



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
DIPARTIMENTO DI AGRONOMIA ANIMALI ALIMENTI RISORSE
NATURALI E AMBIENTE

Corso di laurea magistrale in Scienze e Tecnologie Animali

*“Sensoristica applicata alla zootecnia di precisione per il
monitoraggio della salute nella bovina da latte”*

Relatore:

Prof. Alessio Cecchinato

Correlatore:

Dott. Diana Giannuzzi

Laureanda

Federica Baseggio

Matricola n. 2023586

Anno accademico 2022 - 2023

INDICE

ABSTRACT	2
RIASSUNTO	3
1. INTRODUZIONE	4
1.1. Supporto tecnologico all'interno degli allevamenti di bovine da latte: zootecnia di precisione.....	4
1.2. Patologie legate alla produzione di latte.....	7
1.2.1. Disturbi metabolici.....	7
1.2.2. Mastite.....	12
1.2.3. Sindrome della sub-fertilità.....	14
1.3. Principali indicatori del benessere nella bovina da latte	16
1.3.1. Cellule somatiche e grasso/proteina nel latte.....	16
1.3.2. Body condition score	20
1.3.3. β - idrossibutirrato nel latte e nel sangue	22
1.3.4. Stress da caldo.....	23
2. ZOOTECCIA DI PRECISIONE	26
2.1. Identificazione e localizzazione degli animali allevati.....	27
2.1.1. Lettori di segnali	27
2.1.2. Analizzatori di immagini	28
2.2. Misuratori di parametri fisiologici e produttivi.....	29
2.2.1. Rilevatori di funzioni vitali	29
2.2.2. Misuratori delle caratteristiche del latte.....	32
2.2.3. Misuratore indice bioclimatico	35
3. CONCLUSIONI	37

ABSTRACT

In recent years, the dairy farming has become a highly specialized activity that requires high skills in various fields (management, nutrition, genetics, animal health). Currently the dairy sector is facing various challenges concerning the sustainability of production, the management of environmental impact, the respect of animal welfare and the improvement of feed and food quality for animals and humans respectively. Due to the intensification of livestock farming systems, farmers have to deal with a completely different scenario respect to the past. The increasing demands for meat and milk products have forced farmers to increase the number of animals raised, making their monitoring along their (productive) life increasingly difficult to manage. For these reasons, the only presence of farmers in the farm is no longer sufficient to ensure the efficient control of the livestock animals in the herd. In this context, precision livestock farming (PLF) is introduced and discussed in details with potentials and limits of its application at the field level. The level of technology that PLF offers is of the fundamental importance because its allow for the in-line-collection and analysis of a huge amount of data (day by day). By analyzing the various indicators of cow welfare (i.e., somatic cells count, fat-to-protein ratio, body condition score (BCS) and the beta-hydroxybutyrate in milk and blood) and the chemical-physical characteristics of the milk (i.e., percentages of fat, protein, lactose), it is possible to evaluate the welfare state of the animals, prevent onset of metabolic disturbances (i.e., ketosis, acidosis, lipidosis, mastitis and sub-fertility syndrome) or conditions of stress, thus avoiding declines in production performance and economic losses for farmers. To ensure that these innovations are truly efficient, however, it is necessary to study and know the instruments in detail, but even more important to know how to use the data that these instruments generate day by day in such a way as to be able to transform a simple and aseptic number into a practical management tool.

RIASSUNTO

Negli ultimi anni, l'allevamento della vacca da latte è diventata un'attività altamente specializzata che richiede elevate competenze in diversi ambiti (gestionale, alimentare, genetico, sanitario). Il settore della zootecnia da latte si trova oggi a sostenere diverse sfide che riguardano la sostenibilità delle produzioni, la gestione dell'impatto ambientale, la salvaguardia del benessere degli animali da reddito e la salubrità degli alimenti destinati agli animali e all'uomo. A causa dell'intensivizzazione delle aziende zootecniche, gli allevatori hanno dovuto confrontarsi con una realtà completamente diversa da quella di un tempo. L'aumento delle richieste di carne e latte hanno costretto gli allevatori ad aumentare il numero di capi allevati rendendo il loro monitoraggio sempre più complicato da gestire. Per questi motivi la sola presenza degli operatori in stalla non è più sufficiente a garantire il controllo efficiente della mandria. In questo contesto si introduce la zootecnia di precisione. Le tecnologie che offre sono di fondamentale importanza perché permettono di raccogliere e analizzare tempestivamente un innumerevole quantità di dati. Attraverso le analisi dei diversi indicatori di benessere delle bovine (cellule somatiche, rapporto grasso/proteine, *body condition score* e β -idrossibutirrato nel latte e nel sangue) e delle caratteristiche chimico-fisiche del latte (percentuali di grasso, proteine, lattosio) è possibile valutare lo stato di benessere degli animali, prevenire l'insorgenza di disturbi metabolici (chetosi, acidosi, lipidosi, mastiti e sindrome della sub-fertilità) o di stati di stress evitando, così, cali sulle *performance* produttive e perdite economiche da parte degli allevatori. Per far sì che queste innovazioni siano realmente efficienti è, però, necessario che si crei un effettivo rapporto di fiducia tra uomo ed evoluzione tecnologica.

1. INTRODUZIONE

1.1. Supporto tecnologico all'interno degli allevamenti di bovine da latte: zootecnia di precisione

Negli ultimi anni, l'allevamento animale non è più visto solo come un processo di produzione alimentare ma viene sottoposto anche a considerazioni di carattere etico, di qualità e sicurezza del prodotto, di rispetto e salvaguardia del territorio e di interesse nei riguardi del benessere animale. Le vacche da latte sono animali da allevamento di fondamentale importanza e richiedono un'attenta e scrupolosa gestione per poter garantire il loro benessere e le massime *performance* produttive. Negli ultimi anni l'intensivizzazione delle aziende zootecniche ha portato ad allevare un numero sempre più ingente di animali, le rese di latte sono aumentate come anche i requisiti di qualità mentre la manodopera è diventata sempre meno disponibile. Tutto ciò deriva dal fatto che il consumo di latte pro capite e derivati, abbinato all'aumento demografico ha causato, negli anni, un aumento della richiesta di latte per il consumo diretto e per l'industria di trasformazione. Questi motivi rendono difficile la gestione degli allevamenti con metodi tradizionali. Dal punto di vista operativo, l'osservazione resta il miglior modo per valutare lo stato di salute e benessere fisico/produttivo di un animale ma ad oggi gli allevatori si sono resi conto che l'osservazione diretta e l'esperienza non sono più sufficienti nella gestione dei singoli animali.

Proprio in questo contesto si introduce la zootecnia di precisione, in inglese *Precision livestock farming*, che si pone come obiettivo la gestione del bestiame tramite l'uso del monitoraggio continuo automatizzato in tempo reale della produzione/riproduzione, salute e benessere del bestiame e impatto ambientale (Abeni et al., 2019). La zootecnia di precisione si pone come obiettivo lo sviluppo di strumenti per il monitoraggio *on-line*, e in modo completamente automatico, del comportamento degli animali e della loro risposta immunitaria. Lo scopo di questi strumenti tecnici non è rimpiazzare, ma fare da supporto alla figura dell'allevatore, il quale rimane sempre un elemento importante per la gestione ottimale degli animali (Fontana e Guarino, 2015). La zootecnia di precisione si avvale di strumenti e sensori che monitorano costantemente gli animali durante l'arco della giornata e possono essere applicati:

- direttamente sull'animale: forniscono in tempo reale informazioni sul comportamento e sullo stato di salute e benessere dei singoli animali e della mandria.

- su macchine e sistemi già presenti all'interno dell'allevamento: forniscono in tempo reale informazioni riguardanti parametri ambientali, registrazioni sonore, informazioni riguardanti la quantità e qualità del latte.

Figura 1. Collare transponder



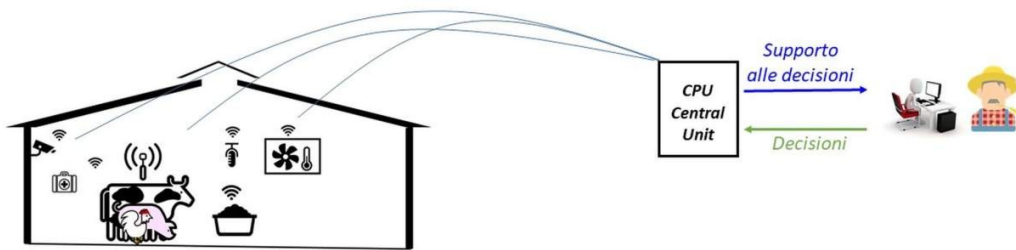
Figura 2. Termografia



Adottando le tecniche della zootecnia di precisione si possono, ad esempio, monitorare ed analizzare le condizioni sanitarie dei singoli individui, per lo più per diagnosi precoci e interventi tempestivi sui soli capi che lo richiedono, le condizioni di benessere, tenendo conto sia il benessere ambientale che quello di interazione tra gli animali, e infine controllare parametri gestionali più difficili per l'allevatore.

Una delle sfide più importanti della zootecnia di precisione è quella di riuscire ad identificare precocemente, soprattutto nella fase del parto, le condizioni patologiche dei singoli individui, in particolare le dismetabolie, per il raggiungimento di una maggiore efficienza e sostenibilità delle produzioni animali, riducendo l'utilizzo dei farmaci ed ottimizzando il processo produttivo (Giannuzzi et al., 2022). L'enorme quantità di informazioni che vengono registrate dalle tecnologie di precisione viene successivamente trasferita a software che filtrano e traducono i dati ricevuti in messaggi ed indicazioni consultabili in tempo reale dall'allevatore. Tali software consentono di evidenziare, tra le migliaia di informazioni ricevute, quelle che presentano anomalie e che richiedono un intervento da parte degli operatori. Si tratta, quindi, di una materia multidisciplinare, che attribuisce concetti di informatica, biostatistica, ingegneria, economia a parametri zootecnici inerenti ad aspetti produttivi, riproduttivi, comportamentali e alimentari.

Figura 3. Analisi dei dati raccolti come supporto alla decisione:



L'applicazione della zootecnia di precisione offre innumerevoli vantaggi che consentono all'allevatore di:

1. Monitorare costantemente gli animali;
2. Migliorare l'efficienza e la sostenibilità dell'allevamento;
3. Aumentare la salute e il benessere degli animali allevati;
4. Migliorare il controllo delle emissioni di gas serra.

1.2. Patologie legate alla produzione di latte

All'interno degli allevamenti, le bovine da latte, hanno una vita produttiva relativamente breve. Tutti gli animali stabulati in azienda, sono destinati per svariati motivi a lasciare l'allevamento: è però importante porre l'attenzione su quali sono le cause principali per le quali una bovina viene riformata. Per quanto riguarda le singole cause di eliminazione, la principale è attribuibile all'infertilità (36,7%), segue la scarsa produzione (14,5%), le mastiti (8,6%), fattori legati al parto (7,6%), le infezioni (5,9%), fatti dismetabolici (5,5%), traumatismi (4,7%), lesioni podali (3,7%); il 5% è dovuto ad altre cause mentre il 7,8% degli animali è stato eliminato per fine carriera produttiva, riconducibile quindi a cause naturali (Tassinari, 2016). La percentuale di eliminazione forzata delle bovine da latte costituisce un costo non indifferente per l'allevatore, il quale, per ridurre al minimo la frequenza di tali patologie, dovrebbe affidarsi ad un veterinario in grado di predisporre un corretto programma di prevenzione.

1.2.1. Disturbi metabolici

Al giorno d'oggi, le malattie infettive, vengono controllate grazie all'impiego di piani vaccinali, quelle parassitarie attraverso l'impiego di antiparassitari mentre i traumatismi e le lesioni podali sono ormai ridotte a specifiche situazioni causate da ambienti di stalla. Per contro, rimangono, e il più delle volte irrisolte e fuori controllo, le malattie metaboliche, ossia quelle condizioni patologiche derivanti dalla difficoltà della bovina di mantenere l'omeostasi a fronte delle richieste metaboliche importanti legate alle ultime fasi della gravidanza e alle prime settimane di lattazione (Fantini, 2016). Tali malattie rappresentano spesso il 75% delle patologie che possono colpire le bovine e importanti fattori di rischio per le mastiti, le zoppie (a causa non infettiva) e l'infertilità (Fantini., 2016). Le dismetabolie più diffuse sono:

- Chetosi;
- Acidosi ruminale;
- Lipidosi epatica.

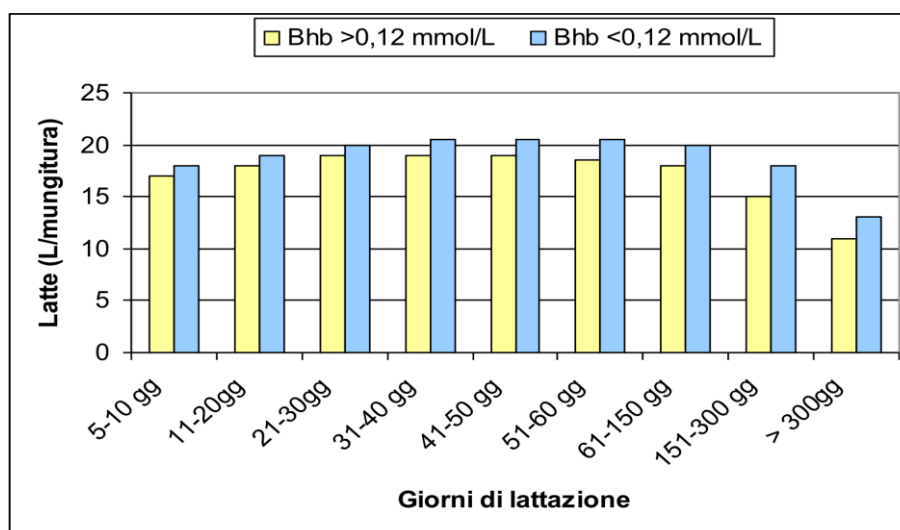
CHETOSI (acetonemia)

La chetosi è una malattia metabolica che colpisce in particolar modo le specie e le razze altamente selezionate per la produzione di latte. Questa malattia è il risultato di un bilancio energetico negativo e si verifica principalmente nelle prime settimane di lattazione. Per produrre latte la bovina necessita di un'elevata quantità di energia (glucosio) che ricava dalla razione. Se la razione non

soddisfa le elevate richieste energetiche dell'animale, quest'ultimo, compenserà esaurendo le proprie riserve corporee. Se la mobilitazione delle riserve di grasso diventa troppo elevata, il fegato non riuscirà ad ossidare tutti i grassi in energia trasformandoli, così, in corpi chetonici [acido aceto acetico (AcAc), acetone (Ac), β -idrossibutirrato (BHB)] che vengono accumulati in tessuti e fluidi dell'organismo. L'eccessiva mobilitazione delle riserve adipose va a compromettere anche la capacità del fegato di metabolizzare i grassi, i quali andranno ad accumularsi a livello epatico aumentando il rischio di insorgenza di lipidosi epatica. Questo disturbo metabolico non ha impatto solo sulla produzione dell'animale ma va a compromettere in maniera significativa anche la sua salute, la sua riproduttività e, a livello economico, l'allevatore. Esistono due forme di chetosi:

1. **Chetosi clinica:** caratterizzata da perdita di appetito soprattutto nei confronti dei concentrati, drastico calo della produzione (300-400 Kg di latte in meno per lattazione) con aumento della percentuale di grasso e diminuzione della percentuale di proteine, perdita di peso, malessere generale, feci ricoperte da muco e odore di acetone nel latte e nell'aria espirata. Si riscontra quando la concentrazione ematica di BHB è $>$ di 3 mmol/L (Fantini, 2016);
2. **Chetosi subclinica:** la bovina non evidenzia sintomi apparenti e per tale motivo è individuabile solo se si ricorre alla biochimica clinica ossia alla ricerca nel sangue, nel latte e nelle urine la presenza di corpi chetonici. Si instaura quando nel sangue si verifica un aumento di BHB superiore a 1,2-1,5 mmol/L, mentre nel latte il livello soglia di BHB è 0,12-0,15 mmol/L (Fantini, 2016). Si parla di rischio mandria se $>$ 10/15% delle bovine supera i valori soglia di acetone e BHB che vengono determinati attraverso l'analizzatore a flusso continuo (CFA).

Figura 4. Andamento della produzione di latte nell'intera lattazione di bovine in funzione di un valore soglia di β -idrossibutirrato (BHB) del latte:



Anche alcuni parametri del latte come il rapporto grasso/proteina, le proteine, il grasso e il lattosio sono degli ottimi indicatori di rischio NEB (Wankhade et al., 2017):

- grasso/proteine > 1,4% (minore qualità casearia);
- proteine < 2,9%;
- grasso > 4,8%;
- lattosio < 4,5%.

Tabella 1. Obiettivi da raggiungere per prevenire il rischio chetosi:

Variabile	Obiettivo
% di dieta energetica fornita nelle prime 8 settimane di lattazione	> 95%
% di vacche con rapporto grasso/proteine maggiore di 1,4	< 10%
% di vacche fresche con proteine del latte < 3,05	< 15%
% di vacche con lattosio nel latte < 4,5	< 15%
Diminuzione settimanale della produzione di latte dopo il picco	< 2.5%
Spazio in mangiatoia a disposizione per vacca in transizione	0,6 m
% di residuo in mangiatoia	< 5%
%Vacche 2-14 gg prima del parto con BHB > 0,6 mmol/l	< 10%
%Vacche 2-14 gg prima del parto con NEFA > 0,4 mmol/l	< 10%
% Vacche fresche con BHB > 1,4 mmol/l	< 10%
% Vacche fresche con NEFA > 0.7 mmol/l	< 10%

Nel caso in cui la chetosi fosse già stata riscontrata, si attuano terapie per far fronte al deficit energetico che possono essere a base di glucosio (25 mg/Kg) o con precursori del glucosio (glicerolo, propinato di Na, cloralio idrato o glicole propilenico). In particolar modo la scelta che viene presa più in considerazione è l'utilizzo del glicole propilenico che fornisce al fegato una quota

molto elevata di propinato per la gluconeogenesi e induce un innalzamento dell'insulina poco dopo la sua somministrazione (dose consigliata 300g per 5 giorni) (Fantini, 2016). Nella gran parte dei casi, queste terapie consentono di recuperare gli animali riportandoli ad uno stato di salute ottimale e al proseguimento di una carriera economicamente produttiva. Questo disturbo metabolico può comunque essere evitato innanzitutto bilanciando la dieta, eliminando i mangimi di bassa qualità (insilato), riducendo la quantità di alimenti ad alto contenuto proteico e aumentando i carboidrati, controllando i dati del *body condition score* (BCS) e facendo prelievi di sangue in asciutta per la determinazione di BHB e NEFA. Riuscire a ridurre al minimo l'insorgenza di questo disturbo metabolico è di fondamentale importanza poiché la chetosi è molto legata alle altre patologie d'allevamento per cui, la prevenzione di una, riduce l'incidenza delle altre. La chetosi aumenta l'incidenza di patologie metaboliche come la ritenzione di placenta, la dislocazione dell'abomaso e di quelle infettive come il complesso metriti-endometriti e le mastiti cliniche (Fantini, 2011).

ACIDOSI RUMINALE

L'acidosi ruminale è una condizione patologica in cui il pH ruminale scende a valori inferiori a 5. È causata da un eccessivo consumo di carboidrati altamente fermentescibili a discapito della fibra e da cambi repentini di alimentazione (lattazione asciutta) che impediscono all'animale di ripristinare al meglio le condizioni fisiche del rumine. Esistono tre forme di acidosi ruminale:

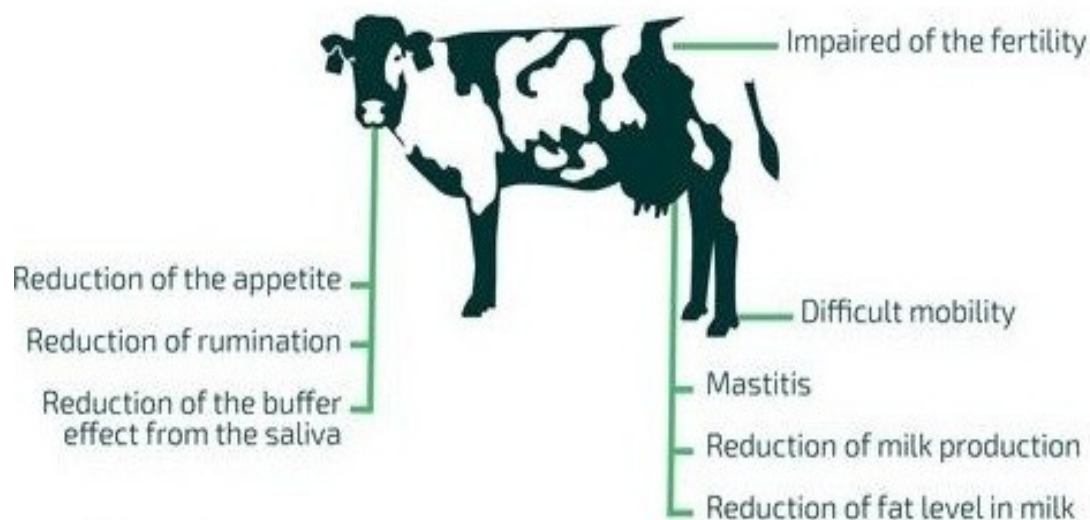
1. Acidosi ruminale acuta (lattica): è il risultato dell'eccessivo consumo di carboidrati fermentescibili che causano un aumento della produzione di acidi grassi volatili (AGV) e accumulo di acido lattico. Ciò causa un abbassamento del pH ruminale a valori inferiori a 5 con relativo esaurimento delle riserve alcaline. È caratterizzata da una sintomatologia evidente e grave ma non è molto frequente.
2. Acidosi ruminale cronica: a differenza della forma precedente l'acidosi ruminale cronica non presenta l'accumulo dell'acido lattico il quale viene metabolizzato dai batteri. Anche in questo caso si ha un abbassamento del pH a valori compresi tra 5 e 5,5.
3. Acidosi ruminale subacuta (SARA): questa forma è la più difficile da identificare perché non mostra una sintomatologia particolarmente evidente ma ha un'incidenza molto elevata all'interno degli allevamenti. Si riscontra nel periodo di transizione tra asciutta e lattazione a causa del repentino cambiamento di alimentazione.

Tabella 2. Definizione di allevamento con SARA:

Numero animali	PH	Definizione allevamento
4 casi su 12	< di 5,5	Allevamento con acidosi ruminale subacuta
Da 2 a 4 casi su 12	Tra 5,6 e 5,8	Allevamento a rischio
1 caso su 12	> di 5,8	Allevamento indenne

Benché SARA sia presentata come una patologia “subclinica”, si tratta di un disturbo fermentativo in grado di causare numerose conseguenze clinicamente rilevabili, ma poco patognomoniche: diarrea, ipocinesia ruminale, appetito capriccioso, stato di nutrizione scadente, chetosi, ruminiti, ascessi epatici, emboli polmonari, patologie podali, alterazioni della produzione e della qualità di latte (diminuzione del tenore di grasso contenuto e un incremento della percentuale di proteina), dislocazioni abomasali, mastiti, metriti e diminuzione della fertilità (Armato et al., 2016).

Figura 5. Sintomi acidosi ruminale:



Per prevenire l’insorgenza di tale patologia è quindi di fondamentale importanza creare razioni il più possibile equilibrate. Anche la determinazione del pH ruminale riveste una notevole importanza nella diagnostica delle turbe ruminali ed in particolare dell’acidosi ruminale subacuta e l’uso della ruminocentesi per il prelievo del succo ruminale può essere consigliato per la sua praticità di esecuzione e per l’affidabilità dei risultati, sebbene siano stati riscontrati alcuni problemi, come ad esempio, la contaminazione con sangue (Morgante e Vescera, 2000). Al fine di una determinazione continua e non invasiva del pH ruminale, nel corso degli ultimi anni, sono stati introdotti

nell'allevamento del bovino da latte strumenti endo ruminali, i cosiddetti boli endoruminali, dotati di tecnologia wireless, che consentono una rilevazione continua dei valori di pH del rumine o del reticolo (Armato et al., 2016). Il loro costo, però, è molto elevato e per tale motivo difficilmente gli allevamenti adottano questa tecnologia. Uno strumento che invece risulta più economico è l'ecografia della parete ruminale che consente di individuare anomali inspessimenti della parete ruminale causati da eventi infiammatori come ruminiti croniche o acute.

LIPIDOSI EPATICA

In Italia, in medicina umana viene prevalentemente denominata steatosi epatica, mentre in veterinaria si preferisce il termine lipidosi epatica. Tutte queste denominazioni concordano nel definire questa patologia un'infiltrazione anomala di triacilglicerolo nelle cellule epatiche (Fantini, 2019). Tra tutte le malattie metaboliche, la lipidosi epatica, è quella più complessa da identificare poiché risulta difficile da quantificare e per di più non presenta una sintomatologia specifica. La causa principale di questa patologia è l'intensa lipomobilizzazione dal tessuto adiposo conseguente all'instaurarsi di un equilibrio energetico negativo. In altre parole, i trigliceridi vengono liberati dal tessuto adiposo (in seguito a dimagrimento) ed arrivano ad accumularsi negli epatociti (Spagnolo, 2019). Nonostante l'animale non mostri segnali che possano consentire all'allevatore di identificare la malattia, la ridotta funzionalità epatica interferisce con molti aspetti fisiologici dell'animale:

- incapacità da parte del fegato di produrre e stoccare glucosio;
- il fegato diminuisce le sue capacità di detossificare l'organismo e produrre urea;
- riduzione del numero di leucociti;
- carente produzione di alcuni ormoni importanti per la fertilità.

L'approccio primario per prevenire la lipidosi epatica è prevenire i danni ossidativi e citologici del fegato, le endotossiemie batteriche e l'acidosi ruminale. Implementare lo status metabolico nel periodo peripartale somministrando una fonte extra di glucosio ematico e diminuendo la mobilizzazione di NEFA dal tessuto adiposo (Fantini, 2019). Per quanto riguarda il punto di vista gestionale è importante evitare che gli animali arrivino al parto con valori di BCS troppo elevati (> di 3,25), evitare di farli dimagrire in maniera eccessiva nella fase di asciutta e prevenire l'insorgenza di chetosi metabolica e acidosi ruminale nella fase di transizione.

1.2.2. Mastite

Le mastiti sono infiammazioni a carico delle ghiandole mammarie caratterizzate da alterazioni del parenchima mammario. Sono causate da diversi tipi di batteri, gram-positivi e gram-

negativi ma anche da alghe, funghi e insetti. Le cause più comuni di mastite sono causate dai batteri che penetrano la mammella attraverso lo sfintere del capezzolo raggiungendo la cisterna e, nei casi più gravi il tessuto mammario. Le mastiti possono essere classificate in:

1. **Mastiti contagiose:** causate da batteri (es. *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae*) capaci di sopravvivere esclusivamente o prevalentemente nella mammella. La principale via di trasmissione è il latte.
2. **Mastiti ambientali:** causate da batteri (es. *Streptococcus uberis*, *Streptococcus dysgalactiae*) che vivono e si moltiplicano nell'ambiente che circonda gli animali (es. materiale di lettiera, corridoi). La loro moltiplicazione è favorita da alti livelli di umidità e di temperatura. La diffusione dei patogeni associati all'ambiente è mediata da fattori igienici ma anche dallo status dei singoli individui, infatti, gli animali immunodepressi sono più soggetti al contagio.

Anche lesioni di vario tipo a carico della mammella vanno a rendere l'animale vulnerabile all'ingresso di patogeni dall'esterno. Infatti, la prima difesa contro la mastite è rappresentata da una barriera fisica, rappresentata dal muscolo sfintere, situato nel capezzolo, in grado di restringersi e rilassarsi quando richiesto dai normali processi fisiologici. Dopo la mungitura lo sfintere necessita di circa 20 minuti per potersi richiudere per cui, al fine di proteggere la mammella dalla possibile contaminazione batterica, è necessario evitare che le bovine si corichino. Un'altra tipologia di difesa è rappresentata dai leucociti presenti nel latte. Quando queste due difese si indeboliscono la malattia prende il sopravvento manifestando i primi segnali di infezione:

- Minore quantità e qualità del latte;
- Aumento delle cellule somatiche nel latte;
- Capezzolo visibilmente rosso e duro poiché l'infiammazione trasforma il tessuto secernente in tessuto connettivo.

Esistono tre tipologie principali di mastite:

1. Clinica: mostra alterazioni della mammella e nella secrezione del latte. Si suddivide a sua volta in:
 - o Iperacuta: con risentimento generale, evidenti alterazioni del quarto e del latte e in alcuni casi morte dell'animale;
 - o Acuta: il quarto o i quarti colpiti appaiono arrossati, induriti, dolenti e caldi con alterazioni importanti nella secrezione latte (coaguli, fiocchi di fibrina, latte

acquoso e colorazione anomala). Si ha la comparsa di febbre e alterazioni della normale funzionalità ruminale;

- Subacuta: difficili da rilevare poiché l'animale non mostra segnali di malessere ma solo un lieve calo della produzione con presenza di materiale coagulato nei primi getti di latte.

2. **Subclinica**: è la tipologia più diffusa negli allevamenti, è difficile da rilevare poiché non si osservano cambiamenti fisici della mammella e alterazioni chimico fisiche nel latte. Per questi motivi la sua presenza viene spesso ignorata dagli allevatori che non si accorgono in tempo dell'infezione subendo importanti perdite sulla produzione. Si rileva grazie all'attuazione di analisi batteriologiche che mostrano alterazioni delle percentuali di grasso, proteine, calcio e fosforo.
3. **Cronica**: è l'evoluzione delle mastiti acute o sub acute che sono state trascurate o non hanno ricevuto una cura risolutiva.

L'attuale trattamento contro la mastite prevede l'utilizzo di antibiotici, per tale motivo, il latte infetto, deve essere eliminato finché la bovina non guarisce. La mastite è una malattia molto presente negli allevamenti di bovine da latte ed è tra quelle che determina le più forti perdite economiche agli allevatori provocando, inoltre, innumerevoli effetti negativi su *performance* produttive e caseificazione. È quindi di fondamentale importanza curare il più possibile gli aspetti igienico sanitari degli ambienti in allevamento.

1.2.3. Sindrome della sub-fertilità

La sub fertilità è una delle problematiche che si manifesta in maniera sempre più marcata all'interno degli allevamenti di bovine da latte. Ad oggi rappresenta la principale causa di riforma degli animali negli allevamenti e, di conseguenza, incide in maniera significativa anche sui costi della produzione di latte. I fattori che incidono sulla fertilità di una bovina da latte sono molti ma, i principali, sono rappresentati da:

1. **Selezione**: le razze da latte, negli anni, sono state selezionate in maniera sempre più mirata con lo scopo di aumentare le *performance* produttive con percentuali di grasso e proteina sempre più elevate e con l'intento di ottenere animali in grado di effettuare più parti possibili andando a ridurre sempre di più l'intervallo parto-concepimento. Vista la situazione, è quindi necessario comprendere come la selezione operata sulla vacca da latte abbia modificato gli assetti ormonali e metabolici e dove essi agiscono e interferiscono rispetto ad un ottimale andamento riproduttivo.

2. **Alimentazione:** anche l'alimentazione influisce sulla fertilità delle bovine da latte. Durante il periodo di transizione (2-3 settimane prima e altrettante dopo il parto) avvengono i mutamenti metabolici più marcati per le lattifere le quali necessitano di un grande quantitativo di energia per far fronte all'elevata produzione di latte. Ad oggi la produzione di latte è superiore alla quantità di nutrienti che l'animale riesce ad ingerire e questo causa un eccessivo dimagrimento delle bovine rendendole vulnerabili all'insorgenza di malattie metaboliche che influiscono sullo stato di salute degli animali e di conseguenza anche sulla fertilità.
3. **Condizioni climatiche ed ambientali:** lo stress da caldo e le condizioni di umidità non favorevoli influenzano negativamente le performance produttive e riproduttive delle bovine da latte. Gli animali in tali condizioni attivano delle strategie per poter disperdere il calore e ridurre la produzione di calore endogeno. L'attivazione delle suddette funzioni e/o l'ipertermia corporea sono alla base degli effetti negativi che il caldo esercita sullo stato metabolico e nutrizionale, sull'efficienza riproduttiva, sulla *performance* produttiva, sullo stato di benessere e di salute e sul rischio di morte degli animali allevati (Fantini, 2016). Lo stress da caldo può essere gestito attraverso l'utilizzo di indici bioclimatici (THI) che permettono di valutare la temperatura ambientale che viene percepita dagli animali.

Nonostante la sindrome della sub-fertilità sia un fenomeno in costante crescita all'interno degli allevamenti moderni di bovine da latte, gestirla, non è impossibile. L'utilizzo degli indici di fertilità può essere di grande aiuto ma necessita di un'adeguata raccolta di dati, un aspetto da non sottovalutare in quanto tale raccolta richiede un maggior sforzo dell'allevatore e del veterinario. Va sottolineato come anche un piccolo miglioramento in percentuale può avere un significativo ed evidente impatto economico. Per esempio, nel caso dei programmi di sincronizzazione dell'estro o, più semplicemente, di piani alimentari diversi, verificare gli indici di fertilità può indicare i reali costi-benefici di certe scelte (De Rensis e Marconi, 1999).

Ad esempio l'*heat detection rate* (HDR) rappresenta la capacità di rilevamento dei calori. Il metodo più semplice da applicare è l'osservazione visiva in stalla ma oggi, grazie anche all'utilizzo della zootecnia di precisione, esistono diversi sistemi che aumentano la capacità di rilevazione dei calori (attivometri, podometri).

Il *conception rate* (CR), invece, rappresenta il tasso di concepimento che equivale alla percentuale di vacche gravide sul totale di quelle inseminate. Tale indicatore può essere influenzato da diversi fattori: condizioni ambientali, tecniche di inseminazione e fertilità fisiologica delle singole bovine. Podometri ed attivometri sono dei sensori che, applicati sull'animale, raccolgono dati riguardanti tempi di ruminazione e attività motoria permettendo di rilevare i calori.

1.3. Principali indicatori del benessere nella bovina da latte

Oggi il benessere animale è riconosciuto come una scienza multidisciplinare, con risvolti di tipo economico e sociale, che necessita di un approccio di tipo integrato, con obiettivi e strategie ben definiti (Gavinelli et al., 2008). La definizione di benessere animale deve tener conto di diversi fattori e aspetti, tra cui l'ambiente, la fisiologia ed il comportamento specifico dell'animale. Nel 1965, il veterinario Brambell Report divulgò il principio delle 5 libertà per la salvaguardia del benessere animale:

1. Libertà dalla fame, dalla sete e dalla mal nutrizione;
2. Libertà dai disagi ambientali;
3. Libertà dalle malattie e dalle ferite;
4. Libertà di poter manifestare le caratteristiche comportamentali specie-specifiche;
5. Libertà da condizioni di paura e stress.

Anche l'introduzione di indicatori di benessere misurabili, rende più semplice l'attuazione ed il monitoraggio del benessere animale in azienda.

1.3.1. Cellule somatiche e grasso/proteina nel latte

L'aspetto sanitario e funzionale dell'apparato mammario delle bovine sono di fondamentale importanza per l'allevamento della vacca da latte. Da questi due aspetti, infatti, dipendono direttamente la qualità igienico-sanitaria del latte e la sua valutazione casearia, influenzando in modo rilevante la quantità e la qualità dei prodotti trasformati e di conseguenza la redditività delle produzioni (Malik et al., 2018). Un apparato mammario mastitico risulta infiammato perché infetto. Oltre a causare disagi all'animale, il latte prodotto sarà di minore qualità rispetto a quello proveniente da una mammella sana sia per quel che riguarda la sua composizione sia nell'attitudine casearia.

La salute dell'apparato mammario viene valutato soprattutto attraverso il conteggio delle cellule somatiche. Le cellule somatiche comprendono diverse tipologie di cellule: leucociti polimorfonucleati neutrofili che hanno il compito di fagocitare i batteri, i macrofagi, i linfociti che producono immunoglobuline e cellule epiteliali di sfaldamento. L'aumento della carica batterica nel latte provoca un aumento delle cellule somatiche che può essere valutato sia sul latte individuale sia su quello di massa. Per il latte di massa, le soglie di 200,000-400,000 cellule/ml rappresentano limiti di sensibilizzazione e non limiti clinici come nel caso del singolo capo. Una stalla con

200,000 cellule/ml presenta statisticamente il 5% dei quarti infetti, ma non rappresenta necessariamente una stalla problema (Malik et al., 2018). Si considera una situazione aziendale ottimale quando sia ha latte di massa con meno di 200,000 cellule/ml oppure se almeno l'85% delle bovine ha meno di 300,000 cellule/ml.

Tabella 3. Valutazione del conteggio cellulare nel latte di singole bovine:

Cellule somatiche/ml	Valutazione
< 100,000/ml	Situazione ottimale
< 200,000/ml	Situazione normale
Da 200,000 a 350,000/ml	Accettabile a fine lattazione. Allerta per vacche fresche
Da 350,000 a 700,000/ml	Mastite conclamata
> 1,000,000/ml	Mastite grave

L'aumento di queste non sempre è causato da infezioni batteriche ma può dipendere anche da:

- Situazioni di stress e stagione: situazioni che comportano malessere dell'animale provocano un aumento delle cellule somatiche come anche durante il periodo dell'estro;
- Età e stadio di lattazione: aumentano con l'aumentare dell'età dell'animale e in genere dopo la quarta lattazione;
- Ferite alla mammella: se non seguite da infiammazioni;
- Metodi di mungitura sbagliati: mungiture inadeguate, regolazione sbagliata del sistema del vuoto e mal funzionamento dell'impianto provocano danni alle mammelle.

Anche i valori del grasso e della proteina del latte, possono fornire utili informazioni all'allevatore sullo stato di salute della bovina, sulla qualità del latte e sulla sua attitudine casearia. Il latte bovino è costituito per il 3,4% da grassi e per il 3,3% da proteine. La qualità e la composizione chimica del latte ad ogni modo, risulta essere molto variabile poiché non dipende solo dall'alimentazione ma anche da fattori nutrizionali, ambientali e dalle caratteristiche dell'animale (età, stadio di lattazione, attività metabolica) (Bailoni et al., 2005). In particolare, variazioni quanti-qualitative e compositive del latte sono dovute a fattori endogeni ed esogeni all'animale, mentre a sua volta, esiste una

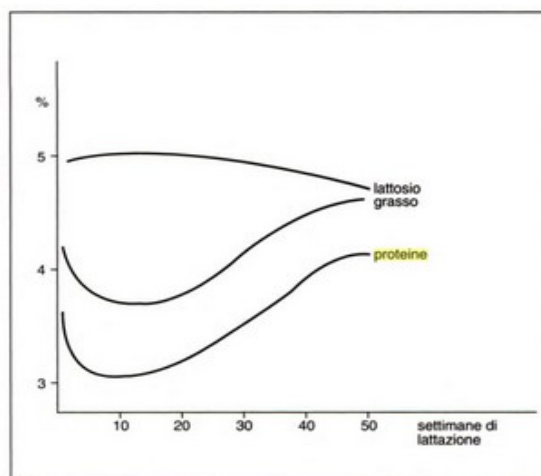
variabilità ereditaria individuale all'interno della stessa razza e nelle stesse condizioni di allevamento (Bailoni et al., 2005).

I fattori che influenzano maggiormente la composizione del latte sono:

1. Razza: generalmente le razze ad alta produzione producono una grande quantità di latte ma con percentuali medie di grasso e proteina inferiori a quelle delle altre razze.
2. Stato fisiologico delle bovine: durante il periodo di lattazione si possono rilevare variazioni nel contenuto di vari componenti. Grassi e proteine totali tendono a diminuire fino a raggiungere i valori minimi al quinto e al secondo mese dall'inizio della lattazione per poi aumentare in maniera sempre più marcata man mano che ci si avvicina alla fine della stessa.
3. Alimentazione: In alcuni casi la percentuale di grasso nel latte di massa può essere troppo bassa a causa della "Sindrome da basso grasso nel latte". Questa condizione è dovuta ad un uso improprio degli alimenti che apportano grassi insaturi, come la soia integrale, i distillers, i crusami e tutti i panelli delle oleaginose, oppure perché si utilizzano oli liberi (Fantini, 2021). Se la percentuale diventa, invece troppo alta, la causa potrebbe essere un bilancio energetico negativo dovuto ad un dimagrimento eccessivo durante la lattazione. Anche la concentrazione di proteina del latte, in base al periodo considerato, può subire delle variazioni. Valori troppo bassi potrebbero essere dovuti ad una carenza generica di aminoacidi oppure una specifica di alcuni AA essenziali, come la lisina, la metionina o l'istidina. Se la proteina del latte è troppo alta e, soprattutto, si è repentinamente alzata, ciò potrebbe essere un sintomo di acidosi ruminale (Fantini, 2021).
4. Malattie: oltre a provocare un calo della produzione vanno ad alterare la sua composizione chimica. Nel caso di latte mastitico si riscontrano minori contenuti di grasso, caseina e lattosio.

Le analisi delle componenti del latte sono quindi importanti perché rappresentano anch'essi degli indicatori di benessere della bovina. Eccessive variazioni delle percentuali di grasso e proteina hanno, inoltre, un impatto non indifferente per quanto riguarda le attività dei caseifici. Nella frazione lipidica sono disciolti anche la maggior parte degli aromi che derivano dagli alimenti assunti dagli animali e che forniscono ai formaggi sapori caratteristici. Il grasso, durante il processo di caseificazione, viene quasi totalmente inglobato nella rete della cagliata influenzando positivamente la resa in formaggio. Le proteine solubili hanno anch'esse considerevole importanza per l'elevato valore biologico e le caseine sono di fondamentale importanza per le proprietà casearie del latte, soprattutto per il rendimento in formaggio.

Figura 6. Variazioni del contenuto in grasso, proteina e lattosio durante la lattazione:



Oggi giorno, grazie all'applicazione della zootecnia di precisione, attraverso l'utilizzo della tecnologia analitica possiamo individuare il differenziale di cellule somatiche, un parametro che rappresenta la percentuale (sul totale delle cellule somatiche) del contenuto di leucociti polimorfonucleati neutrofili più linfociti. Grazie a questo nuovo parametro si è in grado di individuare le bovine che, pur avendo cellule somatiche inferiori a 200,000 cellule/ml, presentano una percentuale di differenziale elevata e quindi sono da considerarsi bovine a rischio di infezione. In questo modo si viene a creare una nuova classe di animali potenzialmente infetti i quali presentano cellule somatiche inferiori a 200,000 ma con cellule differenziali maggiori di 66,3%.

Il mercato offre, inoltre, anche sistemi di analisi del latte in tempo reale. Si tratta di strumenti che, applicati su ogni postazione della sala di mungitura, permettono la misurazione in linea di grasso, proteine, lattosio, cellule somatiche ed eventuali tracce di sangue contenuti nel latte, per ogni vacca in ogni singola mungitura (Gastaldo., 2016). Una delle tecnologie considerate più innovative e che sta riscontrando sempre più successo all'interno degli allevamenti di bovine da latte è la spettroscopia nel vicino infrarosso (NIRS). La spettroscopia nel vicino infrarosso è una tecnologia multianalitica che permette di prevedere più parametri contemporaneamente con una buona precisione (Evangelista et al., 2021). Essa permette, in tempo reale, di realizzare analisi *on-line* della qualità del latte (totale e individuale), in sala mungitura. La conoscenza dei costituenti del latte permette di:

- Avere informazioni sul rapporto tra grassi e proteine;
- Conoscere il quantitativo di proteine e urea;
- Individuare la quantità di cellule somatiche presenti nel latte.

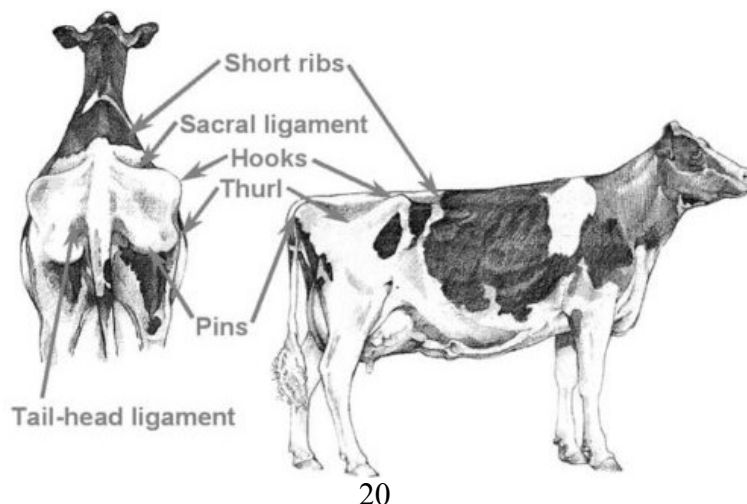
Molto utili nella rilevazione di patologie a carico della mammella sono anche i sistemi che permettono di rilevare la conducibilità elettrica del latte. Queste patologie, infatti, comportano, oltre all'aumento della presenza di cellule somatiche nel latte, anche un innalzamento della conducibilità elettrica. Anche gli strumenti portatili di analisi fungono da veri e propri “conta cellule”. Grazie a queste tecnologie l'allevatore può individuare e gestire precocemente anomalie e patologie che colpiscono l'apparato mammario delle bovine.

1.3.2. Body condition score

Il BCS è un metodo utilizzato dagli allevatori e dai veterinari per stabilire le riserve di grassi corporei delle bovine basato su una determinazione soggettiva visiva e/o tattile dell'accumulo di grasso sottocutaneo in specifiche regioni anatomiche (groppa, natica, base della coda, fianco e torace) basandosi su una scala di punteggio numerico che va da 1 a 5 (ogni variazione di 1 punto corrisponde a 82 Kg circa) (Ferguson et al., 1994). I punti anatomici che vengono presi in considerazione durante l'attribuzione del punteggio sono:

1. Sporgenza laterale del bacino che comprende l'area che racchiude la tuberosità iliaca, l'articolazione coxofemorale e la tuberosità ischiatica. Questa in soggetti troppo magri assumerà la forma di una “V” (sotto il 3,25) e man mano che l'animale aumenta di punteggio diventa meno spigolosa prendendo la forma di una “U” (sopra il 3,25);
2. Legamenti sacro-iliaci e sacro-ischiatici. Diventano particolarmente visibili in animali con BCS inferiore a 3 mentre, con valori al di sopra di 4, sono difficili da apprezzare;
3. Area caudale compresa tra il legamento sacro-ischiatico e la tuberosità ischiatica (attacco alla coda);
4. Superficie tra la tuberosità iliaca ed ischiatica.

Figura 7. Zone prese in considerazione per la determinazione del BCS:



Come accennato precedentemente il BCS si basa su un punteggio che va da 1 a 5 in base alle condizioni corporee della bovina:

Punteggio 1 (soggetto emaciato)

- processi trasversi delle vertebre lombari appuntiti, facilmente visibili e apprezzabili alla palpazione e con notevole depressione tra i processi spinosi e trasversi;
- base della coda con una profonda cavità ed assenza di grasso sottocutaneo;
- regione tra natica ed anca presenta una grave depressione con assenza di copertura muscolare;
- cute abbastanza elastica ma con pelo ruvido e in cattive condizioni.

Punteggio 2 (soggetto magro)

- processi trasversi delle vertebre lombari evidenti, appuntiti ma non sporgenti;
- base della coda presenta una cavità evidente ma non eccessivamente profonda, la struttura ossea presenta copertura muscolare ma senza la presenza di grasso;
- regione tra natica ed anca presenta un'accentuata depressione.

Punteggio 3 (soggetto in forma)

- processi trasversi delle vertebre lombari si possono apprezzare con una leggera depressione;
- base della coda presenta leggera cavità con presenza di un lieve accumulo adiposo;
- regione tra natica ed anca presenta una lieve depressione;
- cute morbida ed elastica.

Punteggio 4 (soggetto grasso)

- processi trasversi delle vertebre lombari appaiono piatti o arrotondati e sono distinguibili solo con una forte depressione;
- base della coda quasi completamente colmata da tessuto adiposo;
- regione tra natica ed anca ha aspetto piano.

Punteggio 5 (soggetto obeso)

- processi trasversi delle vertebre lombari non apprezzabili;
- base della coda completamente riempita da tessuto adiposo;

- regione tra natica ed anca arrotondata e sulla punta della natica è ben visibile il grasso depositato che risulta soffice al tatto.

Il punteggio BCS e l'entità della perdita di condizione corporea nel peri parto sono strumenti molto importanti per monitorare lo status metabolico dell'animale. Vacche che arrivano al parto con valori di BCS inferiori a 3,25 mostrano un peggioramento della risposta immunitaria, un aumento dell'insorgenza di malattie metaboliche e un peggioramento della fertilità (aumento dell'intervallo parto-concepimento). Il controllo e il monitoraggio della condizione corporea delle vacche consente, quindi, di monitorare lo stato nutrizionale degli animali e la loro deposizione di grasso corporeo in modo tale da poter prevenire patologie o peggioramenti delle *performance* produttive e riproduttive che possano causare inevitabili perdite economiche all'allevamento. Tale pratica viene generalmente effettuata attraverso il controllo visivo e tattile degli animali ma grazie alle nuove tecnologie è possibile calcolare il BCS automaticamente a partire dalle immagini della telecamera. In questi anni molti studi hanno dimostrato l'importanza di determinare il BCS, e questa tecnologia rende possibile farlo riducendo drasticamente il complesso lavoro per determinarlo (Setti, 2014).

1.3.3. β -idrossibutirrato nel latte e nel sangue

Nella vacca da latte l'arco di tempo che si estende tra le tre settimane precedenti e le tre successive al parto, detto periodo di transizione, risulta essere molto delicate poiché l'animale va incontro a importanti modificazioni fisiologiche, metaboliche e nutrizionali che possono renderlo più vulnerabile alle malattie. La mobilizzazione dei lipidi all'inizio della lattazione è un processo fisiologico e necessario per permettere alla vacca di soddisfare la propria richiesta energetica per la lattazione. I lipidi mobilizzati, sottoforma di acidi grassi non esterificati (NEFA), raggiungono il fegato attraverso il circolo sanguigno, dove subiscono due differenti destini metabolici:

1. **Produzione di *very low density lipoprotein* (VLDL)**: risultano disponibili per la mammella.
2. **Ossidazione a corpi chetonici** (aceto acetato, acetone e β -idrossibutirrato): questa via diventa predominante quando la quantità e/o la velocità di mobilizzazione di NEFA è eccessiva ed il fegato non riesce ad ossidarli tutti in energia. Questi si accumulano, quindi, in tessuti e fluidi aumentando l'incidenza di disturbi metabolici.

Il risultato di un bilancio energetico negativo, caratterizzato dalla riduzione del glucosio nel sangue e nel fegato e da un incremento della mobilizzazione di grassi dai tessuti di deposito sotto forma di acidi grassi non esterificati, è la chetosi primaria o iperchetonemia. La chetosi, come già descritto precedentemente, è una malattia metabolica che assume maggior rilievo per i notevoli danni che provoca a livello di:

- Produzione (calo della produzione di latte);
- Stato di salute generale (animale in deficit energetico);
- Riproduzione (causa problemi di fertilità);
- Profitto (perdite economiche a causa della perdita di latte e per far fronte alle spese riguardanti terapie e visite veterinarie).

Il monitoraggio dei livelli di BHB nel sangue e nel latte (attraverso *Keton test*) sono fondamentali per rilevare il rischio chetosi permettendo all'allevatore di rivalutare la razione alimentare, la gestione dell'asciutta e dell'inizio lattazione. La situazione è accettabile se non più del 10% delle bovine supera il valore soglia di 1,2 mmol/L di BHB nel sangue (Benedet et al., 2019). Per quanto riguarda i rapporti tra impianti di mungitura e zootecnia di precisione, un interessante strumento è stato proposto da un'azienda svedese: il sistema *Herd Navigator*. Esso si basa su un dispositivo che, da ogni posta di mungitura o dal robot, preleva automaticamente dei campioni di latte inviandoli successivamente ad un'unità di analisi. L'unità di analisi a sua volta misura la presenza nel latte di quattro specifiche sostanze: progesterone, BHB, LDH e urea. Dopo l'analisi trasmette resoconti automatici su quanto le stesse analisi hanno rilevato. Il sistema è collegato ad un software di gestione aziendale che tramite tabelle, grafici e allarmi automatici avverte l'allevatore e suggerisce le azioni da intraprendere (Setti, 2014).

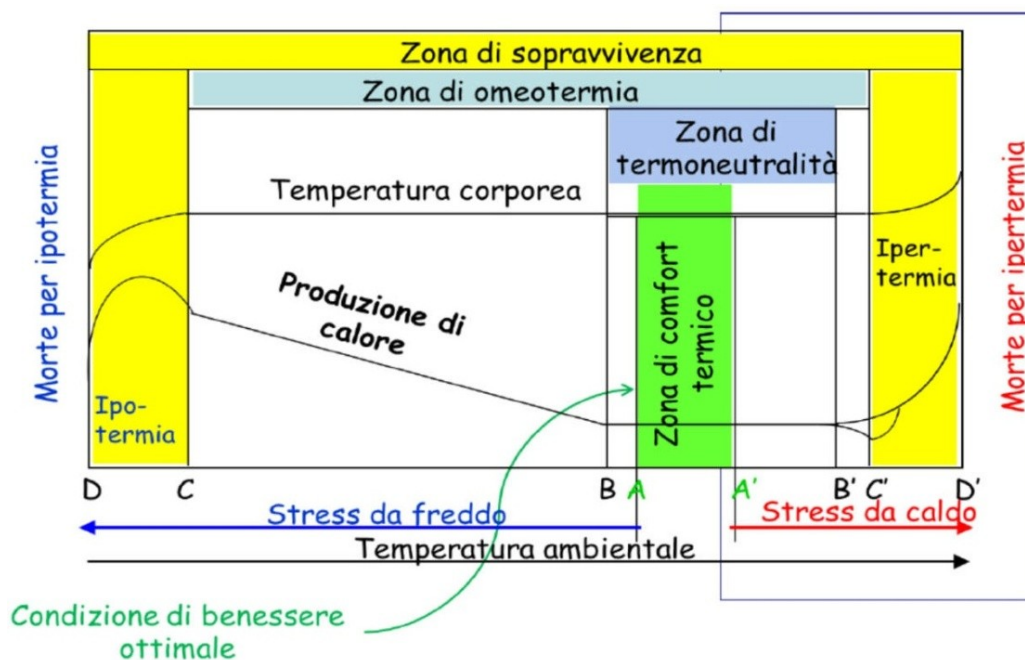
1.3.4. Stress da caldo

I bovini sono animali omeotermi ossia in grado di mantenere costante la propria temperatura corporea indipendentemente dall'influenza esterna. Esiste un intervallo di temperature ambientali definito "zona di comfort termico o termoneutralità" (- 5 °C- 25 °C) nel quale l'animale è in stato di benessere e in grado di mantenere la propria temperatura corporea senza dover modificare il suo metabolismo, la sua attività muscolare e le performance produttive. La zona di termoneutralità è delimitata dalla temperatura critica inferiore e dalla temperatura critica superiore. Al di sotto della temperatura critica inferiore la bovina è costretta ad aumentare la produzione di calore e ridurre, invece, la dispersione, mentre, oltre la temperatura critica superiore, l'animale cerca di disperdere il calore in eccesso riducendo l'ingestione e l'attività motoria. I bovini, ad ogni modo, hanno una elevata capacità di adattamento alle variazioni di temperatura ma quando lo stress termico si prolunga oltre i limiti sopportabili dall'animale, ciò può compromettere in maniera significativa le sue performance produttive e il suo stato di benessere fisico. Particolarmente dannosi per gli allevamenti zootecnici di bovine da latte sono i mesi estivi che costringono gli animali a sopportare lunghi periodi di esposizione a condizioni di caldo ambientale. Le bovine,

maggiormente sensibili agli stress da caldo piuttosto che da quelli di freddo, diventano, perciò, incapaci di dissipare il calore in eccesso al fine di mantenere la loro normale temperatura corporea. Quando questo accade la bovina va incontro al, così definito, stress da caldo. Quando la temperatura s'innalza al di sopra di 26,7 °C la vacca tende a diminuire l'assunzione di alimenti. A complicare le condizioni dei soggetti sono poi anche valori elevati di umidità. Per disperdere più calore possibile, l'animale aumenta i propri atti respiratori aumentando anche fabbisogni di mantenimento che non soddisfatti, provocano un calo della produzione e un peggioramento delle caratteristiche chimico fisiche del latte. Lo stress da caldo causa inoltre, alterazioni della capacità riproduttiva della bovina poiché, il caldo, modifica le concentrazioni ormonali a livello ovarico con conseguente diminuzione della fertilità, minori durate del calore e un aumento del periodo dell'interparto. I principali sintomi da stress da caldo sono:

1. Incremento della frequenza respiratoria oltre ai 60 respiri al minuto;
2. Diminuzione della frequenza cardiaca;
3. Aumento della perdita di elettroliti attraverso sudore, urina e saliva;
4. Riduzione del flusso sanguigno ai prestomaci;
5. Disidratazione;
6. Immunodepressione.

Figura 11. Termoneutralità e temperature critiche:



Gli allevatori per limitare i danni che lo stress da caldo causa, possono attuare delle misure in grado di migliorare le condizioni in cui vivono gli animali:

- Lasciare sempre a disposizione abbondante acqua;
- Assicurare una buona ventilazione della stalla;
- Installare nebulizzatori per rinfrescare gli animali;
- Aumentare la frequenza dei pasti nelle ore più fresche della giornata.

2. ZOOTECCNIA DI PRECISIONE

La zootecnia di precisione rappresenta l'utilizzo di tecnologie innovative ed avanzate all'interno degli allevamenti con l'obiettivo di potenziare le strategie gestionali e le *performance* produttive dei singoli animali. Esistono tecnologie che nascono per essere applicate direttamente sull'animale ed altre che, invece, sono collocate su macchine o sistemi già presenti in azienda. Lo scopo è quello di raccogliere in tempo reale il maggior numero di informazioni per esaminarle alla luce di un modello e, a seguito della maggiore o minore rispondenza ad esso, prendere decisioni e, dove possibile; innescare retroazioni correttive (Abeni e Galli, 2018).

Figura 8. Gestione delle informazioni attraverso le tecnologie di precisione:



Nel settore bovino da latte l'utilizzo della zootecnia di precisione è ancora contenuto, sia per la complessità di alcune tecnologie, sia per la loro non semplice integrazione con i sistemi gestionali delle aziende. Occorre considerare, inoltre, che qualsiasi investimento dovrebbe essere effettuato sulla base di un'attenta analisi tecnico-economica, che valuti costi, durata, affidabilità, facilità di utilizzo, precisione, livello di integrazione con il proprio software gestionale, attitudine dell'allevatore (Gastaldo, 2016). Per tali motivi è di fondamentale importanza saper identificare quali sono le tecnologie sulle quali risulta più utile investire, ossia quelle che possano consentire all'allevatore di risolvere le problematiche che maggiormente gravano sulla gestione dell'azienda.

2.1. Identificazione e localizzazione degli animali allevati

Una prima tematica sulla quale si è concentrata la zootecnia di precisione riguarda i sistemi di identificazione e localizzazione degli animali allevati. L'identificazione e la localizzazione di un animale in modo univoco ed automatico è il primo requisito per l'informatizzazione dei processi di allevamento, in quanto permette di organizzare la registrazione dei dati, attraverso l'utilizzo di uno o più sensori, per ogni animale allevato. Alla base del loro utilizzo c'è una necessità organizzativa, ma è soprattutto a livello di sicurezza che l'identificazione rappresenta un aspetto imprescindibile. Tali sistemi possono classificarsi in: lettori di segnali e analizzatori di immagini.

2.1.1. Lettori di segnali

I lettori di segnali sono sistemi basati su onde elettromagnetiche utili per analizzare il comportamento degli animali. I dispositivi in radiofrequenza, in particolare, hanno una possibilità di affermazione legata alla creazione di una rete di localizzazione di stalla assimilabile in certi casi a quella di tipo Gps (Gastaldo, 2016). La tecnologia di identificazione a radio frequenza è la soluzione maggiormente impiegata dagli allevatori e si basa sulla capacità di memorizzare da parte di determinate etichette elettroniche, definite tag o transponder, informazioni riguardanti l'animale al quale viene applicata. I dati registrati vengono successivamente trasmessi, attraverso un'antenna, ad un lettore fisso oppure mobile ed elaborati da sistemi di gestione. In questo modo verranno fornite informazioni utili riguardanti i singoli animali.

Per quanto riguarda la categoria dei lettori di segnali, in commercio, per esempio, possiamo trovare TAG RFID.

Figura 9. TAG RFID e transponder impiantabili:



Si tratta di un dispositivo a onde radio, progettato per consentire all'allevatore di identificare e tracciare il bestiame in maniera precisa e veloce. Viene applicato sottoforma di chip/etichetta auricolare direttamente sull'animale. Ciascuno dei tag conterrà un ID univoco specifico per un determinato animale. Ciò elimina ogni possibilità di confusione dei dati, garantendo così una gestione efficiente. In alternativa alle etichette auricolari, l'identificazione e la localizzazione è fattibile anche attraverso l'utilizzo di transponder impiantabili. Questi, a differenza della prima tipologia vengono impiantati in tre siti: fossa ascellare, padiglione auricolare e labbro superiore. In questo caso l'efficienza della lettura dei dati dell'animale è limitata poiché questa è influenzata dalla regione anatomica in cui viene inserito il transponder.

2.1.2. Analizzatori di immagini

Gli analizzatori di immagini, sistemi ancora in fase sperimentale, forniscono immagini riprese attraverso telecamere con riconoscimento degli animali; permettono analisi specifiche di alcuni comportamenti (riposo, attività, posizionamento nelle diverse zone funzionali) e valutazioni automatiche del peso corporeo, del BCS e delle zoppie (Gastaldo, 2016).

L'identificazione e la localizzazione degli animali mediante analizzatori di immagini, è ancora in fase sperimentale. Qualcosa di interessante è quello che sta mettendo a punto un'azienda di *computer vision technology*. Questa azienda si occupa di rilevamento immagini e trasformazione delle informazioni raccolte, in dati prontamente utilizzabili. In una stalla californiana si sta testando un sistema che sfrutta la *computer vision technology* allo scopo di fornire all'allevatore indicazioni precise su ogni animale. Le immagini raccolte da telecamere, processate con specifici algoritmi, consentono l'individuazione di ogni bovina basandosi su: colore del mantello e caratteristiche di deambulazione. Inoltre sarà possibile conoscere anche altri aspetti dell'animale come stato di salute, quantità di alimento assunto, estri.

2.2. Misuratori di parametri fisiologici e produttivi

Un altro tema riguarda i misuratori di parametri fisiologici e produttivi delle bovine. Si tratta di sensori che vengono applicati direttamente sulle bovine o in luoghi strategici per rilevare specifici eventi andando a misurare un parametro fisiologico oppure comportamentale. I dati raccolti consentono all'allevatore di monitorare al meglio la mandria e i singoli animali. Il sistema dei sensori è composto dai dispositivi e da software che elaborano i dati. Gli strumenti maggiormente utilizzati, che consentono la rilevazione dei parametri fisiologici e riproduttivi, possono classificarsi in: rilevatori di funzioni vitali, misuratori delle caratteristiche del latte e misuratore indice bioclimatico.

2.2.1. Rilevatori di funzioni vitali

Fanno parte di questa categoria tutti quei sensori che raccolgono informazioni riguardo alcune delle funzioni vitali dell'animale. Permettono la raccolta e l'analisi di molte informazioni utili nella valutazione dello stato di benessere delle bovine da latte. I principali sensori sono:

1. **Pedometri**: vengono applicati sulla parte distale dell'arto posteriore o anteriore dell'animale e misurano il numero di passi compiuti da una bovina in un determinato periodo di tempo. L'attività motoria delle bovine è uno dei parametri principali che permette l'individuazione del calore e di stati patologici. Gli animali, in queste situazioni modificano le loro normali abitudini. Durante i calori la loro attività motoria aumenta mentre in presenza di stadi patologici diminuisce notevolmente. Negli ultimi anni la tecnologia ha fatto passi da gigante trasformando i classici podometri in veri e propri strumenti innovativi in grado di:
 - Rilevare calori h 24;
 - Monitorare le fasi di riposo dell'animale;
 - Individuare zoppie;
 - Allertare l'allevatore in caso di parto imminente.

La rilevazione del calore si basa sulla lettura dei dati raccolti dal pedometro e che vengono letti da un'apposita centralina che ogni 15 minuti interroga tutti i pedometri utilizzando la tecnologia *wireless*, la centralina invia poi i dati al computer (Vitali, 2019). In questo modo l'allevatore è facilitato non solo nella rilevazione del calore ma anche nell'individuazione del momento più opportuno per effettuare la fecondazione dell'animale. Per quanto riguarda il monitoraggio degli animali, questo sensore, consente di valutare lo stato di benessere delle bovine andando a

rilevare quanto tempo queste dedicano alle fasi di riposo. L'allevatore, in caso di individui che passano troppo tempo coricati o troppo poco rispetto ai parametri considerati normali, riceve un segnale di allerta che gli permetterà di individuare l'animale e verificare lo stato di salute di quest'ultimo. Confrontando i dati riguardanti l'attività motoria del soggetto con quelli del comportamento di riposo, il pedometro è in grado di fornire una diagnosi tempestiva delle problematiche podali degli animali, permettendo l'identificazione di soggetti che presentano una probabile zoppia.

2. Accelerometri: sono dei dispositivi che consentono la misurazione della velocità di movimento e posizione dell'animale. Registrano i movimenti sui tre assi (xyz) quantificandoli come una sommatoria di movimenti o minuti di attività e rilevando l'intensità e tipologia di movimenti. L'accelerometro (collare/auricolare) registra e raccoglie dati riguardanti i movimenti di collo e testa delle bovine trasmettendole ad un antenna ogni 60-120 minuti. I dati di ogni animale vengono poi elaborati dalla centralina mediante l'utilizzo di algoritmi che confrontano il dato rilevato in un periodo di due ore con i dati medi rilevati nello stesso periodo temporale ma nei gironi precedenti. Se i risultati rilevano comportamenti anomali la centralina genera e invia un segnale di allerta al *device*. Questi sensori sono in grado di fornire informazioni riguardanti non solo l'attività motoria dell'animale ma anche sui tempi che quest'ultimo dedica alla ruminazione, all'alimentazione e sulla risposta alle variazioni delle condizioni climatiche (stress da caldo) permettendo di individuare precocemente eventuali anomalie nel comportamento dell'animale. Il monitoraggio dell'attività motoria e della ruminazione consentono di rilevare in maniera più efficace i calori, identificare precocemente problematiche nutrizionali e gestionali. Infatti, l'associazione tra attività di ruminazione e pH ruminale offre l'opportunità di una diagnosi precoce di bovine affette da acidosi ruminale.

Una delle aziende considerate leader globale nello sviluppo, produzione e commercializzazione di sistemi computerizzati e sensori per la gestione della mandria è Afimilk. Questa azienda propone diverse soluzioni per il monitoraggio delle bovine andando a rilevare in maniera accurata:

- Calori;
- Consumi alimentari;
- Tempi di ruminazione;
- Attività motoria.

Per quando riguarda i sensori, questa azienda propone:

Collari (Aficollar): questo collare utilizza un singolo accelerometro 3D per monitorare diversi tipi di informazione (ingestione, ruminazione e i movimenti del corpo). Garantisce, inoltre, una sensibilità superiore al 90% nella rilevazione dei calori e utilizza i seguenti parametri per ottimizzare la fertilità:

- rilevazione calori/animali da inseminare;
- animali in anestro o animali con cicli ripetuti;
- liste di gestione come calore atteso e diagnosi di gravidanza.

Pedometri (Afitag II): è un podometro di ultima generazione che viene applicato alla zampa dell'animale. Non funge più da semplice contapassi ma è in grado, attraverso la rilevazione dell'attività motoria dell'animale, di captare e registrare anomalie nel normale comportamento di ciascun animale ed individuare i calori.

Figura 10. Aficollar



Figura 11. Afitag II



Oltre ad Afimilk anche tante altre aziende forniscono prodotti sempre più innovativi in grado di monitorare al meglio gli animali allevati. Per esempio, un altro interessante prodotto, offerto da S.A.E. Afikim, è il Pedometro-Plus. Può essere utilizzato come ulteriore supporto per l'individuazione di mastiti, laminiti e problemi podali segnalando all'allevatore eventuali comportamenti anomali rilevati in stalla. È in grado, inoltre, di identificare situazioni di stress climatico e animali che stanno per partorire con 24 ore di anticipo. Il dispositivo *CowScout*, invece, proposto dall'industria tedesca *Gea Farm Technologies*, è in grado di fungere sia da pedometro che

da accelerometro. Posizionato al collo fornisce informazioni riguardanti tempi di ruminazione e alimentazione mentre posizionato al piede monitora le variazioni nel movimento.

3. Telecamere: per la valutazione delle condizioni corporee degli animali, in commercio esistono webcam o telecamere che collocate in sala mungitura e posizionate verticalmente, consentono la rilevazione del BCS ogni qual volta che l'animale passa. La rilevazione avviene valutando le tuberosità iliache e ischiatiche di ogni singola vacca che si presenta alla mungitura. Questi strumenti sono molto semplici ed economici ma di grande aiuto nella rilevazione di situazioni di bilancio energetico negativo. In commercio possiamo trovare, ad esempio, la telecamera DeLaval BCS. Tramite la telecamera DeLaval BCS, è possibile registrare automaticamente punteggi di condizioni corporee accurati e coerenti per ogni vacca, in ogni mungitura, ogni giorno. La telecamera, attraverso una lettura 3D, rileva ed invia i dati che vengono analizzati tramite un algoritmo. In questo modo il sistema è in grado di avvisarti in tempo reale sulle variazioni delle condizioni prima ancora che siano visibili, consentendo all'allevatore di agire il più rapidamente possibile per prevenire problemi futuri. Il monitoraggio dello stato nutrizionale e del deposito di grasso dei singoli individui è fondamentale per valutare al meglio le condizioni fisiche degli animali. Bassi valori di BCS sono un allarme da non sottovalutare perché rappresentano l'instaurarsi di disturbi metabolici come la chetosi. Per quanto riguarda la lipidosi epatica, invece, è importante evitare che gli animali arrivino al parto con valori di BCS troppo elevati (> di 3,25) ed evitare di farli dimagrire in maniera eccessiva nella fase di asciutta.

Il monitoraggio costante che forniscono queste tecnologie hanno permesso, negli anni, di ottenere migliorie produttive, benefici sulla salute ed il benessere degli animali e una migliore e tempestiva gestione da parte degli allevatori con un conseguente riscontro economico.

2.2.2. Misuratori delle caratteristiche del latte

Gli allevamenti zootecnici di bovine da latte hanno come principale scopo il controllo ed il mantenimento del miglior stato di salute degli animali. Queste accortezze consentono all'allevatore di ottenere le migliori performance produttive dagli animali. Per quanto riguarda il latte, la zootecnia di precisione, fornisce sistemi di analisi automatica che permettono il monitoraggio di diversi parametri del latte durante la mungitura in modo da:

- Valutare lo stato di salute dell'apparato mammario;
- Monitorare condizioni nutrizionali e riproduttive;

- Riconoscere tempestivamente l'insorgenza di patologie riducendo così i costi e le durate dei trattamenti;
- Minimizzare gli effetti negativi che riguardano la quantità e la qualità del latte.

I sistemi di analisi possono essere di due tipologie:

1. **Sistemi di analisi *on-line***: effettua analisi su un campione di latte prelevato e miscelato con reagenti. Il contenuto viene analizzato attraverso un sensore ottico che raccoglie le immagini dei nuclei delle cellule e li conta.
2. **Sistemi di analisi *in-line***: analizzano il latte in maniera continua senza l'utilizzo di reagenti. A differenza dei sistemi *on-line* misura le cellule somatiche per ogni quarto e non per mungitura.

La raccolta di dati che forniscono informazioni riguardo alle variazioni della composizione del latte e consentono all'allevatore di valutare lo stato di benessere dei singoli animali allevati. La tecnologia maggiormente utilizzata nella raccolta di parametri riguardanti le caratteristiche del latte è il sistema basato sulla spettroscopia del vicino infrarosso. Questa tecnologia utilizza la regione dell'infrarosso dello spettro elettromagnetico (da 350 a 2.500 nm) per indagare le proprietà fisico-chimiche dei campioni in modo non distruttivo. L'uso della spettroscopia all'infrarosso applicata direttamente sul latte tramite apposita strumentazione risulta essere uno strumento predittivo rapido, non invasivo ed economico. Inoltre, è una tecnologia che è completamente implementabile *in-line* nelle tradizionali pratiche di mungitura (Giannuzzi et al., 2022). L'utilizzo di questa tecnologia consente di ottenere informazioni in tempo reale, evitando quindi i lunghi tempi di attesa richieste dalle analisi effettuate in laboratorio, riguardanti:

- Contenuto di cellule somatiche presenti nel latte;
- Contenuto di lattosio, proteine e grasso nel latte;
- Riconoscimento precoce di malattie metaboliche sulla base delle variazioni del rapporto grasso/proteine.

Anche in questo caso, uno dei sistemi più diffusi che applica analisi del latte tramite l'utilizzo della spettroscopia nel vicino infrarosso è Afilab, ideato dall'azienda Afimilk. Lo strumento Afilab è un analizzatore di latte spettrometrico del vicino infrarosso che può essere installato nella sala di mungitura, uno per ogni posta, accanto al lattimetro, e consente di fornire misurazioni in tempo reale durante tutte le sessioni di mungitura (Giannuzzi et al., 2022). Le analisi del latte avvengono in maniera automatica, senza l'utilizzo di alcun reagente e senza la necessità di prelevare alcun campione, ad ogni mungitura, inviando poi al software di gestione Afimilk tutte le informazioni riguardanti grasso, proteine, lattosio ed eventuale presenza di sangue nel latte.

Negli anni si sono diffusi, nel mercato anche altri strumenti particolarmente utili per analizzare le caratteristiche del latte:

1. Sistemi per il rilievo della conducibilità elettrica del latte: consentono la rilevazione precoce dell'insorgenza di mastiti. Questi strumenti permettono di rilevare la conducibilità elettrica del latte per individuare processi infiammatori in corso. L'aumento della conducibilità elettrica è causata da un aumento delle cellule somatiche presenti nel latte. La conta delle cellule somatiche rappresenta uno degli indicatori più importanti nella rilevazione delle mastiti. In commercio esistono diversi strumenti impiegati per rilevare la conducibilità elettrica del latte come per esempio, il LactoCorder della GIROTECH. Questo strumento è in grado di misurare e registrare la quantità di latte a flusso continuo esente da schiuma, la conducibilità e la temperatura del latte appena munto.
2. Sistemi di analisi del latte in tempo reale: questi strumenti, applicati su ogni postazione della sala mungitura, permettono di conoscere la percentuale di grasso, proteine e lattosio contenute nel latte. La Zetalab, per esempio, produce un analizzatore del latte che consente di effettuare analisi di grasso, proteine, lattosio e residuo secco nel latte. Questi parametri sono degli ottimi indicatori di rischio NEB:
 - grasso/proteine > 1,4% (minore qualità casearia);
 - proteine < 2,9%;
 - grasso > 4,8%;
 - lattosio < 4,5%.
3. In presenza di mastiti, il latte prodotto avrà, invece, percentuali di grasso, proteine e lattosio inferiori rispetto alla norma mentre per quanto riguarda gli animali affetti da acidosi si riscontrerà una diminuzione del tenore di grasso contenuto e un incremento della percentuale di proteina. Un altro strumento utile, invece, per monitorare i parametri relativi a riproduzione e salute della bovina è il *Herd Navigator* della DeLaval. È un sistema automatico di analisi che seleziona e analizza campioni di latte individuale durante le fasi di mungitura. Misura i livelli di progesterone del latte e analizza i livelli di BHB, urea e l'attività del LDH. Valori di BHB nel latte superiori a 0,12-0,15 mmol/L rappresentano la presenza di animali con chetosi subclinica. Questi parametri, quindi, sono fondamentali per rilevare precocemente la chetosi e permettere all'allevatore di rivalutare la validità della razione.
4. Contatori cellulari: sono dei sistemi di analisi portatili che fungono da veri e propri conta cellule. Un esempio di tale strumento viene fornito dall'azienda DeLaval. Si tratta del contatore

cellulare DeLaval che consente di rilevare la presenza di mastiti attraverso la rilevazione dei valori di cellule somatiche presenti nel latte analizzato.

2.2.3. Misuratore indice bioclimatico

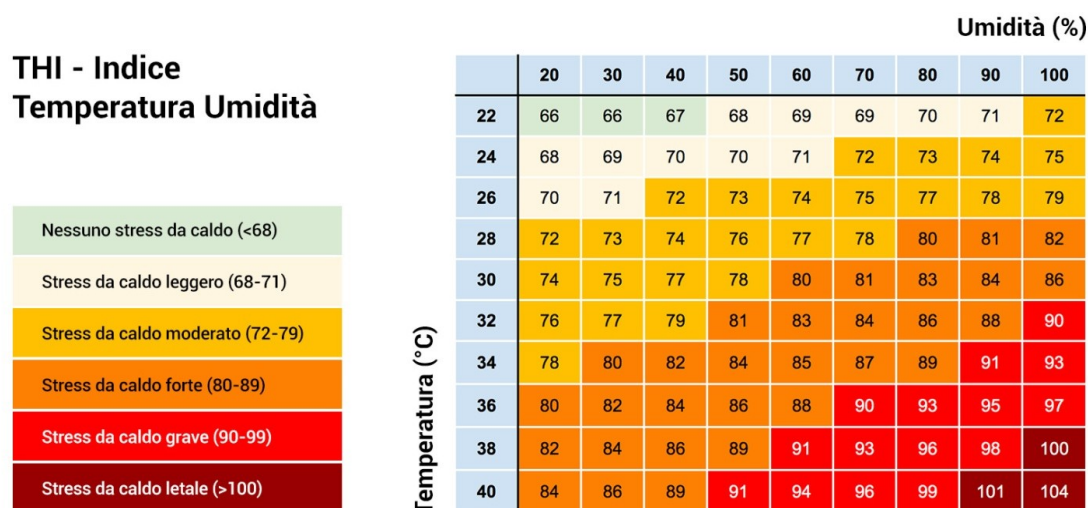
Il livello di stress termico che sono costretti a subire gli animali di allevamento durante la stagione estiva può essere valutato attraverso l'utilizzo di indici bioclimatici. Il più utilizzato è il *Temperature Humidity Index* (THI). Questo strumento consente di valutare la temperatura ambientale percepita dagli animali in relazione ai valori dell'umidità relativa dell'aria. Il livello dello stress dipende sia dall'entità del superamento del valore critico superiore del THI (variabile in relazione alla specie, all'età, alla razza ecc.) sia dalla durata temporale di tale superamento (Fantini, 2016). Altri elementi di criticità sono rappresentati dalle modalità di passaggio dalla condizione di termo neutralità alla condizione di caldo e dalla possibilità di recupero che viene offerta agli animali dai valori del THI registrati nelle ore più fresche della giornata (ore notturne) (Fantini, 2016). Il THI si calcola come:

$$THI = (1,8 \cdot T + 32) - \left(\left(0,55 - 0,55 \cdot \left(\frac{RH}{100} \right) \right) \cdot (1,8 \cdot T - 26) \right)$$

dove T = Temperatura dell'aria (°C) e RH = Umidità Relativa (%)

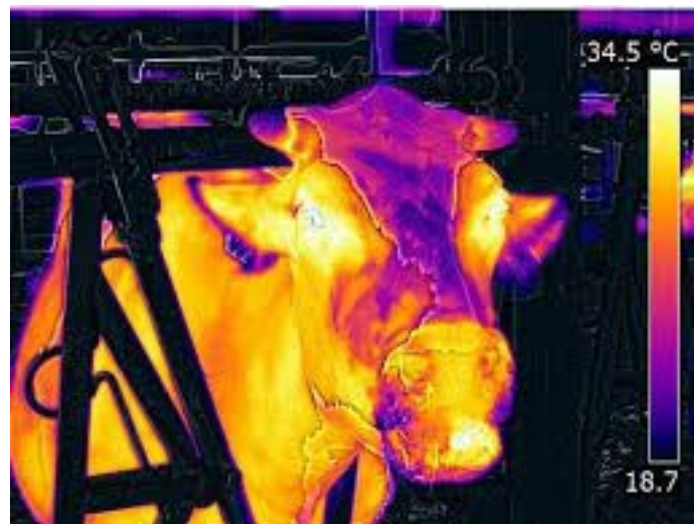
I valori di THI non influenzano solo la produttività dell'animale ma bensì anche la salute, la fertilità e lo stato di sopravvivenza di quest'ultimo. Alcune ricerche scientifiche hanno individuato dei valori di THI che rappresentano i valori soglia oltre i quali la bovina entra in stress da caldo. Tali valori variano per le diverse specie e per le diverse classi di animali della stessa specie. A partire da valori di THI superiori a 72 la bovina da latte mostra i primi sintomi di stress da caldo.

Figura 12. Indice temperatura-umidità:



Un altro esempio di strumento utile per la rilevazione della temperatura corporea degli animali è la termocamera ad infrarossi. Già collaudata da alcuni anni, il suo utilizzo negli allevamenti, permette un'indagine non invasiva, semplice e precisa della temperatura in diverse aree del corpo. Fornisce in tempo reale immagini nell'infrarosso rappresentate in scale di falsi colori, nelle quali, ad un determinato colore, corrisponde una determinata temperatura. Queste telecamere, oltre ad individuare gli animali in stress da caldo, consente il monitoraggio della salute delle mammelle e il riconoscimento delle infezioni alle estremità aiutando così l'allevatore ad individuare e trattare in maniera precoce l'insorgenza di mastiti.

Figura 13. Visione termografica:



L'utilizzo di questi strumenti all'interno degli allevamenti consente all'allevatore di monitorare i livelli di stress termico degli animali, attuando in tempo, strategie gestionali che impediscano alle condizioni climatiche sfavorevoli di influire sulla salute, la produttività e la fertilità dell'animale. Infatti, in condizioni di stress da caldo, l'animale utilizza l'energia ricavata dal cibo assunto, che sarebbe dovuta servire per il suo mantenimento e per la produzione di latte, per tentare di mantenere normale la sua temperatura corporea. Questo mette a rischio la salute ed il benessere dell'animale che va incontro a situazioni di deficit energetico che possono causare l'insorgenza di disturbi metabolici come la chetosi o l'acidosi ruminale e un peggioramento della quantità e qualità del latte con variazioni delle percentuali di grasso, proteine e lattosio. Inoltre, la minore ingestione, influisce sulla fertilità delle bovine.

Nonostante la tecnologia abbia fatto enormi progressi, ci sono ancora molti indicatori di benessere della bovina per i quali non esistono o sono ancora in fase sperimentale, delle tecnologie in grado di rilevarli in maniera automatica.

3. CONCLUSIONI

Questo elaborato ha lo scopo di analizzare come l'evoluzione tecnologica sia stata in grado di evolversi negli anni consentendo, attraverso l'applicazione della zootecnia di precisione, il monitoraggio continuo ed automatizzato degli animali allevati. L'innumerabile quantità di informazioni che si possono ottenere grazie all'utilizzo delle tecnologie di precisione permettono di agevolare il lavoro dell'allevatore che non deve più affidarsi solo ed esclusivamente alla sua esperienza e all'osservazione diretta degli animali. L'applicazione della zootecnia di precisione, quindi, offre indiscutibili vantaggi:

- Monitoraggio continuo ed automatizzato degli animali;
- Miglioramento dell'efficienza e della sostenibilità aziendale;
- Incremento del benessere degli animali;
- Disponibilità di dati affidabili;
- Prevenzione di malattie e disturbi metabolici;
- Nuove possibilità lavorative.

Nonostante tutti i benefici che l'utilizzo di queste tecnologie apporta, l'impiego diffuso della sensoristica di precisione è ostacolato da alcune problematiche. In primo luogo, l'allevatore deve essere disposto a utilizzarla e vedere il beneficio che ne è associato. Infatti, non è sempre semplice fidarsi di uno strumento anziché del proprio occhio (*experience vs expectation*) (Lovarelli e Guarino, 2020). In secondo luogo, per l'utilizzo e la comprensione di questi strumenti, è necessario che in azienda siano presenti persone formate e capaci di leggere ed interpretare in termini pratici il significato dei parametri monitorati. Altri svantaggi possono essere legati a:

- Uso improprio dei dati raccolti;
- Problemi legati alla compatibilità con altri sistemi utilizzati in azienda;
- Rischio di interruzione della raccolta dati a causa di guasti o problemi tecnici;
- Riduzione dell'interazione tra uomo e animale;
- Costi eccessivi di alcune tecnologie;
- Manutenzione periodica degli apparecchi.

Ciò significa che l'utilizzo di questi strumenti agevola indubbiamente il lavoro dell'allevatore poiché gli consente di monitorare gli animali sotto ogni punto di vista. L'efficacia, però, di questi

strumenti è effettivamente visibile solo se si accetta questa fase di cambiamento ed evoluzione tecnologica della produzione e della mentalità. Entrambe sono strettamente necessarie per rispondere alle costanti sfide rivolte ai lavoratori del settore, sia in termini di competitività economica, sia in termini di maggiori richieste da parte dei consumatori, soprattutto europee. Inoltre, un altro aspetto che non può essere trascurato è l'investire su nuovi strumenti e non utilizzarli in maniera corretta. Questo non andrà a migliorare la gestione dell'azienda. Questi strumenti necessitano di un'adeguata formazione mirata all'interpretazione adeguata dei risultati per ricavarne utili indicazioni a livello pratico. È inoltre, di fondamentale importanza, garantire agli allevatori un supporto mirato per l'introduzione in azienda dell'innovazione individuando, inoltre, quali sono effettivamente i punti deboli dell'allevamento e indirizzando la scelta su strumenti che realmente potrebbero migliorare le strategie gestionali di quest'ultimo. Ciò significa che tutti gli strumenti proposti dalla zootecnia di precisione sono utili se sfruttati, però, con logica e in contesti capaci di evidenziare il loro potenziale.

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA:

Abeni F., Petrera F. e Galli A. (2019). A Survey of Italian Dairy Farmers' Propensity for Precision Livestock Farming Tools. *Animals* (9): 1-2.

Armato L., Fiore E. e Giancesella M. (2016). L'acidosi ruminale subacuta nella bovina da latte. *SUMMA animali da reddito* (3): 15-16.

Bailoni L., Battaglini L. M., Gasperi F., Mantovani R., Biasioli F., e Mimosi A. (2005). Qualità del latte e del formaggio d'alpe, caratteristiche sensoriali, tracciabilità e attese del consumatore. *Quaderni Sozoalp* (2): 61-69.

Benedet A., Manuelian C. L., Zidi A., Penasa M., e De Marchi M. (2019). Invited review: β -hydroxybutyrate concentration in blood and milk and its associations with cow performance. *Animal* (13): 1676-1689.

De Rensis F. e Marconi P. (1999). Gli indici di fertilità per la valutazione dell'efficienza riproduttiva della bovina da latte. *Large Animals Review* (2): 14-19.

Evangelista C., Basiricò L. e Bernabucci U. (2021). An Overview on the Use of Near Infrared Spectroscopy (NIRS) on Farms for the Management of Dairy Cows. *Agriculture* (11): 1-3.

Fantini A. (2011). La chetosi nella vacca da latte. *Dairy Zoom*, 146-151.

Fantini A. (2016). Introduzione alle malattie metaboliche. *SUMMA animali da reddito* (1): 11-12.

Fantini A. (2016). Chetosi metabolica. *SUMMA animali da reddito* (5): 18-20.

Fantini A. (2019). Malattie metaboliche dei ruminanti: approccio pratico. *SUMMA animali da reddito* (9): 27-28.

Ferguson J. D., Galligan D. T., e Thomsen N. (1994). Principal descriptors of body condition score in Holstein cows. *Journal of dairy science* (77): 2695-2703.

Gavinelli A., Ferrara M., e Lopez Moreno M. C. (2008). L'interesse dell'Unione Europea per il benessere degli animali: indirizzi normativi e programma d'azione comunitario 2006-2010. *Quaderni Sozooalp* (5): 18-21.

Giannuzzi D., Pegolo S., Ruggeri M., Trevisi E. e Cecchinato A. (2022). Zootecnia di precisione un contributo decisivo. *Informatore Zootecnico* (14): 48-49.

Malik T. A., Mohini M., Mir S. H., Ganaie B. A., Singh D., Varun T. K. e Thakur S. (2018). Somatic cells in relation to udder health and milk quality-a review. *Journal of Animal Health and Production* (6): 18-26.

Morgante M e Vescera F. (2000). Uso della ruminocentesi per la determinazione del ph ruminale nella bovina da latte: osservazioni preliminari. *Large Animals Review* (2): 23-24.

Setti G. (2014). Zootecnia di precisione le proposte delle industrie. *Informatore Zootecnico* (1): 28-30.

Wankhade P. R., Manimaran A., Kumaresan A., Jeyakumar S., Ramesha K. P., Sejian V. e Varghese M. R. (2017). Metabolic and immunological changes in transition dairy cows: A review. *Veterinary World* (10): 1367-1368.

Abeni F. e Galli A. (2018). La zootecnia di precisione: una opportunità per una produzione animale etica e sostenibile. <https://agriregionieuropa.univpm.it/it/content/article/31/53/la-zootecnia-di-precisione-una-opportunita-una-produzione-animale-etica-e>.

Fantini A. (2021). Come interpretare il grasso e la proteina nel latte bovino. <https://www.ruminantia.it/come-interpretare-il-grasso-e-la-proteina-nel-latte-bovino/>.

Fontana I. e Guarino M. (2015). Il punto sulla zootecnia di precisione – Passato , presente e futuro. <https://informatorezootecnico.edagricole.it/bovini-da-latte/il-punto-sulla-plf-passato-presente-e-futuro/>.

Gastaldo A. (2016). Zootecnia di precisione negli allevamenti bovini da latte. <https://www.ruminantia.it/zootecnia-di-precisione-negli-allevamenti-bovini-da-latte/>.

Lovarelli D. e Guarino M. (2020). Zootecnia di precisione verso il futuro. <https://informatorezootecnico.edagricole.it/bovini-da-latte/zootecnia-di-precisione-verso-il-futuro/>.

Tassinari M. (2016). Indagine sulle cause di riforma delle bovine da latte in due aziende dell'Emilia Romagna. <https://ruminantiamese.ruminantia.it/indagine-sulle-cause-di-riforma-delle-bovine-da-latte-in-2-aziende-dellemilia-romagna/>.

Spagnolo M. (2019). La steatosi epatica nella bovina da latte: una minaccia nascosta. <https://ruminantiamese.ruminantia.it/la-steatosi-epatica-della-bovina-da-latte-una-minaccia-nascosta/>.

Vitali S. (2019). Rilevazione dei calori, la tecnologia va oltre i contapassi. <https://terraevita.edagricole.it/allevamento-zootecnia/rilevazione-calori-tecnologia-oltre-il-contapassi/>.