



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Agronomia Animali Alimenti Risorse naturali e Ambiente

Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali

Corso di Laurea in Scienze e Tecnologie Animali

TESI DI LAUREA

Evoluzione tecnologica negli allevamenti di vacche da latte nella provincia di Trento

Technical evolution in dairy farms in the province of Trento

Relatore:

Prof. Andrea Pezzuolo

Correlatore:

Ing. Giovanni Ferrari

Laureando:

Romina Ferrari

Matricola n. 1234571

ANNO ACCADEMICO 2021/2022

INDICE

RIASSUNTO	5
ABSTRACT.....	6
1 INTRODUZIONE.....	7
1.1 La zootecnia di montagna	7
1.2 Obiettivo della tesi	10
2 LA MUNGITURA AUTOMATICA	11
2.1 Obiettivi e potenzialità applicative	11
2.2 Principali soluzioni tecnico-costruttive.....	17
2.3 Sensoristica e gestione del dato	21
2.4 Inserimento e ubicazione del sistema robotizzato.....	27
2.5 Sistemi di traffico.....	32
3 MATERIALI E METODI.....	37
3.1 Struttura del questionario	37
3.2 Dati rilevati	38
3.3 Caratteristiche del campione intervistato	40
4 RISULTATI.....	43
4.1 Situazione aziendale.....	43
4.2 Applicazione della mungitura automatica.....	46
4.3 Manutenzione e adattamenti strutturali per l'installazione dell'ams	56
4.4 Sensoristica e innovazione: quali vantaggi per l'animale e per l'allevatore	60
CONCLUSIONI	65
BIBLIOGRAFIA	67

RIASSUNTO

L'introduzione dell'automazione negli allevamenti di bovine da latte della provincia autonoma di Trento, in particolar modo del sistema di mungitura automatico, è avvenuta in modo significativo nell'ultimo decennio. I sistemi di mungitura automatica (o Automatic Milking Systems – AMS) rappresentano una valida alternativa alla tradizionale gestione della mungitura mediante sala di mungitura ed ha avuto un sensibile impatto nelle aziende trentine, influenzando molti aspetti dell'allevamento da latte. I motivi di questa scelta sono da ricercarsi nella sempre maggiore difficoltà di reperire manodopera, nello svincolare l'allevatore dalle operazioni di mungitura e nell'aumentare e valorizzare il concetto di benessere animale.

Obiettivo di questo lavoro di tesi è proprio quello di analizzare l'evoluzione delle realtà zootecniche trentine dal punto di vista della mungitura, dell'alimentazione e della struttura aziendale al fine di ottenere un quadro generale su come è avvenuta l'automazione. Mediante un questionario di valutazione aziendale, si è approfondito un campione di 20 allevamenti di bovine da latte situati all'interno della provincia di Trento che hanno deciso di adottare un sistema di mungitura automatico. I principali risultati riscontrati sono una media di bovine in lattazione pari a 60,25 vacche/AMS (deviazione standard pari a 25,86) con una produzione media giornaliera di 32,4 kg/vacca/giorno (deviazione standard pari a 5,69), 2,8 mungiture vacca/giorno (deviazione standard pari a 0,33) e una percentuale di occupazione pari a 77,6% (deviazione standard pari a 17,91). L'introduzione dell'AMS è avvenuta per il 70% in strutture già esistenti e per l'80% dei casi il posizionamento è avvenuto in testata alla stalla.

Prevale il traffico libero nella maggior parte degli allevamenti (90%), lasciando libertà alle bovine di entrare nello stallo di mungitura quando lo desiderano. Infine, è emerso come l'obiettivo degli allevatori non sia stato esclusivamente quello di raggiungere una maggiore produzione ma anche di migliorare le proprie condizioni di lavoro e mettere in primo piano il benessere animale.

In conclusione, dallo studio è emerso come l'automazione possa rappresentare uno strumento percorribile sia in piccoli allevamenti localizzati nelle zone più svantaggiate, come la montagna, che in realtà più strutturate, ottenendo importanti benefici nonostante le notevoli differenze riscontrate tra un allevamento e l'altro.

ABSTRACT

The introduction of automation in dairy farms in the autonomous province of Trento, especially the automatic milking system, has occurred significantly in the last decade. Automatic Milking Systems (AMS) represent a valid alternative to the traditional management of milking by milking room and has had a significant impact on livestock farms in Trentino, influencing many aspects of dairy farming. The reasons for this choice are to be found in the increasing difficulty of finding labour, in freeing the farmer from milking operations and in increasing and enhancing the concept of animal welfare.

The aim of this thesis is precisely to analyze the evolution of the zootechnical realities of Trentino from the point of view of milking, feeding and zootenic structure in order to obtain a general picture of how automation took place. A sample of 20 dairy farms in the province of Trento, which decided to adopt an automatic milking system, was analysed in depth using a farm evaluation questionnaire. The main findings were an average of lactating cows of 60,25 cows/AMS (standard deviation of 25,86) with an average daily production of 32,4 kg/cow/day (standard deviation of 5,69), 2,8 cow milking/day (standard deviation of 0.33) and an employment rate of 77,6% (standard deviation of 17.91). The introduction of AMS took place for 70% in existing structures and for 80% of the cases the positioning took place in the headroom. Free traffic prevails in most farms (90%), leaving the cows free to enter the milking rum when they wish. Finally, it emerged that the aim of farmers was not only to achieve more production but also to improve their working conditions and put animal welfare first.

In conclusion, the study showed that automation can be a useful tool both in small farms located in the most disadvantaged areas, such as the mountains, as well as in more structured realities, obtaining important benefits despite the significant differences found between a farm and the other.

1 INTRODUZIONE

1.1 LA ZOOTECCNIA DI MONTAGNA

La zootecnia di montagna è uno dei comparti portanti dell'economia dell'arco alpino italiano ma anche delle zone montane dell'Unione Europea dove si trovano più del 15% del totale delle aziende agricole con il 12,5% dei bovini allevati totali (Rossi, 2019). In tali aree, l'attività zootecnica si concentra maggiormente nelle zone a più elevata altitudine, ed è proprio grazie a questa tipologia di allevamento che viene mantenuto e gestito il territorio alpino. Infatti, oltre ad avere un ruolo fondamentale per l'economia locale delle aziende zootecniche, negli ultimi anni sta assumendo un ruolo importante di tutela e gestione del territorio, nella preservazione del paesaggio tipico alpino con l'alternanza di prati, pascoli e boschi e nella tutela della biodiversità (Bertanza e Ferrari, 2019).

La maggior parte delle aziende zootecniche sono fortemente integrate nel contesto territoriale in cui si trovano e nel modello produttivo alpino. Nel fondovalle sono principalmente presenti realtà con mediamente un numero maggiore di capi allevati, adottando soprattutto negli ultimi anni un modello produttivo prossimo alle aziende di pianura, facendo sempre più ricorso all'utilizzo di alimenti extra aziendali per far fronte alle elevate esigenze nutrizionali degli animali. Le aziende che si collocano nelle valli più lontane dal fondovalle hanno da sempre adottato una tipologia di allevamento meno intensiva, con un numero medio di capi inferiore alle 40 unità e con un'alimentazione basata principalmente sull'utilizzo del fieno prodotto nelle zone locali e dall'utilizzo dei pascoli durante la stagione estiva (Battaglini et al., 2010).

Negli ultimi anni si è assistito ad una diminuzione complessiva del numero di allevamenti di vacche da latte e alla conseguente riduzione del patrimonio zootecnico, il quale è andato a concentrarsi in realtà produttive di maggiore dimensione. Questo ha permesso di migliorare l'organizzazione, la gestione e la redditività degli allevamenti e a una conseguente variazione e modifica dei sistemi di conduzione e manutenzione del territorio, in particolar modo per quanto riguarda il settore dei prati e dei pascoli (Bertanza e Ferrari, 2019). Il patrimonio zootecnico negli ultimi decenni ha infatti attraversato un'importante fase di ristrutturazione, sia dal punto di vista del numero di animali allevati, sia per quanto riguarda le razze. Prendendo come esempio la Provincia Autonoma di Trento è possibile notare che il numero di capi dal 1951 al 2017 si sia dimezzato, mentre la quantità di latte prodotta è rimasta pressoché invariata (Tab. 1.1.1). Questo significa che il progresso genetico, le tecnologie e la

richiesta di un maggiore controllo della salute e benessere animale hanno permesso di produrre lo stesso quantitativo di latte con la metà delle bovine (Bertanza e Ferrari, 2019). È stato riscontrato infatti un aumento del numero di animali ad alto valore genetico come la Frisona e la Bruna dovuto al fatto che per sostenere gli elevati costi di produzione è stato necessario introdurre in allevamento animali più produttivi a discapito di quelli meno produttivi ma più adatti morfologicamente ad un ambiente montano (Battaglini et al., 2010).

Tabella 1.1.1 Numero di capi bovini e produzione di latte in provincia di Trento (1939-2017) (Bertanza e Ferrari, 2019)

Anno	Numero capi		Numeri indice (base 1939 = 100)	Latte (tonnellate)	Numeri indice (base 1951 = 100)
	Totale	Vacche da latte			
1951	101.289	58.389	108,83	140.000	100,00
2001	46.500	24.500	45,66	138.000	98,57
2005	47.202	24.617	45,88	132.100	94,36
2007	47.674	24.608	45,87	133.480	95,34
2008	47.443	24.099	44,92	127.671	91,19
2009	46.034	22.891	42,67	131.343	93,82
2010	45.862	22.940	42,76	129.293	92,35
2011	46.604	23.329	43,48	131.867	94,19
2012	47.118	23.277	43,39	138.612	99,01
2013	47.102	23.528	43,85	133.012	95,01
2014	46.596	22.975	42,82	132.806	94,86
2015	47.796	23.823	44,40	139.010	99,29
2016	47.723	23.354	43,53	145.120	103,66
2017	47.384	23.550	43,89	148.800	106,29

La stalla di montagna è stata quindi luogo di importanti cambiamenti negli anni. Tradizionalmente era parte integrante della casa contadina, posizionata al piano terra dell'abitazione con la forma tipica del soffitto a “volta a botte”. Era di ridotte dimensioni, buia e concepita per proteggere gli animali dal freddo, i quali erano legati alla catena su posta fissa (Figura 1.1.1). Con l'evoluzione della stalla a stabulazione libera (Figura 1.1.2), è stata possibile la meccanizzazione delle varie operazioni, supportando o rendendo totalmente automatizzate le operazioni di pulizia, foraggiamento, distribuzione dei mangimi e della mungitura (Brodesco et al., 2004). Inoltre, è stato fatto ricorso alla sensoristica in grado di rilevare le principali attività degli animali e il controllo ambientale.

Il passaggio da stabulazione fissa, ancora presente nelle aziende con un numero ridotto di animali allevati e situate nelle zone più svantaggiate, alla stabulazione libera ha modificato

fortemente la gestione dell'allevamento ed in particolare delle operazioni di mungitura, passando da una mungitura "alla posta" ad una sala dedicata alla mungitura fino ad una sua completa automazione grazie all'impiego di Automatic Milking Systems (AMS).

La sala di mungitura (Figura 1.1.3), ad oggi, è quella ancora maggiormente diffusa nelle stalle di montagna, che a seconda del modello e dell'età dell'impianto può essere dotata di sistemi di automazione, come gli stacchi automatici, strumenti che controllano l'andamento della mungitura, la gestione dell'animale o che incrementano la produttività media dell'impianto stesso (Sangiorgi et al., 2014).

Figura 1.1.1: Stalla a stabulazione fissa con lattodotto a linea alta



Figura 1.1.2: Stalla a stabulazione libera



Figura 1.1.3: Sala di mungitura a spina di pesce (4+4)



Il ricorso alle tecnologie e all'automazione ha visto negli ultimi anni un'importante evoluzione grazie anche al progresso tecnologico che ha permesso di migliorare l'efficienza, di ridurre i costi d'acquisto di tali tecnologie e di offrire un servizio di assistenza migliore (Zucchi et al., 2004). Anche nelle zone di montagna, dove le dimensioni aziendali sono inferiori rispetto a quelle di pianura e la gestione delle aziende è di tipo familiare, vanno

diffondendo tecnologie, che hanno comportato importanti cambiamenti nella gestione degli animali e nella routine lavorativa dell'allevatore stesso. Ad oggi, l'AMS è stato maggiormente adottato in aziende a gestione familiare con una dimensione media di 50-100 capi in mungitura, in sostituzione delle sale di mungitura o del lattodotto (Zucchi et al., 2004). Una scelta conseguente alla richiesta di ottimizzare la manodopera aziendale svincolando l'operatore dalla routine di mungitura, il quale potrà utilizzare il proprio tempo in modo differente soprattutto nella gestione dei dati raccolti, della mandria e dell'alimentazione, oltre a consentire un potenziale aumento in termini di produzione di latte e benessere delle bovine, che potranno volontariamente decidere quando entrare nell'AMS.

1.2 OBIETTIVO DELLA TESI

L'obiettivo del presente lavoro di tesi è quello di verificare gli obiettivi, i vantaggi e le criticità derivanti dell'introduzione di sistemi tecnologici e di automazione applicati alla mungitura in realtà zootecniche da latte montane attraverso la somministrazione di uno specifico questionario aziendale. In particolare, si vuole fornire un'istantanea della condizione aziendale di realtà zootecniche ricadenti all'interno della provincia di Trento per meglio comprendere quale sia il livello di innovazione tecnologica applicato in fase di mungitura, ma anche per quanto riguarda l'alimentazione, la gestione dei reflui zootecnici e come la struttura aziendale sia stata modificata per fare spazio a tali tecnologie. Inoltre, si mira ad osservare quali innovazioni tecnologiche siano ad oggi (o nel futuro prossimo) adottate o di prossima adozione, quali siano i criteri considerati nelle scelte di management aziendale e quali siano le principali motivazioni che spingono l'allevatore ad affidarsi o meno alle nuove tecnologie messe a disposizione sul mercato.

2 LA MUNGITURA AUTOMATICA

I sistemi di mungitura automatica (AMS) rappresentano un'importante evoluzione dal punto di vista dell'automazione della stalla da latte. La sua diffusione è però molto variabile da paese a paese e questo è dovuto a numerosi fattori: economici (costi, dimensioni, disponibilità di manodopera a basso costo), sociali (svincolare l'allevatore dalla routine di mungitura) e produttivi come la presenza di disciplinari di produzione che permettano l'utilizzo del latte derivante da una mungitura automatica (Sangiorgi et al., 2014).

Un fattore che influisce notevolmente sull'introduzione dell'automazione in stalla, oltre alla difficoltà di reperire manodopera, è la dimensione della mandria. Infatti, aziende fino a 120 vacche da latte e a conduzione familiare sono maggiormente orientate verso l'acquisto dell'AMS, mentre mandrie con numero superiore di animali sono ancora orientate all'impiego di sistemi di mungitura tradizionali, in quanto viene fatto ricorso a manodopera salariata (Fantini, 2020).

2.1 OBIETTIVI E POTENZIALITÀ APPLICATIVE

Le motivazioni che spingono gli operatori zootecnici a orientare la propria scelta produttiva verso questa tecnologia sono molteplici e variano a seconda delle esigenze dell'azienda stessa. I principali obiettivi della mungitura automatica sono riassumibili in:

- *Ridurre del carico di lavoro:* l'allevatore viene svincolato dalla routine di mungitura, permettendogli di avere una maggiore flessibilità per quanto riguarda la gestione delle altre (o nuove) attività lavorative. L'AMS fornisce un'elevata quantità di informazioni che devono essere costantemente monitorate; quindi, l'operatore deve dedicare parte della sua giornata alla gestione di tali dati al fine di avere un quadro completo della mandria e dei singoli capi (Rossi e Motta, 2020);
- *Migliorare comfort e sicurezza dell'allevatore:* l'uomo non è più vincolato dalle due mungiture giornaliere, le quali vengono svolte a circa dodici ore di distanza, e non è più esposto alle temperature, ai rumori e alle posture tipiche della sala di mungitura;
- *Aumentare la produzione:* l'AMS permette un aumento delle produzioni di circa il 10 – 30% in più rispetto alla mungitura tradizionale, in quanto aumenta la frequenza di mungitura di circa 2,5 – 3 mungiture/giorno. Mediamente, con un AMS, le vacche vengono munte 2,7 volte/giorno e questo comporta un aumento della produzione pari al

7% in più rispetto a chi adotta una situazione standard di 2 mungitura/giorno (Rossi e Motta, 2020);

- *Aumentare la redditività aziendale*: nonostante l'importante costo di acquisto dell'AMS permette un notevole risparmio di manodopera, cioè di personale occupato nelle operazioni di mungitura che deve essere retribuito e l'allevatore può investire il tempo guadagnato in una migliore gestione dell'azienda.

Per l'acquisto, l'installazione e la manutenzione di un AMS in un'azienda con produzione massima di latte/vacca pari a 11,717 t/anno sono previsti mediamente 239 euro/vacca, cioè 20,4 euro/t di latte (compreso di quota di ammortamento e manutenzione parte impiantistica ed edile). Mentre per il costo d'impianto, le opere edili e l'allestimento di una sala di mungitura a spina di pesce 12+12 ad alta tecnologia sono previsti mediamente 226 euro/vacca, cioè 20,6 euro/t di latte (esclusa la manodopera). Questo sta a indicare che, esclusa la manodopera, i due costi sono equiparabili, ma se viene presa in considerazione è conveniente per l'allevatore l'acquisto di un AMS (Rossi e Motta, 2020);

- *Aumentare il benessere animale*: le bovine sono libere di muoversi e di entrare nell'AMS liberamente senza nessuna forzatura o condizione stressante. Con l'eliminazione della sala di attesa hanno a disposizione maggiore spazio riuscendo e mitigando possibili condizioni di dominanza (Rumi, 2013). Uno dei principali benefici osservati è la riduzione della manifestazione di problematiche a livello dell'apparato mammario grazie allo stacco automatico (Rossi e Motta, 2020). Inoltre, l'AMS è dotato di un sistema di sensori in grado di monitorare la salute della bovina, permettendo all'operatore di intervenire tempestivamente in caso di necessità.

Figura 2.1.1: Principali motivazioni di soddisfazione per la scelta dell'AMS da un'indagine svolta in 15 allevamenti (13 in zona del Parmigiano Reggiano e 2 Grana Padano) con mediamente 140 bovine in lattazione e produzione annuale di 1500 t di latte (Rossi e Motta, 2020).

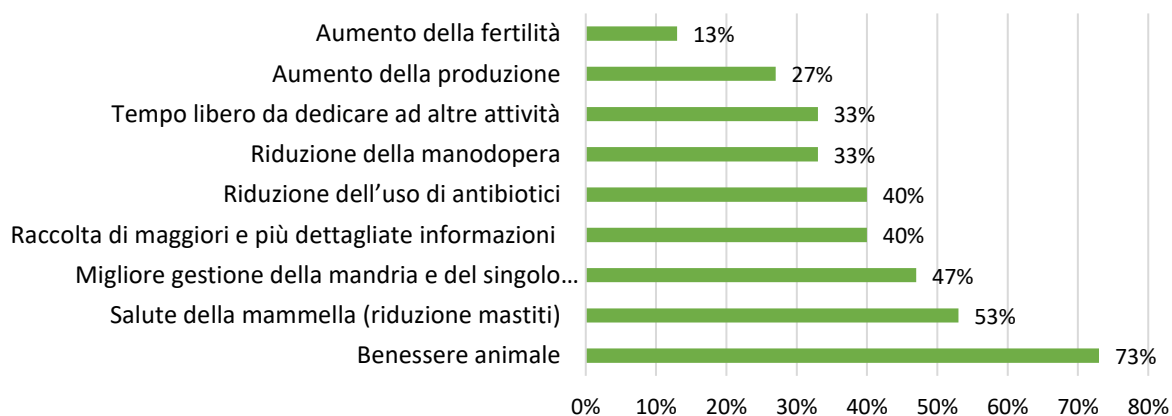


Tabella 2.1.1: Vantaggi e svantaggi della tecnologia AMS per gli allevatori intervistati nell'indagine di 15 allevamenti (13 in zona del Parmigiano Reggiano e 2 in zona del Grana Padano) con mediamente 140 bovine in lattazione e produzione annuale di 1500 t di latte (Rossi e Motta, 2020).

Vantaggi	Svantaggi
Benessere animale	Reperibilità 24 ore
Gestione della mandria più attenta e tecnologica (maggiori informazioni, dettagliate e precise)	Costo investimento e costo manutenzione (assistenza e ricambi)
Maggiore tempo da dedicare ad altre attività, lavoro più confortevole	Difficoltà nel reperire manodopera specializzata e/o collaboratori esterni formati a una gestione della mungitura con l'AMS
Miglior qualità della mungitura e maggiore salute degli animali e della mammella	Limitazione degli orari e difficoltà nella gestione dei ritardi
Riduzione della manodopera salariata	Blocco della macchina durante le ore della mungitura, con rischio di perdere 1-2 ore di lavoro utile
Riduzione uso antibiotici	Necessità di selezione genetica della mandria per la morfologia del capezzolo
Potenziale aumento della produzione	-

Con l'introduzione di un Automatic Milking System si va incontro ad un punto critico da cui dipenderà la corretta fruizione dell'impianto: la fase di adattamento. Infatti, le bovine potranno incontrare un cambiamento sostanziale della routine di mungitura ed è quindi importante adottare delle strategie per incentivarle a recarsi spontaneamente facendo instaurare un'associazione positiva tra animale e l'AMS, riducendo eventuali stress in fase di partenza (Rumi, 2013).

Le manze e le bovine in asciutta vengono introdotte all'interno del gruppo delle bovine in lattazione e si svolgono delle visite di addestramento (di circa 2-3 minuti) all'interno dell'AMS, dove avviene la distribuzione del concentrato e il braccio robotizzato esegue solamente dei movimenti all'esterno, simulando i rumori tipici della mungitura robotizzata. Così, una volta avvenuto il parto, l'animale non avrà particolari difficoltà a recarsi autonomamente presso l'AMS per la mungitura in quanto lo percepirà come un'esperienza positiva (Lely, 2021). Per quanto riguarda le vacche in lattazione è necessario effettuare una procedura di avviamento:

- Per i primi tre giorni le bovine vengono suddivise in più gruppi e devono essere guidate verso l'AMS tre volte al giorno tutti i giorni (mediamente il 75% degli animali avrà preso l'abitudine di entrare autonomamente nell'AMS in questa fase);
- Dal terzo giorno viene ricreato un gruppo unico e si conducono all'AMS solo le bovine che hanno superato le 10 ore dall'ultima mungitura;
- Dal quattordicesimo giorno si conducono all'AMS solo le bovine con più di 12 ore dall'ultima mungitura.

Questa procedura garantisce una riduzione dei tempi di attesa e assicura un'adeguata ingestione di sostanza secca e acqua. È importante che l'operatore mantenga una situazione di tranquillità all'interno della stalla al momento del raduno delle bovine per evitare situazioni di stress (Lely, 2021).

Le bovine, in funzione della qualità e quantità dei concentrati distribuiti dall'AMS, sono più o meno inclini a recarsi spontaneamente (self-milking) e l'utilizzo corretto di questo sistema consente loro di scegliere il momento di mungitura più naturale, migliorando di conseguenza le condizioni di benessere. Una gestione errata dell'alimentazione, come una quantità insufficiente della fibra o una razione energeticamente squilibrata può essere la causa di una riduzione della frequenza di mungitura ed è quindi importante che l'allevatore crei una razione idonea al gruppo di bovine in lattazione invogliandole a recarsi all'interno dell'AMS autonomamente (Lely, 2021). Alternativamente è possibile che l'animale, per curiosità, o per ottenere il concentrato, si presenti un numero eccessivo di volte al box di mungitura rallentando l'efficienza dell'intero sistema. Per ovviare a questa problematica si possono adottare tecniche differenti, come la regolazione dell'accesso in funzione ad un intervallo di tempo minimo tra una mungitura e la successiva o sulla base della quantità di latte che si può stimare essere prodotta durante la mungitura. Oppure si può alternativamente agire adottando una specifica gestione del traffico delle bovine all'interno della stalla (Meijering et al., 2004). Infine, il sistema di riconoscimento automatico degli animali è un aspetto fondamentale nei sistemi di automazione che permette di avere la possibilità di intervenire in modo mirato su ogni bovina. Oltre a riconoscere l'animale, questa tecnologia viene utilizzata anche per la registrazione di eventi come la localizzazione degli animali in stalla, la rilevazione dei calori, l'attivometria, la ruminazione e l'attività motoria dell'animale. In commercio sono disponibili dispositivi basati sulla decodifica di onde elettromagnetiche inviate da un emettitore portato dall'animale e sono composti da:

- Parte fissa: composta da un'antenna che emette le onde elettromagnetiche;

- Parte posta sull'animale: composta da un responder, il quale viene attivato dalle onde emesse dall'antenna e invia un segnale che corrisponde a un codice.

In base a dove vengono posizionati i responder sugli animali, si distinguono quattro tipologie diverse di sistemi di riconoscimento:

- Collare: tipologia più diffusa con posizionamento del responder su una cinghia applicata al collo dell'animale;
- Podometro: posizionamento del responder al piede dell'animale;
- Bottone auricolare: il responder viene applicato all'orecchio dell'animale insieme alla marca auricolare.

FASI OPERATIVE DELLA MUNGITURA AUTOMATICA

FASE 1: IDENTIFICAZIONE DELLA BOVINA: L'animale, una volta entrato nell'AMS, viene identificato grazie all'invio del segnale dal responder all'antenna posta sul box di mungitura. Se la bovina non risulterà essere idonea alla mungitura verrà automaticamente rilasciata mediante l'apertura del cancello anteriore o laterale, in caso positivo verrà invece sottoposta alle operazioni di mungitura. Una volta che l'animale entra nell'AMS, quest'ultimo risulta essere occupato per un determinato periodo di tempo. Infatti, si distinguono due fasi:

- Handling time (tempi accessori): somma dei tempi necessari per l'ingresso e l'uscita dell'animale, spostamenti del braccio, pulizia capezzoli, attacco del gruppo di mungitura e disinfezione post mungitura. Mediamente è inferiore ai 2 minuti, ma altri fattori, come mammelle anomale, posizione dei capezzoli posteriori, scorretta toelettatura della coda o della mammella e sistema di individuazione dei capezzoli sporco, possono rallentare l'interno processo;
- Machine on time: tempo effettivo di mungitura e dipende dal flusso del latte della bovina.

La somma di queste due fasi rappresenta il tempo totale della visita all'AMS (Tangorra e, 2014).

FASE 2: DISTRIBUZIONE DEI CONCENTRATI: Somministrazione di uno o più concentrati prelevati da appositi silos, la cui quantità viene calcolata in funzione del fabbisogno di ogni singola bovina, allo stadio di lattazione e al livello di produzione corrente.

FASE 3: INDIVIDUAZIONE DEL CAPEZZOLI: In funzione al sistema di visione dipenderà l'affidabilità e la velocità dell'AMS, che deve garantire una notevole precisione, in quanto esiste un'elevata variabilità di dimensione e posizione dei capezzoli e della mammella

durante lo stadio della lattazione e da una vacca all'altra. Le tecnologie maggiormente utilizzate si basano sull'utilizzo di raggi laser o telecamere (Vignone e Di Felice, 2017).

FASE 4: PULIZIA DEI CAPEZZOLI: Una volta individuati i capezzoli avviene la pulizia e disinfezione dei capezzoli. Generalmente per il lavaggio si utilizza acqua, ma alcuni AMS prevedono l'impiego di prodotti detergenti. I capezzoli vengono puliti uno ad uno garantendo al contempo un'eccellente stimolazione e quindi un'adeguata liberazione di ossitocina, ormone fondamentale che stimola l'eiezione del latte (Rumi, 2013). L'acqua di lavaggio e i residui di disinfettante vengono allontanati verso una linea di scarico dedicata (Ruminantia,2020).

FASE 5: ATTACCO E STACCO DEL GRUPPO DI MUNGITURA: Terminata la pulizia il braccio provvede all'attacco dei prendicapezzoli, i quali possono essere collocati in un apposito contenitore e prelevati uno alla volta da un'apposita pinza (sistema di prendicapezzoli indipendenti), oppure è previsto un gruppo di mungitura (sistema di prendicapezzoli riuniti) che ad oggi rappresenta la soluzione più utilizzata (Vignone e Di Felice., 2017). La mungitura avviene quindi per quarto senza l'utilizzo di collettore, questo ne consegue che lo stacco avviene per singolo capezzolo, azzerando problematiche dovute ad una sovra/sotto-mungitura (Sangiorgi, 2014). Grazie alla mungitura automatica la bovina è in grado di adattare il numero di mungiture in funzione della produzione; infatti, ci saranno le vacche più produttive che si receranno all'AMS un numero maggiore di volte rispetto a quelle meno produttive o a fine lattazione (Rumi, 2013).

FASE 6: APPLICAZIONE DEL POST-DIPPING: Terminata la mungitura l'AMS provvede all'applicazione del post-dipping ovvero di un prodotto disinfettante molto importante in quanto ha un'ampia attività antagonista nei confronti dei batteri che causano la mastite. Questo disinfettante può essere applicato all'interno del prendicapezzolo, il quale viene rilasciato da un'apposita tubazione e spinto da un getto d'aria dalla testata della tettarella (Ruminantia, 2020). Oppure, avvenuto lo stacco dei prendicapezzoli, può essere spruzzato sui capezzoli da apposito erogatore esterno posto sul braccio.

FASE 7: DISINFEZIONE DEL GRUPPO DI MUNGITURA E USCITA DELLA BOVINA: Infine, i prendicapezzoli vengono sottoposti a un ciclo di lavaggio controcorrente con acido peracetico per ottenere un ottimale disinfezione dell'intero gruppo di mungitura ed evitare la trasmissione di batteri patogeni (es. *Staphylococcus aureus*) da una bovina all'altra (Ruminantia, 2020).

2.2 PRINCIPALI SOLUZIONI TECNICO-COSTRUTTIVE

Sul mercato esistono due tipologie di AMS: la prima viene chiamata mono-stallo (Figura 2.2.1), nella quale il braccio di mungitura opera su un'unica postazione, la seconda viene detta multi-stallo (Figura 2.2.2), che consiste in due fino a cinque postazioni successive dove opera un unico braccio automatico (Pezzuolo, 2021). Il più diffuso, soprattutto per la realtà italiana, è l'AMS mono-stallo (Fantini, 2020).

Figura 2.2.1: AMS mono-stallo.



Figura 2.2.2: AMS multi-stallo.



L'AMS è costituito da varie parti:

- **Stallo di mungitura o box**: è di tipo “tandem” ed è costituito da tutti i dispositivi fissi e mobili che consentono di immobilizzare la vacca e un modulo di distribuzione del mangime concentrato. Deve essere idoneo alle dimensioni degli animali, infatti esistono stalli adattabili automaticamente alle dimensioni della bovina (Sangiorgi et al., 2014) e confortevole per l'animale stesso. Inoltre, è dotato di un cancello posteriore di entrata e uno anteriore o laterale di uscita (Rossi e Motta, 2020). È importante garantire un accesso lineare all'animale evitando eccessive manovre e angolazioni per l'entrata e l'uscita;
- **Braccio robotizzato**: viene azionato da un sistema di controllo che provvede alla movimentazione del gruppo di mungitura e si muove in un volume predefinito (Pessina, 2017). Il sistema prendi-capezzoli è posizionato all'estremità del braccio e può essere di due tipologie, che variano in funzione della ditta costruttrice: indipendenti, il singolo prendi-capezzolo viene prelevato da un piano porta-utensili esterno e laterale all'AMS o riuniti, tutti e quattro i prendi-capezzoli sono posizionati nella porzione terminale dell'AMS. Sul braccio è presente un sistema di sicurezza che può essere di due tipi:

- Attivo: grazie alla presenza di un sensore di pressione posto sulla superficie di appoggio di uno dei due arti posteriori, riconosce le situazioni di pericolo attuando una fase di sosta e se l'animale non si calma viene fatto uscire dall'AMS;
- Passivo: prevede la presenza sul braccio di giunti elastici o molle a gas che cedono se vengono sollecitati da una forza, come scalci da parte dell'animale, i quali permettono al braccio di assumere una posizione di sicurezza (Pezzuolo, 2021).
- **Sistema di identificazione e localizzazione dei capezzoli**: la distanza fra i capezzoli e la loro dimensione varia molto da animale ad animale e anche la loro posizione varia in funzione dello stadio di lattazione della vacca (Sangiorgi et al., 2014). Questo sistema deve essere in grado di individuare la posizione corretta della mammella, dei capezzoli e seguire i movimenti dell'animale. Nella maggior parte dei casi sono previste due fasi:
 - la prima di individuazione grossolana della mammella;
 - la seconda, più accurata, che permetta l'inserimento corretto dei capezzoli all'interno della guaina (Pessina, 2017).

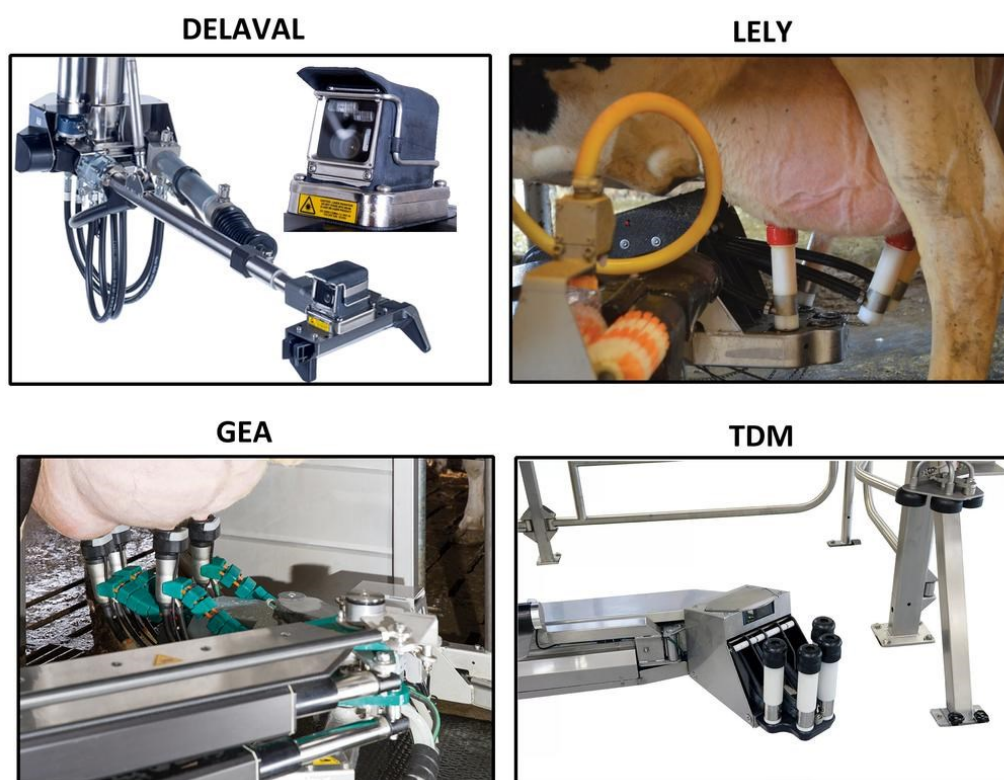
Per l'individuazione dei capezzoli si fa ricorso alla presenza di diversi sensori:

- *tattili*: sensore che si basa sul contatto con una o più parti dell'animale rilevando eventuali spostamenti, i quali consentono di risalire alla posizione della mammella. Essendo una tecnologia di bassa precisione viene impiegato in fase di individuazione grossolana della mammella;
- *ultrasuoni*: tecnologia che fa ricorso all'impiego di più sensori; il primo consente l'avvicinamento alla mammella e la mappatura dei capezzoli, gli altri due tengono sotto controllo il capezzolo in fase di attacco;
- *ultrasuoni e sensori laser*: il sensore ad ultrasuoni permette di rilevare eventuali movimenti della vacca, mentre il sensore laser ha il compito di individuare i capezzoli e le loro coordinate vengono memorizzate dal sistema, aumentando l'efficacia e la precisione dell'AMS;
- *matrice ottica*: tecnologia basata sull'emissione di raggi luminosi, i quali vanno a colpire il capezzolo;
- *telecamera*: sistema basato sull'elaborazione di un'immagine captata da una telecamera associata ad un emettitore laser per l'illuminazione del capezzolo. Tecnologia utilizzata negli ultimi modelli di AMS (Vignone e Di Felice., 2017).

Tabella 2.2.1 Sistemi di individuazione spaziale dei capezzoli

Costruttore	Modello	Modalità di individuazione
Lely	Astronaut A5	Telecamera
DeLaval	VMS™ V300	Telecamera
GEA	R9500	Telecamera
Fullwood	Merlin	Raggio laser e telecamera

Figura 2.2.3: tipologie di individuazione dei capezzoli in funzione della ditta costruttrice (Pessina 2017).



- **Sistema di lavaggio dei capezzoli:** in aggiunta è presente un sistema di pulizia automatico dei capezzoli che può essere costituito da:
 - Spazzole rotanti;
 - Prendicapezzolo utilizzato anche per la mungitura;
 - Prendicapezzolo apposito.

Gli ultimi due sistemi consistono nello spruzzare sul capezzolo getti di acqua calda e aria, generando una funzione di massaggio e successivamente lo asciuga con aria a temperatura ambiente (Figura 2.2.3) (Sangiorgi et al., 2014). Inoltre, in questa fase vengono allontanati i primi getti di latte (Rossi et al., 2020). È importante sottolineare che la probabilità di pulire adeguatamente un capezzolo con dispositivi automatici diminuiscono al crescere del livello di

sporco. Quindi l'allevatore deve gestire al meglio la pulizia dell'area di riposo e alimentazione, asportando periodicamente le deiezioni e mantenendo le cuccette asciutte e pulite (Sangiorgi et al., 2014);

Figura 2.2.3: Sistemi di pulizia automatici dei capezzoli. A destra viene effettuato da un sistema prendicapezzolo autopulente, a sinistra da spazzole rotanti (Pessina, 2017).



- **Sistema di mungitura**: la mungitura avviene quarto per quarto in quanto la frequenza e il rapporto di pulsazione è applicato per ogni quarto. Questo ne consegue che lo stacco avviene capezzolo per capezzolo grazie alla presenza di un flussometro, sistema che permette una rilevazione accurata del flusso del latte, e quindi azzerando problematiche derivanti da una sovra-mungitura, garantendo un'integrità del capezzolo e riducendo il rischio dell'insorgenza di infezioni (Fantini, 2020). Grazie alla presenza di sensori che rilevano la variazione della qualità del latte è possibile separare il latte normale da quello anomalo o proveniente da bovine sottoposte a una terapia antibiotica, questo processo può avvenire per singolo quarto (viene eliminato il latte proveniente da uno specifico quarto infetto) o per singolo animale (viene eliminata l'intera produzione di latte per quell'animale) (Rossi, 2014). Al termine della mungitura viene applicato il post-dipping, che può avvenire all'interno del prendi-capezzolo stesso, oppure mediante spruzzo del prodotto. Infine, avviene le disinfezioni del gruppo con l'immissione di vapore a 170°C per evitare il possibile passaggio di batteri e patogeni da una bovina all'altra e successivo raffreddamento con acqua (Pezzuolo, 2021);
- **Sensoristica e sistemi di controllo**: l'AMS si avvale di sensori e di applicazioni informatiche in grado di fornire all'allevatore un quadro completo della qualità e quantità di latte per ogni singola bovina, lo stato di salute della mandria e di ogni capo e dando

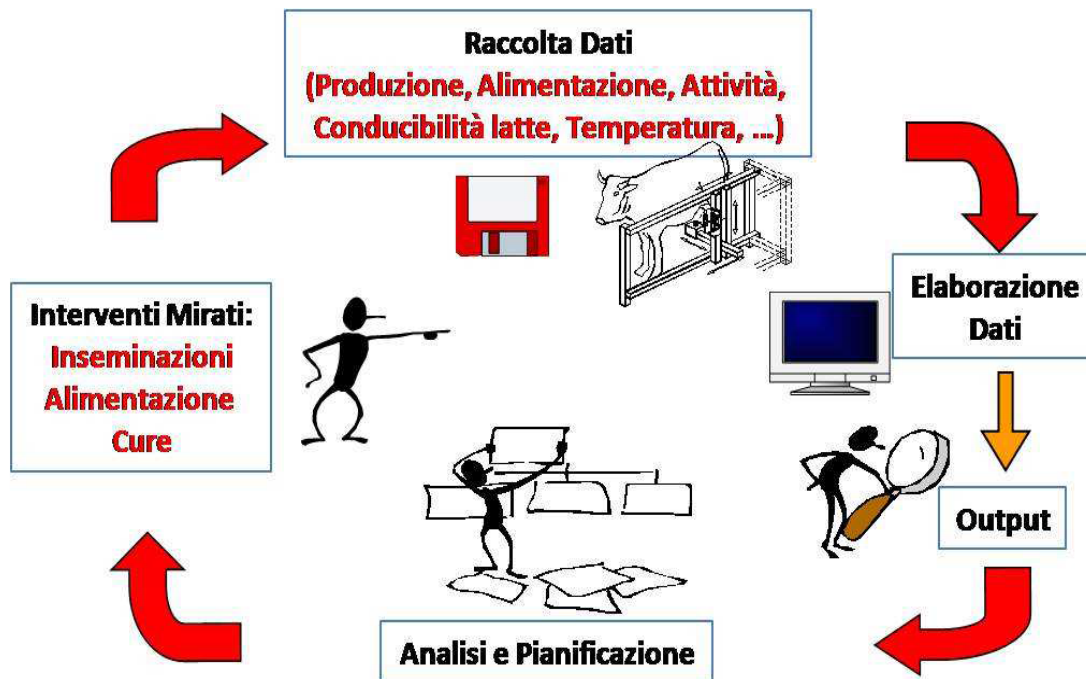
indicazioni sugli eventuali trattamenti ed operazioni che devono essere svolte al fine di migliorare il benessere dell'animale. Uno dei principali fattori controllati al livello aziendale sono il conteggio delle cellule somatiche del latte, indice fondamentale per definire l'eventuale presenza di un'infezione mammaria in corso. Altri sensori misurano la conducibilità elettrica del latte, l'andamento del flusso, la presenza di sangue e il contenuto di grasso e proteine. Questi dati vengono implementati con quelli forniti dal collare e/o podometro applicato su ogni singolo animale, il quale oltre a permettere di identificare la bovina all'interno dell'AMS, invia informazioni riguardanti la ruminazione, l'attività motoria e la rilevazione dei calori. È importante che l'allevatore registri in modo costante e preciso tali informazioni all'interno dei software messi a disposizione dalle varie ditte costruttrici al fine di ottenere un quadro completo in tempo reale dello stato di salute, produttivo e riproduttivo dell'animale, elaborando un punteggio che viene confrontato con determinate soglie di criticità e quindi permettendo all'allevatore di intervenire tempestivamente. Inoltre, vengono segnalate le prestazioni dell'AMS e il monitoraggio degli interventi di manutenzione preventiva. Oltre ai software sul computer, oggi è possibile controllare tali dati su apposite applicazioni scaricabili direttamente sullo smartphone, permettendo all'allevatore di controllare la situazione anche se non è presente in azienda (Pessina, 2017).

2.3 SENSORISTICA E GESTIONE DEL DATO

L'Automatic Milking System si sta inserendo sempre di più in un contesto di tendenza all'automazione della stalla grazie alla presenza di sensori in grado di controllare la produzione, la salute e la gestione di ogni singola bovina. Le informazioni raccolte vengono trasformate in dati e gestiti tramite dei software installati sul computer aziendale e collegati direttamente all'AMS.

Il sensore va quindi a misurare singoli parametri e genera dei dati, i quali permettono di alimentare un modello che darà un'interpretazione fisiologica generando un segnale di avvertimento inviato all'allevatore. Quest'ultimo, in base al tipo di segnale e alla gravità della situazione, prenderà una decisione e attuerà una procedura per ridurre o eliminare il problema ripristinando una condizione ottimale di benessere per la bovina e di produzione. Questo sistema permette di avere una diagnosi precoce riducendo l'impiego dei farmaci in allevamento e una gestione efficiente dell'intero allevamento, andando a lavorare in modo mirato su una corretta alimentazione, sulla riproduzione e produzione dell'animale (Galli e Abeni, 2019).

Figura 2.3.1: Schema di funzionamento dell'AMS in termini di gestione aziendale.

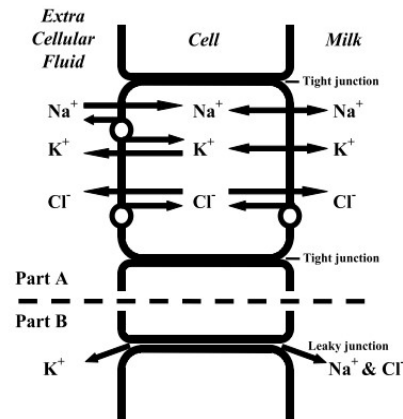


Inizialmente i parametri raccolti si basavano principalmente sulla valutazione automatica dei parametri fisici legati agli stati fisiologici e sanitari, come l'insorgenza di estri e mastite. Ora è possibile valutare altri aspetti sullo stato di salute dell'animale. I sensori presenti all'interno dell'AMS vanno a valutare diverse tipologie di parametri, che sono:

QUALITÀ DEL LATTE MUNTO E SANITÀ DELLA MAMMELLA

- *Conducibilità elettrica*: uno dei primi sensori sviluppati e maggiormente diffuso negli allevamenti robotizzati in quanto, grazie alla presenza di elettrodi, è possibile misurare la resistenza del latte al passaggio della corrente elettrica, che aumenta per alterazione del contenuto dei sali minerali (Petrera, 2019) (Pezzuolo, 2021). Nel latte bovino sano la conducibilità varia tra i 4,0 e i 5,5 mS/cm, mentre in caso di infezione mammaria i valori tendono ad aumentare (Battelli et al., 2019). Infatti, in caso di mastite si avrà un incremento del contenuto di sodio e cloro all'interno del latte e una riduzione del contenuto di potassio. Questo parametro permette di ottenere dati per l'intera mammella o per singolo quarto ed esiste un'elevata variazione della sensibilità e specificità di individuazione delle mastiti (Petrera, 2019);

Figura 2.3.2: Rappresentazione schematica del trasporto di ioni all'interno dell'epitelio secretorio mammario. Parte A la situazione del normale funzionamento della ghiandola mammaria. Parte B rappresenta un cambiamento causato dalla mastite (Petrera, 2019).



- Cellule somatiche: principale indicatore della resistenza o suscettibilità delle vacche alle infezioni intermammarie e quindi fondamentale per l'individuazione precoce delle mastiti. La mastite non è altro che l'infiammazione della ghiandola mammaria in risposta ad un agente dannoso o ad uno stress ambientale, andando ad aumentare la concentrazione di cellule somatiche all'interno del latte. Generalmente se il numero di cellule è inferiore alle 100.000 SCC/ml non si ha la presenza dell'infezione, se è tra le 100.000 e le 200.000 SCC/ml si è in fase iniziale di infezione, mentre se è superiore alle 200.000 SCC/ml la mastite è in atto e può essere più o meno grave in funzione dell'agente patogeno e della tempestività dell'allevatore nel curarla, riducendo notevolmente la qualità e la quantità del prodotto.

Esistono vari sistemi che permettono il conteggio delle cellule somatiche, che varia in funzione della ditta costruttrice:

CONTACELLULE ON LINE può essere installato unicamente sull'AMS e offre un monitoraggio proattivo quotidiano della conta delle cellule somatiche per ogni bovina e ad ogni mungitura. Questo metodo consiste nel prelievo di 4 ml di latte e miscelato con dei reagenti, in seguito viene convogliato verso un sensore ottico applicato sulla telecamera digitale, la quale cattura l'immagine e fa una conta delle cellule somatiche presenti inviando il dato finale al software gestionale (Pessina, 2017).

CONTACELLULE BASATI SUL METODO CMT (California Mastitis Test) mediante l'utilizzo del sensore O-CMT. Questo metodo prevede il prelievo di un quantitativo fisso di latte, il quale viene miscelato con un reagente misurandone la viscosità e poi trasformata in un valore espresso in cellule/ml. I risultati sono suddivisi per classi (< 200; 200-400; 400-800; > 800 x 10³ cellule/ml) o in numeri (Petrera, 2019) (Deng et al., 2020).

METODOLOGIA EPT IN LINE (Soglia Elettronica di Permittività) non prevede l'utilizzo di reagenti per la determinazione delle CCS, ma il latte viene analizzato e vengono misurate le cellule per singolo quarto. Questo permette di separare il latte del quarto infiammato da quello sano, che viene convogliato in recipiente a parte e poi smaltito. I risultati sono espressi mediante la suddivisione in classi (Petrera, 2019).

METODO NIR IN LINE consiste in un'analisi in tempo reale ad ogni mungitura senza l'utilizzo di reagenti e senza la necessità di campionare il latte. Il sistema permette l'analisi di più parametri: il livello di CCS suddivise in quattro classi, la presenza di sangue nel latte, il contenuto di lattosio (diminuzione della concentrazione di lattosio è indicatore di mastite in atto), grasso e proteine (l'aumento del rapporto grasso/proteine è indicatore di chetosi, mentre la riduzione del rapporto è indicatore di acidosi ruminale) (Petrera, 2019);

- Macro-componenti: l'analisi si basa sull'impiego della spettroscopia nel vicino infrarosso (analisi NIR on line) facendo una valutazione di tipo qualitativa delle principali componenti del latte come lattosio, grasso e proteine. Il sistema permette, quindi, la separazione automatica del latte per qualità (Petrera, 2019);
- Colorazione del latte: parametro valutato mediante l'analisi colorimetrica svolta da sensori ottici RGB composti da tre fonti luminose corrispondenti a tre frequenze di colore: rosso, verde e blu. Se il latte è sano viene riflesso un colore giallastro per assorbimento del blu, se il latte è infetto viene riflesso un giallo più intenso per maggiore intensità del rosso e del verde, infine se si ha la presenza di sangue a causa di mastiti o traumi viene riflesso il rosso con assorbimento del verde e del blu (Pezzuolo, 2021);
- Altri parametri: l'AMS prevede anche un sistema automatico di raccolta e analisi di campioni di latte e l'utilizzo di kit immunoenzimatici e colorimetrici per il monitoraggio di progesterone, utile per il controllo dell'ovulazione, gravidanza e aborto, di LDH (lattato deidrogenasi), per la rilevazione di mastiti o infezioni precoci e infine di BHB (beta idrossibutirrato), per il riconoscimento di chetosi o eventuali disordini metabolici causati da un'alimentazione non idonea (Pezzuolo, 2021).

QUANTITÀ DI LATTE MUNTO: Parametro valutato da lattometri e misuratori del flusso elettronici che permettono di determinare per ogni bovina la quantità di latte prodotto (kg/capo/mungitura) e la velocità di eiezione del latte (kg/minuto) sia per l'intera mammella che per singolo quarto, consentendo la definizione del momento più idoneo per lo stacco automatico dei prendicapezzoli ed evitare problematiche legate ad una mungitura eccessiva. I

dati raccolti vengono inviati ed elaborati dal software gestionale per monitorare: le performance produttive (kg/lattazione) e lo stato di salute delle bovine, eventuali cali della produzione generando automaticamente un allarme, la qualità di lavoro dell'AMS e il lavaggio dell'impianto di mungitura (Petrera, 2019).

BODY CONDITION SCORE (BCS): Il BCS è un indicatore sullo stato delle riserve corporee di grasso sottocutaneo della bovina ed è un dato molto variabile durante il corso della lattazione. Infatti, generalmente ad inizio lattazione si verifica una riduzione delle riserve, mentre verso fine lattazione ci sarà un incremento. È compito dell'allevatore garantire il raggiungimento di livelli di body condition ottimali durante il corso di tutta la lattazione per mantenere le performance produttive, riproduttive e migliorare il benessere animale (il BCS ottimale al parto deve essere pari a 3.50, il BCS ottimale al picco di lattazione 2.75-3.00). Generalmente la determinazione del BCS viene svolta da degli operatori specializzati, i quali assegnano un punteggio mediante la valutazione visiva di specifiche zone corporee. Per ovviare alla problematica della soggettività dell'operatore nell'assegnazione del punteggio è possibile utilizzare delle telecamere per valutazioni corporee tridimensionali montate all'interno dell'AMS. Questo sistema è in grado di riconoscere l'animale grazie al sistema di identificazione ed effettuare delle analisi multiple del BCS, il software registra i valori di BCS giornalieri individuali e riporta una media mobile giornaliera di sette giorni (Albornoz et al., 2022). L'immagine 3D viene convertita quindi in dato BCS, salvato all'interno del gestionale e utilizzato dal veterinario o dall'alimentarista per ottimizzare le fasi di alimentazione e riproduzione. Infatti, questa tipologia di sensore porta a numerosi vantaggi quali la segnalazione degli animali che stanno perdendo peso troppo velocemente, aiuta ad individuare il periodo migliore per mettere l'animale in asciutta ed evita problematiche al parto ed eventuali problemi a livello metabolico (Pezzuolo, 2021).

Figura 2.3.3: Sensore ottico 3D mentre sta effettuando una scansione dell'animale in uscita dall'AMS.



La gestione dei dati e l'utilizzo corretto dei software messi a disposizione dalle varie ditte costruttrici di AMS permettono di avere a disposizione informazioni semplici da interpretare e utili nel momento in cui l'allevatore deve intervenire. Inoltre, è possibile entrare nel dettaglio dello stato di salute, produttivo e riproduttivo del singolo animale e avere allo stesso tempo una visione d'insieme dell'intera mandria.

I sistemi gestionali elaborano le informazioni provenienti dai sensori posti all'interno dell'AMS e quelli provenienti da altri sistemi al fine di ottenere una serie di informazioni utili per una corretta gestione dell'allevamento. Importante è garantire una certa facilità nell'utilizzo di tali sistemi per quanto riguarda l'inserimento dei dati e la navigazione all'interno del software, perché uno dei principali problemi è la scarsa capacità di utilizzo del computer da parte dell'allevatore stesso. In aggiunta deve esserci dialogo tra le diverse fonti d'informazione, come i sensori dell'AMS, quelli posti sull'animale e quelli provenienti da altri sistemi (auto-alimentatori, carro unifed). Infine, i sistemi di allarme devono basarsi sulla combinazione di parametri diversi che includano i dati per singolo animale (Sangiorgi et al., 2014).

I dati raccolti riguardano quindi:

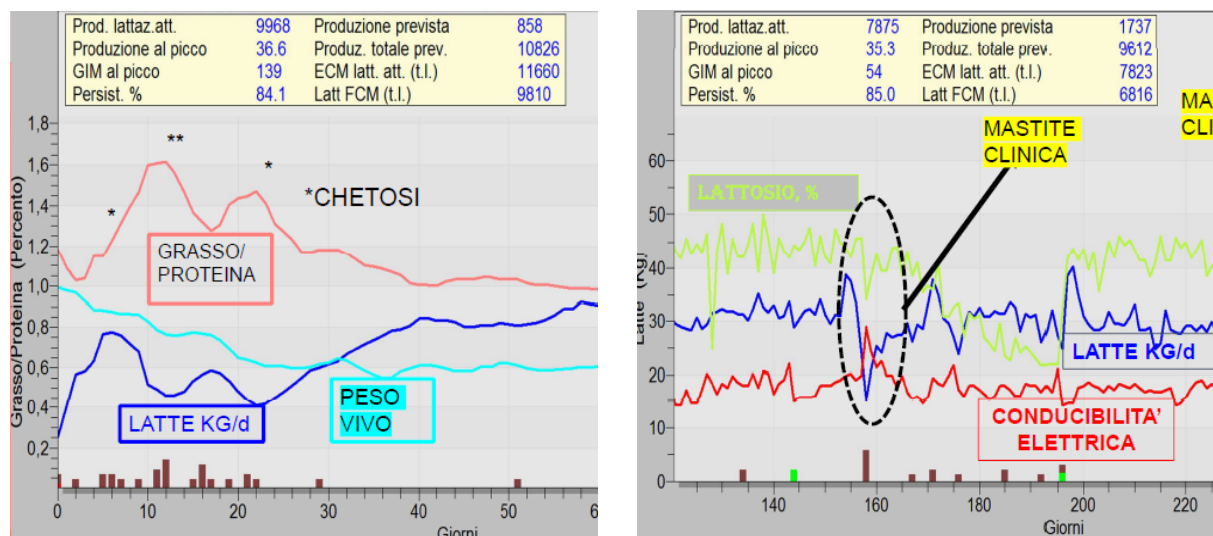
- *Singolo animale*, dal quale si possono raccogliere diversi parametri come il ritardo alla mungitura, la salute della mammella, la produzione di latte, l'attività motoria, la quantità di concentrati ingeriti, problemi metabolici e la situazione riproduttiva facendo particolare attenzione all'individuazione dell'estro per procedere con la fecondazione;
- *Intera mandria* permettendo di osservare la media delle mungiture, la media dei rifiuti e fallimenti da parte dell'AMS, la media di produzione, i giorni di lattazione e l'ingestione media di concentrati;
- *AMS*: fornisce informazioni riguardo la produzione di latte, il numero delle bovine munte, il numero delle mungiture, il numero di rifiuti e fallimenti, il tempo di mungitura, di lavaggio, dei rifiuti e quello libero, il flusso medio del latte, la media dei tentativi di aggancio del gruppo di mungitura, il tempo medio di mungitura per quarto, il tempo medio morto per quarto e il tempo medio dell'AMS per kg di latte (Pezzuolo, 2021).

Oltre al software installato sul computer aziendale è possibile per l'allevatore interagire con l'AMS attraverso un monitor touch screen posto in prossimità dello stallo di mungitura, che permette la consultazione dei dati principali riguardanti i singoli animali e l'installazione sul telefono di applicazioni in grado di monitorare in un'unica schermata i dati produttivi e riproduttivi più significativi oltre che a riportare eventuali allarmi.

Figura 2.3.4: Monitor dell'AMS dove è possibile osservare il numero identificativo della vacca, la curva di lattazione per ogni singolo quarto, la quantità di latte prodotta durante la mungitura, il tempo di occupazione dell'AMS e il tempo di mungitura.



Figura 2.3.5: Rappresentazione grafica dell'insorgenza di chetosi e mastiti grazie ai dati raccolti dall'AMS. Nel grafico a sinistra si può notare con il rapporto grasso/proteina sia strettamente correlato all'insorgenza di chetosi, avendo ripercussioni importanti sulla produzione. Nel grafico a destra dimostra come la mastite sia correlata all'aumento della conducibilità elettrica, alla riduzione del contenuto di lattosio e della produzione (Petrera, 2019).



2.4 INSERIMENTO E UBICAZIONE DEL SISTEMA ROBOTIZZATO

L'inserimento dell'AMS all'interno della stalla deve essere il frutto di un'analisi attenta che consideri la movimentazione degli animali, del latte raccolto e degli addetti alle operazioni di controllo e gestione dell'impianto. È possibile la suddivisione della stalla in più aree:

AREA DI UBICAZIONE DELL'AMS O CONTROL ROOM: Un aspetto fondamentale da tenere in considerazione è l'ubicazione del sistema di mungitura automatico in quanto è

buona norma mantenere un'adeguata pulizia dell'AMS. Infatti, è prevista la realizzazione di una *control/robot room*, cioè un ambiente dedicato dove viene inserito l'AMS le cui dimensioni variano dai 15 ai 25 mq per stazione di mungitura e dove l'operatore può gestire facilmente l'impianto e gli animali (manutenzione, controllo display dell'AMS, interventi sugli animali problematici). Le pareti interne della control room devono presentare un rivestimento in materiale lavabile per almeno i primi 2 metri con la presenza di aperture sufficienti per garantire una corretta ventilazione e illuminazione dell'area.

Figura 2.4.1: Control room con fossa del mungitore per poter intervenire in modo più efficace sull'animale.



AREA LIMITROFA ALL'AMS: deve essere spaziosa e priva di ostacoli garantendo uno spazio di almeno 5-6 metri evitando corsie di accesso troppo strette, angolazioni eccessive e scarsa illuminazione dell'intera area. Anche la pavimentazione di tale area deve fornire un adeguato grip e l'assenza di scalini che potrebbero ridurre il desiderio della bovina di recarsi autonomamente all'interno della stazione di mungitura per paura di poter scivolare o lesionarsi.

AREA DI ATTESA: Per quanto riguarda gli animali "ritardatari", cioè quelli con intervalli di mungitura troppo lunghi, o che non si recano autonomamente all'interno dell'AMS, l'operatore deve accompagnarli manualmente almeno 2 volte al giorno.

Per facilitare e velocizzare tale operazione è interessante la realizzazione di una sala di attesa dedicata in cui vengono contenuti le bovine in ritardo (tale area è sempre presente in caso di traffico guidato). In caso di traffico guidato l'area di attesa deve garantire l'accesso a tutti i gruppi di bovine in lattazione e viene dimensionata per il 15-25% degli animali in mungitura (deve essere maggiore di 20-25 mq/stazione).

Per quanto riguarda il traffico libero è possibile la realizzazione di un'area di attesa solamente per le vacche in ritardo, le quali entrano nell'AMS tramite un cancello a spinta creando così

un doppio ingresso detto “split entry”. In questo caso il dimensionamento di tale area è pari al 5% degli animali in lattazione (deve essere maggiore di 6-8 mq/stazione).

Figura 2.4.2: Area di attesa in caso di stalla con tipologia di traffico guidato.



AREA DI SEPARAZIONE: A valle del robot è possibile l’installazione di un cancello di selezione che permette separare gli animali che richiedono un intervento (da parte dell’allevatore o del veterinario) dal resto della mandria.

La realizzazione di quest’area permette di incrementare l’efficienza del lavoro in azienda riducendo il disturbo agli animali. Nell’area di separazione è possibile inserire animali che richiedono interventi di breve durata (inseminazioni, mascalcia, messa in asciutta, visite veterinarie o somministrazione di farmaci) e di media-lunga durata (vacche fresche, infermiera, vacche ritardatarie). La stabulazione può essere su lettiera, fondamentale per animali affetti da zoppie, o a cuccette. La dimensione deve essere pari al 5% delle vacche in lattazione ed è previsto un accesso diretto all’AMS mediante l’installazione di un cancello monodirezionale (Leso, 2020).

Figura 2.4.3: Area di sperazione su lettiera in paglia.



Il posizionamento dell'AMS è uno degli aspetti maggiormente messi in discussione per quanto riguarda la mungitura automatica in quanto non esiste una specifica regola, ma varia in base al layout di stalla. In caso di un unico AMS mono-stallo si consiglia una collocazione in testata alla stalla; mentre nel caso di più AMS si preferisce la loro collocazione nella zona centrale per ridurre gli spostamenti delle bovine, le quali dovrebbero percorrere una distanza eccessiva e quindi sono meno disposte a recarsi spontaneamente all'interno dell'AMS per la mungitura (Gastaldo, 2017). La disposizione centrale dell'AMS pone dei vincoli progettuali rilevanti, come la limitazione dell'accessibilità alla control room e all'area di separazione. Generalmente viene preferita la collocazione in testata alla stalla per ovviare a tali problematiche (Leso, 2020).

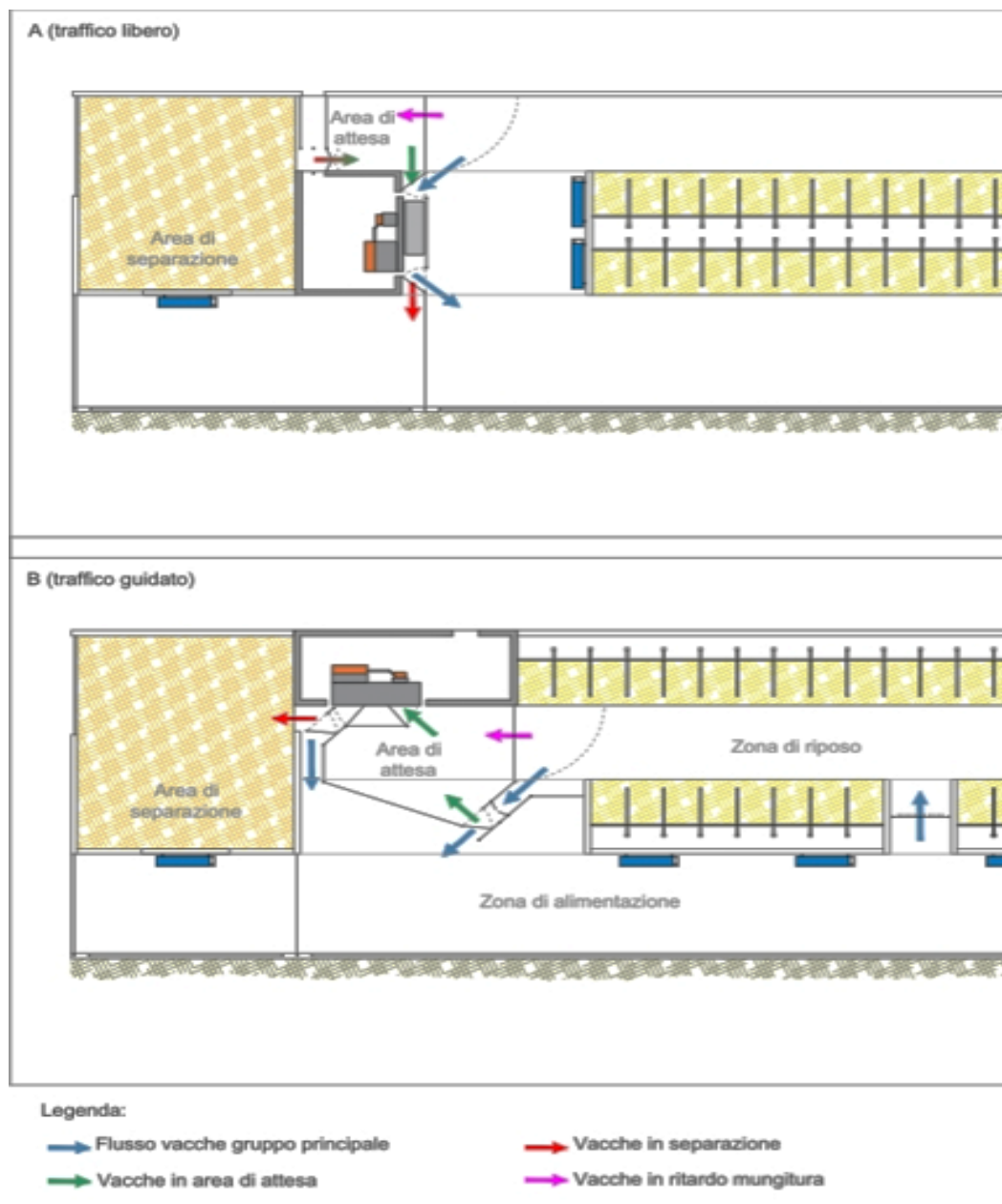
L'introduzione dell'AMS in una stalla nuova e quindi progettata per la mungitura robotizzata offre numerosi vantaggi, tra cui le migliori performance degli AMS stessi in termini produttivi e di efficienza del lavoro. Nonostante questo, la maggior parte degli AMS vengono inseriti in stalle già esistenti, fortemente limitate da vincoli strutturali e talvolta rendendo necessarie modifiche importanti dell'azienda per garantirne una corretta collocazione, ma è assolutamente possibile la conversione della mungitura da tradizionale ad automatica.

Principali limiti nell'introduzione dell'AMS in una stalla già esistente:

- spazio a disposizione: l'AMS richiede una notevole area e in caso di ristrutturazione è necessario ridurre il numero degli animali con l'eliminazione di alcune cuccette. Se ciò non venisse fatto si avrebbe un impatto negativo sul benessere degli animali e sul funzionamento dell'impianto stesso;
- collocazione nell'area dell'ex sala di mungitura: è una soluzione per risparmiare spazio, ma gli animali devono essere munti fino all'entrata in funzione dell'AMS, cosa non fattibile se viene eliminata per far posto alla stazione di mungitura;
- comfort degli animali: se le bovine non sono in uno stato di comfort ideale nella stalla da adattare, per scorretto dimensionamento delle cuccette, pavimento scivoloso e ventilazione inadeguata, i costi per la sistemazione sono maggiori rispetto alla costruzione di una nuova struttura (Leso, 2020).

Il layout della stalla e la tipologia di traffico sono tra loro strettamente correlate. In generale stalle con traffico guidato sono più idonee ad una sistemazione delle cuccette "groppa a groppa" consentendo la netta separazione tra area di riposo e area di alimentazione. Invece il traffico libero può adattarsi a tutte le tipologie di layout, in particolar modo nelle stalle costituite da due o tre file di cuccette disposte "testa a testa".

Figura 2.4.4: Esempi schematici di due stalle, con le varie aree attorno al robot, a traffico libero (sopra) e guidato (sotto) (Leso, 2020).



Importante è evitare la presenza di ostacoli, come restringimenti o scalini alti, o percorsi scomodi che potrebbero a sua volta ridurre il desiderio della bovina a recarsi all'interno dello stallo. Infine, evitare la collocazione in zone eccessivamente rumorose, soggette a corrente d'aria o calde. È importante quindi da parte dell'allevatore una corretta gestione e osservazione dei ritardi, i quali possono derivare da problematiche individuali di tipo deambulatorio o altre patologie, ma anche scarso comfort della zona di mungitura e malfunzionamenti dell'AMS stesso. Queste bovine devono essere accompagnate almeno due volte al giorno all'AMS (Rumi, 2013) (Leso, 2020).

2.5 SISTEMI DI TRAFFICO

Con l'introduzione dell'Automatic Milking Systems si va modificare profondamente non solo la gestione e l'organizzazione della stalla, ma anche l'alimentazione, la carriera produttiva e il comportamento della bovina. L'animale deve abituarsi ad entrare spontaneamente ed autonomamente all'interno dell'AMS per la mungitura ed è quindi fondamentale che l'allevatore metta in atto delle pratiche perché ciò avvenga. Il numero di mungiture giornaliere è fortemente influenzato dalla gestione del traffico in stalla.

Ricerche hanno dimostrato che il traffico forzato porta a un maggior numero di visite all'AMS rispetto a una tipologia di traffico libero, ma a sua volta un maggiore numero di fallimenti in quanto non viene rispettato l'intervallo di tempo tra una mungitura e quella seguente. Il 70% dell'intervallo va dalle 6 alle 12 ore, valore che varia in funzione dello stadio di lattazione, la maggiore attività delle primipare, il livello gerarchico o la sola distribuzione del concentrato da parte dell'AMS. Informazioni che, integrate con i valori di produzione attesa e l'alimentazione, permettono di realizzare un intervallo ideale per ogni singolo animale. Il successo della mungitura va ad influenzare fortemente il comportamento dell'animale, se non è andata a buon fine la bovina uscirà molto lentamente dallo stallo e tenderà a rientrarci immediatamente. L'accesso all'AMS per gli animali non dominanti è limitato per la competizione con quelli dominanti, i quali devono recarsi durante le ore notturne perché solo in quel momento i contatti e conflitti sono ridotti al minimo.

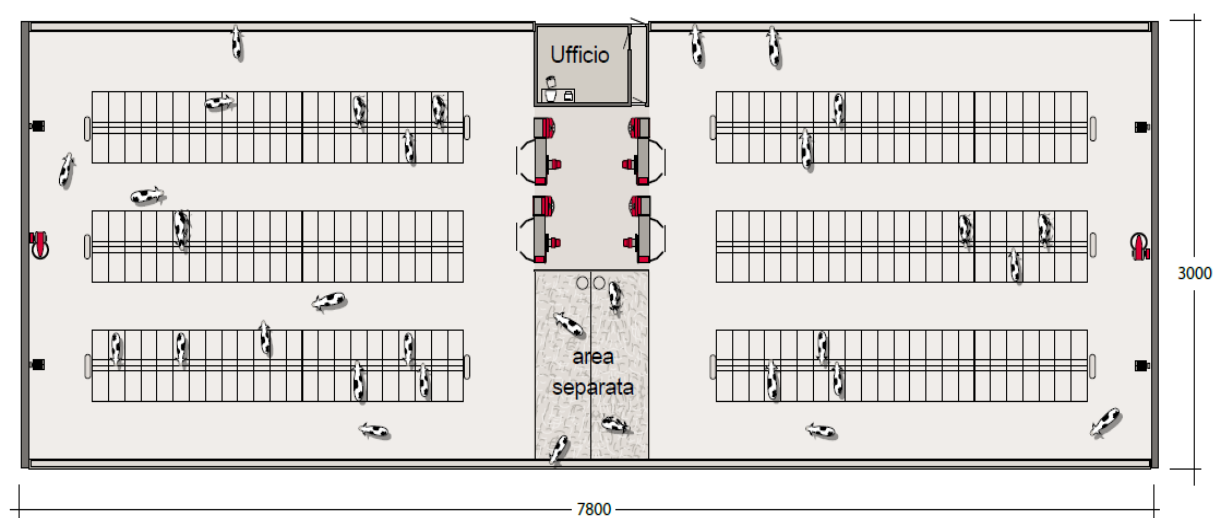
Gli intervalli di mungitura di queste bovine possono essere irregolari, andando ad interferire con la produzione e la qualità del latte, in particolar modo per quanto riguarda le cellule somatiche. Infatti, il tempo medio di attesa per la mungitura per questa categoria di animali è di circa 70 minuti a confronto dei 3,5 minuti per gli animali dominanti (Badan et al., 2014).

Quindi la scelta di una corretta tipologia di circolazione deve essere attentamente valutata dall'allevatore e non dovrebbe basarsi sulla planimetria delle strutture aziendali. Le modalità di accesso all'AMS si distinguono in:

- Traffico libero o "*free cow traffic*", è la tipologia di traffico più diffusa, in cui la bovina è libera di muoversi liberamente in qualsiasi direzione e in totale assenza di barriere (es cancelli di selezione), tra le aree di riposo e alimentazione. L'accesso al box di mungitura è quindi totalmente libero e la bovina in attesa può decidere se stazionare in prossimità dell'AMS, oppure dedicarsi ad altre attività come l'alimentazione o il riposo. L'unica attrattiva è la somministrazione del concentrato da parte dell'AMS ed è quindi importante un piano di adattamento corretto per evitare o ridurre al minimo il numero delle bovine

che non lo visitano sufficientemente, con un numero di mungiture inferiore alle 2 al giorno (5-10% della mandria); infatti, è caratterizzato da un numero inferiore di mungiture rispetto agli altri sistemi. Fare particolare attenzione anche alle bovine dominanti che tendono a non far entrare le bovine dominate, le quali devono essere condotte all'AMS da parte dell'operatore (Pezzuolo, 2021) (Sangiorgi et al., 2014) (Gastaldo, 2017);

Figura 2.5.1: Libera circolazione in una stalla con AMS.



- Traffico forzato o "forced cow traffic", obbliga la bovina a passare attraverso l'AMS per accedere alla corsia di alimentazione grazie all'inserimento di cancelli e barriere. Questo sistema garantisce un maggiore numero di mungiture che si dovrebbe tradurre in una maggiore produzione di latte, ma a sua volta rallenta complessivamente il processo perché vi devono passare anche le bovine già munte ma che vogliono accedere all'alimento, rendendo l'AMS improduttivo. Inoltre, i maggiori tempi di attesa possono incrementare l'incidenza di problemi a livello podale, si riduce notevolmente il tempo che gli animali dedicano al riposo e all'alimentazione, a cui corrisponde una diminuzione del numero dei pasti e un incremento dell'ingestione per pasto, determinando la fluttuazione del pH ruminale e causando notevoli problemi metabolici alla bovina. Infine, ci sono dei costi aggiuntivi per l'installazione delle barriere e dei cancelli necessari per regolare il traffico (Sangiorgi et al., 2014) (Gastaldo, 2017);

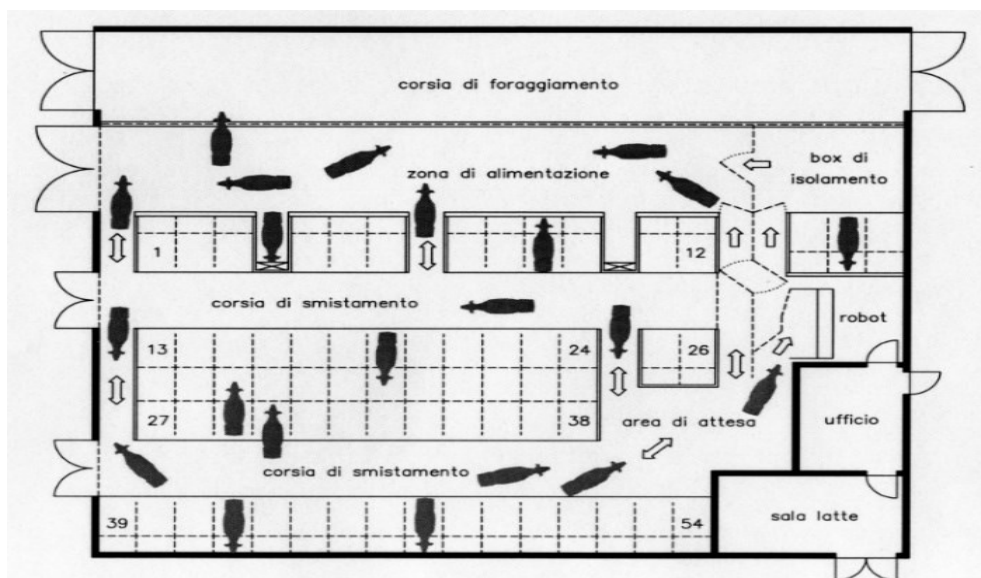
Figura 2.5.2: Particolari di cancelli di separazione in un sistema a traffico forzato delle bovine.



- Traffico regolato o *“guided cow traffic”* e prevede l’utilizzo di cancelli selezionatori posizionati nei passaggi tra zona di riposo e zona di alimentazione e corridoio di soprasso parallelo alla stazione di mungitura, i quali regolano il flusso delle bovine. Gli animali che non devono essere munti, quindi con intervallo di mungitura inferiore alle ore previste, vengono deviati verso la corsia di alimentazione, mentre quelli pronti alla mungitura vengono fatti entrare all’interno dell’AMS.

In caso di AMS multi-stallo è previsto un box di selezione dove avviene la selezione delle vacche da mungere, le quali vengono fatte entrare in un’area di attesa, mentre le altre vengono mandate in corsia di alimentazione. Questa tipologia di circolazione prevede un numero minore di visite, ma un maggior numero di visite in corsie di alimentazione. Nella maggior parte dei casi può richiedere un maggiore tempo di adattamento per le bovine (Sangiorgi et al., 2014) (Gastaldo, 2017).

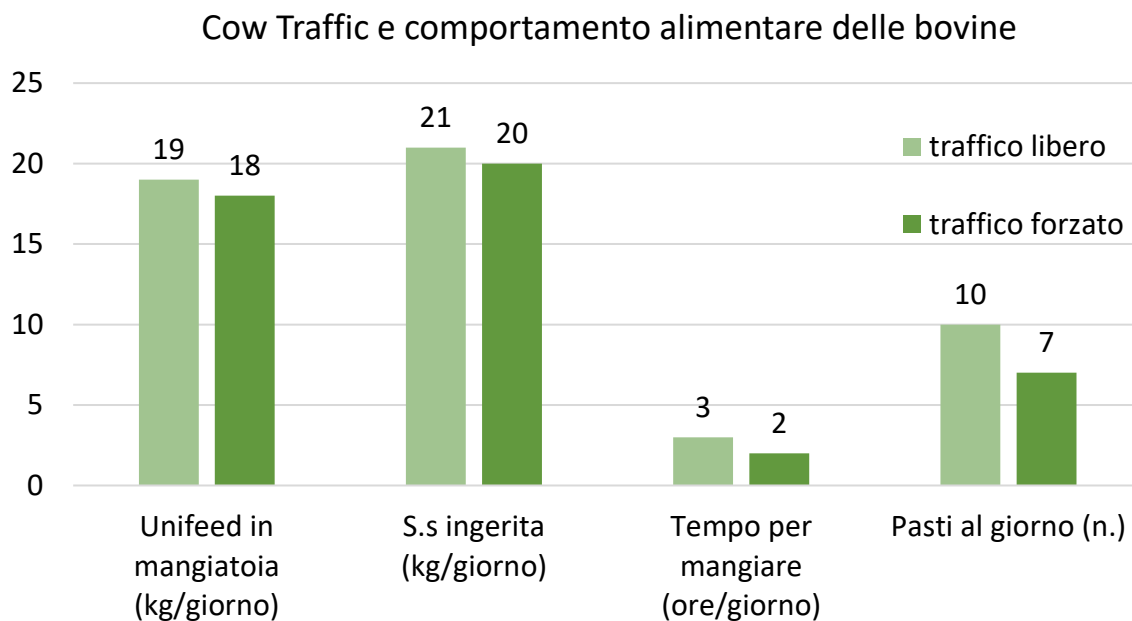
Figura 2.5.3: Circolazione regolata delle bovine (Gastaldo, 2017).



Una ricerca svoltasi nel 2016 dall'Università del Wisconsin (USA) ha preso in considerazione 635 aziende da latte nordamericane per la determinazione di come sia possibile massimizzare la produzione. I dati ottenuti hanno dimostrato che il *free cow traffic* porta a una maggiore produzione rispetto al *forced cow traffic*, in quanto diminuisce notevolmente il tempo che gli animali dedicano all'alimentazione. Questo fattore può anche incrementare le possibilità di riscontrare vacche con acidosi ruminale e l'eccessiva somministrazione di concentrato può avere effetti inversamente proporzionali sulla produzione di latte (Campiotti, 2018).

Dal grafico (Fig. 2.5.4) si può notare come tutti i parametri presi in considerazione dal caso studio siano migliori e superiori in caso di applicazione di traffico libero, soprattutto per quanto riguarda il numero di visite in mangiatoia (N. pasti al giorno). Questo mette in evidenza il fatto che maggiore è l'ingestione di unifeed, maggiore sarà la produzione complessiva a parità di concentrato somministrato.

Figura 2.5.4: Rappresentazione grafica della differenza del comportamento alimentare da parte delle bovine in lattazione tra *free cow traffic* e *forced cow traffic* (Bach e Cabrera, 2017).



Un altro studio ha permesso di dimostrare ulteriormente come la libera circolazione permetta di:

- Incrementare la produzione del 7% per le manze e del 10% per le bovine fresche;
- Ridurre problematiche a livello podale, in quanto gli animali non sono obbligati ad attendere in prossimità dell'AMS per la mungitura. Infatti, se l'AMS risultasse occupato la bovina può decidere se attendere che si liberi, oppure decidere di recarsi in corsia di

alimentazione o andare in cuccetta. Questo sistema permette di ridurre il tempo che la vacca deve sostare in piedi e quindi ridurre di sovraccaricare gli unghioni;

- Incentivare le bovine dominate ad entrare spontaneamente in quanto in caso di presenza dell'animale dominante hanno la possibilità di allontanarsi, dedicarsi ad altre attività e poi entrare nell'AMS quando questo sarà libero;
- Migliorare l'efficienza alimentare e la salute del ruminale evitando l'insorgenza di dismetabolie come l'acidosi ruminale per l'incremento dell'ingestione. Infatti, una bovina si recherà presso la mangiatoia dalle 8 alle 14 volte al giorno e ad ogni visita si alimenterà per circa mezz'ora assumendo 2,2 kg di sostanza secca con un tempo d'ingestione media giornaliera che varia dalle 4 alle 6 ore. Maggiore è il numero di distribuzioni di foraggio durante il corso della giornata, maggiore sarà il numero di visite da parte dell'animale in mangiatoia, permettendo di mantenere maggiormente in salute il ruminale;
- Ridurre la manodopera, infatti il tempo necessario a radunare le bovine per la mungitura diminuisce di oltre il 60%. Inoltre, le manze si abituano molto più velocemente a questo tipo di circolazione (tre giorni rispetto ai dieci necessari per il traffico forzato);
- Ridurre problematiche a livello mammario, come la mastite in quanto l'animale viene munto per un numero di volte prestabilito in funzione dell'intervallo tra una mungitura e quella successiva. L'apparato mammario non viene eccessivamente sfruttato, non si hanno problematiche di sovramungitura, garantendo una corretta chiusura dello sfintere del capezzolo;
- Evitare costi extra per l'installazione di cancelli automatici di selezione e quindi migliorare la redditività aziendale (Lely, 2022).

3 MATERIALI E METODI

3.1 STRUTTURA DEL QUESTIONARIO

Il presente elaborato si pone come obiettivo quello di valutare le principali finalità, i vantaggi e le criticità dopo l'introduzione dell'Automatic Milking System in 20 aziende zootecniche situate in provincia di Trento e che effettuano i controlli funzionali da parte della Federazione Provinciale Allevatori di Trento.

Questa analisi è stata possibile attraverso la somministrazione di un questionario nel periodo compreso tra marzo e maggio 2022 che ha permesso di valutare diverse caratteristiche aziendali dal punto di vista strutturale e zootecnico, facendo inoltre riferimento alla tipologia di robot introdotta, all'alimentazione, alla destinazione del prodotto finale e al grado di soddisfazione finale dell'allevatore stesso dopo l'inserimento dell'AMS.

Il questionario è uno strumento molto efficace che rientra all'interno del metodo conoscitivo induttivo con l'obiettivo di raccogliere informazioni standardizzate su un campione statisticamente significativo al fine di effettuare un'analisi statistica dei dati raccolti.

Per la buona riuscita dell'indagine statistica è stata fatta particolare attenzione all'utilizzo di una terminologia semplice per la formulazione dei quesiti e l'eventuale spiegazione di alcuni termini tecnici, in modo da renderli facilmente comprensibili a tutti gli intervistati. Anche la disposizione dei quesiti non è stata causale ma studiata in modo da rendere semplice la loro individuazione e la loro coerenza, permettendo un loro corretto raggruppamento in funzione degli argomenti trattati.

Il questionario è costituito da sei parti:

- La prima parte fornisce le informazioni generali riguardanti i dati anagrafici del rispondente, l'azienda, gli animali allevati e la struttura del fabbricato prima e dopo l'introduzione dell'AMS;
- La seconda parte riguarda la tipologia di AMS che è stata introdotta all'interno dell'azienda, il suo posizionamento in stalla, la tipologia di traffico adottata, il tempo di adattamento delle bovine, i principali dati forniti dall'AMS e gli interventi di manutenzione effettuati dall'operatore;
- La terza parte si focalizza sul piano di alimentazione adottata all'interno dell'allevamento;
- La quarta parte dà un'indicazione generale sulla destinazione del latte prodotto;

- La quinta parte si concentra sulla sensoristica presente nell'AMS, sui sensori maggiormente osservati dall'allevatore e sui sistemi di zootecnia di precisione adottati o che verranno adottati dall'allevamento;
- La sesta parte permette di mettere in evidenza quali sono le principali motivazioni che hanno spinto l'allevatore ad adottare l'Automatic Milking System e quali sono le principali difficoltà riscontrate dopo il suo inserimento in azienda.

Tali sezioni si strutturano sulla base di 58 quesiti per la maggior parte a risposta chiusa e alcuni a risposta aperta/breve permettendo una compilazione il più possibile agevole, data la notevole lunghezza del questionario e l'impiego richiesto per la sua compilazione.

3.2 DATI RILEVATI

Un elenco dettagliato dei dati rilevati, ordinato per le 6 sezioni pocanzi discusse, è riportato in Tab. 3.2.1.

Tabella 3.2.1: Dati raccolti mediante la somministrazione del questionario suddividendoli in sei categorie.

CATEGORIE	DATI RILEVATI
INFORMAZIONI GENERALI	
Profilo sociodemografico	Nome dell'azienda
	Ubicazione dell'azienda
	Ruolo del rispondente all'interno dell'azienda (proprietario, direttore/gestore dell'azienda, dipendente)
	Età del rispondente
	Istruzione del rispondente (nessuna istruzione agricola, istituto professionale, istituto tecnico, università, altro)
Principali caratteristiche aziendali	SAU (Superficie Agraria Utile) in ha
	Numero di bovine in lattazione prima dell'introduzione del robot
	Numero di bovine in lattazione dopo l'introduzione del robot
	Razza di vacche allevate
	Stalla ristrutturata o realizzazione di una nuova struttura
	Cambiamenti a livello strutturale delle stalle già esistenti
	Stabulazione della stalla preinstallazione
	Stabulazione stalla post-installazione
	Sistema di pulizia delle pavimentazioni
	Stoccaggio liquame/letame

	Trattamenti reflui zootecnici
	Modalità di distribuzione dei reflui zootecnici
MUNGITURA ROBOTIZZATA	
Principali caratteristiche dell'AMS introdotto	Sistema di mungitura preinstallazione
	Numero di AMS acquistati
	Anno di introduzione dell'AMS
	Utilizzo di incentivi pubblici per l'acquisto dell'AMS
	Marca e modello dell'AMS
	Tipologia di robot: mono-stallo o multi-stallo
	Gruppo di mungitura robotizzato: prendicapezzoli riuniti o indipendenti
	Collocazione del robot
	Tipologia di traffico adottata
	Tempo di adattamento degli animali all'AMS
	Parametri produttivi dell'AMS
Produzione di latte media/giorno	
Produzione di latte media vacca/giorno	
Numero di mungiture medie giornaliere	
Percentuale di occupazione dell'AMS	
Media di rifiuti/giorno	
Media di fallimenti di mungitura/giorno	
Media grasso	
Media proteine	
Tempo medio di visita all'AMS	
Variatione parametri qualitativi del latte dopo l'introduzione dell'AMS	
Principali cause per quanto riguarda i fallimenti di mungitura	
Utilizzo software gestionali e applicazioni su smartphone	Utilizzo di applicazioni su smartphone per la gestione e il controllo delle attività aziendali
	Tempo medio giornaliero di lettura dei dati
	Modalità di trasferimento dati dall'AMS al centro di assistenza/installazione
Altri parametri osservati	Quali sono e con che frequenza vengono svolte le principali operazioni di manutenzione dell'AMS
	Utilizzo della genetica sinergica all'impiego di robot (tori "robot ready")

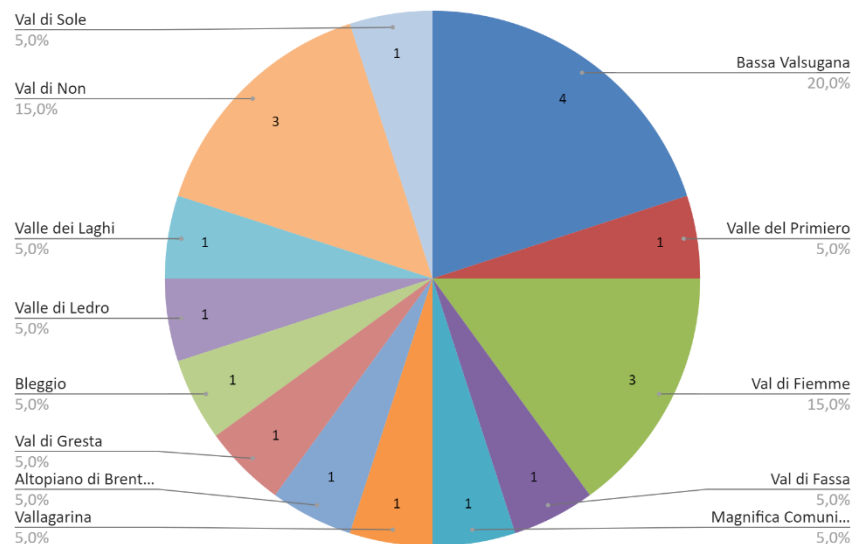
	Quali tecniche vengono adottate per la pulizia podale
ALIMENTAZIONE E SOMMINISTRAZIONE DELLA RAZIONE	Somministrazione di alimenti sfusi o unifeed
	Metodo di somministrazione della razione
	Composizione in percentuale della razione
DESTINAZIONE DEL LATTE	Frequenza di conferimento
	Dove viene conferito il latte
	Destinazione produttiva del latte
	Particolari tipologie di formaggi prodotte
INNOVAZIONI E BENESSERE ANIMALE	Quali sensori sono presenti nell'AMS e quali sono di maggiore rilevanza per l'allevatore
	Quali vantaggi ha portato l'utilizzo della sensoristica presente sull'AMS
	Quali altri sistemi di zootecnia di precisione sono presenti o verranno adottati all'interno dell'azienda
CONCLUSIONI	Quali motivi hanno spinto l'allevatore ad acquistare l'AMS
	Quali sono le principali difficoltà riscontrate dopo l'introduzione dell'AMS

3.3 CARATTERISTICHE DEL CAMPIONE INTERVISTATO

Ubicazione delle aziende zootecniche: il campione intervistato è rappresentato da 20 aziende zootecniche situate all'interno della Provincia Autonoma di Trento. Come si può notare grafico sottostante (Figura 3.3.1) l'AMS è stato introdotto in modo abbastanza uniforme su tutto il territorio provinciale, andando a interessare sia aziende collocate in fondovalle sia in zone montane. In Bassa Valsugana è stato installato almeno 1 AMS in quattro stalle, mentre in Val di Fiemme e in Val di Non ci sono rispettivamente tre aziende che hanno adottato un sistema di mungitura automatico. Tre zone molto diverse tra di loro dal punto di vista territoriale e produttivo. Infatti, nella Bassa Valsugana sono ubicate aziende che riprendono l'idea delle stalle di pianura con un numero relativamente elevato di animali, un'elevata produzione di latte e una razione costituita prevalentemente da insilati di mais, tipicamente coltivato in questa valle. La Val di Fiemme, tipica zona di montagna che vive principalmente sull'allevamento di bovine da latte, sull'alpeggio e sulla fienagione, presenta aziende con un numero medio di vacche allevate con la possibilità di accesso al pascolo durante il periodo estivo. Infine, la Val di Non può essere divisa a sua volta in due zone, la bassa Val di Non dove è presente quasi esclusivamente la frutticoltura e l'alta Val di Non caratterizzata dalla presenza di un numero elevato di aziende zootecniche.

Sull'Altipiano d'Asiago, Valle di Primiero, Val di Fassa, Magnifica Comunità degli Altipiani Cimbri, Vallagarina, Altopiano di Brentonico, Val di Gresta, Bleggio, Valle di Ledro, Valle dei Laghi e Val di Sole c'è rispettivamente un'unica azienda che ha introdotto in azienda almeno un AMS.

Figura 3.3.1: Distribuzione delle 20 aziende zootecniche che hanno adottato un sistema di mungitura robotizzata all'interno della Provincia di Trento.



Di seguito sono analizzati i risultati dello studio per quanto riguarda le caratteristiche generali del personale intervistato e dei principali parametri produttivi dell'AMS:

- **Età:** l'età degli intervistati va dai 19 ai 52 anni, con una media di 36,45 anni (Fig. 3.3.2);
- **Genere:** il sesso degli intervistati è per il 90 % (18) maschi e il 10% (2) femmine (Fig. 3.3.3).

Figura 3.3.2: Rappresentazione grafica dell'andamento di età delle persone intervistate divisi per classi d'età.

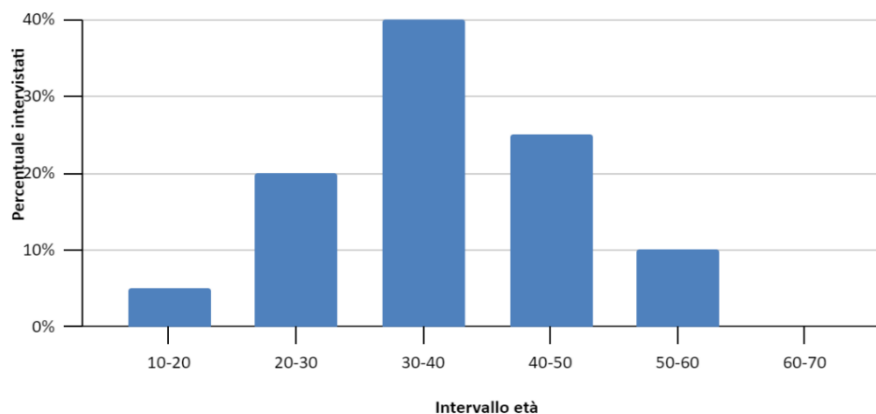
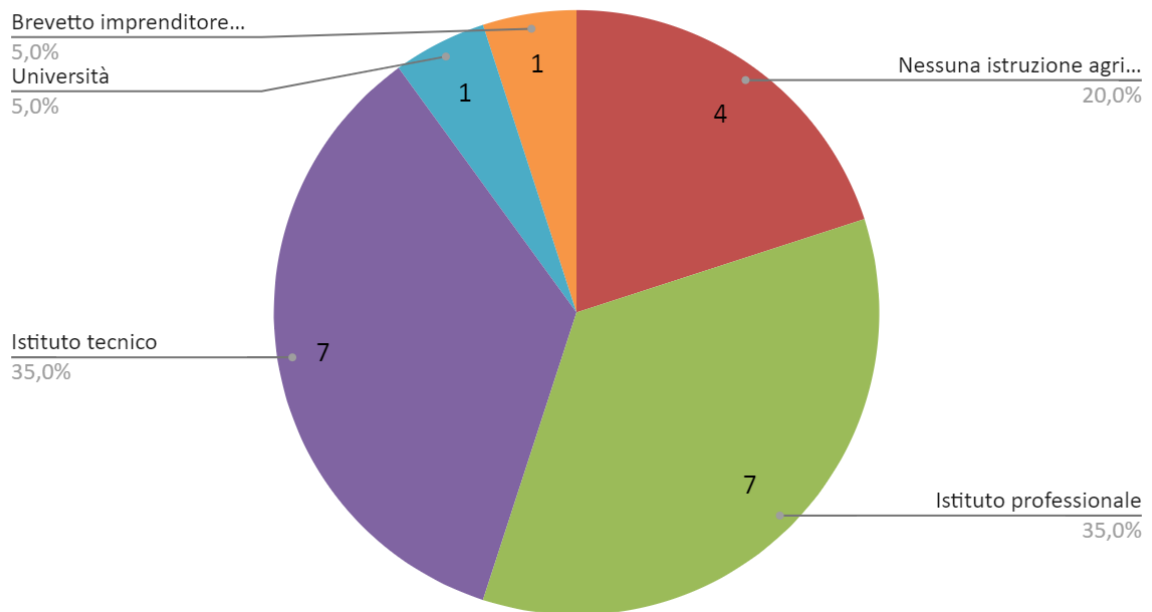


Figura 3.3.3: Diagramma a torta rappresentante l'istruzione dei rispondenti al questionario.

Istruzione dei rispondenti

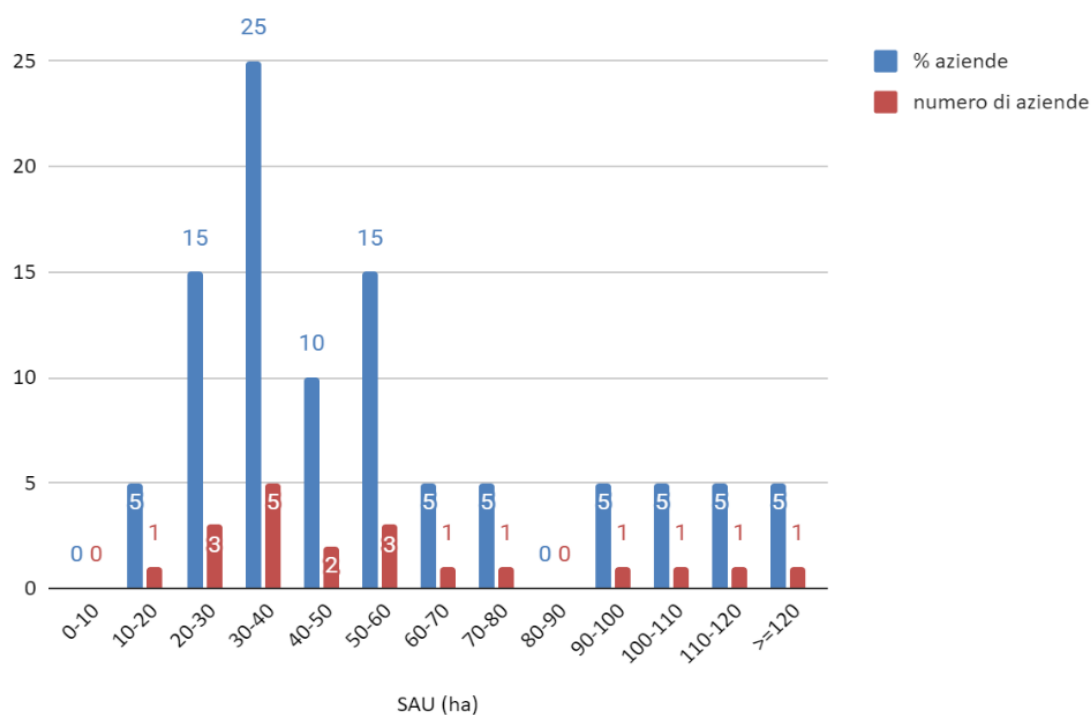


4 RISULTATI

4.1 SITUAZIONE AZIENDALE

SAU (Superficie Agricola Utilizzata): la superficie agraria effettivamente coltivata da parte delle aziende zootecniche monitorate va da un minimo di 15 ettari e un massimo di 120 ettari, con una media pari a 52,45 ettari. In questo caso il coefficiente di variazione è tendenzialmente alto, pari a 0,60, e quindi la media dei dati raccolti non è rappresentativa. Infatti, come riportato nel grafico sottostante (Figura 4.1.1), la maggior parte degli allevamenti ha una media di SAU compresa tra i 30 e i 40 ettari.

Figura 4.1.1: Rappresentazione grafica della media di SAU nelle aziende zootecniche intervistate.

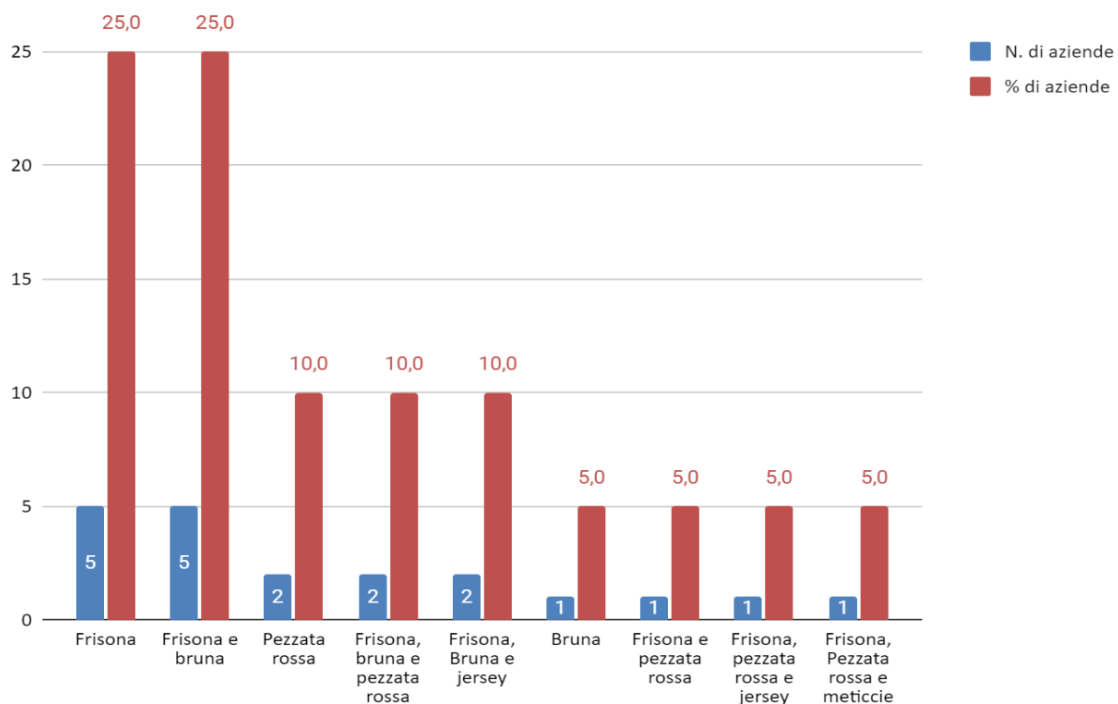


Numero di vacche in lattazione: il numero minimo è pari a 30 bovine in lattazione, mentre il numero massimo è pari a 130 con una media di 60,25 vacche munte/AMS.

Razze allevate: la razza Frisone è quella maggiormente allevata; infatti, è presente in 17 aziende monitorate (85%) e in 5 viene allevata in purezza, situazione tipica delle aziende di fondovalle. Segue la razza Bruna, presente in 10 allevamenti (50%), di cui solo in 1 viene allevata in purezza. La Pezzata Rossa è presente in 7 allevamenti (35%) e in 2 viene allevata in purezza. Infine, c'è una piccola percentuale di bovine di razza Jersey introdotta per migliorare i parametri qualitativi del latte.

Come è possibile notare nel grafico sottostante (Figura 4.1.2) il 60% delle aziende non presenta in allevamento una sola razza bovina. Le motivazioni che spingono l'allevatore ad allevare più razze diverse sono la possibilità di avere animali diversi dal punto di vista morfologico, ma anche dal punto di vista della quantità e della qualità del latte prodotto. Ad esempio, allevare bovine di razza Frisona permette di avere un'elevata produzione di latte con una ridotta percentuale di grasso e proteine e per compensare questo deficit qualitativo si fa ricorso all'utilizzo di bovine di razza Bruna o Pezzata Rossa. Tuttavia, una delle principali problematiche riscontrate è stata il dimensionamento dello stallo dell'AMS in quanto, essendo animali molto diversi dal punto di vista della struttura corporea, è sorta un'iniziale difficoltà nel contenimento dell'animale per gli impianti che non dispongono di cancelli che ne regolino la dimensione.

Figura 4.1.2: Razze presenti nelle 20 aziende sottoposte a questionario.



Alimentazione e somministrazione della razione: l'85% delle aziende somministra l'alimento sottoforma di unifeed parziale e di queste l'88% lo fa mediante l'utilizzo di carri unifeed e il 12% grazie ai sistemi di alimentazione automatica. Mentre il 15% delle aziende somministra gli alimenti sfusi in modo manuale. La cubatura media dei carri unifeed è pari a 15 metri cubi.

La composizione della razione zootecnica (Tabella 4.1.1) è molto variabile e dipende essenzialmente da due fattori:

- Ubicazione dell'azienda: in aziende del fondovalle ovvero dove è possibile la coltivazione del mais, la razione include la presenza di fieni insilati e insilati di mais, mentre nelle aziende di montagna viene utilizzato prevalentemente fieno imballato (o essiccato) ed erba medica;
- Destinazione del latte: per le aziende il cui latte è destinato alla produzione di formaggi stagionati e Trentingrana è vietato l'utilizzo di insilati per disciplinare di produzione, mentre per la produzione di formaggi freschi o latte alimentare ne è consentito l'impiego.

Tabella 4.1.1: Utilizzo in percentuale dei principali alimenti somministrati.

	% aziende che utilizzano l'alimento	% minima	% massima
Fieno imballato	75	1	50
Fieno essiccato	45	1	>50
Fieno insilato	35	1	>50
Erba medica	80	1	50
Insilati di mais	35	1	50
Concentrati	100	10	50
Altro (paglia)	25	1	30

Destinazione del latte: l'80% delle aziende conferisce il latte presso il caseificio o latteria una volta al giorno, le restanti o due volte al giorno (Caseificio di Cavalese) o a giorni alterni (produzione di latte alimentare presso Latte Trento). Il 40% del latte viene destinato per la sua commercializzazione come latte alimentare, il 35% per la produzione di Trentingrana, per il 10% per la produzione di Grana Padano e il restante per la realizzazione di formaggi freschi e stagionati.

Figura 4.1.3: Destinazione produttiva del latte prima e dopo l'introduzione dell'AMS. Il conferimento del latte avviene presso: Latte Trento (40% delle aziende), Caseificio di valle (35%), Casearia Monti Trentini (20%) o Caseificio aziendale per il restante 5%.

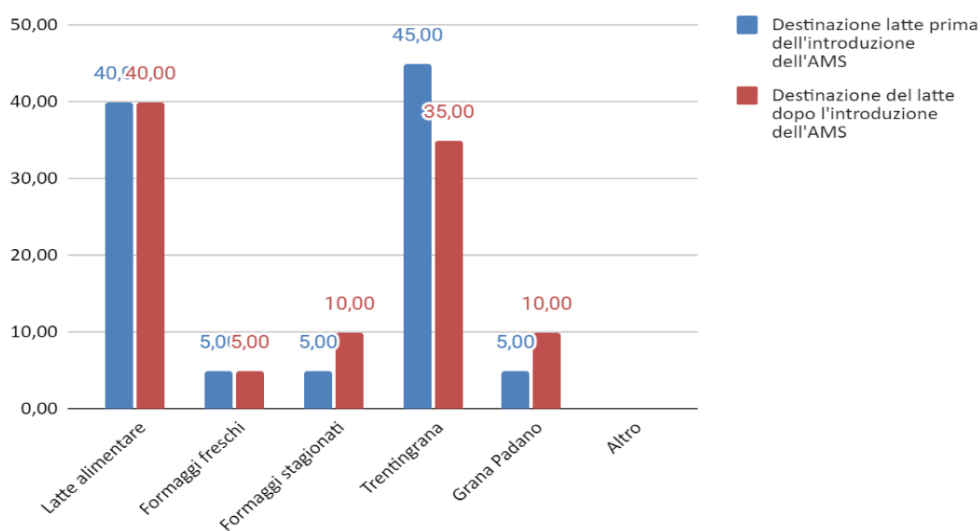
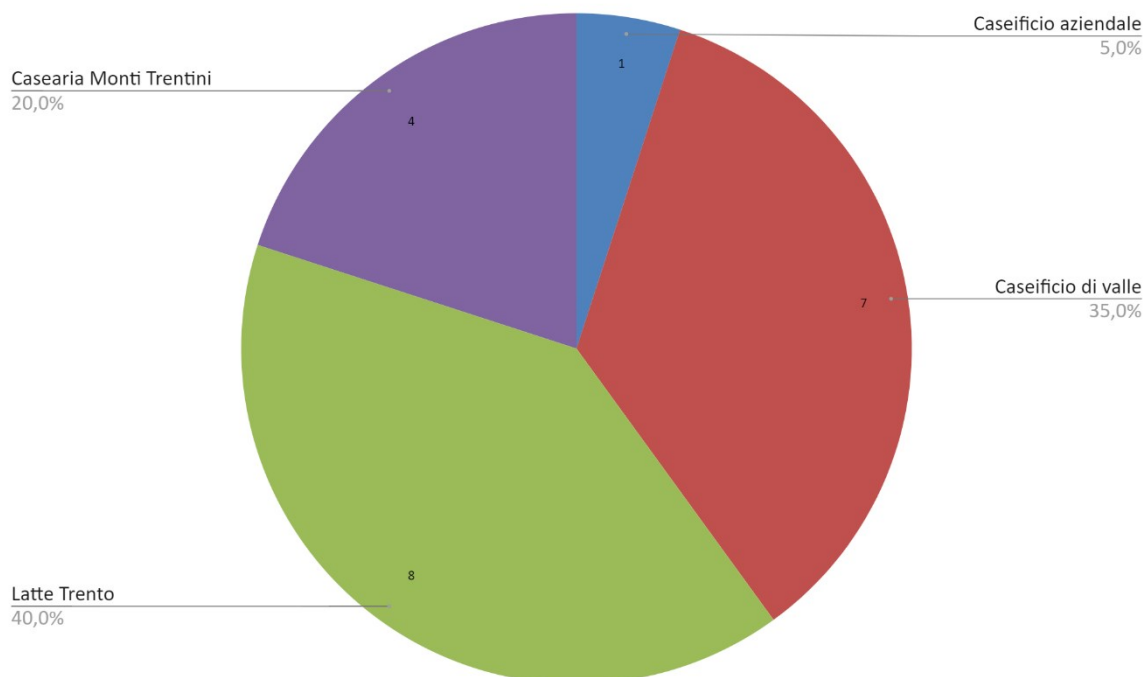


Fig. 4.1.4: Distribuzione dei principali stabilimenti in cui viene conferito il latte.



4.2 APPLICAZIONE DELLA MUNGITURA AUTOMATICA

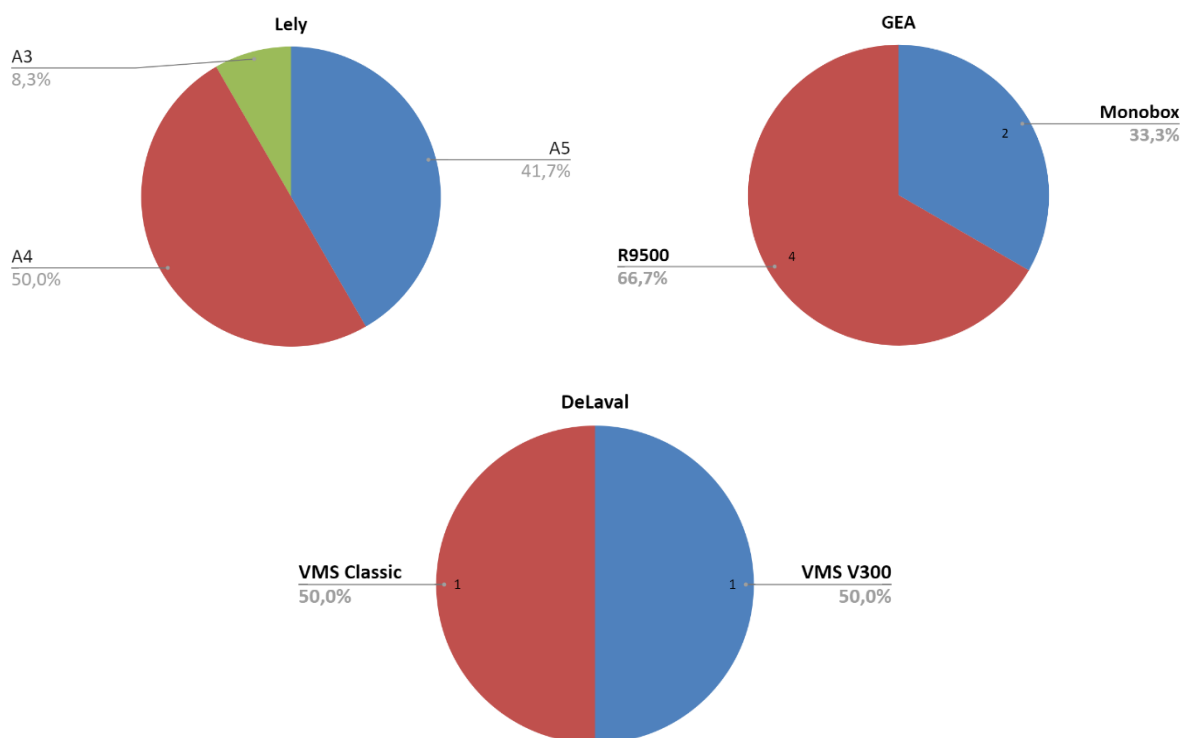
Sistema di mungitura precedente dell'introduzione aziendale dell'AMS: il principale sistema di mungitura adottato dalle aziende intervistate è rappresentato per il 65% dalla sala di mungitura a spina di pesce. Il restante per il 20% da lattodotto e per il 15% da sala di mungitura a tandem.

Numero di robot presenti: il numero massimo di robot installati è pari a 2 in due aziende zootecniche collocate rispettivamente in Bassa Valsugana e in Valle dei Laghi. Il 90% delle stalle ha installato un unico AMS.

Anno di introduzione dell'AMS: negli ultimi tre anni, dal 2019 al 2021, sono stati acquistati il 60% degli AMS attualmente presenti. Il primo AMS installato risale al 2010. L'80% delle aziende ha fatto ricorso all'utilizzo di incentivi messi a disposizione dal PSR per l'acquisto dell'impianto di mungitura automatico.

Costruttore, modello e tipologia di AMS: Lely è attualmente il costruttore di AMS maggiormente presente nelle aziende zootecniche trentine; rappresentando il 60% degli AMS installati. Segue GEA con il 30% e DeLaval (10%) (Fig. 4.2.1). Tutti gli AMS sono di tipo mono-stallo.

Figura 4.2.1: Rappresentazione grafica dei principali modelli di AMS presenti nelle stalle intervistate, ripartiti per costruttore.



Sistema prendicapezzoli: il 90% degli AMS è dotato di sistema prendicapezzoli riuniti. Tale soluzione è presente in soluzioni Lely e GEA. Il 10% da sistema prendicapezzoli indipendenti (AMS DeLaval).

Posizionamento dell'AMS e sistema di traffico delle bovine: l'80% degli AMS è stato installato in prossimità della testata della stalla mentre il restante 20% nella zona centrale della stabulazione. Il 90% delle aziende intervistate ha adottato un sistema di traffico "libero" delle bovine e, 2 aziende di queste, dispongono di un'area di attesa in cui vengono confinati gli animali in ritardo di mungitura o le bovine pigre. Il restante 10% ha adottato un sistema di traffico guidato.

Tempo di adattamento all'AMS: tale parametro è risultato essere molto variabile da azienda ad azienda in quanto viene influenzato da molteplici fattori quali la zona di inserimento dell'AMS, la razza allevata, il management aziendale, la qualità dei concentrati somministrati con l'AMS e la salute degli animali, in particolar modo degli unghioni.

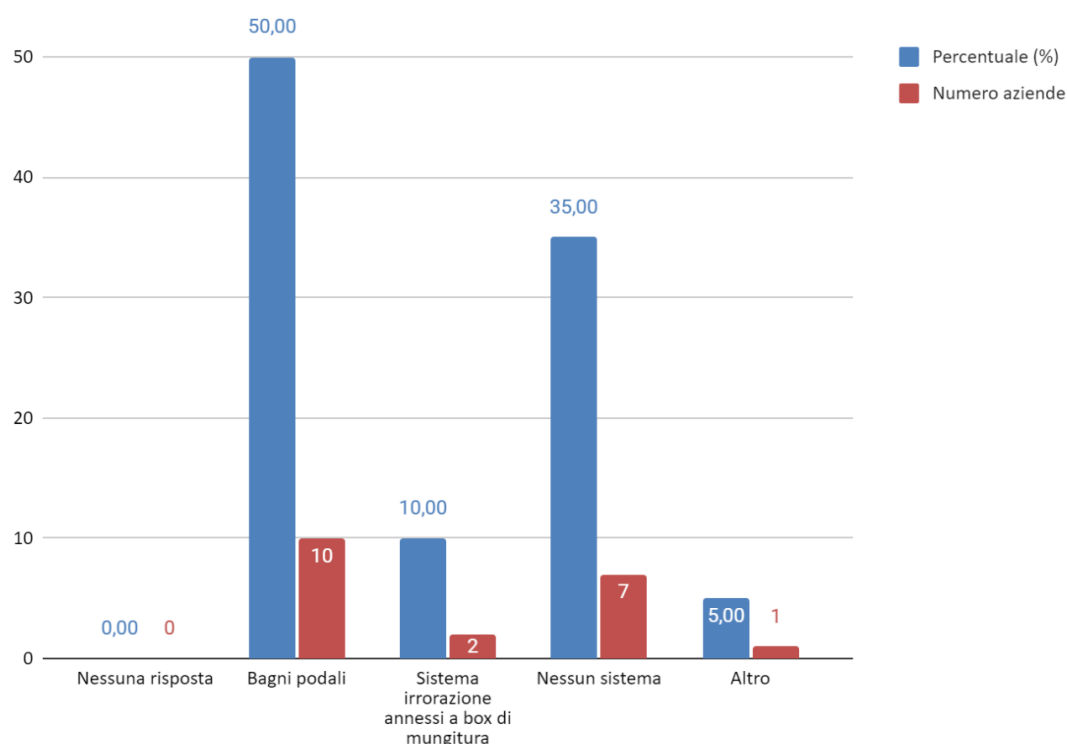
È stato riscontrato che il 45% delle aziende non ha avuto particolari problemi nell'abituare gli animali ad entrare volontariamente/spontaneamente all'interno dell'AMS, riuscendo ad avere un tempo di adattamento inferiore ai 15 giorni. L'altro 45% delle aziende ha registrato un

tempo di adattamento compreso tra i 30 e i 40 giorni. Infine, il 10% delle aziende ha avuto un tempo di adattamento molto alto superiore ai 40 giorni.

Ciò che è stato rilevato nelle aziende zootecniche trentine che ha permesso di avere tempi di adattamento delle bovine brevi alla mungitura automatica sono:

- ✓ La collocazione dell'AMS in una zona luminosa e ben areata, identificabile in base alla quantità di alimento presente in mangiatoia che risulterà sicuramente inferiore rispetto alla zona meno illuminata;
- ✓ La presenza di razze altamente produttive, come la frisona, che presentano un maggiore stimolo a recarsi all'interno dell'AMS.
- ✓ La qualità del concentrato somministrato dal robot è certamente uno dei principali fattori di stimolazione e richiamo della bovina;
- ✓ La salute degli unghioni, garantita dalle operazioni di pareggiamento e da eventuali sistemi di pulizia del piede, come bagni podali o sistema di irrorazione di prodotti disinfettanti posti alla base dell'AMS, favorisce lo spostamento autonomo delle vacche all'interno dello stallo di mungitura. Nelle stalle intervistate il 50% ha adottato il sistema dei bagni podali, il 10% il sistema di irrorazione annesso al box di mungitura, il 35% nessun sistema e il 5% pratica lavaggi manuali.

Figura 4.2.2: Rappresentazione grafica del numero e della percentuale di aziende che adottano i diversi sistemi di pulizia podale.



Parametri produttivi: per quanto riguarda la produzione (Tabella 4.2.1) media di latte (kg latte/giorno) e la produzione totale di latte (kg latte/305 giorni di lattazione), il coefficiente di variazione emerso è tendenzialmente alto (maggiore di 0,5). Tuttavia, il 50% delle aziende monitorate presenta una produzione media tra i 1.000 e i 2.000 kg di latte/giorno e il valore medio, pari a 1.996,90 kg di latte/giorno che rientra all'interno della media aziendale.

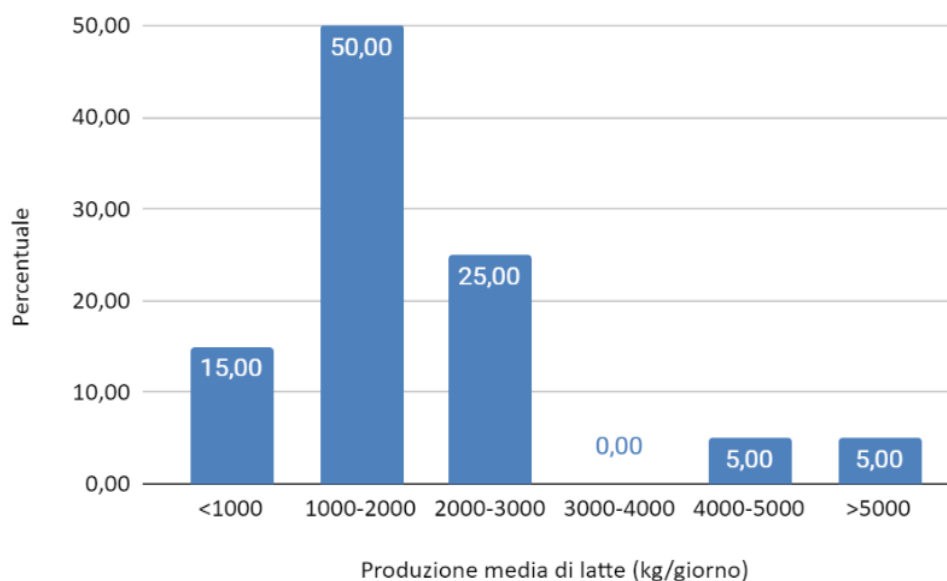
Il 35% delle aziende presenta una produzione totale aziendale compresa tra i 500.000 e i 600.000 kg di latte/305 giorni di lattazione, dato inferiore alla media riportata pari a 630.924,53 kg di latte/305 giorni di lattazione.

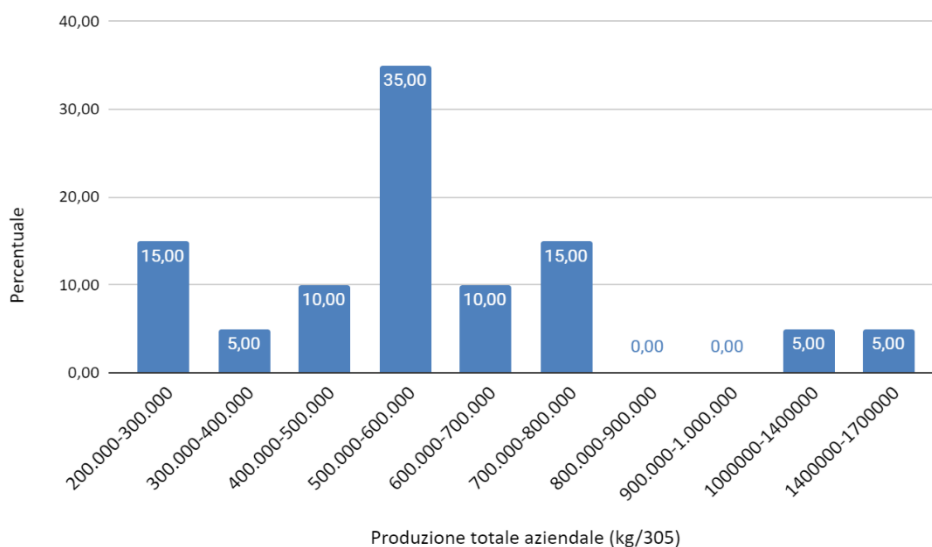
Per quanto riguarda la produzione media giornaliera vacca/giorno e la produzione media annua di latte per capo il coefficiente di variazione è relativamente basso, questo sta a indicare che c'è poca variabilità tra i dati raccolti dalle aziende e che la media riportata è un dato affidabile.

Tabella 4.2.1: Principali parametri produttivi delle aziende intervistate.

	Produzione media di latte (kg/giorno)	Produzione media giornaliera vacca/giorno (kg/giorno)	Produzione media annua di latte capo (kg/305)	Produzione totale azienda (kg/305)
MIN	650,00	22,5	6.862,50	207.705
MAX	5.510,00	43,00	13.115,00	1.678.720
MEDIA	1.996,90	32,38	9.874,38	630.924,53
Coeff. Var	0,58	0,18	0,18	0,56
MODA	650,00	32,00	9.760,00	-

Figura 4.2.3: Nel primo grafico è possibile osservare la ripartizione aziendale dei dati riguardanti la produzione media di latte (kg di latte/giorno). Nel secondo grafico è riportata la distribuzione della produzione totale aziendale (kg di latte/305 giorni di lattazione).



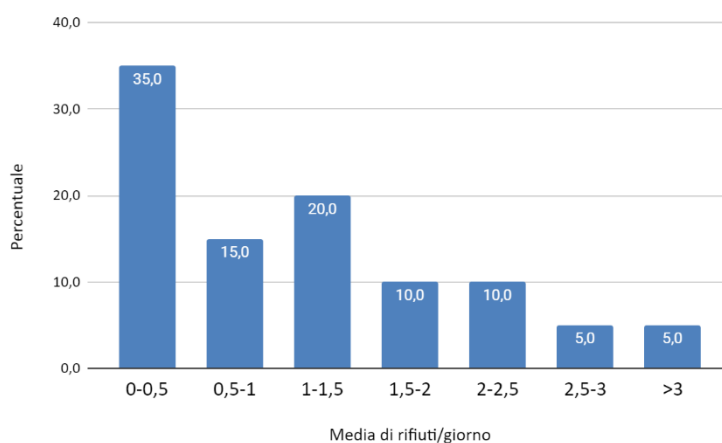


Dati efficienza AMS: il numero medio di mungiture è pari a 2,88 con una percentuale di occupazione media dell'AMS del 77,5%, da cui è possibile derivare una percentuale di tempo libero di circa il 23%.

Per quanto riguarda la media di rifiuti/giorno (Figura 4.2.4), il valore minimo riscontrato è 0. Questo valore è dato da: 1) adozione da parte dell'azienda del traffico guidato (2 aziende su 20 campionate); 2) adozione di cancelli di selezione posti esclusivamente in prossimità dell'area di attesa, lasciando entrare solo le bovine che devono essere munte e deviando le altre nuovamente in corsia di riposo (2 aziende su 20 campionate) e 3) elevato numero di bovine in lattazione e quindi l'AMS è eccessivamente utilizzato con poco tempo libero.

Il valore massimo riscontrato è pari a 3 e la principale causa sono la presenza di bovine ripetitive, la quali nonostante siano già state munte entrano nel robot aumentando i tempi morti. Il 35% delle aziende presenta un numero medio di rifiuti al giorno compreso tra 0 e 0,5 e l'85% compreso tra 0 e 2.

Figura 4.2.4: Distribuzione in percentuale del numero medio di rifiuti/giorno.



Per quanto riguarda la media fallimenti di mungitura/giorno, il valore minimo individuato è pari a 0 fallimenti/giorno (Figura 4.2.5) rilevato in aziende con un'ottima genetica degli animali allevati e che ha introdotto l'AMS negli ultimi anni; infatti, gli AMS di ultima generazione presentano hanno una maggiore precisione nell'individuazione corretta dei capezzoli. Mentre il valore massimo rilevato è pari a 10 fallimenti/giorno, dovuto principalmente a bovine "ripetitive", alla scorretta conformazione della mammella e all'errata individuazione dei capezzoli da parte del laser o della telecamera per AMS datati (Tabella 4.2.2). Il 30% delle aziende presenta un numero medio di fallimenti compreso tra 0 e 1 e l'85% ha un numero di fallimenti inferiore a 5 (quota di fallimenti ritenuta accettabile per una buona performance dell'AMS).

Figura 4.2.5: Percentuale della media dei fallimenti di mungitura/giorno.

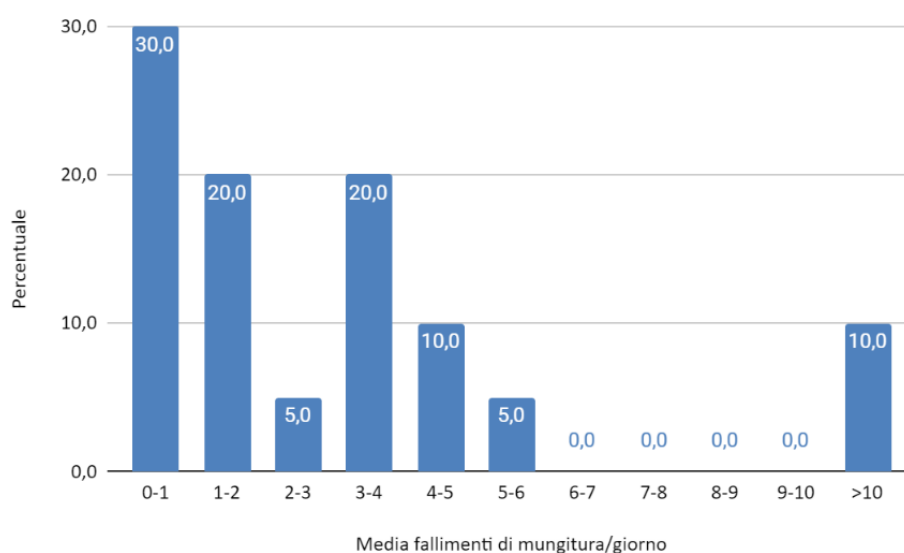


Tabella 4.2.2: Principali cause di fallimenti di mungitura riscontrate dagli allevatori (1 minore importanza, 5 maggiore importanza)

Cause fallimenti di mungitura	1 (rilevanza minima)	2	3	4	5 (rilevanza massima)
Animali ripetitivi (%)	55	10	20	5	10
Toelettatura scorretta bovina (%)	65	10	15	5	5
Errata taratura braccio AMS (%)	65	10	25	0	0
Conformazione non idonea mammella (%)	45	10	0	35	10
Altre cause (%)	0	0	0	10	0

Relativamente ai parametri qualitativi del latte ed eventuale variazione dopo l'introduzione dell'AMS, si è registrato che:

- Media tenore grasso nel latte: 3,80%. Il 45% delle aziende non ha notato particolari variazioni della percentuale di grasso, mentre il 55% ha notato una sensibile variazione in senso negativo (diminuzione del valore medio);
- Media della proteina: 3,46%. Il 55% delle aziende non ha notato particolari variazioni della percentuale di proteina, mentre il 45% ha notato una sensibile variazione in senso negativo (diminuzione);
- Cellule somatiche: il 50% delle aziende non ha notato particolari variazioni, il 35% ha notato una variazione sensibile in senso positivo (diminuzione). Mentre il 15% delle aziende monitorate ha notato una variazione importante in senso negativo (aumento);
- Carica batterica totale: il 60% delle aziende non ha notato particolari variazioni, il 30% ha notato una variazione sensibile positiva (diminuzione) e il 10% ha notato una variazione importante in senso negativo (aumento).

Relativamente alle performance produttive dell'AMS (Tabella 4.2.3):

- Il tempo medio di visita dell'AMS corrisponde a 406,50 secondi (6 minuti e 44 secondi). Se moltiplicato per il numero medio di mungiture/vacca/giorno si ottiene il tempo medio di utilizzo dell'AMS durante la giornata, pari a 18,55 ore/giorno;
- La produttività media degli AMS è pari a 168 mungiture al giorno;
- Aumento di produzione a seguito dell'introduzione dell'AMS: 50% degli allevatori ha riscontrato un aumento della produzione di latte tra il 10 e il 30%, il 35% entro il 10% e il 15% non ha riscontrato nessun aumento.

Tabella 4.2.3: Dati di efficienza degli AMS oggetto di monitoraggio.

	N° medio mungiture/vacca/giorno	Percentuale occupazione del robot (%)	Media rifiuti/giorno	Media fallimenti di mungitura/giorno	Media grasso (%)	Media proteine (%)	Tempo medio di visita del robot (secondi)	Produttività AMS
MIN	2,00	33,5	0,00	0,00	3,40	3,30	330,00	66
MAX	3,60	93,0	3,00	10,00	4,44	3,80	465,00	209
MEDIA	2,88	77,5	0,98	2,68	3,80	3,46	406,50	167,90
Coef. var	0,12	0,23	0,98	1,12	0,06	0,04	0,09	0,21
MODA	2,80	90	0,00	0,00	3,90	3,30	420,00	185,14

Provando a realizzare un confronto tra dati medi bibliografici e dati derivanti da monitoraggio emerge che:

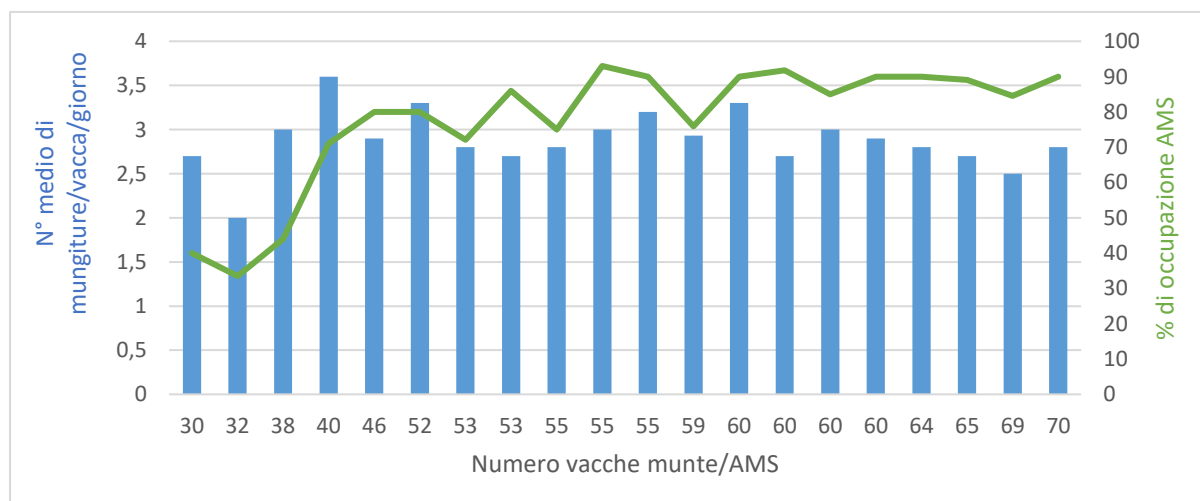
- Produzione media: Dato medio 32,1 kg di latte/vacca/giorno. Rilevato 32,38 kg di latte
- Numero mungiture/vacca/giorno: Dato medio 2,7. Rilevato 2.9
- Percentuale di occupazione: Dato medio 88%. Rilevato 77,6%;
- Numero di mungiture/giornaliere: Dato medio 187. Rilevato 168.
- Produzione giornaliera: Dato medio 2.215 kg/AMS/giorno. Rilevato 1996,90
- Numerosità mandria: 70 vacche in mungitura/AMS (Rossi e Motta, 2020). Rilevato 60.

Questo potrebbe far intendere che le aziende monitorate siano mediamente sovradimensionate, ovvero che il numero di vacche in lattazione sia inferiore rispetto alle capacità massime dell'AMS.

Per quanto riguarda il numero di vacche in lattazione solo un'azienda presenta un numero animali in mungitura pari a 70. L'85% delle aziende presenta infatti un numero inferiore alle 70 unità e, 5 delle quali, presentano un numero medio compreso tra le 30 e le 50 vacche incidendo pesantemente sulla media generale. Infine, due aziende presentano un numero superiore alle 80 bovine in lattazione, rispettivamente 128 e 130 animali, disponendo di 2 AMS aziendali.

Nel grafico sottostante (Figura 4.2.6) vengono messe in relazione tre informazioni: il numero di vacche munte per AMS, il numero medio di mungiture/vacca/giorno e la percentuale di occupazione dell'AMS. Si può notare come la percentuale di occupazione dello stallo di mungitura tenda ad aumentare con l'incremento del numero di vacche in lattazione, stabilizzandosi in un intervallo compreso tra il 70 e il 90% con almeno 46 vacche/AMS. Invece, è stato anche riscontrato che, a parità di vacche in lattazione, il numero medio di mungiture/vacca/giorno varia da azienda ad azienda.

Figura 4.2.6: Rappresentazione grafica della relazione tra numero di vacche punte/AMS, numero medio di mungiture/vacca/giorno e percentuale di occupazione dell'AMS.



La notevole variabilità dei dati raccolti è data da molteplici fattori, come la presenza di limitazioni sul numero di mungiture da parte del Caseificio, il metodo di somministrazione della razione, la volontà degli animali di entrare spontaneamente all'interno dell'AMS, la razza allevata, la tipologia di traffico adottata, il tempo medio di visita all'AMS e molti altri.

Per giustificare tale variabilità vengono riportati di seguito alcuni esempi:

- L'azienda con 32 vacche in lattazione è sottoposta a limitazione del numero di mungiture da parte del caseificio, il quale, permette massimo 2 mungiture/vacca/giorno. Questo fattore va ad incidere sulla percentuale di occupazione, che sarà molto bassa rispetto alla media;
- L'azienda con 38 vacche in lattazione presenta invece un numero di mungiture/vacca/giorno pari a 3 con una percentuale di occupazione del 44%. Tale aspetto sta a indicare che il numero ridotto di animali in stalla permetta un maggiore numero di visite all'AMS rispetto alla media (nonostante sia stato adottato un sistema di traffico guidato). Inoltre, l'introduzione di un sistema di alimentazione automatico incentiva gli animali a recarsi maggiormente in corsia di alimentazione, i quali devono passare obbligatoriamente attraverso il box di selezione e quelli pronti per la mungitura saranno deviati verso l'AMS;
- Le due aziende con 53 vacche in lattazione sono posizionate in due zone diverse del trentino; la prima è situata nella Magnifica Comunità degli Altipiani Cimbri con 2,8 mungiture/vacca/giorno e il 72,1% di occupazione del robot, la seconda si trova in Val di Gresta con 2,7 mungiture/vacca/giorno e 86% di occupazione dell'AMS. La differenza è dovuta principalmente da due motivi: in primo luogo la seconda azienda ha adottato un sistema di traffico guidato riducendo, anche se di poco, il numero di mungiture/vacca/giorno. In secondo luogo, il tempo medio di visita dell'AMS corrisponde a 6'42" nella prima azienda e 7'45" nella seconda causando, in quest'ultima, un notevole incremento della percentuale di occupazione dovuto principalmente dalla prestazione dell'AMS;
- Le quattro aziende con rispettivamente 60 vacche in lattazione/AMS sono come di seguito caratterizzate (Tabella 4.2.4):

Tabella 4.2.4: Principali parametri produttivi delle 4 aziende con 60 vacche in lattazione.

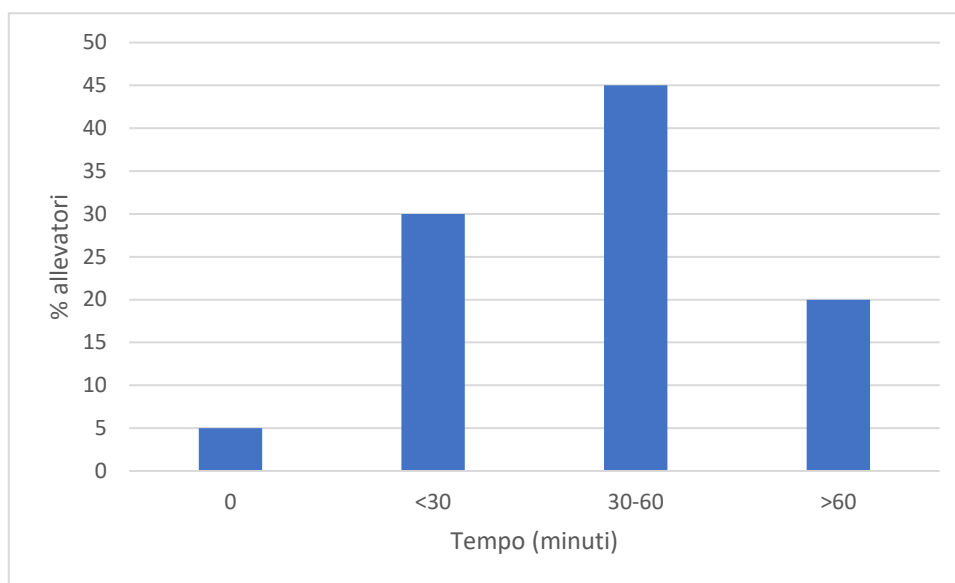
Ubicazione azienda	N° mungiture/vacca/giorno	Percentuale di occupazione AMS (%)	Produzione media/vacca/giorno (kg/giorno)	Tempo medio di visita AMS (minuti)
Bassa Valsugana	3,3	90	42	7,00
Vallagarina	2,7	91,8	31,7	7,30
Alt di Brentonico	3	85	30	7,00
Val di Non	2,9	90	32	6,20

In questo caso capire quali siano le differenze che possono dare una spiegazione alla variabilità dei risultati ottenuti risulta molto difficile. Tuttavia, alcuni parametri possono contribuire a chiarire meglio tali differenze sono:

- La zona in cui è presente la stalla: la prima azienda è situata in Bassa Valsugana e riprende i caratteri tipici produttivi delle aziende di pianura con la presenza in stalla di animali ad alto valore genetico, mentre le altre aziende presentano comunque un'ottima media produttiva nonostante siano inserite in zone più "montane";
- Elementi costruttivi: la quarta azienda ha deciso di introdurre l'AMS in una nuova struttura riuscendo a soddisfare maggiormente i requisiti strutturali necessari, andando a migliorarne l'efficienza produttiva rispetto alla seconda e terza azienda;
- Il tempo medio di visita all'AMS: la seconda azienda presenta un tempo medio di visita pari a 7 minuti e 30 secondi, superiore rispetto alle altre e questo incrementa la percentuale di occupazione, riducendo il numero medio di mungiture/vacca/giorno;
- La media di rifiuti e fallimenti: la terza azienda ha una media di 0,5 rifiuti/giorno e 1 fallimento/giorno, questo va a influire positivamente sul numero di mungiture/vacca/giorno rispetto alle aziende che hanno valori superiori.

SOFTWARE GESTIONALE E APPLICAZIONI SU SMARTPHONE: il 95% degli allevatori dichiara di avere installato sul proprio smartphone l'applicazione messa a disposizione dalle ditte costruttrici di AMS, dove vengono riportati i principali parametri produttivi ed eventuali allarmi. Per quanto riguarda l'utilizzo del software gestionale installato è come di seguito ripartito (Figura 4.2.7):

Figura 4.2.7: Dsistribuzione grafica della lettura dei dati forniti dall'AMS da parte dell'allevatore.



L'invio dei dati registrati dall'AMS al centro di assistenza/installazione del sistema di mungitura automatico avviene in modo automatico per tutte le aziende.

UTILIZZO DI GENETICA DEDICATA ALL'IMPIEGO DELL'AMS: l'impiego di tori "robot ready", per migliorare le caratteristiche dal punto di vista produttivo e della conformazione della mammella delle vacche in lattazione, sta prendendo sempre più piede nelle aziende zootecniche trentine. Il 45% delle aziende utilizza esclusivamente tori miglioratori, il 35% sta iniziando ad utilizzarli e solo il 20% non li usa (o non conosce).

4.3 MANUTENZIONE E ADATTAMENTI STRUTTURALI PER L'INSTALLAZIONE DELL'AMS

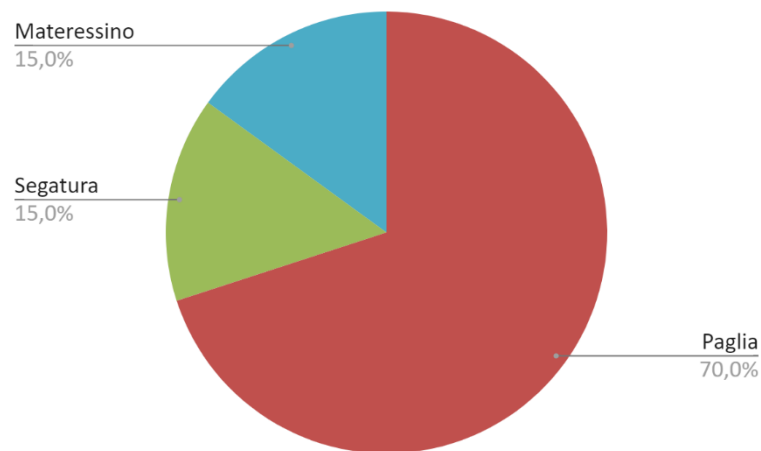
Adattamenti strutturali per l'introduzione dell'AMS: l'introduzione dell'AMS nelle aziende zootecniche trentine è avvenuta per il 70% in stalle già esistenti apportando un upgrade strutturale per poter far fronte alle nuove esigenze del sistema di mungitura automatico. In questo contesto, il 79% delle aziende monitorate ha apportato modifiche limitatamente alla zona di introduzione dell'AMS corrispondente all'eliminazione della sala di mungitura e di alcune cuccette. Il 21% delle aziende intervistate ha apportato importanti modifiche che riguardano una ristrutturazione dell'intera struttura.

Il restante 30% delle aziende campionate ha invece introdotto l'AMS in una nuova struttura principalmente per due motivi: i) precedentemente, la stabulazione della stalla era di tipo fissa (20% delle aziende intervistate) e per motivi di spazio non era possibile adattarla a una

stabilizzazione libera con l'introduzione dell'AMS o ii) la vecchia struttura era a stabilizzazione libera ma non adatta all'introduzione dell'AMS perché troppo obsoleta, piccola e quindi l'allevatore ha deciso di costruire una nuova struttura più adatta al nuovo tipo di mungitura e agli animali (10% del campione).

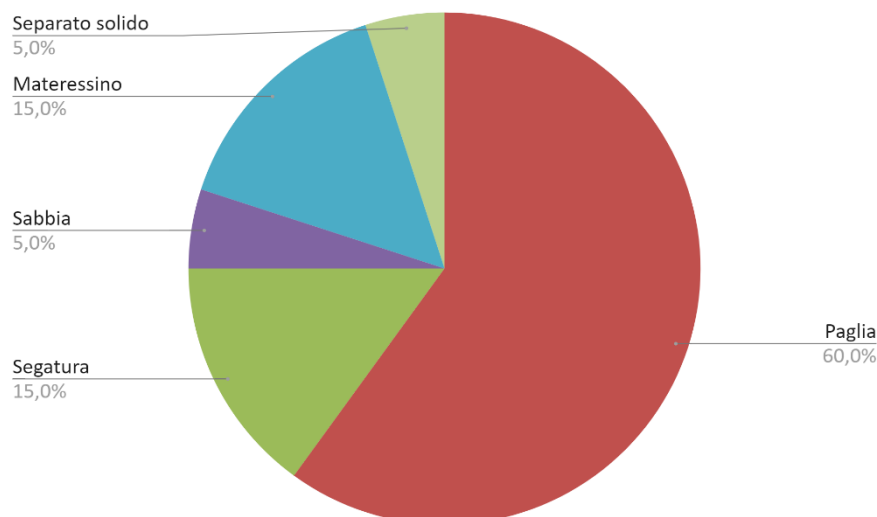
La stabilizzazione delle aziende sottoposte a questionario prima dell'introduzione dell'AMS era per il 20% di tipo fissa e per l'80% di tipo libera a cuccette, con utilizzo prevalente di paglia come materiale di riposo (70%) e il 40% dispone di un paddock esterno (Fig. 4.3.1).

Figura 4.3.1: Ripartizione percentuale dei materiali da lettiera utilizzati prima dell'introduzione dell'AMS.



Dopo l'installazione dell'AMS tutte le aziende hanno adottato la stabilizzazione libera a cuccette sempre con utilizzo prevalente di paglia come materiale di riposo e chi aveva il paddock esterno lo ha mantenuto (Fig. 4.3.2).

Figura 4.3.2: Ripartizione percentuale dei materiali da lettiera utilizzato dopo l'introduzione dell'AMS.

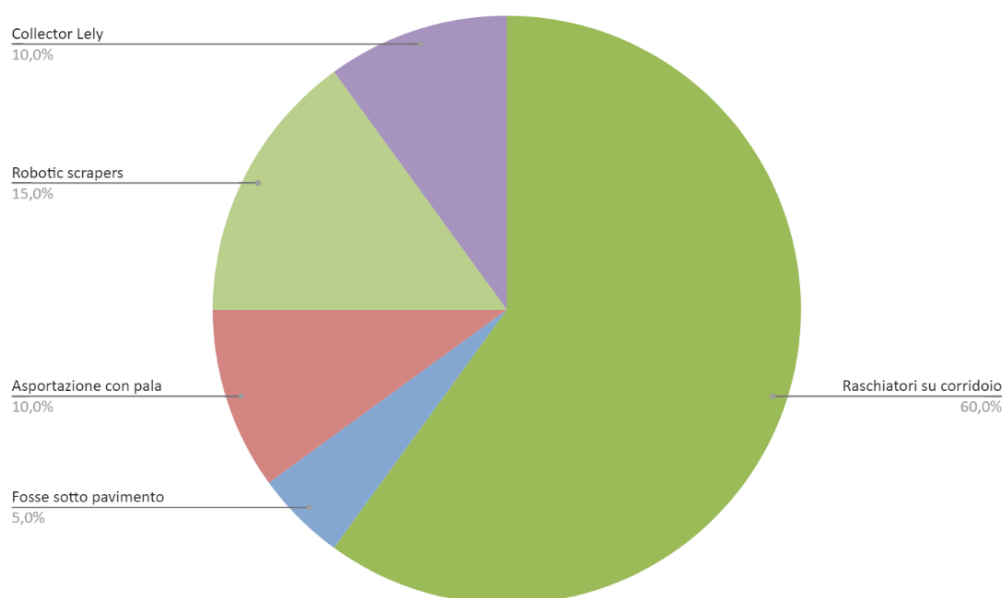


Azioni periodiche di manutenzione dell'AMS: relativamente agli interventi di manutenzione dell'AMS, il monitoraggio aziendale ha evidenziato che nell'ambito degli interventi:

- *Giornalieri:* tutte le aziende eseguono quotidianamente la pulizia del laser o della telecamera posta sul braccio robotizzato e il cambio dei filtri del latte almeno due volte al giorno;
- *Trimestrali:* l'85% delle aziende provvede alla sostituzione delle guaine dei quattro prendi-capezzoli e il 5% alla sostituzione dei tubi del latte;
- *Semestrali:* il 5% delle aziende provvede alla sostituzione delle guaine dei quattro prendi-capezzoli e il 25% alla sostituzione dei tubi dei latte;
- *Annuali:* il 10% delle aziende provvede alla sostituzione delle guaine dei quattro prendi-capezzoli e il 70% alla sostituzione dei tubi del latte.

Gestione dei reflui zootecnici: il sistema di pulizia delle corsie di riposo e alimentazione viene effettuato per il 60% con l'utilizzo di raschiatori. Mentre 5 aziende (su 20) hanno deciso di introdurre sistemi di pulizia automatici (robotic scrapers) (Fig. 4.3.3.).

Figura 4.3.3: Distribuzione percentuale dei vari sistemi di pulizia utilizzati dalle aziende.

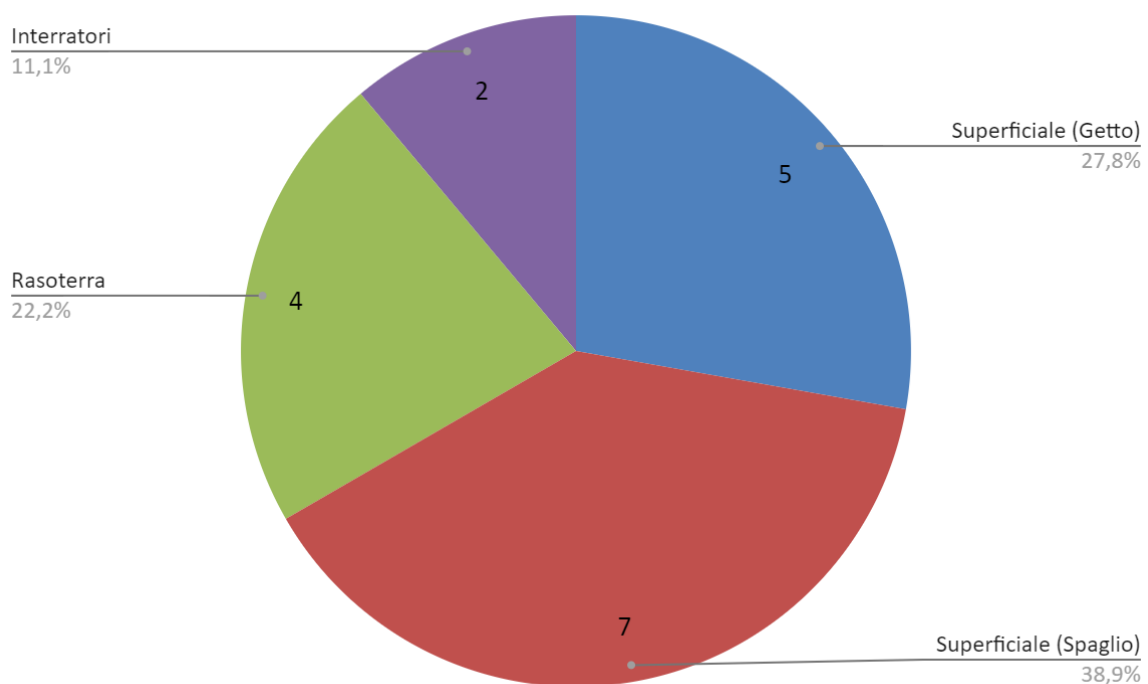


Relativamente alla gestione degli effluenti zootecnici, il 90% aziende produce effluenti di tipo “non palabile” (prevalentemente liquame bovino tal quale, ma anche chiarificato e digerito) e circa il 66% di queste produce una piccola frazione di effluenti palabili (letame). Il 10% delle aziende produce esclusivamente effluenti di tipo “palabile”.

Lo stoccaggio degli effluenti non palabili è per l'83% dei casi totalmente interrato, mentre per il 17% è parzialmente interrato garantendo comunque totale copertura dei siti di stoccaggio.

La distribuzione di questi effluenti avviene con metodi diversi in funzione se l'azienda è situata in una zona di montagna, dove le superfici prative sono per la maggior parte dei casi in pendenza, risultando difficile l'impiego di spandiliquame con interratori, o in valle (Fig. 4.3.4).

Figura 4.3.4: Distribuzione percentuale delle diverse modalità di distribuzione degli effluenti non palabili.



Per quanto riguarda lo stoccaggio degli effluenti di tipo “palabile” il 43% avviene mediante stoccaggi fuori terra. Il 29% è parzialmente interrato e il restante 29% è totalmente interrato. Solo per il 50% dei siti di stoccaggio viene garantita la copertura.

Le metodologie di trattamento dei reflui zootecnici adottate dalle aziende zootecniche oggetto di monitoraggio sono:

- 40% nessun trattamento: i reflui non subiscono nessun trattamento se non quello di maturazione prima di essere distribuiti in campo;
- 40% separazione liquido/solido: impiegato principalmente dalle aziende che producono liquami permettendo di ottenere una frazione palabile (separato solido, che viene

utilizzato da un'azienda come materiale di lettiera) e una frazione non palabile (separato liquido o chiarificato);

- 20% digestione anaerobica: impiegato dalle aziende che producono sia liquame che una piccola parte di letame e dal quale si ottiene il biogas.

4.4 SENSORISTICA E INNOVAZIONE: QUALI VANTAGGI PER L'ANIMALE E PER L'ALLEVATORE

Dotazione sensoristica degli AMS

I sistemi di mungitura automatica possono essere più o meno dotati di sensori e tecnologie per controllare lo stato produttivo, sanitario e gestionale di ogni singola bovina presente in allevamento. Ciò che è stato rilevato negli allevamenti trentini è che la maggior parte degli allevatori va ad osservare e analizzare principalmente tre categorie di informazione: 1) la conducibilità elettrica, 2) il conteggio delle cellule somatiche e 3) l'analisi colorimetrica del latte (Tabella 4.4.1). Questi tre parametri permettono di avere un'informazione d'interesse sulla presenza di infiammazioni in corso della ghiandola mammaria. Ulteriori dati, come la spettroscopia e il peso delle bovine vengono osservati da circa il 25-30% degli allevatori, mentre sensoristica per il controllo ormonale (es. progesterone, lattato-deidrogenasi e beta-idrossibutirrato) e il BCS non sono stati riscontrati come dotazione.

Tabella 4.4.1: Monitoraggio e osservazione della sensoristica presente sull'AMS da parte degli allevatori.

	Conducibilità Elettrica (%)	SCC (%)	NIRS (%)	Analisi colorimetrica (%)	Progesterone (%)	LDH (%)	BHB (%)	BCS (%)	Peso animale (%)
Nulla	0	25	30	5	85	95	80	90	65
Bassa	5	10	15	0	0	0	0	0	5
Media	15	5	25	40	0	0	10	10	5
Alta	80	60	30	55	15	5	10	0	25

I principali vantaggi derivano quindi dalla possibilità di riconoscimento tempestivo di infezioni in corso, soprattutto a livello della mammella, e il riconoscimento tempestivo dei calori. Mentre in misura minore l'individuazione di patologie a livello podale, una maggiore pulizia degli animali e l'osservazione della variazione di BCS perché nella maggior parte degli AMS non è presente tale sensore.

Tabella 4.4.2: Principali vantaggi osservati dagli allevatori nell'utilizzo della sensoristica.

	Pulizia corporea(%)	Riconoscimento tempestivo calore (%)	BCS (%)	Locomotion score (%)	Riconoscimento tempestivo infezioni in corso (mastite) (%)
Nulla (0)	0	0	0	0	0
Bassa (0-1)	55	10	80	50	0
Media (2-3)	35	5	15	20	0
Alta (4-5)	10	85	5	30	100

Zootecnia di precisione: le nuove tecnologie offrono agli allevatori gli strumenti per avere un maggiore controllo sullo stato fisico-produttivo di ogni singolo animale.

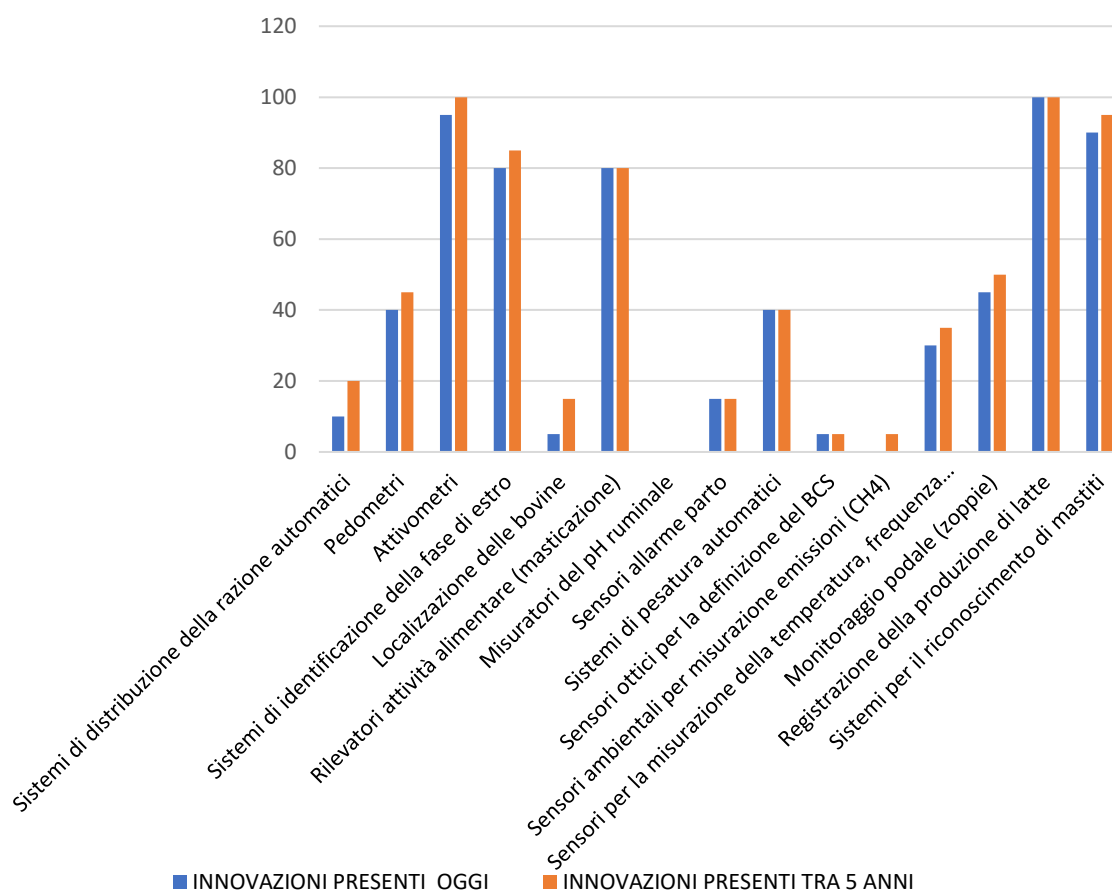
Come è possibile vedere dal grafico sottostante (Figura 4.4.1), le principali innovazioni presenti nelle aziende zootecniche trentine sono: gli attivometri, i sistemi di identificazione dell'estro, i rilevatori dell'attività alimentare, la registrazione della produzione di latte e i sistemi per il riconoscimento delle mastiti. Meno presenti sono: i sistemi di localizzazione delle bovine (che aumenteranno nei prossimi 5 anni), i sensori di allarme parto e i sensori ottici per la definizione del BCS (che rimarranno invariati). Mentre quelli del tutto assenti sono i misuratori del pH ruminale e i sensori ambientali per la misurazione delle emissioni, il quale verrà "teoricamente" adottato in futuro da una sola azienda.

Dal grafico sottostante (Figura 4.4.1) si può dedurre che la zootecnia di precisione sta sempre più entrando anche negli allevamenti di montagna, ma alcuni parametri vengono ancora poco considerati dagli allevatori per diversi motivi:

- Il sistema di distribuzione automatica degli alimenti (Automatic Feeding Systems) è presente solo in 2 aziende e tra cinque anni sarà adottato da altre 2 realtà produttive. Il numero ridotto di aziende è dovuto principalmente dal fatto che non dispongono di spazio sufficiente per la realizzazione di tale impianto;
- La localizzazione delle bovine interessa poco agli allevatori perché essendo allevamenti medio-piccoli gli animali sono, a loro commento, già facilmente individuabili;
- I misuratori del pH ruminale sono poco conosciuti dalla maggior parte degli allevatori, ma potrebbero essere presenti in un futuro prossimo;
- I sensori di allarme parto sono poco desiderati in quanto già il notevole numero di allarmi inviati da parte dell'AMS richiede che l'allevatore sia sempre in stalla;

- I sistemi ottici per la definizione del BCS non risultano essere particolarmente interessanti per le aziende che dispongono della pesa, mentre gli altri allevatori non lo ritengono un dato particolarmente interessante;
- I sensori ambientali per la misurazione delle emissioni sono ancora poco conosciuti e solo un'azienda ritiene necessario introdurlo in allevamento, perché ritiene che sia ormai di fondamentale importanza l'argomento sull'inquinamento ambientale.

Figura 4.4.1: Distribuzione in percentuale “ad oggi” e tra cinque anni delle tecnologie presenti nei 20 allevamenti trentini.

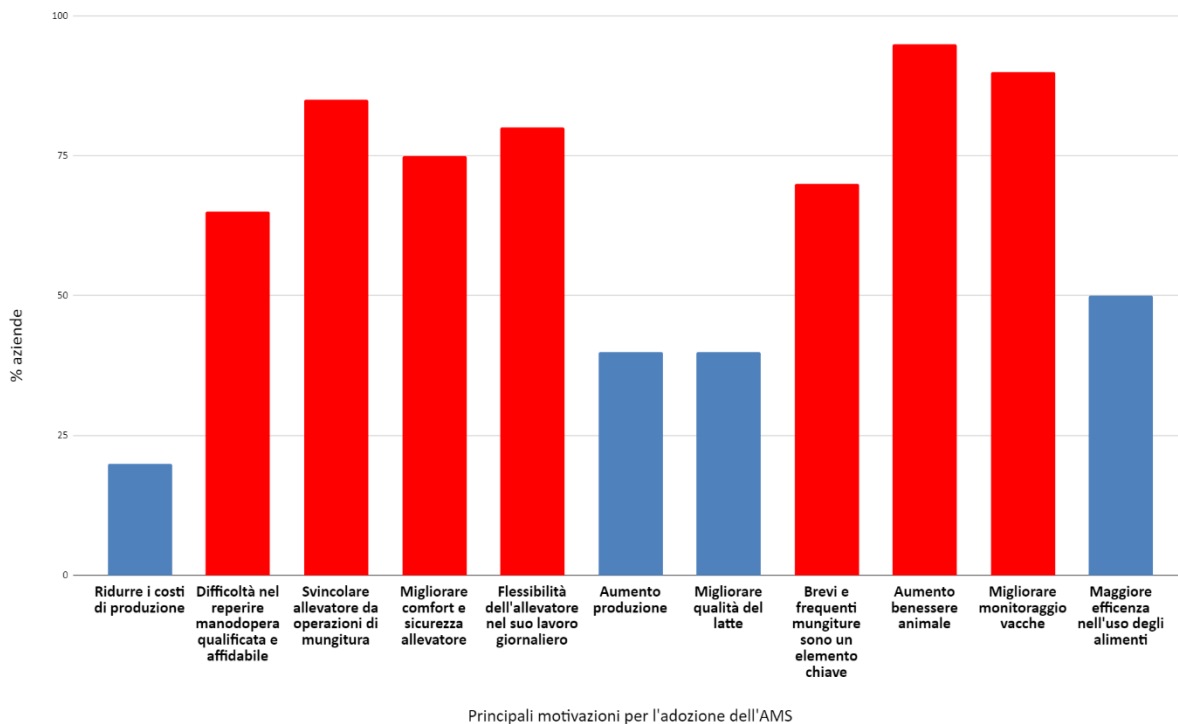


Motivazioni che hanno spinto l'allevatore a introdurre l'AMS: Le principali motivazioni (Fig. 4.4.2) che hanno spinto gli allevatori a introdurre il sistema di mungitura automatica nelle stalle situate all'interno della provincia di Trento sono legate a:

- Difficoltà nel reperire manodopera qualificata: si sta riducendo drasticamente il numero di operatori disponibili a lavorare in questo ambito, soprattutto per quanto riguarda le operazioni di mungitura e gestione degli animali;

- Svincolare l'allevatore dalle operazioni di mungitura: sempre di più è richiesta la possibilità di avere una maggiore libertà e l'AMS permette a chi gestisce la stalla di non essere fisicamente presente in fase di mungitura;
- Migliorare il comfort e la sicurezza dell'allevatore: l'AMS permette di eliminare totalmente le problematiche date da un mungitura tradizionale come gli sbalzi di temperatura e i rumori;
- Avere una maggiore flessibilità per quanto riguarda il lavoro in allevamento: la mungitura non occupa più circa un terzo della giornata lavorativa dell'allevatore, il quale può dedicare il tempo risparmiato in altre attività come la gestione e lettura dei dati, la cura degli animali e la gestione della stalla e/o alle attività agronomiche;
- Aumentare la frequenza di mungitura: con l'AMS aumenta anche il numero di mungiture per bovina durante il corso della giornata, permettendo di aumentare la produzione media;
- Migliorare il benessere animale: l'animale ha la possibilità di entrare spontaneamente all'interno dello stallo di mungitura quando lo ritiene più necessario, riducendo il tempo che deve sostare in piedi e dedicandolo all'alimentazione o al riposo;
- Migliorare il monitoraggio delle vacche grazie alla presenza dei sensori all'interno dell'AMS.

Figura 4.4.2: Distribuzione percentuale delle principali motivazioni che hanno spinto gli allevatori ad adottare una mungitura automatica (in rosso quelli più rilevanti).



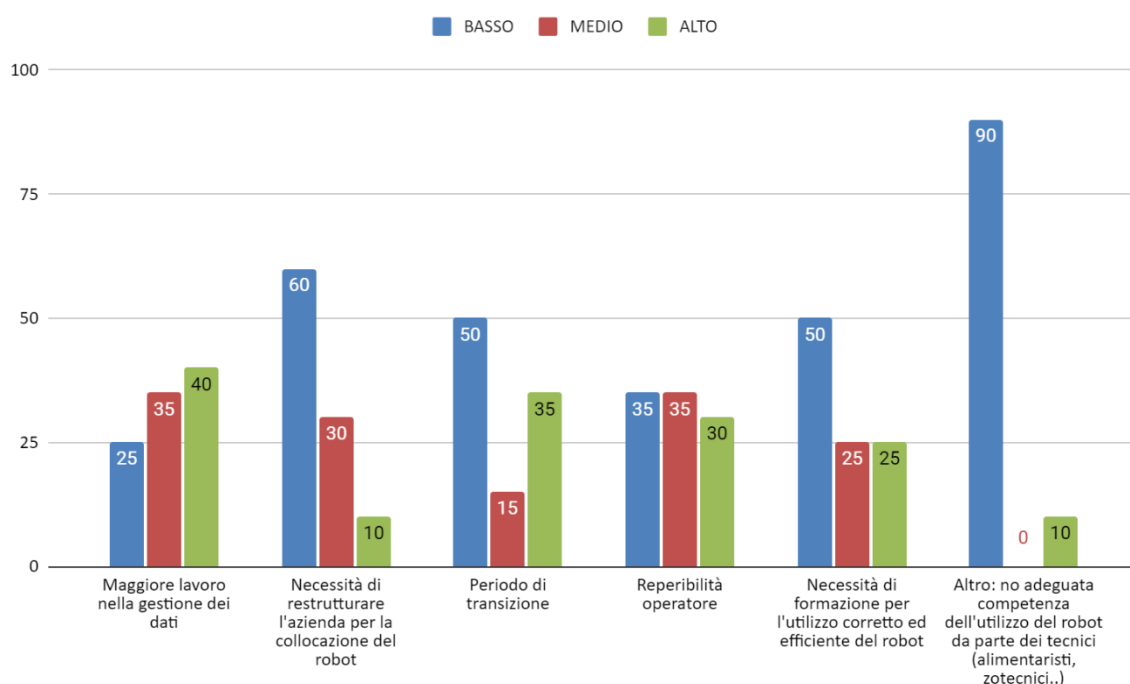
Principali difficoltà riscontrate con l'introduzione dell'AMS: le principali problematiche riscontrate al momento dell'introduzione aziendale dell'Automatic Milking System interessano solo una ridotta percentuale degli allevamenti analizzati.

La più importante è l'utilizzo del software gestionale e la gestione dei dati raccolti. Infatti, nonostante l'età media degli allevatori intervistati sia compresa tra i 30 e i 40 anni, circa il 35% presenta un'età superiore ai 40 anni e sono state riscontrate delle difficoltà nell'utilizzo corretto ed efficiente di tali tecnologie da parte di quest'ultimi.

Un'altra difficoltà riscontrata da parte degli allevatori è rappresentata dal periodo di transizione o tempo di adattamento delle bovine all'AMS, soprattutto per quanto riguarda i primi AMS introdotti sul territorio. Ciò è dovuto alla mancanza di conoscenze e consulenza da parte dei tecnici. Inoltre, una parte degli intervistati ha evidenziato dei disagi per quanto riguarda la loro esigenza di reperibilità in azienda data dai continui allarmi inviati dall'AMS, questo riguarda in particolar modo gli AMS più vecchi, i cui fallimenti di mungitura e l'imbrattamento della telecamera di alcuni modelli potevano accrescere notevolmente il numero di allarmi/falsi allarmi.

Infine, è stata riscontrata la necessità di svolgere dei corsi di formazione per l'utilizzo corretto di questa tecnologia.

Figura 4.4.3: Livello di difficoltà (basso, medio o alto) riscontrato da parte delle aziende intervistate.



CONCLUSIONI

Il Trentino-Alto Adige è caratterizzato da una notevole diversità di ambienti dovuta alle differenze climatiche che contraddistinguono le numerose valli e altipiani presenti. Nonostante questa notevole variabilità territoriale, l'introduzione dei sistemi di mungitura automatica ha interessato quasi completamente tutto il territorio provinciale, coinvolgendo sia realtà produttive del fondovalle con una attitudine produttiva simile a quella delle stalle di pianura che realtà tipicamente montane con sistema di allevamento semi-estensivo e ridotto numero di animali allevati.

Il presente lavoro di tesi ha avuto quindi come obiettivo principale quello di analizzare come l'automazione sia entrata a far parte delle realtà zootecniche trentine, soprattutto per quanto riguarda l'impiego di Automatic Milking Systems. Per svolgere tale analisi è stata condotta un'indagine presso 20 aziende zootecniche trentine dotate di sistema di mungitura automatico con lo scopo di mettere in evidenza le principali peculiarità aziendali e le evoluzioni conseguite sia in termini tecnologici, produttivi, alimentari e gestionali.

Da questo lavoro è emersa l'elevata variabilità presente tra le aziende soprattutto dall'analisi dai parametri produttivi e di efficienza dell'AMS, i quali dipendono fondamentalmente dall'ubicazione dell'azienda, dalla tipologia di alimentazione somministrata alle bovine, da dove viene conferito il prodotto finale e la sua destinazione sul mercato e dalle scelte fatte dal singolo allevatore. Questo fattore rende quindi particolarmente difficile la comparazione delle varie realtà zootecniche analizzate. I principali risultati emersi dallo studio sono:

- Il numero medio di bovine in lattazione è pari a 60,25/AMS: valore rimasto tendenzialmente invariato dopo l'introduzione dell'AMS e tendenzialmente inferiore rispetto alla capacità massima di un sistema di mungitura automatico collocato nelle aziende in pianura. Questo è giustificato dal fatto che, lo scopo principale non è stato quello di massimizzare la produzione ma di migliorare l'aspetto gestionale e di benessere dell'animale, svincolando l'allevatore dalle routine di mungitura e garantendogli un maggiore comfort e flessibilità lavorativa quotidiana;
- L'alimentazione somministrata alle vacche in lattazione varia da azienda ad azienda, con prevalenza d'impiego di fieno imballato e di erba medica, ma molto dipende dall'ubicazione della stalla, se in fondovalle o in montagna, e dalla destinazione del latte. Infatti, per la produzione di latte alimentare viene permesso l'impiego di fieni insilati e silomais, mentre per la produzione di Trentingrana o formaggi a lunga stagionatura o per

particolari restrizioni imposte dal caseificio è possibile l'esclusiva somministrazione di alimenti secchi e non fermentati;

- L'introduzione dell'AMS è avvenuta per il 70% in stalle già esistenti, con prevalente modifica della zona in cui è stato inserito l'AMS e che corrisponde per l'80% dei casi alla zona di testata della stalla. Il 90% degli allevatori ha deciso di adottare un sistema di traffico libero e solo il 10% è di tipo guidato;
- Per quanto riguarda il tempo di adattamento delle bovine all'AMS è stato riscontrato che, nella maggior parte dei casi, gli allevatori che hanno avuto una maggiore difficoltà (circa il 70%) a causa del posizionamento dell'AMS nella zona della stalla meno frequentata dalle bovine, perché meno luminosa ed areata;
- La produzione media di latte è pari a 32,4 kg/vacca/giorno, il numero medio di mungiture è pari 2,9 e una percentuale di occupazione dell'AMS del 77,6% andando a rispecchiare pienamente le condizioni tipiche della mungitura automatica;
- I principali parametri osservati dagli allevatori, forniti dai sensori posti sull'AMS, riguardano principalmente la presenza di infezione alla ghiandola mammaria in corso e sono la conducibilità elettrica, il conteggio delle cellule somatiche e l'analisi colorimetrica del latte;
- Ci sono ancora delle tecnologie che vengono poco considerate o che non sono conosciute dalla maggior parte degli allevatori come: sensori di allarme parto, sensori ottici per la definizione del BCS e sensori ambientali per la misurazione delle emissioni. Questo potrebbe essere l'incipit per l'organizzazione di corsi formativi sull'utilizzo, l'utilità e l'importanza di tali tecnologie all'interno dell'allevamento;
- Le principali problematiche riscontrate per quanto riguarda l'introduzione dell'AMS sono la difficoltà nell'utilizzo e dell'inserimento dei dati all'interno del software gestionale e la reperibilità immediata dell'operatore in caso di allarmi da parte dell'AMS.

Nel complesso è possibile affermare che l'applicazione del sistema di mungitura automatico è possibile anche in una realtà montana caratterizzata da allevamenti medio-piccoli, andando a mettere in risalto il benessere dell'animale e il lavoro dell'allevatore stesso. Ad oggi l'Automatic Milking Systems rappresenta ancora una piccola percentuale di tutti gli allevamenti trentini, ma, essendo che il 60% delle aziende ha introdotto l'AMS negli ultimi quattro anni, fa capire che verosimilmente ci sarà un incremento del numero di aziende che adotterà questo sistema di mungitura nel futuro prossimo.

BIBLIOGRAFIA

- Albornoz R.I., Giri K., Hannah M.C. e Wales W.J. 2022. An Improved Approach to Automated Measurement of Body Condition Score in Dairy Cows Using a Three-Dimensional Camera System. *Animals*, 12, 72.
- Badan M., Barberio A. e Andrighetto I. 2014. Nuovi equilibri tra animale, uomo e tecnologia di *Informatore Zootecnico* (15): 50-52.
- Battaglini L., Bovolenta S., Corti M., Cozzi G., Dallagiacomma E., Gusmeroli F., Mattiello S., Noè L., Paoletti R., Peratoner G., Sturaro E., Ventura W. e Zenleser N. 2010. *Zootecnia di montagna: Quali strategie per il futuro?*. Trento: Nuove Arti Grafiche.
- Battelli M., Celozzi S., Zucali M. e Sandrucci A. 2019. *Ruminantia*. <https://ruminantiamese.ruminantia.it/utilizzo-di-sensori-in-sala-di-mungitura-strumento-utile-per-identificare-i-fattori-di-rischio-per-la-sanita-della-mammella-bovina/#:~:text=Nel%20latte%20bovino%20sano%20la,et%20al.%2C%201992>.
- Bertanza P. e Ferrari S. 2019. Frisona e Bruna alpina su tutte, ma con metà capi il doppio di latte di Terra Trentina 2: 34-35.
- Brodesco A., Sbaraini V. e Rauzi P. 2004. La stalla. In *Il Trentino degli allevatori*, ed. F. Sandri, 223-234. Trento: EFFE e ERRE.
- Campiotti M. 2018. La gestione alimentare ottimale nel robot di mungitura di *L'Informatore Agrario* (10).
- Deng Z., Hogeveen H., Lam T. J. G. M., van der Tol R e Koop G. 2020. Performance of Online Somatic Cell Count Estimation in Automatic Milking Systems di *Frontiers in Veterinary Science* 7: 1-9.
- Fantini A. 2020. *Ruminantia*. <https://www.ruminantia.it/le-interviste-di-ruminantia-robot-o-sala-di-mungitura-questo-e-il-dilemma/>.
- Galli A. e Abeni F. 2019. Opportunità e limiti dell'utilizzo della sensoristica nella zootecnia. In *Atti Analytica 2019 dedicato alle determinazioni analitiche nella filiera lattiero casearia dalla stalla all'industria di trasformazione*, 5-6. Roma, CREA, 21-21 marzo.
- Gasperetto E. e Pessina D. 1999. Macchine e impianto per la mungitura e la conservazione del latte. <http://web.tiscali.it/profpeppina/mungitura/mungitura.htm>
- Lely. 2022. Gestione dell'allevamento robotizzato. https://www.lely.com/media/filer_public/b2/f7/b2f7eae2-a8b8-42a1-8ac4-040bb4d06b08/lely_kennisdokument_-_management_it.pdf

- Leso L. 2020. Per progettare stalle con robot di mungitura di Informatore Zootecnico (17): 36-41
- Pessina D. 2017. Machinery World. <https://www.mondomacchina.it/it/il-robot-di-mungitura-la-stalla-automatizzata-c1915#:~:text=L'OCC%20si%20basa%20su,e%20si%20ricalibra%20in%20automatico.>
- Petrerà F. 2019. Sensoristica associata ai sistemi di mungitura. In Atti Sistemi di mungitura: il potenziale informativo delle tecnologie digitali. Cremona, CREA, 23 ottobre
- Pezzuolo A. 2021. “Comunicazione personale”.
- Rossi E. 2019. Allevamenti di montagna e prodotti di L'allevatore trentino 3: 22-24.
- Rossi P. 2019. Il robot di mungitura nel Parmigiano Reggiano di L'Informatore zootecnico (14): 48-52
- Rossi P. e Motta A. 2020. Quando il robot di mungitura diventa una valida alternativa di L'Informatore Agrario (20): 14-17
- Rumi S. 2013. Gestione Aziendale – Mungitura robotizzata. Informatore Zootecnico 16: 40-42
- Ruminantia. 2020. Ruminantia. <https://www.ruminantia.it/gea-farm-technologies-il-futuro-della-mungitura-e-gia-qui/>
- Sandrucci A., Tamburini A., Bava L. e Zucali M. 2007. Factors affecting milk flow traits in dairy cows: results of a field study. J. Dairy Sci. 90:1159-1167.
- Sangiorgi F., Zanini L. e Zecconi A. 2014. Bovine da latte, sistemi di mungitura. Manuale pratico per la scelta, la progettazione, la gestione e la manutenzione. Verona: Edizioni L'informatore Agrario s.r.l.
- Studio Nutrizione Animale. 2019. Mungitura automatica: cos'è e cosa comporta. <http://www.studionutrizioneanimale.it/2019/05/01/mungitura-automatica/>
- Tangorra F. e Melzi C. 2014. Efficienza. Quale gestione della mandria robotizzata di Informatore Zootecnico (15): 43-48
- Vignone O. e Di Felice M. 2017. Ruminantia. <https://ruminantiamese.ruminantia.it/evoluzione-dei-sistemi-di-mungitura-parte-ii/>
- Zucchi G., Broekman A., Zappavigna P. e Frascari D. 2004. Robot di mungitura: aspetti socio-economici. In Mungitura robotizzata: esperienze operative, salute della mammella e qualità del latte. Quaderno della ricerca della Regione Lombardia 27, 9-10. Lombardia.