hanno un contenuto di sostanza secca superiore a quello che mediamente si riscontra nei liquami provenienti da stalle per vacche da latte; ciò perché parte della frazione

liquida delle urine viene già drenata verso i punti esterni di raccolta grazie alla pendenza dei pavimenti e/o alla predisposizione di sistemi di raccolta specifici posti al disotto dell'asta del raschiatore (come avviene per la stalla dell'azienda 3).

Il materiale campionato dalle cuccette dell'azienda 2, che utilizza i materassini in gomma con un mix di segatura e calce, ha evidenziato valori di pH superiori anche a 10 per la presenza di calce. L'alto tenore di sostanza secca del materiale campionato nella canaletta è indice della presenza abbondante di paglia.

La misura dell'area delle diverse superfici oggetto di monitoraggio e il conteggio del numero di capi presenti al momento dei rilievi hanno permesso di convertire i fattori emissivi illustrati nelle figure prima citate, riferiti a 1 m<sup>2</sup> di superficie, in fattori emissivi annui per capo.

In [tabella 4.4](#) si riportano le superfici totali e per area stabulativa a disposizione di ogni singolo capo, che sono la base per il calcolo dei fattori emissivi per ciascuna azienda.

In [figura 4.19](#) si riportano i fattori emissivi ammoniacali per capo e per anno rilevati nelle tre diverse stalle e riferiti anche a ciascuna area stabulativa: canaletta e posta per la stalla a stabulazione fissa; cuccetta, corsia di alimentazione e corsia di smistamento per le due stalle a stabulazione libera con cuccette. Gli istogrammi della figura illustrano, inoltre, il peso di ciascuna superficie nel contribuire alle emissioni totali.

Il fattore emissivo di ammoniaca per capo allevato nelle stalle a stabulazione fissa (0,57 mg NH<sub>3</sub>/capo anno) è risultato significativamente inferiore rispetto a quello rilevato per i capi in stabulazione libera a cuccette (4,03 e 4,25 mg NH<sub>3</sub>/capo anno); il motivo è il minore spazio a disposizione delle vacche in posta fissa, quindi anche una minore superficie da imbrattare con le deiezioni.

La stalla a stabulazione libera che utilizza paglia in cuccetta ha evidenziato minori emissioni, anche se lievi, rispetto a quella che utilizza i materassini in gomma, grazie al potere assorbente della paglia. La paglia, inoltre, venendo veicolata nelle corsie dagli animali, rende maggiormente efficiente la pulizia ad opera del raschiatore al momento del suo passaggio.

In [figura 4.20](#) si riportano i fattori emissivi di metano e protossido d'azoto rapportati al capo ed espressi in CO<sub>2</sub>eq, utilizzando i coefficienti di conversione GWP (Global Warming Potential) attribuiti ai due gas (IPCC, 2104): nello specifico, il N<sub>2</sub>O pari a 265 volte la CO<sub>2</sub> e il CH<sub>4</sub> 28 volte la CO<sub>2</sub>.

Anche in questo caso la stalla fissa mostra valori emissivi decisamente più bassi rispetto alle stalle libere; fra queste ultime, la stalla con cuccette a paglia evidenzia un livello di emissioni di GHG nettamente maggiore, con 140 kg/capo anno di CO<sub>2</sub>eq, contro i 33 della stalla a cuccette con materassini.

#### **4.5. Conclusioni**

Le superfici pavimentate delle corsie di alimentazione e smistamento delle stalle a stabulazione libera sono la fonte prevalente delle emissioni ammoniacali dai ricoveri. Le corrette pendenze trasversale e longitudinale della corsia, la pulizia della canaletta di sgrondo che alloggia l'asta del raschiatore e passaggi frequenti dei raschiatori per la pulizia delle corsie sono fattori ed azioni che sicuramente riducono le emissioni ammoniacali da tali superfici.

Le zone di riposo, in particolare se presenti materiali organici quali paglia, risultano più problematiche per le emissioni di GHG (metano e protossido d'azoto) rispetto alle superfici pavimentate, per l'instaurarsi di processi di degradazione della sostanza organica facilitati dalla presenza di deiezioni fresche (inoculo).

I fattori emissivi per capo/anno in stabulazione fissa risultano significativamente minori rispetto a quelli delle strutture a stabulazione libera: per l'ammoniaca in quanto la stalla fissa è priva di corsie di stabulazione; per i GHG in quanto si ha presenza di una zona di riposo più pulita, con minor inoculo sia diretto, sia indiretto per effetto del calpestio. Cuccette ben progettate nelle dimensioni, un numero idoneo di animali in stalla e la pulizia frequente delle stesse cuccette sono aspetti che riducono significativamente le emissioni di metano da questa tipologia di superficie, molto presente nelle stalle del comprensorio del P.R..

Da rimarcare il fatto che i fattori emissivi annui di GHG mediamente riscontrati durante il monitoraggio dalle superfici stabulative sono risultati dell'ordine di 10-140 kg/capo di CO<sub>2</sub>eq, mentre le emissioni enteriche annue per le vacche da latte sono nell'ordine di 3.600-4.700 kg/capo di CO<sub>2</sub>eq (130-170 kg/capo anno di CH<sub>4</sub>).

In conclusione, il monitoraggio ha evidenziato come obiettivi sicuramente da perseguire per il miglioramento del benessere animale (ad esempio l'utilizzo di paglia in cuccetta) possano, purtroppo, essere in contrasto con obiettivi di tipo ambientale.



## **Azione 5 – Sostenibilità ambientale e sociale della zootecnia periurbana**

### **5.1. Sintesi delle attività svolte**

Il piano di Innovazione del GOI Empare prevedeva un'azione specifica sulla "Sostenibilità ambientale e sociale della zootecnia periurbana".

L'azione intendeva analizzare:

- i fattori che possono influenzare l'adozione di tecniche mitigatorie da parte degli allevatori;
- il livello di accettazione sociale degli allevamenti in un contesto cittadino.

In entrambi i casi, tale analisi doveva essere svolta attraverso la somministrazione di un questionario a un campione rappresentativo.

Il primo questionario, rivolto agli allevatori, è stato somministrato online tra gennaio e marzo 2023 ed era rivolto all'insieme di allevatori di vacche da latte destinato alla produzione del P.R.: il Consorzio del Formaggio Parmigiano Reggiano ne ha supportato la disseminazione. Sono stati raccolti 221 questionari compilati, pari al 9,6% della popolazione totale di riferimento.

Il secondo questionario, rivolto ai cittadini delle città di Reggio Emilia e di Parma, è rimasto aperto online da marzo a giugno 2023. Nonostante il supporto del Comune di Reggio Emilia e i reiterati invii, è stato raccolto un numero insufficiente di questionari (119) per poter procedere ad un'analisi statistica significativa.

Si è quindi ritenuto opportuno concentrarsi sul primo questionario, i cui risultati sono riportati nei capitoli seguenti. L'analisi statistica dei dati è stata svolta dai ricercatori di CRPA in collaborazione con i consulenti dott. Alessandro Catini e dott.ssa Ilaria Pozzetti.

### **5.2. Indagine sui processi decisionali nella gestione sostenibile degli effluenti tra gli allevatori in area P.R.**

#### **5.2.1. Inquadramento teorico**

Tra i decisori politici c'è una crescente consapevolezza riguardo la necessità di comprendere quali siano i fattori comportamentali che determinano le scelte degli agricoltori per promuovere politiche agricole efficaci (OECD, 2012; The World Bank, 2015). Una considerazione che assume ulteriore rilievo alla luce del recente orientamento della Commissione Europea di incrementare l'adozione di misure su base volontaria, come si può evincere dalle recenti proposte per la nuova

PAC 2023-2027 (European Commission, 2018).

Questa consapevolezza si riflette anche nella crescente attenzione della ricerca accademica rispetto a questo tema (Dessart & van Bavel, 2017; Streletskaia et al., 2020; Thomas et al., 2021). In quest'area delle ricerche sociali applicate si è ormai affermata la necessità di superare il paradigma dell'agente razionale, il cosiddetto *homo oeconomicus* della teoria classica, per descrivere il processo decisionale di un soggetto (Levine et al., 2015; Siebenhuner, 2000; van den Bergh et al., 2000). Il successo di questo modello è da ascrivere a ragioni culturali e ideologiche (Ailon, 2020) così come all'alto grado di formalizzazione matematica in cui può essere tradotto. Ma oltre a porre dei quesiti di natura etica, le assunzioni alla base del paradigma dell'agente razionale – ossia che chi sceglie abbia una conoscenza perfetta delle opzioni disponibili, preferenze stabili, che sia egoista e sempre in grado di identificare una decisione ottimale che massimizza l'utilità – semplicemente non hanno un effettivo riscontro quando osserviamo come le persone prendono le decisioni nella realtà (Schlüter et al., 2017).

Nel caso degli agricoltori, ad esempio, in quanto imprenditori è certamente lecito attendersi che le loro scelte si presentino come razionali e basate sulla massimizzazione dell'utile ai fini degli obiettivi aziendali, ma questo non significa che l'effettivo processo decisionale non possa essere influenzato, anche in maniera preponderante, da altri elementi quali fattori psicologici, pressioni sociali o bias cognitivi. Una recente meta-analisi (Dessart et al., 2019) aggrega i diversi fattori che possono influenzare la scelta degli agricoltori in tre gruppi di fattori: disposizionali, sociali, cognitivi (*figura 5.1*). Ciascuno di questi ambiti richiede un approccio di policy appropriato.

I fattori disposizionali si riferiscono alla propensione interna degli agricoltori a comportarsi in determinati modi. L'estroversione, l'apertura a nuove esperienze e al rischio, l'attenzione alla morale e all'ambiente, nonché gli obiettivi agricoli legati allo stile di vita sono associati a una maggiore adozione di pratiche sostenibili. Al contrario, la resistenza al cambiamento e la preponderanza degli obiettivi economici rendono gli agricoltori riluttanti ad adottare soluzioni sostenibili.

Questi elementi sono anche quelli più radicati e più difficili da modificare in un'ottica di breve termine. Da un punto di vista di policy, l'eterogeneità degli agricoltori rispetto a questi tratti può essere affrontata segmentandoli indirettamente in base alle caratteristiche sociodemografiche e progettando un'adeguata combinazione di regimi obbligatori e volontari. Una strategia più a lungo termine, con effetti più incerti ma potenzialmente più ampi, consiste nell'accrescere la

consapevolezza sui temi ambientali tra gli agricoltori e aumentare la disponibilità dei consumatori a pagare per prodotti alimentari eco-compatibili.

I fattori sociali riguardano le relazioni interpersonali degli agricoltori. Gli agricoltori sono più propensi ad adottare pratiche sostenibili quando la maggior parte degli agricoltori vicini lo ha fatto, quando seguono l'opinione di referenti sociali che ne sostengono l'adozione e quando sono disposti a guadagnare uno status sociale. Il grado di adozione di una pratica va quindi considerato nel disegno delle policy: quando il livello di adozione è alto, può essere promettente focalizzarsi sul comunicare l'adozione della pratica e quanto sia diffusa tra gli agricoltori, anche valorizzando il ruolo potenziale delle aziende di riferimento in una determinata area. Laddove l'adozione della pratica sia bassa, concentrare il sostegno economico, fornire un riconoscimento sociale agli sforzi degli agricoltori e informarli delle loro (scarse) prestazioni ambientali rispetto ad altri ambiti possono essere tutte opzioni di policy promettenti.

Infine, i fattori cognitivi riguardano l'apprendimento e il ragionamento su specifiche pratiche sostenibili. L'adozione di certe pratiche è più elevata quando gli agricoltori dispongono di conoscenze e competenze sufficienti in materia e quando ritengono che tali pratiche apportino benefici ambientali o finanziari con rischi limitati. In questo ambito, le opzioni di policy del decisore pubblico comprendono l'aumento della consapevolezza degli agricoltori sulle pratiche sostenibili, l'inquadramento appropriato dei costi e benefici per correggerne la percezione del rischio e l'aumento della flessibilità dei regimi agroambientali. Cruciale anche la collaborazione dei sistemi di innovazione e conoscenza agricoli (Agricultural Knowledge and Innovation Systems, AKIS) nel promuovere e supportare l'adozione di pratiche sostenibili (Coquil et al., 2018).

### **5.2.2. La teoria del comportamento pianificato**

Sono stati proposti diversi modelli teorici per analizzare questa complessità (Schlüter et al., 2017). Tra questi, il framework teorico maggiormente adottato in letteratura è la cosiddetta Theory of Planned Behaviour (Teoria del Comportamento Pianificato), solitamente abbreviata nell'acronimo TPB (Ajzen, 1991; Sok et al., 2021). L'obiettivo della TPB è di comprendere le ragioni che portano ad adottare un certo comportamento identificando e misurando i fattori determinanti nel formare l'intenzione verso tale comportamento. Tali fattori sono raggruppati in clusters o "costrutti" ([figura 5.2](#)):

- l'atteggiamento nei confronti del comportamento da attuare;
- le norme percepite, ossia la pressione sociale percepita da altre persone per l'esecuzione

del comportamento (ambito che richiama i fattori sociali del modello di Dessart et al.);

- il controllo comportamentale percepito, cioè il controllo che il soggetto ritiene di avere sulla possibilità di attuarlo

Ciascun cluster, a sua volta, si definisce determinando le *convinzioni* riguardo a questi elementi. Ciascuno di questi elementi viene poi misurato somministrando un questionario strutturato con risposta a 5 o 7 livelli (del tipo scala Likert o differenziale semantico).



I valori così ottenuti vengono misurati con tecniche statistiche per far emergere la correlazione tra costrutti (ma anche tra singoli elementi) e il grado di intenzione a introdurre un certo comportamento. La prassi affermatasi di recente in questo campo (Sok et al., 2021) è l'adozione di un approccio statistico basato sui modelli di equazioni strutturali (SEM - Structural equation modeling). Si tratta di una tecnica di analisi statistica multivariata che nasce dalla fusione di due metodologie: l'analisi fattoriale confermativa e l'analisi di regressione multivariata. La CFA (confirmatory factor analysis) ha lo scopo di costruire un modello idoneo a studiare le relazioni tra le variabili osservate e le variabili latenti, cioè quei costrutti non osservati, ma derivati dalla combinazione delle variabili osservate. L'analisi di regressione ha invece l'obiettivo di spiegare le relazioni casuali tra costrutti (González et al., 2008). Uno dei principali obiettivi del SEM è quello di comprendere se, dato un modello teorico, è possibile verificare la sua attendibilità ed esattezza su dati reali. Per fare ciò il SEM utilizza degli indici di bontà fissando rigorosamente dei valori di riferimento. Quando questi indici sono confermati, allora il SEM è ben strutturato ed idoneo a spiegare empiricamente quanto sostenuto nel modello teorico. Tale analisi può essere restituita anche graficamente attraverso diagrammi che evidenzino le relazioni statisticamente significative ([figura 5.3](#)).

Come già rilevato nella sezione precedente, a seconda dell'esito dell'analisi possono essere date quindi delle indicazioni di policy: ad esempio, se rispetto alla propensione ad adottare una certa pratica risultasse particolarmente rilevante la pressione sociale determinata dai consumatori, potrebbe essere strategico orientare le politiche verso un riconoscimento sul mercato di tali pratiche agevolando la costituzione di sistemi di etichettature o tracciabilità. Se invece si dovesse rilevare che l'agricoltore percepisce di non avere sufficienti informazioni o competenze rispetto a una certa pratica, sarebbe più efficace promuovere campagne di formazione e trasferimento di

conoscenza (Dessart et al., 2019).

Nei successivi paragrafi i diversi elementi del modello verranno illustrati nel dettaglio applicandoli al contesto dello studio, che fungerà quindi anche da esempio esplicativo.

### **5.2.3. Definizione del comportamento/intenzione che si intende analizzare.**

Come riportato nel Piano di Innovazione, lo studio mirava a indagare gli aspetti non tecnologici che possono influenzare l'adozione di tecniche di mitigazione da parte degli allevatori. Dato che lo scopo ultimo di questo studio è fornire raccomandazioni di policy per incrementare l'effettiva adozione di determinate pratiche, è importante definire il comportamento in esame in termini di obiettivo, azione, contesto e tempo, e non su una generica propensione degli allevatori rispetto ai temi ambientali. Tanto più che la stessa TPB venne ideata in seguito alla constatazione che non vi sia una correlazione attendibile tra le disposizioni generali di un individuo (es. il livello di preoccupazione per il cambiamento climatico) e l'adozione di certi comportamenti (es. l'attenzione al risparmio energetico) (Ajzen & Fishbein, 1977; Wicker, 1969). Le possibili soluzioni mitigatorie da adottare inoltre sono diverse e variano molto in termini di costi, complessità e fattori coinvolti, ragione per cui gli stessi elementi altamente predittivi rispetto l'intenzione di adottare una certa pratica non lo sarebbero per altre. Si è scelto quindi di formulare il comportamento da esaminare come segue:

“intenzione di adottare la copertura dello stoccaggio degli effluenti entro cinque anni”

La scelta è ricaduta su questa specifica pratica per le seguenti ragioni:

- La rilevanza in termini di riduzione delle emissioni
- La finalità specifica della pratica in termini di sostenibilità ambientale
- La caratteristica di investimento infrastrutturale, e quindi che può essere oggetto anche di normativa a livello urbanistico
- La presenza di tale pratica tra quelle incentivate nel bando PSR misura 4.1.04 Investimenti per la riduzione di gas serra e ammoniaca

### **5.2.4. Definizione dei cluster**

Per ciascun cluster si si definiscono un certo numero di domande per rilevare direttamente la percezione del soggetto a riguardo. Dopodiché andranno determinati gli elementi salienti che compongono il costrutto, le convinzioni rispetto a tali elementi e l'intensità di tali convinzioni. Ad esempio, nel costrutto “Atteggiamento” si andranno a identificare quali sono i risultati che un allevatore si attende dall'adottare la pratica in oggetto (riduzione degli odori, aumento capacità di

stoccaggio, riduzione impatto ambientale etc) e la desiderabilità o l'importanza degli stessi (figura 5.4).

### ***Intenzione (I – intention)***

Si tratta di misurare direttamente il grado di propensione ad adottare un certo comportamento. Tale valore andrà poi confrontato con i valori emergenti dagli altri cluster per evidenziare eventuali correlazioni.

### ***Atteggiamento (A – Attitude)***

Il costrutto dell'atteggiamento si definisce misurando la percezione soggettiva delle persone riguardo a due fattori: la convinzione comportamentale, ossia quanto ritengono probabile che adottare un certo comportamento porti a un certo risultato; la valutazione soggettiva dei risultati attesi, ossia quanto sia desiderabile ottenere quel risultato. Per lo studio in esame sono stati identificati tre risultati attesi che possono essere particolarmente rilevanti:

- riduzione delle emissioni
- aumento della capacità di stoccaggio degli effluenti
- riduzione degli odori

### ***Norme percepite (SN – Subjective norms)***

Questo cluster riguarda la pressione sociale percepita dal soggetto rispetto all'adottare o meno un certo comportamento, percezione che si esplica in determinate convinzioni normative. Possiamo distinguere due tipi: prescrittive e descrittive (Fishbein & Ajzen, 2011). Una convinzione normativa prescrittiva è la percezione soggettiva di quanto un gruppo sociale significativo per il soggetto (amici, parenti, esperti tecnici etc.) possa approvare o disapprovare l'esecuzione del comportamento in esame. Le convinzioni normative descrittive, invece, sono convinzioni sul fatto che gli appartenenti a questi gruppi sociali particolarmente importanti mettano in atto o meno il comportamento.

In questo studio sono stati identificati tre gruppi sociali particolarmente significativi per l'allevatore rispetto al comportamento da attuare: per quanto riguarda la percezione delle norme prescrittive, il "vicinato" e "i consulenti tecnici"; per quel che riguarda le norme descrittive, il gruppo di riferimento sono "gli altri allevatori". Per ogni gruppo di riferimento si andrà quindi a misurare il peso di tale percezione normativa, che andrà però tarato a seconda dell'importanza percepita del gruppo di riferimento in oggetto.

### **Controllo comportamentale percepito (PBC – Perceived behavioral control)**

In questo costrutto rientrano quei fattori che sono più prossimi alla scelta vera e propria, ovvero dove i fattori di controllo sono strettamente collegati al tipo di comportamento da adottare. Un atteggiamento e un contesto socio-normativo favorevole possono agevolare l'intenzione ad adottare un certo comportamento, ma è solo se il soggetto ritiene di avere sufficiente controllo sulle risorse e le abilità necessarie che lo potrà mettere in atto. La convinzione di controllo è definita come la percezione soggettiva che un certo elemento facilitatore o inibitore potrà essere presente: tale percezione va quindi pesata con l'importanza che il soggetto attribuisce a tale elemento.

Nell'ambito di questo cluster, si ritiene che gli elementi più rilevanti da analizzare siano i seguenti:

- la percezione rispetto al costo dell'investimento e alla possibilità di accedere a finanziamenti agevolati e/o contributi per la realizzazione di tale investimento. A questo riguardo, potrebbe essere rilevante fare esplicito riferimento alle misure ambientali (Mis. 4.1.04) stanziati nel corso del PSR 2014-2020.
- L'accesso a informazioni tecniche sufficienti
- La possibilità di avere supporto da parte di consulenti tecnici qualificati

### **5.2.5. Definizione dei fattori di background da rilevare**

Indicatori quali la fascia di età, il sesso e il livello di scolarizzazione possono fornire una prima segmentazione della popolazione in esame. Si è voluto inoltre raccogliere dati di base sulla struttura aziendale, nonché sui fattori "disposizionali" più significativi (preoccupazione ambientale, senso di responsabilità personale, obiettivi dell'allevatore). Un ulteriore elemento di interesse è rilevare la prossimità con aree residenziali ed eventuali problematiche connesse alla convivenza con i residenti della zona ([tabella 5.1](#)).

## **5.3. Risultati dell'indagine**

### **5.3.1. Analisi socio-demografica**

Il totale dei rispondenti al questionario è 221. Dei questionari ricevuti, 210 sono da considerarsi validi.

L'89,5% dei rispondenti è responsabile dell'allevamento e/o della sua gestione; il 71,9% è il titolare dell'allevamento. Il 10,5% invece è un collaboratore o dipendente ([tabella 5.2](#)).

L'86,17% dei rispondenti che ricopre il ruolo di capo azienda è di sesso maschile (85,2% del totale dei rispondenti, [tabella 5.3](#)), percentuale più alta rispetto alla media regionale, che si attesta al

77,06% (fonte: ISTAT 7° censimento agricoltura 2021).

L'età dei rispondenti rientra in un range tra i 19 e i 69 anni, la media è 44,18 anni, la mediana 45 anni (*tabella 5.4*). Il dato dell'età, particolarmente basso rispetto alla media regionale degli agricoltori, potrebbe essere stato in parte influenzato da un bias distorsivo nella modalità di somministrazione del questionario.

Anche il grado di istruzione risulta particolarmente elevato, con il 62,4% dei rispondenti in possesso di un titolo di licenza superiore (di cui capi-azienda: 62,7%), mentre la media regionale è di 35,7%; il 13,8% dei rispondenti è in possesso di un titolo di laurea (capi azienda rispondenti: 14,3%), mentre la media regionale è di 10,33% (*tabella 5.5*).

Riguardo il tema della composizione familiare e la continuità aziendale, 117 rispondenti dichiarano di avere figli o figlie (*tabella 5.6*); tra questi, il 41% ritiene "abbastanza" o "molto" probabile che essi subentreranno nella gestione dell'azienda (*tabella 5.7*).

### **5.3.2. Struttura delle aziende**

La forma giuridica prevalente tra le aziende rispondenti è la società di persone/società semplice (76,6%, *tabella 5.8*). Il 20,5% delle aziende è localizzato in montagna, il 7,1% in collina e il 72,4% in pianura (*tabella 5.9*).

Quasi la metà delle aziende (44,8%) ha una consistenza media tra i 100 e i 250 capi (*tabella 5.10*), mentre la tipologia stabulativa più diffusa si conferma la stalla libera, con il 78,6% delle aziende che adottano questa tipologia (*tabella 5.11*). Il dato medio però nasconde la differenza di adozione tra zone altimetriche differenti: la percentuale di stalle a posta fissa aumenta fino al 46,5% tra le aziende localizzate in montagna.

### **5.3.3. Convivenza in aree periurbane e percezione delle tematiche ambientali**

Per quanto riguarda gli aspetti relativi alla convivenza tra allevamenti e aree residenziali, è emerso che poco più della metà delle aziende rispondenti è localizzata in prossimità di aree residenziali (53,8%, *tabella 5.12*). Di queste, il 37,2% segnala di aver avuto problemi col vicinato (*tabella 5.13*). La causa principale segnalata è «odori prodotti» (37 rispondenti su 44), seguito da «passaggio di mezzi agricoli» e «rumori generati» (*tabella 5.14*).



#### **5.3.4. Percezione delle tematiche ambientali**

Una parte del questionario era dedicata alla valutazione della percezione degli allevatori rispetto al tema della sostenibilità ambientale, in particolare relativamente al cambiamento climatico. I tre items dedicati a questo aspetto intendevano valutare la percezione relativa al cambiamento climatico, il senso di responsabilità percepito dagli allevatori e la loro disponibilità a integrare, tra gli obiettivi aziendali, la sostenibilità ambientale.

Dai risultati emerge come ben il 69% degli allevatori esprima una forte preoccupazione per il cambiamento climatico (*figura 5.5*). La media del punteggio relativo a questo item è di 3,976 su una scala likert da 1 a 5 (*tabella 5.15*). La media dei punteggi si riduce se si valuta la percezione del ruolo degli allevatori (3,300) e l'integrazione della sostenibilità tra le priorità aziendali (3,243). È stato quindi costruito un indice di "sensibilità ambientale", facendo la media dei tre items sopradescritti.

Per valutare l'effetto delle variabili sociodemografiche sulla variabile dipendente «indice di sensibilità ambientale» è stato eseguito un modello di regressione considerando come variabili indipendenti il grado di istruzione, l'età e l'aver figli e/o figlie.

Tra i coefficienti stimati, l'unico a essere statisticamente significativo ( $p < 0,05$ ) è quello relativo al grado di istruzione, con coefficiente positivo (*tabella 5.16*). Secondo il modello statistico adottato, un aumento di 1 grado di istruzione comporta un aumento della sensibilità ambientale di 0,375 punti; questa osservazione è in linea con la letteratura scientifica sul tema (vedi ad esempio D. G. De Silva & Pownall, 2014; Meyer, 2015).

#### **5.3.4. Applicazione della Teoria del Comportamento Pianificato: valutazione dei fattori decisionali**

##### ***Analisi statistica dei dati***

La variabile dipendente finale del modello è la misura dell'intenzione di coprire gli stoccaggi ("sono deciso a coprire le strutture di stoccaggio degli effluenti da qui a cinque anni"). Il 38,2% dei rispondenti indica di essere intenzionato a farlo (media: 3,044, deviazione standard 1,358), mentre il 48% lo considera una buona scelta (media: 3,245, deviazione standard 1,435) (*figura 5.6*).

Applicando il modello della Teoria del Comportamento Pianificato, si è valutato l'impatto dei costrutti, ovvero le variabili latenti così come definite precedentemente (ATB – Attitude Toward the Behaviour, SN – Social Norms, PBC – Perceived Behavioural Control) influenzino la variabile finale

osservata ([tabella 5.17](#)).

Ciascun elemento è stato quindi misurato da più quesiti, e i valori così ottenuti sono stati combinati e analizzati tramite un modello di equazioni strutturali (SEM), che combina due tecniche:

1. l'analisi fattoriale confirmatoria, per verificare l'idoneità del modello rispetto ai dati
2. l'analisi di regressione multivariata, per stimare l'effetto delle variabili latenti sulla variabile indagata

L'analisi fattoriale confirmatoria ha confermato la validità della struttura adottata a tre cluster.

Questo significa che è statisticamente valido ricondurre le variabili osservate (i singoli items) alle variabili latente postulate (i tre costrutti). Sebbene alcuni indici di adattamento siano sotto la soglia raccomandata (Average Variance Explained <0,5, Composite Reliability <0,6), gli item risultano piuttosto affidabili, sia in termini di caricamento dei singoli fattori che di bontà dell'indice Alfa di Cronbach, che misura l'attendibilità dei singoli costrutti. Per ulteriori dettagli su questo aspetto si rimanda all'analisi statistica allegata.

Procedendo con l'analisi di regressione multivariata, si segnala anzitutto come tutti i coefficienti stimati per i singoli item con i rispettivi tre fattori (ATB, PBC e SN) siano statisticamente significativi, con  $p < 0,001$  ([tabella 5.18](#)).

Per quanto riguarda l'impatto dei tre fattori (ATB, PBC e SN) sulla variabile dipendente finale:

- l'impatto di ATB è positivo e statisticamente significativo a livello 0,001 ( $b=0,211$ ;  $p < 0,001$ )
- l'impatto di PBC è positivo e statisticamente significativo a livello 0,05 ma di minore intensità ( $b=0,085$ ,  $p < 0,028$ )
- l'impatto di SN è positivo ma NON è statisticamente significativo ( $b=0,048$ ;  $p=0,582$ )

I risultati sono riportati nel modello grafico illustrato in [figura 5.7](#).

L'adeguatezza statistica (fit) del modello è stata verificata ricorrendo ai principali indici usualmente previsti per i modelli di equazioni strutturali. Dall'analisi il modello adottato risulta accettabile in quanto la maggior parte degli indici sono prossimi ai valori soglia; fa eccezione l'indice RMSEA (*Root Mean Square Error of Approximation*), il cui valore è al di sopra del valore di riferimento ottimale, seppure non estremamente alto

### **Interpretazione dei risultati**

Valutando l'impatto dei costrutti sull'intenzione ad adottare la copertura degli stoccaggi, e integrando l'informazione con l'analisi descrittiva dei valori assunti dai singoli items, si sono dedotte le seguenti osservazioni:

La variabile latente che influenza maggiormente l'intenzione è l'ATTEGGIAMENTO (ATB) (*figura 5.8*), ovvero:

- quanto i potenziali effetti della copertura degli stoccaggi siano valutati positivamente (e quindi rientrino tra gli obiettivi aziendali);
- quanto gli allevatori ritengano efficace la copertura degli stoccaggi per raggiungere questi obiettivi.

Nell'analisi descrittiva dei singoli elementi si nota uno scarto tra la valutazione dei possibili effetti delle coperture e la percezione della loro efficacia.

L'impatto delle NORME SOCIALI PERCEPITE (SN) (*figura 5.9*) non risulta significativo. Secondo il modello, l'intenzione ad adottare le coperture degli stoccaggi non risulta particolarmente influenzata da norme descrittive (il comportamento di altri allevatori) o prescrittive (accontentare i vicini, seguire il consiglio dei tecnici). Se osserviamo i dati nel dettaglio, emerge come il parere dei tecnici quali consulenti e ricercatori sia tenuto in considerazione, ma la percezione è che la copertura degli stoccaggi non sia particolarmente consigliata.

Un fattore secondario che influenza l'intenzione degli allevatori è il SENSO DI CONTROLLO PERCEPITO (PBC) (*figura 5.10*), ovvero la possibilità di accedere a risorse e conoscenze ritenute necessarie e l'importanza percepita di questi elementi ai fini del comportamento da adottare. Dall'analisi descrittiva dei singoli elementi che compongono questo costrutto, non sorprende come il punteggio più alto sia collegato alla possibilità ad accedere ai fondi pubblici.

Si è quindi voluto valutare l'effetto della percezione delle tematiche ambientali (vedi paragrafo 5.3.4.) sulla variabile finale, per capire se vi sia una qualche influenza di questo fattore e se, includendolo nel modello, ne migliori la capacità esplicativa. È stata quindi eseguita una regressione lineare gerarchica in cui al primo step sono stati inseriti come variabili indipendenti solo i cluster sopra indicati, mentre al secondo step è stato aggiunto anche la sensibilità ambientale. Si è quindi valutato la significatività della sensibilità ambientale e il miglioramento degli indici di fit del modello (per i dettagli sulle tecniche statistiche adottate, vedi *P5.5 Allegato analisi statistica.pdf*).

Dall'analisi è emerso come non risultino modifiche sostanziali negli effetti dei tre cluster includendo la variabile "sensibilità ambientale". Tale variabile non risulta nemmeno statisticamente significativa nel prevedere l'intenzione e il suo inserimento non modifica né la significatività né il segno del coefficiente dei fattori. Si presenta quindi lo scenario per cui rispondenti con una

«SENSIBILITÀ AMBIENTALE» più elevata presentano mediamente punteggi più alti su tutti gli elementi del questionario, mentre non si rileva un'influenza del fattore «SENSIBILITÀ AMBIENTALE» sull'INTENZIONE ad adottare le coperture. Tale (apparente) incongruenza può essere spiegata a partire da due aspetti: da una parte, è possibile ipotizzare un effetto statistico, per cui l'impatto della variabile "sensibilità ambientale" è sia già catturato da altri cluster (es. «riduzione emissioni» nel cluster ATTEGGIAMENTO), e quindi l'aggiunta al modello non ne aumenta la capacità esplicativa. Dall'altra, questa informazione è consistente con l'osservazione per cui non necessariamente la disposizione personale verso una certa tematica si traduca nell'intenzione ad adottare comportamenti coerenti ad essa (a questo proposito vedi paragrafo 5.2.3). Nel caso in esame, questo significa che avere una «sensibilità ambientale» più elevata non implica necessariamente che tale percezione venga poi integrata tra gli obiettivi che determinano le strategie dell'allevatore.

### **5.3.5. Cluster analysis e profilazione dei rispondenti**

A scopo esplorativo si è infine provato a definire una aggregazione dei rispondenti in gruppi omogenei (per i dettagli sulle tecniche statistiche adottate si rimanda all'allegato sopracitato). Sono stati identificati tre gruppi: il più piccolo contiene il 21% delle unità statistiche (41) ed il più grande ne contiene il 40% (78).

Come si evince dalla [figura 5.11](#), il primo cluster è caratterizzato da persone aventi un punteggio alto per tutti e tre i fattori, e per questo è stato associato ad un atteggiamento positivo generale. Il secondo cluster, invece, è caratterizzato da un punteggio basso per le norme sociali ma alto per il controllo percepito. Infine, il terzo cluster presenta punteggi bassi per tutti e tre i fattori e sarà associato ad un atteggiamento negativo generale.

L'elemento predittore più importante nella definizione dei gruppi è la variabile latente SN (Social Norms), seguito da ATB e PBC ([figura 5.12](#)). Possiamo quindi provare a descrivere gli appartenenti al primo gruppo, meno numeroso, come allevatori particolarmente ricettivi alle tematiche ambientali e sociali, aperti anche a integrare nelle proprie scelte le opinioni e i valori della rete sociale di riferimento e della società nel suo complesso. A una prima analisi, si potrebbe affermare che per tale gruppo gli aspetti valoriali e sociali giocano un ruolo importante.

Il secondo cluster si definisce con una minore apertura sia nell'atteggiamento (ATB) verso l'intenzione di adottare le coperture ma anche con una minore rilevanza delle norme sociali percepite (SN), mentre risulta alto l'effetto della variabile latente relativa al controllo percepito

(PBC). Dato che quest'ultimo fattore sottende aspetti legati in particolare a valutazioni di tipo tecnico-economico, quali ad esempio la possibilità di accedere a fondi, si può ipotizzare che per gli appartenenti a questo gruppo l'aspetto sociale e valoriale non sia particolarmente rilevante nel determinare la scelta di adottare o meno la copertura degli stoccaggi: a prevalere sono considerazioni di carattere tecnico ed economico, volti a massimizzare i benefici aziendali e minimizzare i costi dell'adozione di tale pratica. A scanso di equivoci, è importante sottolineare come anche per il primo gruppo tali considerazioni siano fondanti, ma ad esse si associano anche valutazioni afferenti all'ambito socio-valoriale.

Infine, il terzo gruppo sembra non essere particolarmente permeabile a nessuno dei tre fattori, presentando un atteggiamento genericamente negativo o di rifiuto.

Volendo segmentare i tre gruppi per le variabili sociodemografiche, a livello puramente descrittivo dal campione preso in esame emerge che (*tabella 5.20*):

- l'età media è più alta nel primo gruppo "positivi" (46,59) e più bassa nel terzo gruppo "negativi" (43,92), ma la differenza non risulta particolarmente rilevante tra i gruppi
- il 22% degli appartenenti al primo gruppo ha un titolo di laurea, contro il 6,4% del terzo gruppo.

È necessario sottolineare come per nessuna di questa variabile sociodemografica sia emersa una qualche significatività statistica. Questo significa che per nessuna di esse è possibile escludere l'ipotesi nulla: non necessariamente la correlazione emersa nel campione di riferimento può essere esteso all'intera popolazione.

## **5.4. Conclusioni**

Dall'analisi dei dati raccolti emerge come ci sia una diffusa preoccupazione tra gli allevatori per il cambiamento climatico, ma la disposizione personale dell'allevatore verso le tematiche ambientali non implica necessariamente una maggiore propensione ad adottare coperture di stoccaggio.

Secondo il modello, tale scelta risulta piuttosto influenzata dalle convinzioni dell'allevatore, ovvero da:

- la valutazione positiva dei potenziali benefici
- la percezione che tale soluzione sia efficace nel raggiungerli

Si conferma inoltre rilevante poter accedere al contributo pubblico.

Per incrementare l'adozione della copertura degli stoccaggi potrebbe quindi rivelarsi strategico integrare maggiormente le policy di finanziamento pubblico con azioni di divulgazione mirate non

solo agli allevatori ma anche agli «advisors» aziendali, che possono avere un ruolo importante nel promuovere i vantaggi di tale pratica (strategia in linea con i recenti orientamenti a livello europeo).

### **5.5. Limiti dello studio**

I risultati esposti vanno considerati alla luce dei limiti che presenta lo studio, relativi sia alla modalità di costruzione e somministrazione che ai risultati ottenuti dall'analisi statistica.

- La prassi nella TPB prevede che i singoli item vengano elicitati attraverso uno studio pilota. Per ragioni di budget non è stato possibile, gli item sono stati selezionati sulla base della letteratura esistente.
- Seppure difficile da quantificare, è prudente considerare un certo effetto distorsivo dovuto alla somministrazione online del questionario (*non-response bias*).
- L'indagine riguarda una prassi specifica (copertura degli stoccaggi).
- La percentuale di varianza complessiva spiegata dal modello è del 51,3%. In letteratura, studi simili si attestano in un range tra il 40 e il 75% (Silva et al., 2020).

## TABELLE

Tabella 2.1 – Numero di allevamenti e numero di capi presenti nel comprensorio del PR per classe di capienza, anno 2022 (elaborazioni CRPA su dati BDN e Consorzio PR)

Classe di capienza	N. allevamenti	N. totale capi	N. vacche
Meno di 20 capi	212	2.637	1.476
Da 20 a 49 capi	540	19.062	10.670
Da 50 a 99 capi	717	53.555	29.977
Da 100 a 500 capi	1.070	229.541	128.483
Oltre 500 capi	129	109.350	61.208
<b>Totale</b>	<b>2.668</b>	<b>414.145</b>	<b>231.814</b>

Tabella 2.2 – Caratteristiche dimensionali dei 3 allevamenti tipo

Allevamento	Capi*	Vacche*	N. allevamenti	Totale capi	Totale vacche
Tipo 1	50	28	1.378	68.649	38.426
Tipo 2	269	150	129	34.704	19.425
Tipo 3	268	150	1.161	310.792	173.963
<b>Totale</b>	-	-	<b>2.668</b>	<b>414.145</b>	<b>231.814</b>

\* valore arrotondato

Tabella 2.3 – Capi delle diverse categorie dei 3 allevamenti tipo

Categoria bovina	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
Vacche in lattazione	24	131	131
Vacche in asciutta	4	19	19
Manze e manzette	17	89	89
Vitelle	5	30	29
<b>Totale</b>	<b>50</b>	<b>269</b>	<b>268</b>
<b>Totale UBA</b>	<b>39,4</b>	<b>210,2</b>	<b>210</b>

Tabella 2.4 – Numero di allevamenti e numero di capi per i 3 allevamenti tipo

Allevamento	N. allevamenti	Totale capi	Totale vacche
Tipo 1	1.378	68.649	38.426
Tipo 2	129	34.704	19.425
Tipo 3	1.161	310.792	173.963
<b>Totale</b>	<b>2.668</b>	<b>414.145</b>	<b>231.814</b>

\* valore arrotondato

Tabella 2.5 – Stima delle emissioni annue di ammoniaca per i 3 allevamenti tipo: stato di fatto

Luogo di emissione	NH <sub>3</sub> (kg/a)		
	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
Ricoveri	685	3.448	3.341
Stoccaggi	371	2.822	2.832
Spandimenti	538	3.011	3.299
<b>Totale</b>	<b>1.594</b>	<b>9.281</b>	<b>9.472</b>

Tabella 2.6 – Stima delle emissioni annue di GHG per i 3 allevamenti tipo (in CO<sub>2</sub> equivalente): stato di fatto

Tipo di emissione	GHG (kg/a CO <sub>2</sub> eq.)		
	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
Enteriche	169.225	1.070.250	1.069.775
Gestione effluenti	34.123	274.640	390.442
Spandimenti	20.264	107.876	109.366
Consumi energetici	13.918	98.274	97.082
<b>Totale</b>	<b>237.530</b>	<b>1.551.040</b>	<b>1.666.665</b>



Tabella 2.7 – Stima delle emissioni annue di NH<sub>3</sub> per gli allevamenti dell'intero comprensorio del PR: stato di fatto

Comparto emissivo	Emissioni di NH <sub>3</sub> (t/anno)
Ricoveri	5.267,6
Stoccaggi	4.163,2
Spandimenti	4.959,9
<b>Totale</b>	<b>14.390,7</b>

Tabella 2.8 – Stima delle emissioni annue di GHG per gli allevamenti dell'intero comprensorio del PR (in CO<sub>2</sub> equivalente): stato di fatto

Comparto emissivo	Emissioni di GHG (t/anno)
Emissioni enteriche	1.613.263,1
Gestione effluenti	535.753,2
Spandimenti	168.813,7
Consumi energetici	144.568,5
<b>Totale</b>	<b>2.462.398,5</b>

Tabella 2.9 – Stima delle emissioni annue di ammoniaca per i 3 allevamenti tipo: stato di progetto

Luogo di emissione	NH <sub>3</sub> (kg/a)		
	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
Ricoveri	646	2.829	3.048
Stoccaggi	373	1.710	1.351
Spandimenti	161	897	902
<b>Totale</b>	<b>1.180</b>	<b>5.436</b>	<b>5.301</b>

Tabella 2.10 – Stima delle emissioni annue di GHG per i 3 allevamenti tipo (in CO<sub>2</sub> equivalente): stato di progetto

Tipo di emissione	GHG (kg/a CO <sub>2</sub> eq.)		
	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
Enteriche	169.225	1.070.250	1.069.775
Gestione effluenti	23.873	189.236	258.861
Spandimenti	18.774	108.472	108.770
Consumi energetici	10.339	73.728	69.835
<b>Totale</b>	<b>222.211</b>	<b>1.441.686</b>	<b>1.507.241</b>

Tabella 2.11 – Stima della riduzione delle emissioni annue di NH<sub>3</sub> per gli allevamenti dell'intero comprensorio del PR rispetto allo stato di fatto: stato di progetto, scenario 1

Comparto emissivo	Riduzione emissioni di NH <sub>3</sub> (t/anno)
Ricoveri	178,8
Stoccaggi	744,6
Spandimenti	1.326,1
<b>Totale</b>	<b>2.249,5</b>

Tabella 2.12 – Stima della riduzione delle emissioni annue di NH<sub>3</sub> per gli allevamenti dell'intero comprensorio del PR rispetto allo stato di fatto: stato di progetto, scenario 2

Comparto emissivo	Riduzione emissioni di NH <sub>3</sub> (t/anno)
Ricoveri	320,9
Stoccaggi	1.302,6
Spandimenti	2.398,7
<b>Totale</b>	<b>4.022,2</b>

Tabella 2.13 – Stima della riduzione delle emissioni annue di NH<sub>3</sub> per gli allevamenti dell'intero comprensorio del PR rispetto allo stato di fatto: stato di progetto, scenario 3

Comparto emissivo	Riduzione emissioni di NH <sub>3</sub> (t/anno)
Ricoveri	473,8
Stoccaggi	1.860,1
Spandimenti	3.575,1
<b>Totale</b>	<b>5.909,0</b>

Tabella 2.14 – Stima della riduzione delle emissioni annue di GHG per gli allevamenti dell'intero comprensorio del PR rispetto allo stato di fatto: stato di progetto, scenario 1

Comparto emissivo	Riduzione emissioni di NH <sub>3</sub> (t/anno)
Gestione effluenti	68.338,0
Spandimenti	656,7
Consumi energetici	14.906,4
<b>Totale</b>	<b>83.901,1</b>

Tabella 2.15 – Stima della riduzione delle emissioni annue di GHG per gli allevamenti dell'intero comprensorio del PR rispetto allo stato di fatto: stato di progetto, scenario 2

Comparto emissivo	Riduzione emissioni di NH <sub>3</sub> (t/anno)
Gestione effluenti	121.710,1
Spandimenti	1.457,1
Consumi energetici	26.826,1
<b>Totale</b>	<b>149.993,3</b>

Tabella 2.16 – Stima della riduzione delle emissioni annue di GHG per gli allevamenti dell'intero comprensorio del PR rispetto allo stato di fatto: stato di progetto, scenario 3

Comparto emissivo	Riduzione emissioni di NH <sub>3</sub> (t/anno)
Gestione effluenti	177.907,1
Spandimenti	2.668,3
Consumi energetici	39.732,1
<b>Totale</b>	<b>220.307,5</b>

Tabella 2.17 – Analisi economica relativa al miglioramento nella pulizia delle corsie delle stalle libere

Tipo/Stalla	Ante (€/anno)	Post (€/anno)	Maggior costo (€/anno)	Maggior costo unitario (€/UBA anno)*
Tipo 1, stalla B	21	123	102	2,59
Tipo 2, stalla A	452	1.355	903	4,30
Tipo 2, stalla B	205	616	411	1,95
Tipo 3, stalla A	903	2.710	1.807	8,60
Tipo 3, stalla B	205	616	411	1,95

\* Gli UBA di riferimento sono sempre quelli totali dell'allevamento e non quelli della singola stalla

Tabella 2.18 – Analisi economica relativa al miglioramento nell'aggiunta di paglia in zona di riposo a lattiera

Tipo/Stalla	Ante (€/anno)	Post (€/anno)	Maggior costo (€/anno)	Maggior costo unitario (€/UBA anno)*
Tipo 1, stalla B	347	787	440	11,17
Tipo 2, stalla A	3.780	7.665	3.885	18,48
Tipo 2, stalla B	1.878	4.303	2.425	11,54
Tipo 3, stalla B	1.861	4.251	2.390	11,38

\* Gli UBA di riferimento sono sempre quelli totali dell'allevamento e non quelli della singola stalla

Tabella 2.19 – Analisi economica relativa al miglioramento nella rimozione della lettiera esausta

Tipo/Stalla	Ante (€/anno)	Post (€/anno)	Maggior costo (€/anno)	Maggior costo unitario (€/UBA anno)*
Tipo 1, stalla B	372	744	372	9,44
Tipo 2, stalla A	4.500	9.000	4.500	21,41
Tipo 2, stalla B	1.986	3.972	1.986	9,45
Tipo 3, stalla B	1.974	3.948	1.974	9,40

\* Gli UBA di riferimento sono sempre quelli totali dell'allevamento e non quelli della singola stalla

Tabella 2.20 – Analisi economica relativa al miglioramento nello stoccaggio del liquame

Tipo/Stalla	Volume totale vasche (m <sup>3</sup> )	Costo copertura (€)	Quota di ammortamento (€/anno)	Ammortamento unitario (€/UBA anno)
Tipo 2	1.130	39.098	4.166	19,82
Tipo 3	1.540	42.812	4.562	21,72

Tabella 2.21 – Analisi economica relativa al miglioramento nello spandimento del liquame

Tipo/Stalla	SAU a seminativo in rotazione (ha)	SAU a foraggiere (ha)	Maggior costo totale (€/anno)	Maggior costo unitario (€/UBA anno)
Tipo 1	6	19	918	23,30
Tipo 2	30	104	4.914	23,38
Tipo 3	30	104	4.914	23,40

Tabella 2.22 – Costo totale annuo per l'adozione degli interventi di mitigazione proposti per ogni allevamento tipo

Tipo/Stalla	Somma maggiori costi (€/anno)	Ammortamenti (€/anno)	Maggior costo totale (€/anno)	Maggior costo unitario (€/UBA anno)
Tipo 1	1.832	0	1.832	46,50
Tipo 2	19.024	4.166	23.190	110,32
Tipo 3	11.496	4.562	16.058	76,47

Tabella 2.23 – Stima delle emissioni ammoniacali (kg/anno) delle 3 aziende partner: stato di fatto

Emissioni	Azienda 1	Azienda 2	Azienda 3
Da ricoveri	4.346	9.455	4.563
Da trattamenti	0	718	413
Da stoccaggi	2.706	8.534	3.233
Da spandimenti	2.731	7.210	2.298
Totale	9.783	25.917	10.507

Tabella 2.24 – Stima delle emissioni ammoniacali (kg/anno) delle 3 aziende partner: stato di progetto

Emissioni	Azienda 1	Azienda 2	Azienda 3
Da ricoveri	4.214	8.690	4.374
Da trattamenti	0	726	415
Da stoccaggi	2.720	2.776	853
Da spandimenti	1.051	2.764	1.610
Totale	7.985	14.956	7.252

*Tabella 3.1 – Allocazione latte e carne*

Azienda	Latte (%)	Carne (%)
1	81,41	18,59
2	82,53	17,47
3	89,57	10,43

*Tabella 3.2 – Numero di vacche delle aziende partner del progetto*

Azienda	N° vacche da latte
Azienda 1	168
Azienda 2	428
Azienda 3	265

Tabella 3.3 – Metodologie utilizzate e relativi fattori/parametri per la quantificazione delle emissioni di metano e protossido di azoto

Emissione	Fonte emissiva	Fattore di emissione, fattore di volatilizzazione, parametri default	Fonte	
CH <sub>4</sub>	Enterico ed escrezione SV	DE (feed digestibility) = 80%	IPCC Refinement 2019, Table 10.2	
		B <sub>0</sub> non dairy cattle = 0185 m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /kg Solidi Volatili (SV)	IPCC Refinement 2019, Table 10.16	
		Conversion factor CH <sub>4</sub> energy = 55,65		
		DE (digestibility of feed %)=65%		
	gestione deiezioni	B <sub>0</sub> effluenti suini = 0.45 m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /kg Solidi Volatili (SV)	%MCF Liquid/Slurry in vasca (1 mese) = 13%	IPCC Refinement 2019, Tab. 10.17
			% MCF solid storage (T=°C) = 4%	IPCC Refinement 2019, Tab. 10.17
% MCF pasture = 47%			IPCC Refinement 2019, Tab. 10.17	
N <sub>2</sub> O diretto	gestione deiezioni	EF3 Liquid slurry with natural crost = 0.005 kgN-N <sub>2</sub> O/kgN excreted	IPCC Refinement 2019, Tab. 10.21	
		EF3 Liquid slurry with natural crost = 0 kgN-N <sub>2</sub> O/kgN excreted	IPCC Refinement 2019, Tab. 10.21	
		EF3 solid storage = 0.005 kgN-N <sub>2</sub> O/kgN excreted	IPCC Refinement 2019, Tab. 10.21	
		EF3 solid storage covered = 0.001 kgN-N <sub>2</sub> O/kgN excreted	IPCC Refinement 2019, Tab. 10.21	
	suoli agricoli	EF = 0.01 kgN-N <sub>2</sub> O/kgN applied	Fcr = specifico per coltura	IPCC Refinement 2019, Tab. 11.1; Tier 1 e 2
				IPCC Refinement 2019, Eq 11.6
N <sub>2</sub> O indiretto	gestione deiezioni	EF = 0.01 kgN-N <sub>2</sub> O/kgN-NH <sub>3</sub> +N-NO <sub>x</sub> volatilizzato	IPCC Refinement 2019, Tab. 11.3	
	suoli agricoli	EF4 = 0.01 kgN-N <sub>2</sub> O/kgN-NH <sub>3</sub> +N-NO <sub>x</sub> volatilizzato	IPCC Refinement 2019, Tab. 11.3	
		EF5 = 0.011 kgN-N <sub>2</sub> O/kgN-NO <sub>3</sub> lisciviato	IPCC Refinement 2019, Tab. 11.3	
		Frac <sub>GASM</sub> (Volatilisation from all organic N fertilisers applied) = 0.21 kgN-N <sub>2</sub> O/kgN-NH <sub>3</sub> +N-NO <sub>x</sub> volatilizzato	IPCC Refinement 2019, Tab. 11.3	
		Frac <sub>leach</sub> (losses by leaching/runoff in wet climates) = 0.24 kgN-NO <sub>3</sub> /kgN applied	IPCC Refinement 2019, Tab 11.3	



Tabella 3.4 – Impronta di carbonio e produzione di latte delle aziende partner

Azienda	kg CO <sub>2</sub> e/kg latte	t latte/vacca anno
1	1,11	10,314
2	1,50	11,059
3	1,35	8,598

Tabella 3.5 – Contributo percentuale dei diversi ambiti emissivi (valori medi delle 3 aziende partner)

Emissioni	%
Enteriche	37
Effluenti	20
Foraggi aziendali	7
Mangimi	35
Rinnovabili	-3
Altro	4

Tabella 3.6 – Analisi delle 6 aziende di confronto del comprensorio del P.R.

Azienda:	Zona altimetrica	Tipologia stabulazione	n° vacche da latte	kg CO <sub>2</sub> e/kg latte	t latte/capo anno
4	Pianura	Fissa	33	1,39	7,182
5	Pianura	Libera	198	1,17	9,862
6	Collina	Fissa	56	1,32	7,926
7	Collina	Libera	57	1,30	9,146
8	Montagna	Fissa	67	1,42	10,750
9	Montagna	Libera	155	1,49	9,363

Tabella 3.7 – Valori medi di impronta carbonica fra gruppi omogenei di aziende per un aspetto

Gruppi	kg CO <sub>2</sub> e/kg latte
3 aziende partner	1,32
6 aziende di confronto	1,35
5 aziende di pianura	1,30
2 aziende di collina	1,31
2 aziende di montagna	1,45
4 aziende con stalla fissa	1,31
5 aziende con stalla libera	1,36

Tabella 3.8 – Impronta di carbonio delle 3 aziende partner calcolata con le 2 metodologie GWP100 e GWP\*

Azienda	GWP100 CO <sub>2</sub> e/kg latte	GWP* CO <sub>2</sub> e/kg latte	Variazione %
1	1,11	0,67	-39%
2	1,45	0,98	-35%
3	1,35	0,81	-40%
<b>Media</b>	<b>1,32</b>	<b>0,82</b>	<b>-38%</b>

Tabella 3.9 – Confronto situazione ex ante ex post degli interventi

Azienda	CO <sub>2</sub> e/kg latte ex ante	CO <sub>2</sub> e/kg latte ex post	Variazione %
1	1,108	1,110	+0,18
2	1,50	1,48	-1.33
3	1,35	1,34	-0,74

Tabella 4.1 – Temperatura e umidità relativa rilevate negli ambienti d'allevamento durante lo svolgimento delle prove

	Azienda 3		Azienda 1		Azienda 2	
	Temperatura ambiente (°C)	Umidità ambiente (%)	Temperatura ambiente (°C)	Umidità ambiente (%)	Temperatura ambiente (°C)	Umidità ambiente (%)
Minima	0.0	27	9.0	47	7.3	53
Massima	29.2	90	30.7	85	26.9	94
Media	15.7	65	18.3	73	15.9	75

Tabella 4.2 – Caratterizzazione chimico-fisica delle deiezioni campionate nelle corsie delle 2 aziende a stabulazione libera e nella canaletta dell'azienda a posta fissa (media e intervallo dei valori)

Punto di campionamento	pH	Solidi Totali		Solidi Volatili	Azoto Totale Kjeldahl		N-ammoniacale
	[-]	[kg/t tq]	[%tq]	[%ST]	[kg/t tq]	[%ST]	[%NTK]
Cunetta Azienda 1	8.2 (7.8÷8.3)	255 (191÷345)	25.5%	87%	5.9 (5.4÷7.0)	2.5% (1.6÷3.1)	30% (22÷43)
Corsie Azienda 2	7.1 (6.6÷7.6)	118 (102÷129)	11.8%	86%	4.6 (3.2÷4.9)	3.9% (2.7÷5.8)	20% (6÷41)
Corsie Azienda 3	7.9 (7.2÷8.4)	140 (130÷147)	14.0%	85%	3.7 (3.5÷4.0)	2.6% (2.4÷2.7)	23% (22÷26)

Tabella 4.3 – Caratterizzazione chimico-fisica del lettime presente nelle cuccette delle 3 aziende (media ed intervallo dei valori)

Punto di campionamento	pH	Solidi Totali		Solidi Volatili	Azoto Totale Kjeldahl		N-ammoniacale
	[-]	[kg/t tq]	[%tq]	[%ST]	[kg/t tq]	[%ST]	[%NTK]
Azienda 1	7.4 (6.8÷8.4)	640 (346÷888)	64.0%	89%	6.86 (4.8÷8.7)	1.2% (0.7÷2.1)	14.4% (5.4÷31)
Azienda 2	8.2 (7.5÷10.7)	778 (603÷890)	77.8%	86%	14.3 (7.8÷27.1)	1.8% (1.3÷3.0)	3.2% (0.8÷4.3)
Azienda 3	7.73 (7.3÷8.4)	641 (574÷677)	64.2%	86%	12.3 (9.5÷17.1)	1.9% (1.4÷2.7)	3.3% (1.3÷4.7)

Tabella 4.4 – Superficie unitaria per le diverse aree di stabulazione della stalla

Tipologia di stalla	Zona	Superficie (m <sup>2</sup> /capo)
<b>Stalla 1 - Stabulazione fissa</b>	Posta	2.1
	Canaletta	0.6
	<b>tot superficie</b>	<b>2.7</b>
<b>Stalla 3 - Stabulazione libera a cuccetta con paglia</b>	Cuccetta	3.0
	Corsia Alimentazione	2.9
	Corsia Smistamento	2.2
	<b>tot superficie</b>	<b>8.1</b>
<b>Stalla 2 - Stabulazione libera a cuccetta con materassino</b>	Cuccetta	2.4
	Corsia Alimentazione	2.5
	Corsia Smistamento	2.5
	<b>tot superficie</b>	<b>7.4</b>

Tabella 5.1 – Quesiti questionario organizzati per cluster

CLUSTER	ELEMENTO	QUESITO
ATTEGGIAMENTO	RIDUZIONE EMISSIONI	<i>Penso che coprire gli stoccaggi degli effluenti mi permetterebbe di ridurre le emissioni nocive prodotte dalla mia azienda.</i>
		<i>Come allevatore, penso sia molto importante ridurre gli odori causati dalla mia azienda.</i>
	RIDUZIONE ODORI	<i>Penso che coprire gli stoccaggi degli effluenti mi permetterebbe di ridurre gli odori causati dalla mia azienda.</i>
		<i>Come allevatore, penso sia molto importante ridurre gli odori causati dalla mia azienda.</i>
	OTTIMIZZAZIONE GESTIONE EFFLUENTI	<i>Penso che coprire gli stoccaggi degli effluenti mi permetterebbe di ottimizzare la gestione degli effluenti.</i>
		<i>Come allevatore, penso sia molto importante ottimizzare la gestione degli effluenti.</i>
NORME SOCIALI	VICINATO	<i>penso che accontentare chi abita vicino alla mia azienda sia necessario.</i>
		<i>Per accontentare i miei vicini dovrei coprire gli stoccaggi degli effluenti.</i>
	PARERI TECNICI	<i>tendo a seguire il parere dei miei consulenti tecnici.</i>
		<i>I miei consulenti tecnici mi consigliano di coprire gli stoccaggi degli effluenti.</i>
	ALTRI ALLEVATORI	<i>In generale, mi interessa sapere cosa fanno gli altri allevatori.</i>
		<i>Gli altri allevatori che conosco hanno coperto lo stoccaggio degli effluenti, o hanno intenzione di farlo a breve.</i>
CONTROLLO PERCEPITO	CONTRIBUTI PUBBLICI	<i>Penso di essere in grado di ottenere i contributi pubblici per finanziare la copertura degli stoccaggi degli effluenti.</i>
		<i>Senza contributi pubblici per me sarebbe difficile coprire gli stoccaggi degli effluenti.</i>
	TECNICI COMPETENTI	<i>Penso di essere in grado di trovare consulenti tecnici competenti sulla copertura degli stoccaggi degli effluenti.</i>
		<i>Senza il consiglio di un tecnico competente, per me sarebbe difficile coprire gli stoccaggi degli effluenti</i>
	ESPERIENZA ALTRI ALLEVATORI	<i>Se prima di fare un investimento voglio vedere dal vivo come è stato fatto da altri allevatori, per me è abbastanza facile trovare da chi andare.</i>
		<i>Senza aver visto prima dal vivo le possibili soluzioni tecniche, per me sarebbe difficile coprire gli stoccaggi degli effluenti</i>

*Tabella 5.2 - Qual è il suo ruolo in azienda?*

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Sono il gestore/responsabile dell'allevamento	37	17,6	17,6	17,6
	Sono il titolare dell'allevamento	151	71,9	71,9	89,5
	Sono un collaboratore/ dipendente	22	10,5	10,5	100,0
	Total	210	100,0	100,0	

*Tabella 5.3 - Sesso*

Totale rispondenti		Frequency	Percent	Valid Percent
Valid	Femmina	30	14,3	14,4
	Maschio	179	85,2	85,6
	Total	209	99,5	100,0
Missing		1	,5	
Total		210	100,0	

*Tabella 5.4 - età*

N	Valid	210
	Missing	0
Mean		44,18
Median		45,00
Std. Deviation		11,353
Range		50
Minimum		19
Maximum		69

*Tabella 5.5 - Grado di istruzione*

		Frequency	Percent	Valid Percent
Valid	Licenza elementare o inferiore	1	,5	,5
	Licenza media	49	23,3	23,3
	Licenza superiore	131	62,4	62,4
	Laurea o superiore	29	13,8	13,8
	Total	210	100,0	100,0

*Tabella 5.6 - Ha figli?*

		Frequency	Percent	Valid Percent
Valid	No	33	15,7	22,0
	Sì	117	55,7	78,0
	Total	150	71,4	100,0
Missing		60	28,6	
Total		210	100,0	

*Tabella 5.7 - che probabilità ritiene che un giorno i suoi figli/figlie subentreranno nella gestione dell'azienda?*

		Frequency	Percent	Valid Percent
Valid	Estremamente improbabile	8	6,8	6,8
	Poco probabile	23	19,7	19,7
	Né probabile né improbabile	38	32,5	32,5
	Abbastanza probabile	24	20,5	20,5
	Estremamente probabile	24	20,5	20,5
	Total	117	100,0	100,0

*Tabella 5.8 - Qual è la forma giuridica della sua azienda?*

		Frequency	Percent	Valid Percent
Valid	imprenditore individuale, libero professionista e lavoratore autonomo	44	21,0	21,1
	società cooperativa	4	1,9	1,9
	società di capitali	1	,5	,5
	società di persone/società semplice	160	76,2	76,6
	Total	209	99,5	100,0
Missing		1	,5	
Total		210	100,0	

*Tabella 5.9 – localizzazione altimetrica*

		Frequency	Percent	Valid Percent
Valid	Collina	15	7,1	7,1
	Montagna	43	20,5	20,5
	Pianura	152	72,4	72,4
	Total	210	100,0	100,0

*Tabella 5.10 - Qual è il numero medio di capi totali annuo della sua azienda?*

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	0 - 50 capi	12	5,7	5,7	5,7
	51 - 100 capi	35	16,7	16,7	22,4
	101 - 250 capi	94	44,8	44,8	67,2
	251- 500 capi	47	22,4	22,4	89,6
	oltre 500 capi	22	10,4	10,4	100
Total	210	100,0	100,0		



*Tabella 5.11 - Qual è la tipologia di stabulazione prevalente per le vacche in lattazione?*

		Frequency	Percent	Valid Percent
Valid	Fissa	45	21,4	21,4
	Libera	165	78,6	78,6
	Total	210	100,0	100,0

*Tabella 5.12 - Ci sono edifici a uso residenziale vicino alla sua struttura e/o dove spande gli effluenti zootecnici?*

		Frequency	Percent	Valid Percent
Valid	No	97	46,2	46,2
	Sì	113	53,8	53,8
	Total	210	100,0	100,0

*Tabella 5.13 - SE HA RISPOSTO SÌ ALL'ALLA DOMANDA PRECEDENTE: Ha mai avuto problemi con il vicinato?*

		Frequency	Percent	Valid Percent
Valid	No	70	61,9	62,5
	Sì	42	37,2	37,5
	Total	112	99,1	100,0
Missing		1	,9	
Total		113	100,0	

*Tabella 5.14 - SE HA RISPOSTO SÌ ALLA DOMANDA PRECEDENTE: per quali motivi ha avuto problemi con il vicinato?*

		Count	Column N %
Odori prodotti	No	6	14,3%
	Sì	36	85,7%
Rumori generati	No	30	71,4%
	Sì	12	28,6%
Passaggio di mezzi agricoli	No	25	59,5%
	Sì	17	40,5%
Sconfinamenti	No	41	97,6%
	Sì	1	2,4%

*Tabella 5.15 – Percezione delle tematiche ambientali*

Item	media	dev. standard
preoccupazione per il cambiamento climatico	3,976	1,163
responsabilità degli allevatori	3,300	1,309
priorità sostenibilità ambientale	3,243	1,175
indice sensibilità ambientale	3,506	0,937

*Tabella 5.16 – Effetto delle variabili sociodemografiche*

Modello	Coefficienti non standardizzati		
	Beta	Standard dev.	Signif.
(Costante)	1,812	,670	,008
Età	,008	,009	,388
<b>Grado di istruzione</b>	<b>,375</b>	<b>,144</b>	<b>,010</b>
Ha figli e/o figlie?	,147	,209	,483

Tabella 5.17 - Indici Alpha Cronbach, AVE e CR

Cluster	Elementi	Factor Loading	Alpha di Cronbach	AVE	CR
<b>ATTITUDE TOWARD THE BEHAVIOUR</b>	Riduzioni Emissioni	0,994	0,846	0,475	0,723
	Riduzioni Odori	0,714			
	Gestione effluenti	0,633			
<b>PERCEIVED BEHAVIOURAL CONTROL</b>	Consulenti tecnici	0,689	0,636	0,285	0,543
	Esperienza Allevatori	0,599			
	Contributo pubblico	0,554			
<b>SUBJECTIVE NORMS</b>	Vicinato	0,699	0,615	0,217	0,440
	Altri allevatori	0,465			
	Consulenti	0,405			

Tabella 5.18 - Factor loading

			Estimate	S.E.	C.R.	P
effluenti	<---	ATB	1,000			
odori	<---	ATB	1,311	,124	10,596	<,001
emissioni	<---	ATB	1,351	,127	10,666	<,001
contibutoP	<---	PBC	1,000			
esperienza	<---	PBC	,808	,156	5,190	<,001
tecnici	<---	PBC	,866	,160	5,410	<,001
consulenti	<---	SN	1,000			
allevatori	<---	SN	,555	,134	4,148	<,001
vicinato	<---	SN	1,177	,184	6,405	<,001
Intention direct measures	<---	ATB	,211	,061	3,441	<,001
Intention direct measures	<---	PBC	,085	,039	2,194	,028
Intention direct measures	<---	SN	,048	,087	,551	,582

Tabella 5.19 – indici di bontà di adattamento adottati

Misura	Nome	Descrizione	Valore soglia*	Valore del modello
$\chi^2$	Chi square	Il test del chi-quadro indica la differenza tra le matrici di covarianza osservate e quelle previste. I valori più vicini allo zero indicano un migliore adattamento. Sensibile alla dimensione del campione.	p-value < 0,05	,00
(A)GFI	Adjusted Goodness of Fit Index	L'indice di bontà dell'adattamento (GFI) è una misura dell'adattamento tra il modello ipotizzato e la matrice di covarianza osservata. L'indice di bontà di adattamento corretto (AGFI) corregge il GFI, che è influenzato dal numero di indicatori di ciascuna variabile latente.	GFI ≥ 0,95 (A)GFI ≥ 0,90	,908 ,831
(N)NFI TLI	(Non) Normed fit Index (Tucker-Lewis Index)	Il normed fit index (NFI) analizza la discrepanza tra il valore del chi-quadro del modello ipotizzato e il valore del chi-quadro del modello nullo. Il non normed fit index (NNFI) risolve alcuni problemi di bias negativo del NFI.	NFI ≥ 0,95 (N)NFI ≥ 0,95	,853 ,892
CFI	Comparative fit Index	analizza l'adattamento del modello esaminando la discrepanza tra i dati e il modello ipotizzato, aggiustando al contempo i problemi di dimensione del campione.	CFI ≥ 0,90	,892
RMSEA	Root Mean Square Error of Approximation	Adottato per risolvere i problemi legati alle dimensioni del campione analizzando la discrepanza tra il modello ipotizzato, con stime dei parametri scelte in modo ottimale, e la matrice di covarianza della popolazione.	RMSEA < 0,08	,107
(S)RMR	standardized root mean squared residual	Il residuo quadratico medio standardizzato (SRMR) è la radice quadrata della discrepanza tra la matrice di covarianza del campione e la matrice di covarianza del modello.	(S)RMR < 0,08	0,905

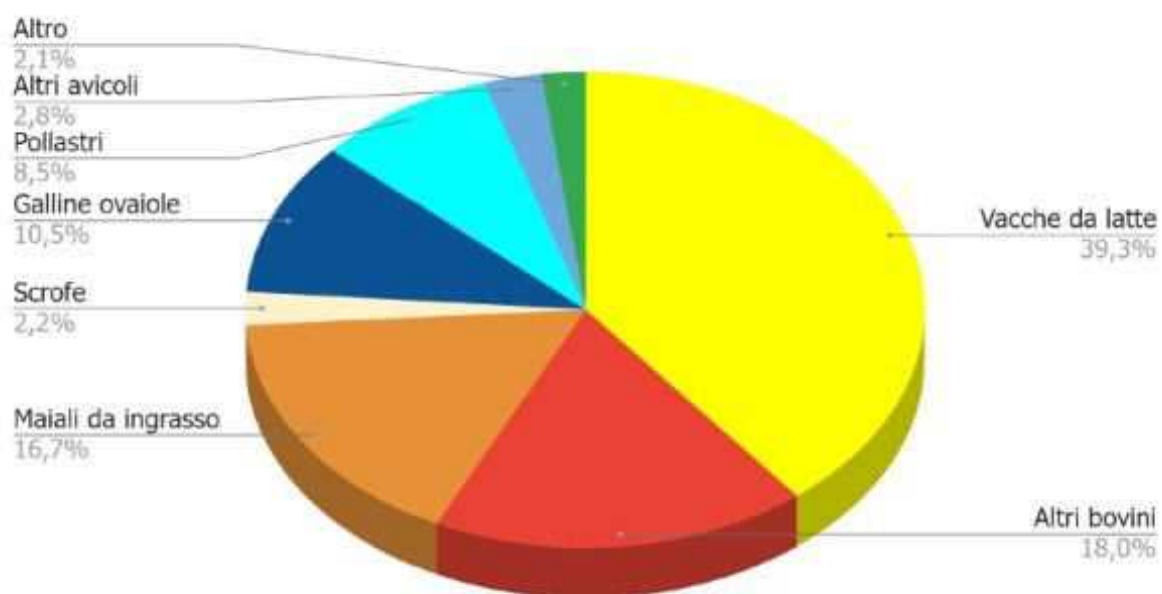
\*linee guida della Cornell University

Tabella 5.20 - cluster e variabili sociodemografiche

gruppo	età media	Laurea o superiore
1 - alto ATB, SN, PBC	46,59	22,00%
2 - basso SN, alto PBC	45,57	18,40%
3 - basso ATB, SN, PBC	43,92	6,40%
Totale	45,12	14,40%

## FIGURE

Figura 0.1 – Ripartizione dell'emissione di  $NH_3$  nei diversi comparti zootecnici dell'Emilia-Romagna (Arpae, 2022)



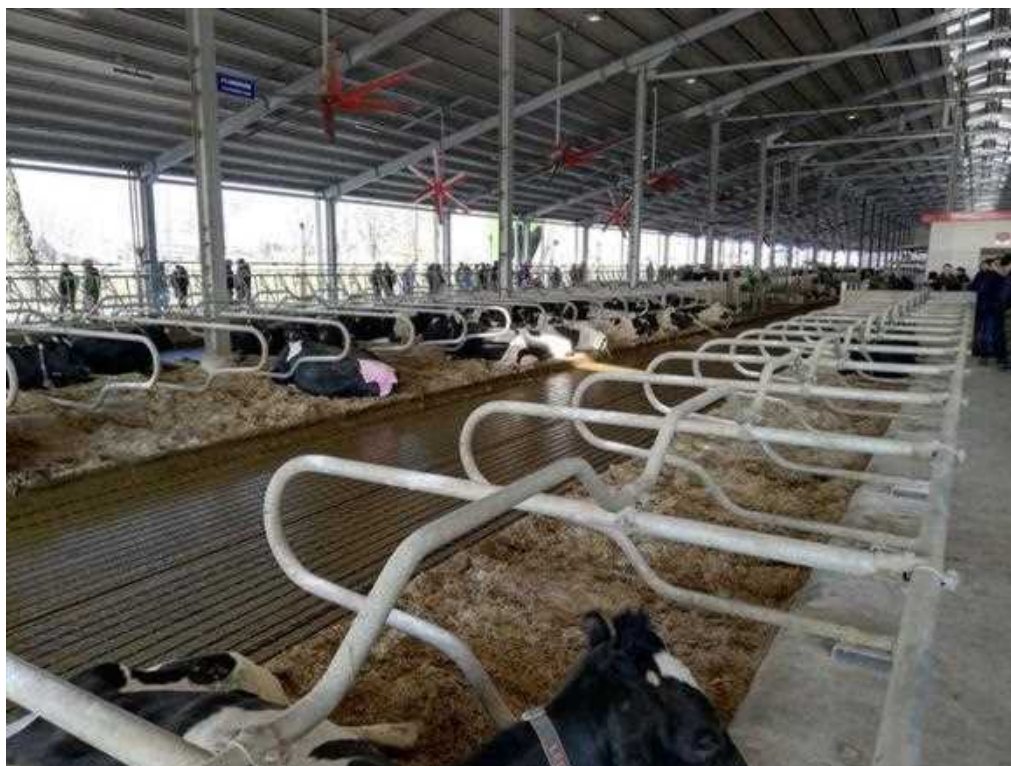
*Figura 1.1 – Tetto a due falde simmetriche in stalla per vacche da latte*



*Figura 1.2 – Zona di riposo a lettiera*



*Figura 1.3 – Corsia di smistamento fra le cuccette*



*Figura 1.4 – Impianto di ventilazione di soccorso estivo*



*Figura 1.5 – Stalla a stabulazione fissa*



*Figura 1.6 – Concimaia a platea per lo stoccaggio del materiale palabile*





*Figura 1.7 – Vasche di calcestruzzo armato per lo stoccaggio del liquame*



Figura 3.1 – Impronta di carbonio per kg di latte delle 3 aziende partner

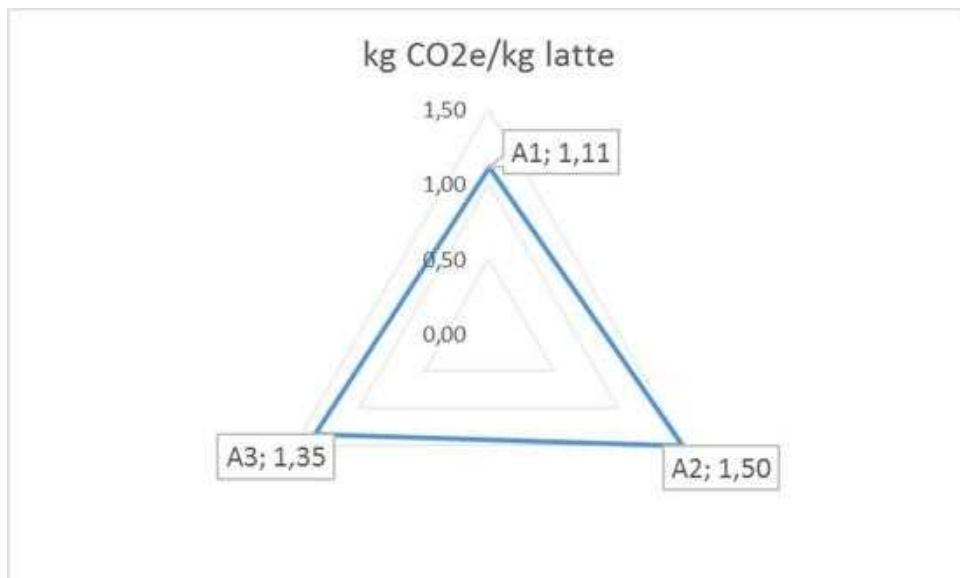


Figura 4.1 – Rilievo delle emissioni dalle superfici della posta fissa



*Figura 4.2 – Rilievo delle emissioni dalle superfici delle corsie*



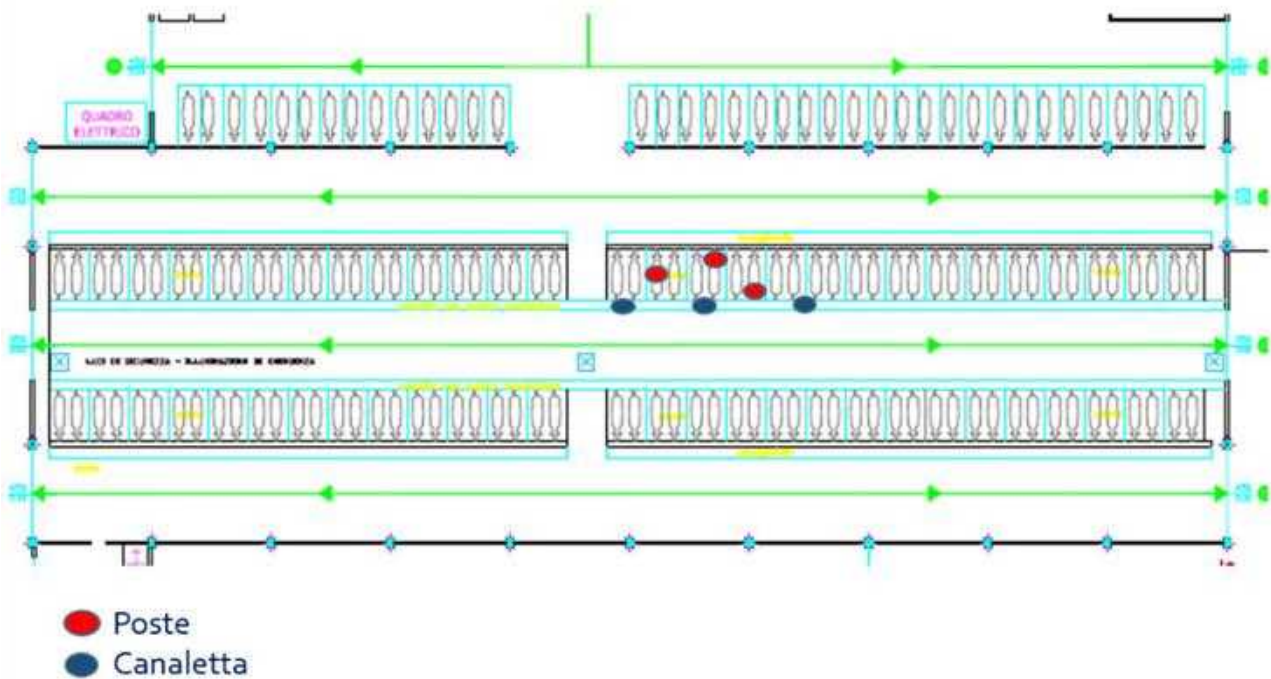
*Figura 4.3 – Analizzatore fotoacustico multigas*



Figura 4.4 – Analizzatore fotoacustico multigas



Figura 4.5 – Azienda 1: pianta con indicazione dei punti di monitoraggio



*Figura 4.6 – Azienda 1: corsia di foraggiamento*



*Figura 4.7 – Azienda 1: poste fisse*



*Figura 4.8 – Azienda 1 durante il monitoraggio dei gas dalla cunetta*



*Figura 4.9 – Azienda 2: una delle corsie di foraggiamento*



*Figura 4.10 – Azienda 2: zona di alimentazione*



*Figura 4.11 – Azienda 2: durante il monitoraggio delle cuccette*



Figura 4.12 – Azienda 2: pianta con indicazione dei punti di monitoraggio

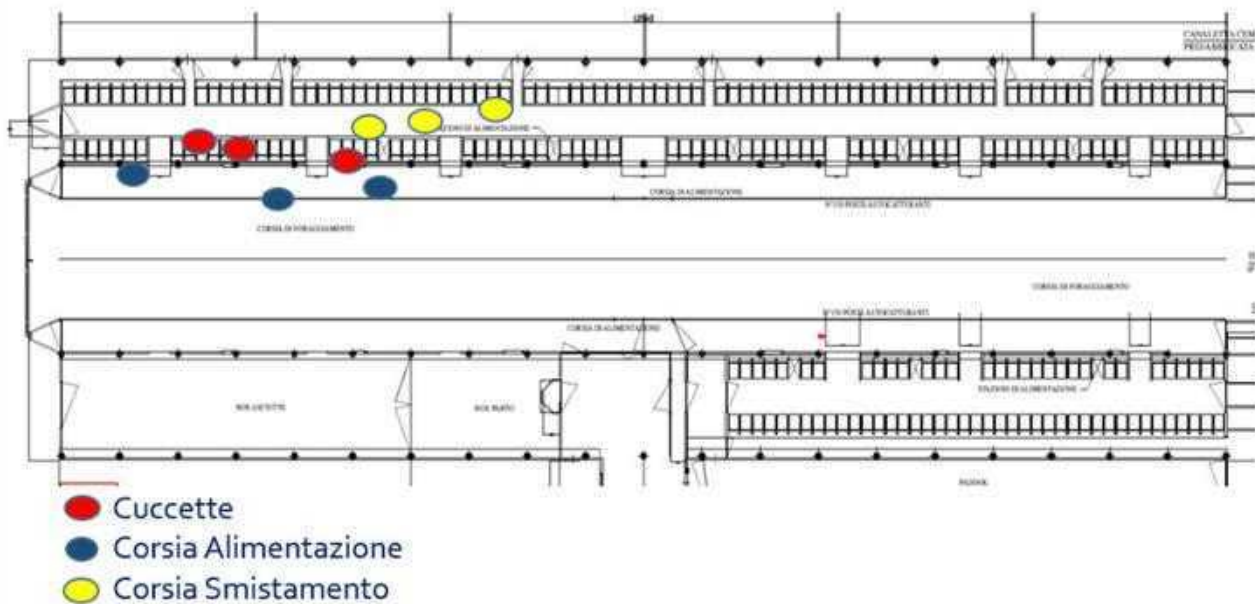
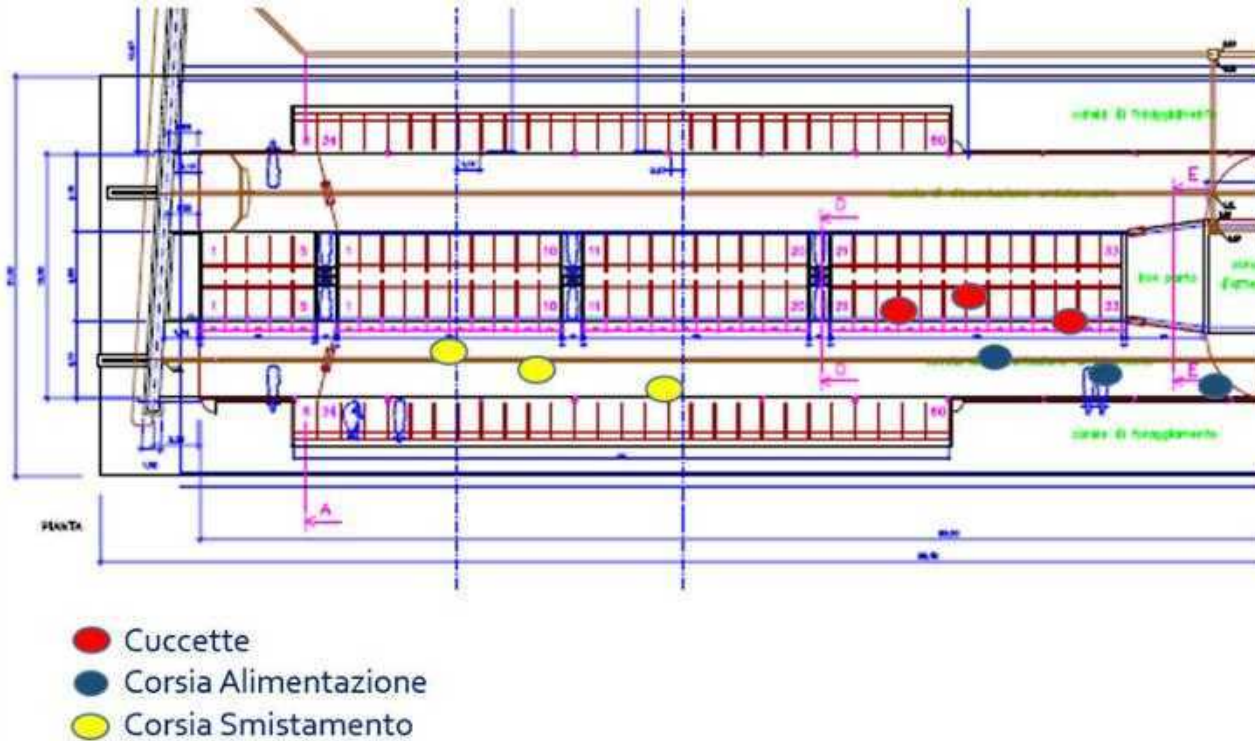


Figura 4.13 – Azienda 3: pianta con indicazione dei punti di monitoraggio





*Figura 4.14 – Azienda 3: zona di riposo a cuccette*



*Figura 4.15 – Azienda 3: zona di alimentazione*



Figura 4.16 – Emissioni di ammoniaca dalle superfici della stalla (valori medi e barra di deviazione standard)

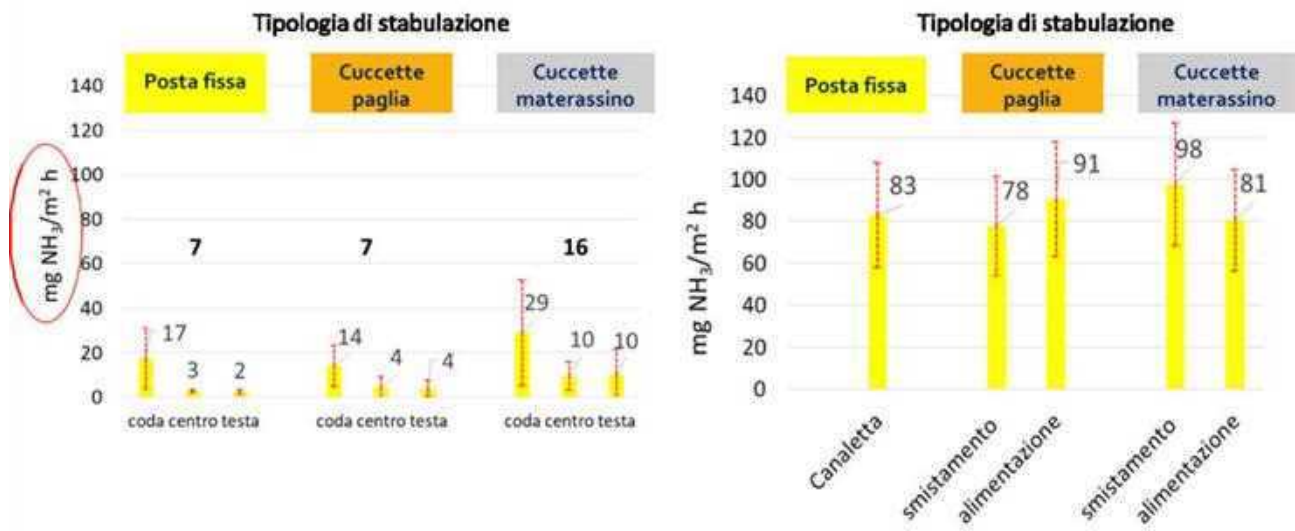


Figura 4.17 – Emissioni di protossido d'azoto dalle superfici della stalla (valori medi e barra di deviazione standard)

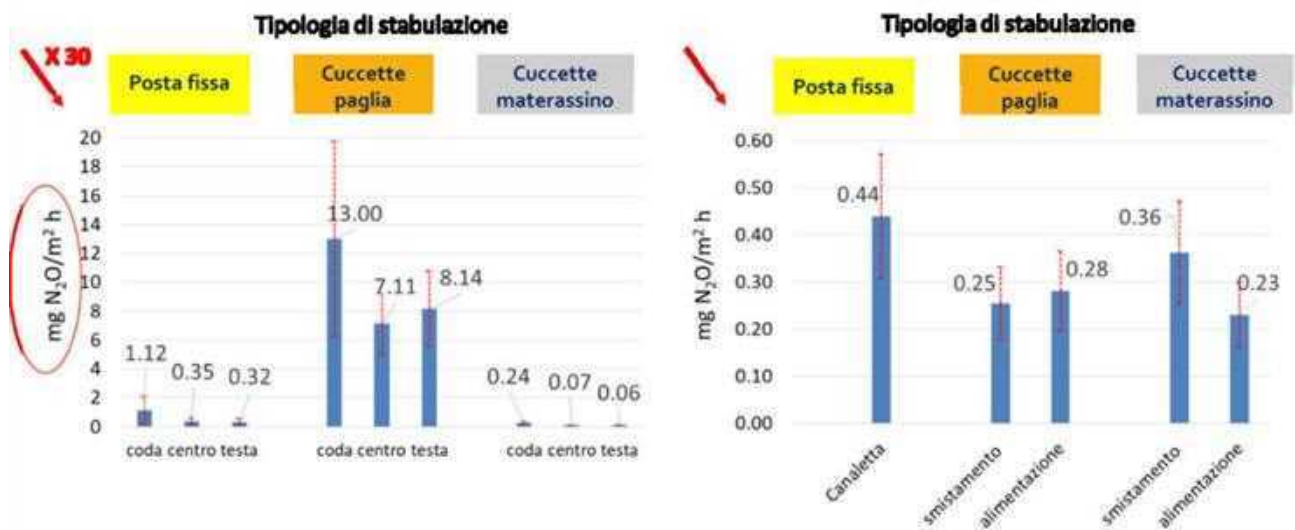


Figura 4.18 – Emissioni di metano dalle superfici della stalla (valori medi e barra di deviazione standard)



Figura 4.19 – Emissioni annuali di ammoniaca dalle superfici della stalla rapportate al capo

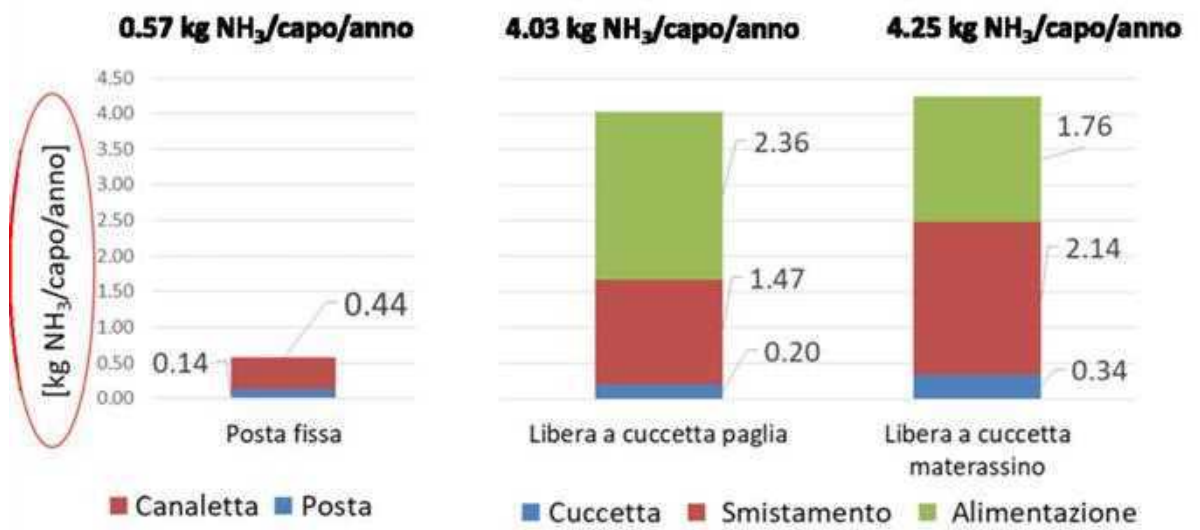


Figura 4.20 – Emissioni annuali di GHG dalle superfici della stalla rapportate al capo



Figura 5.1 – Un quadro integrato dei fattori comportamentali che influenzano l'adozione di pratiche ecosostenibili da parte degli agricoltori. Meccanismi e pregiudizi (bias) in corsivo (Dessart et al., 2019)

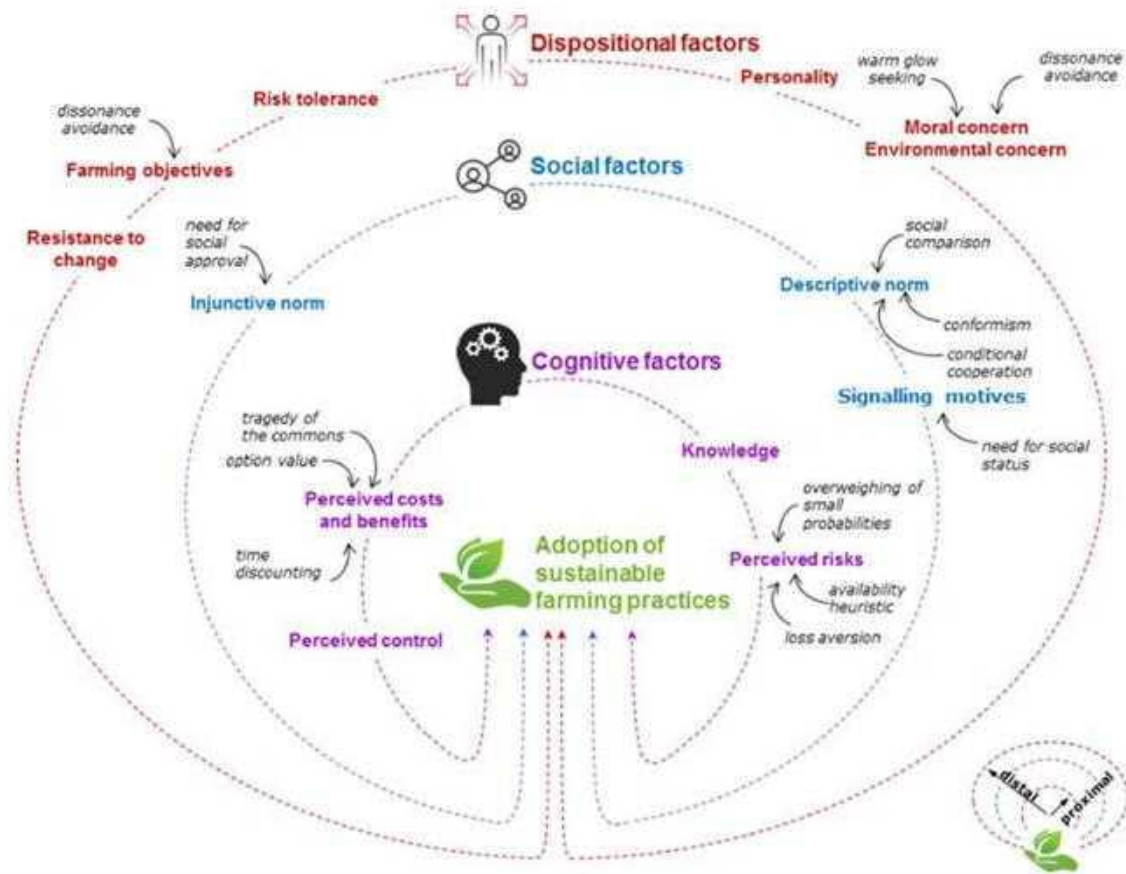


Figura 5.2 – Theory of Planned Behaviour (Ajzen, 1991)

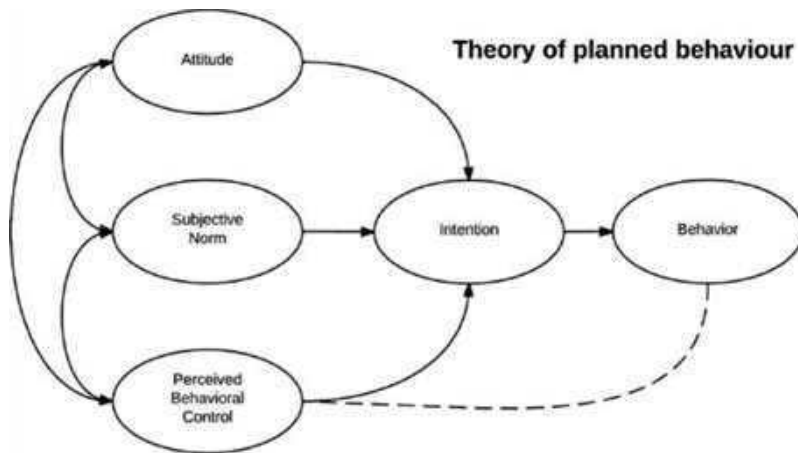


Figura 5.3 – Esempio di diagramma di equazione strutturale

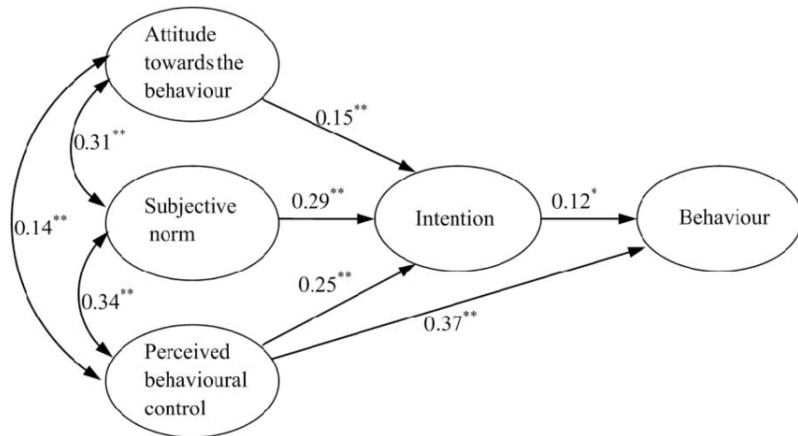


Figura 5.4 – Modello TPB disaggregato per tipologia di misura diretta e indiretta (Läpple & Kelley, 2013 from Ajzen)

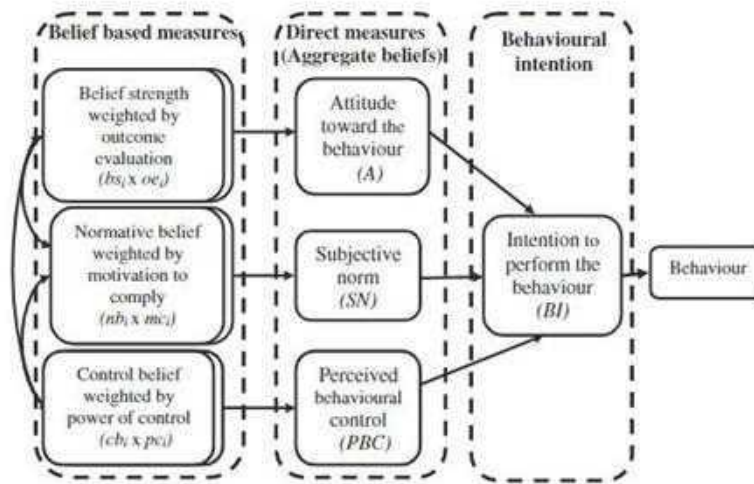


Figura 5.5 – Percezione tematiche ambientali

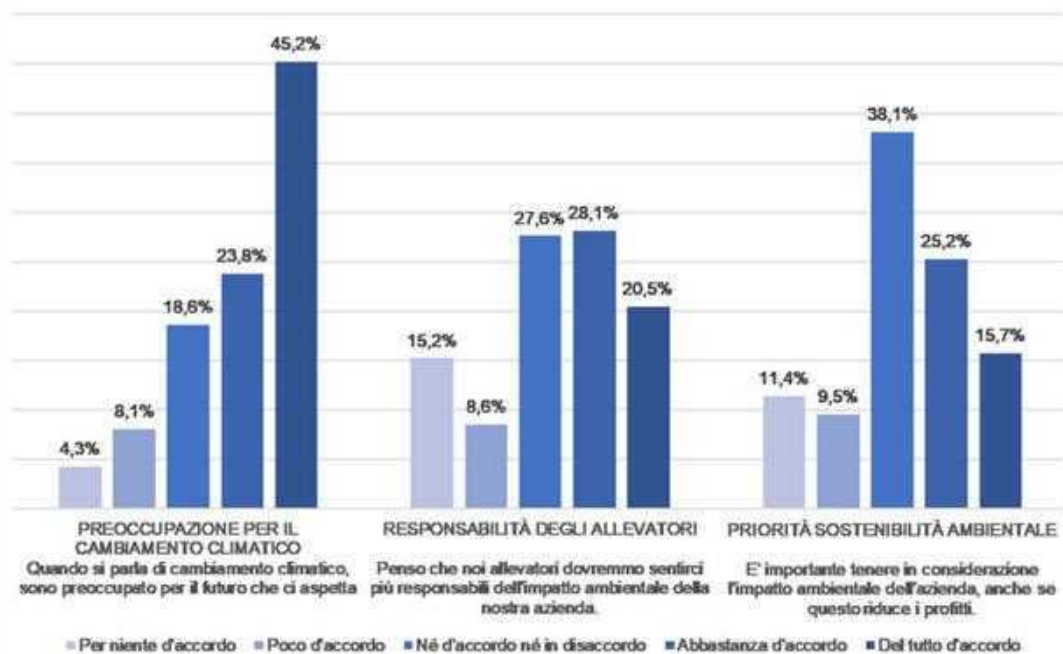


Figura 5.6 – Intenzione a coprire gli stoccaggi

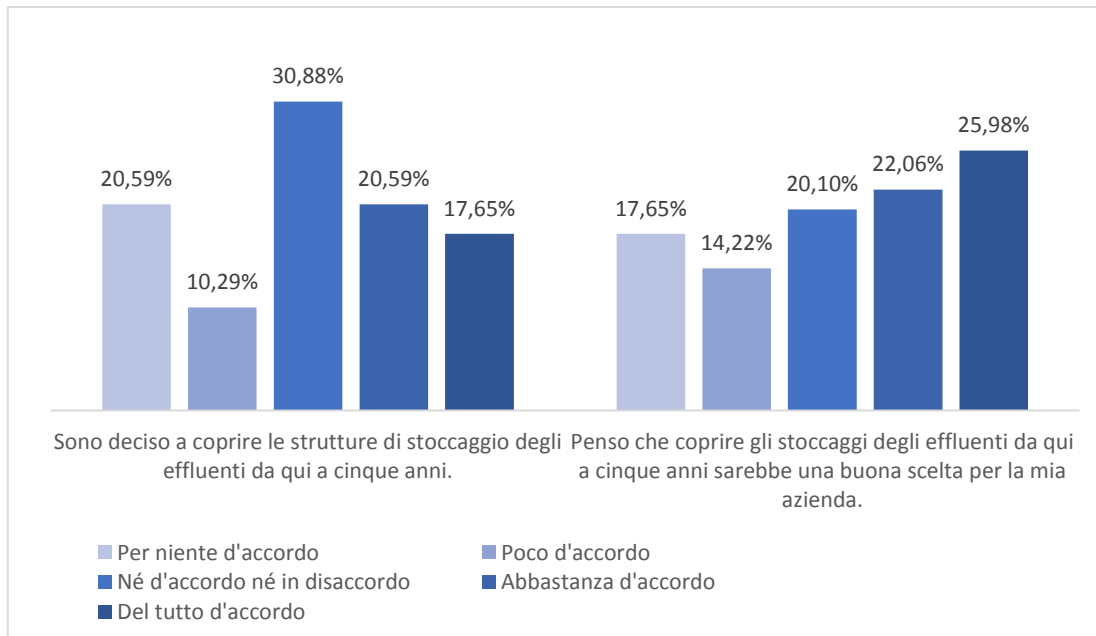


Figura 5.7 - Modello grafico SEM

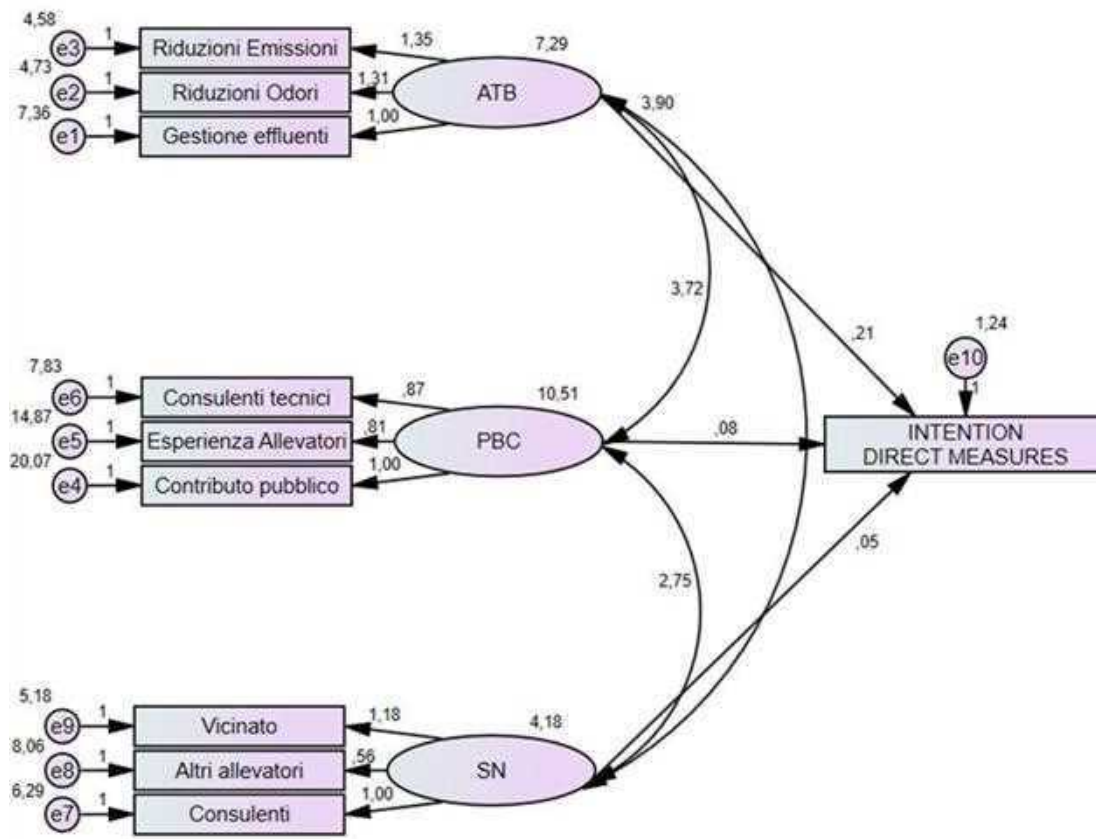


Figura 5.8 - Valori items ATB

ELEMENTO	QUESITO	MEDIA (MIN 1, MAX 5)	DEV. ST.
RIDUZIONE EMISSIONI	Come allevatore, penso sia molto importante ridurre le emissioni causati dalla mia azienda.	3,72	1,269
	Penso che coprire gli stoccaggi degli effluenti mi permetterebbe di ridurre le emissioni nocive prodotte dalla mia azienda.	3,18	1,377
RIDUZIONE ODORI	Come allevatore, penso sia molto importante ridurre gli odori causati dalla mia azienda.	3,27	1,312
	Penso che coprire gli stoccaggi degli effluenti mi permetterebbe di ridurre gli odori causati dalla mia azienda.	2,9	1,379
OTTIMIZZAZIONE GESTIONE EFFLUENTI	Come allevatore, penso sia molto importante ottimizzare la gestione degli effluenti.	4,35	0,953
	Penso che coprire gli stoccaggi degli effluenti mi permetterebbe di ottimizzare la gestione degli effluenti.	3,22	1,397

Figura 5.9 - Valori items SN

ELEMENTO	QUESITO	MEDIA (MIN 1, MAX 5)	DEV. ST.
VICINI	Per accontentare i miei vicini dovrei coprire gli stoccaggi degli effluenti.	2,33	1,284
	penso che accontentare chi abita vicino alla mia azienda sia necessario.	3,2	1,305
PARERI TECNICI	I miei consulenti tecnici mi consigliano di coprire gli stoccaggi degli effluenti .	2,59	1,277
	tendo a seguire il parere dei miei consulenti tecnici.	3,63	1,092
ALTRI ALLEVATORI	Gli altri allevatori che conosco hanno coperto lo stoccaggio degli effluenti, o hanno intenzione di farlo a breve.	2,24	1,129
	In generale, mi interessa sapere cosa fanno gli altri allevatori.	3	1,339

Figura 5.10 - Valori items PBC

ELEMENTO	QUESITO	MEDIA (MIN 1, MAX 5)	DEV. ST.
CONTRIBUTI PUBBLICI	Senza contributi pubblici per me sarebbe difficile coprire gli stoccaggi degli effluenti da qui a cinque anni.	4,2	1,205
	Penso di essere in grado di ottenere i contributi pubblici per finanziare la copertura degli stoccaggi degli effluenti.	3,6	1,251
TECNICI COMPETENTI	Senza il consiglio di un tecnico competente, per me sarebbe difficile coprire gli stoccaggi degli effluenti da qui a cinque anni.	3,34	1,343
	Penso di essere in grado di trovare consulenti tecnici competenti sulla copertura degli stoccaggi degli effluenti.	3,6	1,129
ESPERIENZA ALTRI ALLEVATORI	Senza aver visto prima dal vivo le possibili soluzioni tecniche, per me sarebbe difficile coprire gli stoccaggi degli effluenti da qui a cinque anni.	3,35	1,33
	Se prima di fare un investimento voglio vedere come è stato fatto da altri allevatori, per me è abbastanza facile trovare da chi andare.	3,45	1,26



Figura 5.11 - Cluster analysis rispondenti

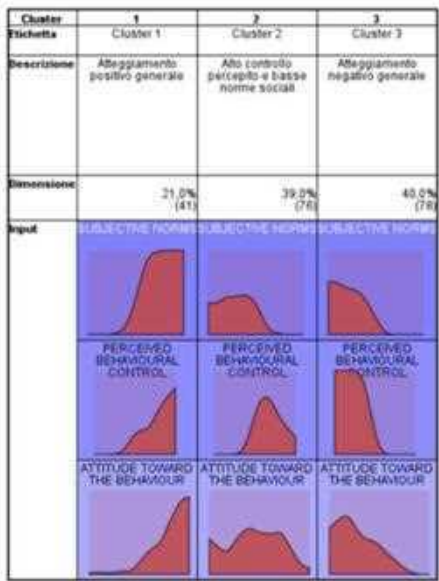
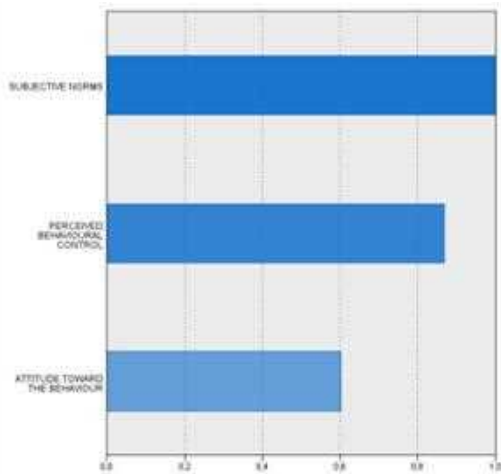


Figura 5.12 -Importanza predittore



## BIBLIOGRAFIA

- Ailon, G. (2020). The Phenomenology of Homo Economicus. *Sociological Theory*, 38(1).  
<https://doi.org/10.1177/0735275120904981>
- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 179–211. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-T](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T)
- Ajzen, I., & Fishbein, M. (1977). Attitude-Behavior Relations: A Theoretical Analysis and. *Review of Empirical Research, Psychological Bulletin*.
- Anderson N.J., Strader R., Davidson C.I. (2003) Airborne reduced nitrogen: ammonia emission from agriculture and other sources. *Environ. Int.* 29, 277-286.
- Brewer S.K., Costello T.A. (1999) In situ measurement of ammonia volatilization from broiler litter using an enclosed air chamber. *Transactions of the ASAE*. 42 (5): 1415-1422.
- Coquil, X., Cerf, M., Auricoste, C., Joannon, A., Barcellini, F., Cayre, P., Chizallet, M., Dedieu, B., Hostiou, N., Hellec, F., Lusson, J. M., Olry, P., Omon, B., & Prost, L. (2018). Questioning the work of farmers, advisors, teachers and researchers in agro-ecological transition. A review. In *Agronomy for Sustainable Development* (Vol. 38, Issue 5). <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0524-4>
- De Silva, D. G., & Pownall, R. A. J. (2014). Going green: does it depend on education, gender or income? *Applied Economics*, 46(5). <https://doi.org/10.1080/00036846.2013.857003>
- Demmers T.G.M., Burgess L.R., Short J.L., Phuillips V.R., Clarrk J.A., Wathers J.A. (1998) First experience with methods to measure ammonia emissions from naturally ventilated cattle building in the UK. *Atmospheric environment*. 32: 285-294.
- Dessart, F. J., & van Bavel, R. (2017). Two converging paths: behavioural sciences and social marketing for better policies. *Journal of Social Marketing*, 7(4).  
<https://doi.org/10.1108/JSOCM-04-2017-0027>
- Dessart, F. J., Barreiro-Hurlé, J., & van Bavel, R. (2019). Behavioural factors affecting the adoption of sustainable farming practices: a policy-oriented review. *European Review of Agricultural Economics*, 46(3), 417–471. <https://doi.org/10.1093/erae/jbz019>

- Diamantopoulos, A., Schlegelmilch, B. B., Sinkovics, R. R., & Bohlen, G. M. (2003). Can socio-demographics still play a role in profiling green consumers? A review of the evidence and an empirical investigation. In *Journal of Business Research* (Vol. 56, Issue 6).  
[https://doi.org/10.1016/S0148-2963\(01\)00241-7](https://doi.org/10.1016/S0148-2963(01)00241-7)
- European Commission. (2018). COM(2018) 392. In *Official Journal of the European Union* (Vol. 0216, Issue 1305).
- Fishbein, M., & Ajzen, I. (2011). *Predicting and Changing Behavior*. Psychology Press.  
<https://doi.org/10.4324/9780203838020>
- González, J., de Boeck, P., & Tuerlinckx, F. (2008). A Double-Structure Structural Equation Model for Three-Mode Data. *Psychological Methods*, 13(4). <https://doi.org/10.1037/a0013269>
- Gourley C.J.P., Aarons S.R., Powell J.M. (2012) Nitrogen use efficiency and manure management practices in contrasting dairy. *Agric. Ecosyst. Environ.* 147, 73-81.
- Halek, M., & Eisenhauer, J. G. (2001). Demography of Risk Aversion. *The Journal of Risk and Insurance*, 68(1). <https://doi.org/10.2307/2678130>
- Horning G., Turk M., Wanka U. (1999) Slurry covers to reduce ammonia emission and odor nuisance. *J. Agric. Eng. Res.* 73, 151-157.
- IPCC (2014) Climate Change 2014 Part A: Global and Sectoral Aspects, Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- ISPRA (2019) Greenhouse Gas Inventory 1990-2017: National Inventory Report 2019. Rapporti 307/2019, aprile.
- Läpple, D., & Kelley, H. (2013). Understanding the uptake of organic farming: Accounting for heterogeneities among Irish farmers. *Ecological Economics*, 88.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.12.025>
- Levine, J., Chan, K. M. A., & Satterfield, T. (2015). From rational actor to efficient complexity manager: Exorcising the ghost of Homo economicus with a unified synthesis of cognition research. In *Ecological Economics* (Vol. 114). <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.03.010>
- Meyer, A. (2015). Does education increase pro-environmental behavior? Evidence from Europe.

*Ecological Economics*, 116. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.04.018>

OECD. (2012). *Farmer Behaviour, Agricultural Management and Climate Change*. OECD.

<https://doi.org/10.1787/9789264167650-en>

Pedersen A.R., Petersen S.O., Vinther F.P. (2001) Stochastic diffusion model for estimating trace gas emissions with static chamber. *Soil. Science Soc. Am.*: 49-58.

Place S.E., Mitloehner F.M. (2010) Contemporary environmental issues: a review of the dairy industry's role in climate change and air quality and the potential of mitigation through improved production efficiency. *J. Dairy Sci.* 93, 3407-3416.

Rotz C.A. (2004) Management to reduce nitrogen losses in animal production. *J. Anim. Sci.* 82, 119-137.

Schlüter, M., Baeza, A., Dressler, G., Frank, K., Groeneveld, J., Jager, W., Janssen, M. A., McAllister, R. J., Müller, B., Orach, K., Schwarz, N., & Wijermans, N. (2017). A framework for mapping and comparing behavioural theories in models of social-ecological systems. *Ecological Economics*, 131, 21–35. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLECON.2016.08.008>

Siebenhuner, B. (2000). Homo sustinens - Towards a new conception of humans for the science of sustainability. In *Ecological Economics* (Vol. 32, Issue 1). [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(99\)00111-1](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00111-1)

Silva, J. R. da, Mauad, J. R. C., Domingues, C. H. de F., Marques, S. C. C., & Borges, J. A. R. (2020). Understanding the intention of smallholder farmers to adopt fish production. *Aquaculture Reports*, 17, 100308. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100308>

Smith M.A., Cain M., Allen M.R. (2021) Further improvement of warming-equivalent emissions calculation. *Climate and Atmospheric Science* 4:19 (<https://doi.org/10.1038/s41612-021-00169-8>).

Sok, J., Borges, J. R., Schmidt, P., & Ajzen, I. (2021). Farmer Behaviour as Reasoned Action: A Critical Review of Research with the Theory of Planned Behaviour. *Journal of Agricultural Economics*, 72(2), 388–412. <https://doi.org/10.1111/1477-9552.12408>

Streletskaya, N. A., Bell, S. D., Kecinski, M., Li, T., Banerjee, S., Palm-Forster, L. H., & Pannell, D. (2020). Agricultural adoption and behavioral economics: Bridging the gap. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 42(1). <https://doi.org/10.1002/aepp.13006>

- The World Bank. (2015). *World Development Report 2015: Mind, Society, and Behavior*. The World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-0342-0>
- Thomas, F., Midler, E., Lefebvre, M., & Engel, S. (2021). Greening the common agricultural policy: a behavioural perspective and lab-in-the-field experiment in Germany. *European Review of Agricultural Economics*, 46(3). <https://doi.org/10.1093/erae/jbz014>
- van den Bergh, J. C. J. M., Ferrer-I-Carbonell, A., & Munda, G. (2000). Alternative models of individual behaviour and implications for environmental policy. *Ecological Economics*, 32(1). [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(99\)00088-9](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00088-9)
- VanderZaag A.C., Gordon R.J., Jamieson R.C., Burton D.L., Stratton G.W. (2010) Permeable synthetic covers for controlling emission from liquid dairy manure. *Appl. Eng. Agric.* 26, 287-297.
- Wicker, A. W. (1969). Attitudes versus Actions: The Relationship of Verbal and Overt Behavioral Responses to Attitude Objects. *Journal of Social Issues*, 25(4). <https://doi.org/10.1111/j.1540-4560.1969.tb00619.x>