



PSR
2014 2020
LOMBARDIA
L'INNOVAZIONE
METTE RADICI



**Regione
Lombardia**

Fondo Europeo Agricolo per lo Sviluppo Rurale: l'Europa investe nelle zone rurali

FEASR – Programma di Sviluppo Rurale 2014-2020

MISURA 1. – “Trasferimento di conoscenze e azioni di informazione”

SOTTOMISURA 1.2 – “Sostegno a attività dimostrative e azioni di informazione”

OPERAZIONE 1.2.01 – “Progetti dimostrativi e azioni di informazione”

Sistemi Per il monitoraggio e localizzazione in Allevamenti Zootecnici
Intensivi per la gestione Ottimale delle bovine
(SPAZIO)

Report tecnico sulle tecnologie digitali nelle aziende zootecniche

Università degli Studi di Milano – Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali
Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria - Zootecnia e
Acquacoltura

Gennaio 2024

Contents

Condizioni climatiche nelle stalle, qualità aria e comportamento degli animali	3
Monitoraggio delle condizioni climatiche all'interno della stalla.....	3
Misura della temperatura.....	3
Misura dell'umidità.....	4
Misura dell'umidità relativa	4
Misura della temperatura radiante	4
Misura della velocità dell'aria.....	4
La qualità dell'aria all'interno della stalla.....	5
I principali gas.....	5
Dispositivi per monitorare il comportamento da applicare al piede dei bovini.....	8
Il movimento dell'arto dei bovini	8
Dispositivi per il monitoraggio del comportamento da applicare al collo e all'orecchio dei bovini	9
Dispositivi per il monitoraggio delle prestazioni produttive associate ai sistemi di mungitura convenzionale e automatizzata per bovini.....	11

Condizioni climatiche nelle stalle, qualità aria e comportamento degli animali

Monitoraggio delle condizioni climatiche all'interno della stalla

I bovini sono animali omeotermi, cioè riescono a controllare e mantenere costante la temperatura corporea interna che, entro determinati limiti. La termoregolazione permette ai bovini di difendersi dal caldo e dal freddo, ma al di fuori della zona di benessere la produzione e la fertilità diminuiscono.

Tra i molteplici elementi che concorrono a determinare le condizioni di benessere, va inclusa la struttura di stabulazione, in quanto può influenzare direttamente le condizioni microclimatiche e in particolare la temperatura e l'umidità.

È molto importante conoscere le esigenze climatiche dei bovini da latte; infatti, da queste derivano molte delle scelte tecniche-economiche legate all'allevamento e alle strutture di stabulazione.

I parametri microclimatici contribuiscono a determinare l'ambiente con cui l'animale interagisce. Sono strettamente legati tra di loro e all'involucro edilizio dei fabbricati per la stabulazione. Rappresentano il punto cruciale per avere il controllo ambientale, fondamentale per garantire il benessere degli animali.

I principali fattori che vengono presi in considerazione sono:

- Temperatura dell'aria
- Temperatura radiante
- Umidità relativa dell'aria
- Velocità dell'aria

In alcuni casi può essere utile misurare anche altre grandezze relative alla struttura (temperatura delle pareti, del tetto) o degli animali (temperatura della cute, temperatura corporea).

Misura della temperatura

È molto importante il controllo delle condizioni termiche all'interno della stalla soprattutto nel periodo estivo, occorre limitare le alte temperature che causano stress termico nelle bovine.

La temperatura dell'aria, dell'animale o di un elemento costruttivo viene misurata con diverse tipologie di sensori che si differenziano per il principio di misura.

I più diffusi sono i sensori a contatto, cioè che rilevano la temperatura del corpo o del fluido (es. aria) mediante la conduzione del calore in modo che il sensore sia in equilibrio con la temperatura dell'elemento da misurare.

I sensori di temperatura di questo tipo possono essere a termocoppia (basati sulla differenza di potenziale che si instaura tra la giunzione e i capi liberi di due metalli diversi), a resistenza (variano la resistenza in relazione alla temperatura) e termistori (semiconduttori che variano in modo non lineare la resistenza in funzione della temperatura).

I sensori non a contatto consentono di rilevare la temperatura di un corpo a distanza. Si basano sulla misura delle radiazioni infrarosse emesse dalla superficie di un corpo. Per questa misura è necessario tener conto dell'emissività dell'elemento che viene misurato, che può variare da 0 (corpo che riflette totalmente) e 1 (corpo nero). Se l'emissività del corpo è inferiore a 0,2 risulta difficile ottenere la misura della temperatura

con questa tecnica. I sensori a infrarosso vengono utilizzati nei pirometri che misurano la temperatura di un corpo e nelle termocamere che consentono di ottenere una mappa (immagine) termica di un'area.

Misura dell'umidità

L'umidità elevata in presenza di basse temperature contribuisce ad aumentare le perdite di calore corporeo; con alte temperature invece diventa difficoltoso lo smaltimento del calore per evaporazione che, proprio alle alte temperature, è la via che maggiormente consente la termoregolazione. Anche una bassa umidità è comunque da evitare per l'aumento di secchezza e polverosità nell'ambiente che possono creare problemi agli animali, in particolare alle vie respiratorie. La bovina trasmette calore anche per conduzione, in particolare quando è sdraiata ed è a contatto con il fondo della cuccetta o la lettiera. Infine, una parte del calore viene scambiato per irraggiamento con le pareti e soprattutto con la copertura della stalla.

Misura dell'umidità relativa

L'umidità relativa rappresenta il contenuto di vapore acqueo nell'aria rispetto a quello che sarebbe presente alla saturazione. La misura dell'umidità dell'aria è assieme alla temperatura una delle più utilizzate per il monitoraggio e controllo delle condizioni ambientali. Per questo sono stati sviluppati diversi sensori per la misura di questo parametro.

La maggior parte delle applicazioni in campo ambientale utilizza sensori di umidità capacitivi. Questi sono concettualmente dei condensatori il cui dielettrico varia la costante in funzione dell'umidità dell'aria. Il segnale del circuito in cui è inserito il sensore risulta proporzionale alla variazione di capacità e di conseguenza all'umidità dell'aria. Questi sensori sono spesso integrati con un circuito di condizionamento e trasmissione del segnale, frequentemente abbinato a sensori di temperatura.

Misura della temperatura radiante

La misura della temperatura dovuta alla radiazione termica, che tiene conto degli scambi di calore per irraggiamento, viene effettuata con sensori a globo nero (globotermometri). Sono costituiti da una sfera cava verniciata di nero opaco con all'interno un sensore di temperatura. Questo valore viene utilizzato nel calcolo degli indici microclimatici in particolare per valutare lo stress da caldo. La norma ISO7726 definisce le caratteristiche dei globotermometri e i criteri per la loro realizzazione.

Misura della velocità dell'aria

Le bovine da latte nel periodo invernale soffrono particolarmente le correnti d'aria fredda in quanto causano un aumento della dispersione di calore; perciò, è necessario evitare l'esposizione della stalla ai venti dominanti e, dove questo non è possibile, occorre risolvere il problema con tamponamenti o strutture frangivento, in modo da mantenere la velocità dell'aria al di sotto dei 0,5 m/s. In periodi caldi, invece, una maggiore velocità dell'aria (fino a 4-5 m/s) è positiva; infatti, accelera l'evaporazione e la dispersione di calore, così da aiutare l'allontanamento dell'aria calda e umida dagli animali.

La velocità dell'aria viene misurata con anemometri che possono essere di diverso tipo in relazione alla misura da effettuare. Gli anemometri a coppette sono i più diffusi per le misure ambientali e sono costituiti da tre coppette disposte a 120° che ruotano sul piano orizzontale quando investite dal flusso di aria. Il segnale generato dalla rotazione viene convertito in una misura della velocità dell'aria.

Quando la misura della velocità dell'aria deve essere precisa anche a velocità limitate si possono usare gli anemometri a ultrasuoni. Questi basano la misurazione della velocità dell'aria sul tempo impiegato da un segnale ultrasonico a percorrere la distanza tra un emettitore che genera il segnale e un trasduttore che lo riceve.

Un'altra tipologia di misura della velocità dell'aria è rappresentata dagli anemometri a filo caldo che basano la misura della velocità dell'aria sulla variazione di resistenza provocata dal passaggio dell'aria su un elemento (filo) riscaldato dal passaggio di una corrente nota. Vengono utilizzati per la misura della velocità dell'aria in

condotti o aperture e per verificare il funzionamento dei ventilatori, con sonde direzionali. Gli anemometri a ventola hanno una analoga funzione, anche se la precisione e la capacità di misurare basse velocità dell'aria è inferiore. In questo caso, la velocità dell'aria mette in rotazione una ventola posta perpendicolarmente al flusso di aria. La misura della velocità dell'aria è proporzionale alla velocità di rotazione della ventola.

La qualità dell'aria all'interno della stalla

Tra le emissioni in atmosfera che si possono generare nella zona di stabulazione, la sostanza sicuramente più consistente è rappresentata dall'ammoniaca, composto gassoso derivato dalla demolizione dell'urea e dell'acido urico contenuti nelle urine e da vari composti azotati presenti nelle feci. Anche altri gas quali il metano, l'anidride carbonica e il protossido di azoto sono significativamente presenti nelle emissioni dagli allevamenti.

L'azoto ammoniacale è presente nelle deiezioni degli animali al momento della loro escrezione (il 40-65% dell'azoto escreto è ammoniacale). Successivamente la mineralizzazione della sostanza organica incrementa la quota ammoniacale dell'azoto presente nelle deiezioni fino a raggiungere il 75-80% di quello totale al momento della distribuzione in campo. L'azoto ammoniacale si trova in forma disciolta nei liquami e viene rilasciato in forma gassosa. Infatti, l'ammoniaca tende a spostarsi da zone ad alta concentrazione (deiezioni) a zone a bassa concentrazione (atmosfera). All'interno dei ricoveri una elevata concentrazione di ammoniaca può essere percepita dal caratteristico odore pungente e provoca irritazioni e malessere sia agli addetti, sia agli animali. Ciò comporta seri rischi per la salute dei lavoratori e una riduzione delle performance degli animali.

Le zone di stabulazione degli animali sono fonti anche di metano (CH_4) un gas ben noto per i suoi utilizzi come combustibile per il riscaldamento delle abitazioni, per la cottura degli alimenti e per autotrazione. Peraltro, il metano è annoverato tra i gas ad effetto serra e, pertanto, le emissioni in atmosfera di questo gas devono, per quanto possibile, essere controllate. La produzione di metano deriva in parte dal metabolismo animale, nei processi digestivi. Questo processo prosegue nelle deiezioni ad opera di microrganismi che si sviluppano in assenza di ossigeno. La produzione di metano è favorita quindi dallo stoccaggio delle deiezioni nelle fosse sotto fessurato e nelle strutture per lo stoccaggio degli effluenti. In questa fase, oltre alla produzione di metano, continua la volatilizzazione dell'azoto in forma ammoniacale a cui si accompagna l'emissione di protossido di azoto (N_2O). Questo gas è anch'esso annoverato tra i gas ad effetto serra e contribuisce all'arricchimento del contenuto in azoto dell'aria. Costituisce un prodotto delle trasformazioni di nitrificazione/denitrificazione che avvengono negli effluenti di allevamento durante lo stoccaggio, ma soprattutto nei terreni coltivati dopo la distribuzione di fertilizzanti azotati, sia organici sia minerali.

Il termine "qualità dell'aria" si riferisce in genere alla presenza di inquinanti nell'atmosfera, cioè di sostanze che possono essere dannose per la salute umana. Questo termine riferito agli allevamenti deve essere utilizzato per descrivere le condizioni interne di un allevamento e considerare gli effetti che potrebbe avere sia sugli animali che sugli operatori.

Le variabili utilizzate per descrivere l'aria interna negli allevamenti servono per misurare le concentrazioni di sostanze emesse dagli animali o dalle deiezioni da essi prodotte.

I principali gas

Anidride carbonica: viene prodotta dalla respirazione e dalla decomposizione della sostanza organica presente nelle deiezioni. La concentrazione in aria è di circa 420 ppm. Nei ricoveri la concentrazione può essere molto più elevata se la ventilazione non è adeguata.

Ammoniaca: deriva principalmente dalla degradazione della sostanza organica presente nelle deiezioni. È un gas molto solubile in acqua e più leggero dell'aria. L'effetto dannoso dell'ammoniaca sugli animali è

principalmente a carico delle vie respiratorie e nel favorire patologie polmonari. Le emissioni di ammoniaca causano anche un effetto negativo sull'ambiente, causando eutrofizzazione, acidificazione e favorendo la formazione di polveri sottili.

Acido solfidrico: deriva dalla degradazione delle deiezioni in ambiente anaerobico e ha un caratteristico odore di uova marce percepibile anche a basse concentrazioni (<1 ppm). Si possono riscontrare valori elevati in concomitanza delle operazioni di movimentazione dei liquami, con concentrazioni che possono essere letali per gli addetti e gli animali.

Metano: è un gas con forte potere climalterante, più leggero dell'aria e che viene prodotto dalla fermentazione della sostanza organica. Non raggiunge concentrazioni elevate nelle stalle.

Densità e valori di concentrazione limite per i principali gas nocivi emessi negli allevamenti

Gas	Densità relativa kg/m ³	Esposizione breve (ppm)	Esposizione prolungata (ppm)	Concentrazioni letali (ppm)	Valori rilevati (ppm)
NH ₃	0,771	25	10	10.000	5-100
CO ₂	1,976	5000	2500	300.000	1.000-5.000
H ₂ S	1,539	10	2,5	1.000	0,02-(800 *)

Polveri: sono in parte prodotte dall'allevamento e in parte derivano dall'aria esterna. L'emissione di polveri deriva da particelle di mangime, peli, piume, frammenti di insetti, muffe, pollini e altre sostanze che derivano dall'attività dell'allevamento. Gli effetti delle polveri sono principalmente a carico del sistema respiratorio e, oltre a irritazione e inibizione dei meccanismi di filtro delle vie respiratorie, le particelle più sottili possono penetrare fino a livello degli alveoli polmonari e favorire infezioni causate da virus, batteri e funghi presenti nelle polveri.

La frazione di polveri più dannosa è quella con diametro delle particelle inferiore a 10 µm (PM₁₀) che corrisponde alle particelle che interessano l'apparato respiratorio. Di questa, quella con diametro delle particelle inferiore ai 4-5 µm (PM₅) può raggiungere i polmoni (frazione respirabile). In particolare, le polveri sottili con diametro inferiore ai 2,5 µm (PM_{2,5}) viene considerata particolarmente pericolosa perché può raggiungere e depositarsi a livello alveolare.

Sensori e strumenti per la misura della qualità dell'aria: A sensore per le polveri; B sensore elettrochimico per l'ammoniaca; C fonometro; D: luxmetro

Composti Organici Volatili: spesso indicati con l'acronimo COV (VOC in inglese) hanno la caratteristica di essere estremamente volatili e hanno comportamento simile in atmosfera. I COV includono anche il metano che però viene spesso considerato separatamente. I COV contengono composti odorosi che negli allevamenti zootecnici derivano dal metabolismo animale e dalla degradazione della sostanza organica contenuta nelle deiezioni.

Le misure di riferimento delle concentrazioni dei gas e dei VOC vengono effettuate con tecniche specifiche (gascromatografia, spettroscopia, spettrometria laser, ecc.). I relativi strumenti sono installati in centraline (ad esempio quelle della rete di monitoraggio pubblica delle caratteristiche dell'aria) o utilizzati in laboratorio; non sono normalmente adottati negli allevamenti anche se in alcuni casi possono essere

disponibili come dispositivi da utilizzare per il controllo di processo. Il monitoraggio continuativo in condizioni di allevamento può essere effettuato con sensori sensibili ai gas che possono essere di diverse tipologie.

I sensori elettrochimici sono costituiti da una membrana permeabile al gas che ne consente la diffusione all'interno del sensore dove si trovano due elettrodi immersi in un elettrolita. Il gas subisce una reazione di ossidoriduzione e che viene rilevata come segnale elettrico.

I sensori elettrochimici reagiscono con il gas da rilevare con un consumo degli elettrodi che si traduce in una variazione di sensibilità. Di conseguenza varia la risposta nel tempo e richiedono tarature periodiche. Di contro hanno consumi molto bassi. Sono di questo tipo i sensori normalmente utilizzati per ammoniaca e acido solfidrico, ma anche per VOC e metano.

I sensori di gas a semiconduttore sfruttano la variazione di conduttività elettrica di un semiconduttore (a esempio, diossido di stagno) provocata da un assorbimento di gas. Il funzionamento di questi sensori richiede il riscaldamento dell'elemento sensibile a temperatura comprese tra i 100 e i 450 °C. Vengono utilizzati tipicamente per metano e VOC.

Nei sensori di gas ottici, il gas da misurare viene posto tra un emettitore di raggi infrarossi o un diodo laser e un ricevitore. L'energia assorbita dal gas riduce il segnale captato dal ricevitore e trasformato in un segnale elettrico. Il ricevitore è sensibile a una specifica lunghezza d'onda che rende il sensore selettivo per un gas specifico. Vengono utilizzati per la misura di gas come l'anidride carbonica.

Anche i sensori per le polveri utilizzano un sistema simile, anche se in questa applicazione viene misurata la dispersione della luce causata dalle particelle di polvere. Con questi sensori è possibile anche valutare la concentrazione delle diverse frazioni di polveri in base alla dimensione media delle particelle.

Rumore

Le onde sonore sono generate dai movimenti vibratorii delle particelle che si propagano alle particelle adiacenti, provocando una variazione locale di pressione. La pressione sonora è definita dall'ampiezza dell'onda sonora, misurata in decibel (dB) e viene utilizzata per la misura del livello sonoro. Questo valore esprime in scala logaritmica il rapporto tra la pressione sonora misurata e quella relativa alla soglia di udibilità. Dato che la risposta dell'orecchio varia in funzione della frequenza del suono, il valore viene normalizzato con diverse curve di equalizzazione di cui la più diffusa è quella indicata con la lettera A (dBA).

La misura del rumore si ottiene grazie a microfoni, cioè sensori che quando sono soggetti alla pressione sonora vibrano con la conseguente variazione di un segnale elettrico (a esempio variando la capacità del circuito). Sono disponibili sia come sensori analogici, sia come sistemi integrati con il condizionamento del segnale.

Illuminamento

Per valutare se il sistema di illuminazione è adeguato, si misura l'illuminamento (intensità luminosa di un lumen su una superficie di 1 m²) la cui unità di misura è il lux. Sono consigliati livelli di illuminazione di 150-200 lux per gli ambienti di stabulazione degli animali e di 400-500 lux dove è necessario un intervento specifico dell'addetto.

Dispositivi per monitorare il comportamento da applicare al piede dei bovini

Il movimento dell'arto dei bovini

Il sistema più intuitivo per monitorare il movimento delle bovine consiste nel rilevare il movimento degli arti. Lo spostamento della zampa segue una dinamica consolidata. Il movimento durante la camminata può essere assimilato a un pendolo e di conseguenza rilevato con sistemi semplici.

I primi dispositivi che sono stati utilizzati a questo scopo si basavano su interruttori a mercurio, costituiti da un'ampolla di materiale plastico in cui sono inseriti due elettrodi e una piccola quantità di mercurio, metallo liquido, buon conduttore. Il movimento del dispositivo indotto dalla deambulazione dell'animale modifica la posizione dell'ampolla. Quando il mercurio raggiunge gli elettrodi, chiude il circuito elettrico che è aperto quando l'animale è fermo in piedi. In questo modo si possono contare i passi dell'animale. Il circuito elettrico che memorizza il numero di impulsi può essere molto semplice in quanto deve solo contarli e memorizzare il numero. La trasmissione di questi dati può avvenire in concomitanza dell'identificazione dell'animale in sala di mungitura.

Utilizzo dei podometri a fini gestionali

L'introduzione di questi dispositivi montati al disotto del garretto dell'animale è stata finalizzata principalmente alla determinazione dell'estro delle bovine. L'aumento dell'attività motoria che si verifica in questo stato può infatti essere facilmente rilevata dall'incremento del numero di passi.

Numerose esperienze hanno confermato la possibilità di utilizzare il numero di passi come indicatore del momento dell'estro. Mediamente si possono ottenere precisioni nell'identificazione del calore pari all'80-90%.

I dispositivi più recenti basano il loro funzionamento su un accelerometro, cioè un sistema miniaturizzato che misura l'accelerazione del corpo a cui sono solidali. Gli accelerometri possono rilevare il movimento rispetto a uno, due o tre assi. Attualmente sono comuni gli accelerometri triassiali.

Montati sulla zampa delle bovine può fornire anche l'indicazione se l'animale è in piedi o sdraiato e determinarne quindi anche il tempo di riposo e la durata dei periodi in cui è sdraiato. La gestione dei dati di accelerazione è basata sull'angolo della gamba con delle soglie di determinazione del movimento o dello stato.

Considerando un accelerometro installato con l'asse x rivolto verso l'alto solidale all'arto e l'asse z rivolto orizzontalmente verso l'interno del corpo dell'animale, è possibile individuare quando l'animale è sdraiato. Infatti, in questa posizione la zampa è piegata e si dispone quasi parallela al terreno. L'angolo dell'asse x risulta quindi superiore a 60° valore soglia per discriminare le due condizioni.

Inoltre, quando l'animale è sdraiato, si può notare l'asse z risulta maggiore o minore di 100° a seconda del lato in cui si corica l'animale. Questa ulteriore informazione può essere utilizzata per le abitudini dell'animale in relazione al suo stato e all'evoluzione della gravidanza.

La durata del tempo di riposo e il numero di periodi di riposo giornaliero del singolo animale sono informazioni che possono essere utilizzate per individuare comportamenti anomali e come indicatori del benessere animale.

Le bovine dovrebbero riposare per 8-10 ore al giorno, anche se si può riscontrare una notevole variazione individuale. Il monitoraggio di questo parametro può individuare rapidamente animali che riposano meno del solito, tipico di animali in calore o di stalle con numero insufficiente di cuccette, o che riposano più del solito, indicatore di problemi sanitari.

Se la diminuzione del tempo di riposo è comune a tutta la mandria, può essere un segnale di stress da caldo. Infatti, una delle reazioni ad un aumento del THI (temperature Humidity Index) è la tendenza a passare più tempo in piedi, in modo da aumentare la superficie corporea a contatto con l'aria.

Principali soluzioni commerciali per il monitoraggio del movimento degli animali da installare al piede dell'animale

Nome commerciale	Produttore	sito web
AfiActII™	Afimilk™	www.afimilk.com
CowScout Leg	GEA Farm Technologies, Inc.	www.gea.com
IDS i-QUBE	Peacock Technology Ltd	www.peacocktechnology.com
Trackacow pedometer	Dairymac Ltd.	www.trackacow.co.uk

Dispositivi per il monitoraggio del comportamento da applicare al collo e all'orecchio dei bovini

Il comportamento degli animali nella stalla si articola in diverse attività che possono essere classificate in diversi modi e fornire indicazioni sull'andamento dell'intera mandria o di singoli animali.

A seconda dello scopo e dell'obiettivo che si pone il monitoraggio del comportamento si possono utilizzare dispositivi diversi.

Alcuni comportamenti come a esempio le attività di interazione tra individui possono essere rilevate con l'osservazione da parte di un operatore, direttamente in stalla o mediante videoregistrazione.

Per il monitoraggio automatico del comportamento si utilizzano dispositivi da montare sull'animale che inviano le informazioni a un sistema di raccolta dei dati, posizionato in stalla o in sala di mungitura.

Il principio di funzionamento dei dispositivi per il rilievo del comportamento

I sistemi attualmente utilizzati per rilevare il comportamento sono basati su accelerometri. Questi sono sistemi costituiti da un elemento mobile collegato con elementi flessibili a un contenitore fisso. Quando il dispositivo si muove l'elemento mobile cambia la sua posizione rispetto al contenitore in funzione dell'accelerazione impressa dal movimento. L'entità dell'accelerazione viene rilevata tramite dei sensori di posizione capacitivi o piezoelettrici e tradotta in un segnale elettrico che viene amplificato e trasformato in un segnale digitale.

Gli accelerometri sono miniaturizzati e indicati con l'acronimo MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) cioè dispositivi costituiti da strutture meccaniche e circuiti elettronici integrati sullo stesso chip di silicio. Questo tipo di accelerometro è frequentemente utilizzato in molti altri dispositivi, come a esempio nei telefoni cellulari e nelle centraline per il controllo degli air-bag nelle autovetture

Le tipologie di dispositivi per il comportamento dei bovini

Lo sviluppo tecnologico e la miniaturizzazione hanno consentito di sviluppare accelerometri a basso consumo abbinati con elettronica con elevata capacità di calcolo. Ciò ha portato allo sviluppo di dispositivi da applicare al collo dell'animale. L'utilizzo in questa posizione prevede l'utilizzo di algoritmi di elaborazione dei dati di accelerazione, che vengono rilevati con frequenze di 5-25 Hz. Questi sono troppo frequenti per essere trasmessi e devono essere quindi elaborati preliminarmente nel dispositivo stesso. L'elaborazione sul dispositivo consente però di fornire diverse informazioni sul comportamento.

La maggior parte dei dispositivi attualmente in commercio fornisce oltre all'attività dell'animale, anche il tempo di ruminazione e in alcuni casi quello di alimentazione. L'applicazione di tecniche di intelligenza

artificiale consente di migliorare continuamente la qualità e la quantità delle informazioni che sono messe a disposizione dell'allevatore.

L'utilizzo degli accelerometri è stato esteso anche ad altre posizioni e dispositivi. Alcune ditte hanno proposto dei bottoni auricolari da utilizzare anche per i vitelli. Inoltre sono stati integrati in dispositivi per rilevare le condizioni ruminali (boli ruminali) o l'approssimarsi del parto (sensori vaginali).

Attività motoria

Una delle indicazioni che vengono fornite dagli accelerometri è l'attività dell'animale in un certo periodo di tempo. Questo valore, denominato l'Overall Dynamic Body Acceleration (ODBA) viene calcolata dalla somma delle accelerazioni sui tre assi, depurandole dalla componente statica, dovuta all'accelerazione di gravità.

Questo dato viene utilizzato per evidenziare una variazione del normale comportamento dell'animale dovuto a stati fisiologici particolari o a patologie.

La variazione dell'attività motoria nel tempo è molto evidente nel caso dell'estro, ma può segnalare anche animali che riducono i movimenti a causa di zoppie o disordini alimentari

Principali soluzioni commerciali per il monitoraggio del movimento degli animali da installare al collo dell'animale

Nome commerciale	Produttore	Tipologia	sito web
DelPro™	DeLaval Inc	Collare	www.delaval.com
AfiCollar®	Afimilk™	collare	www.afimilk.com
Cowlar	Cowlar	collare	www.dairy.cowlar.com
CowManager sensOor (CWS4)	CowManager B.V	orecchio	www.cowmanager.com
CowScout Neck	GEA Farm Technologies, Inc.	collare	www.gea.com
cSense™ Flex tag	SCR Engineers Ltd. (Allflex Europe SA)	collare	www.allflex.global
eSense™ Flex tag	SCR Engineers Ltd. (Allflex Europe SA)	orecchio	www.allflex.global
Smart collar (HerdInsights™)	Alanya Ltd.	collare	herdinsights.com
HerdStrong™	DVM Systems Co.	bolo ruminale	herdstrong.com
LiveCare™	uLikeKorea Co., Inc.	bolo ruminale	ulikekorea.com
Moocall Heat	Moocall Ltd.	collare su toro	www.moocall.com
MooMonitor+	Dairy Master	collare	www.dairymaster.com
Qwes™ Smarttag	Lely	collare	www.lely.com
RealTime SmartTag	Boumatic	collare	boumatic.com
Smart Rumen Bolus	Moonsyst International	bolo ruminale	moonsyst.com
Smartbow®	Smartbow GmbH (Zoetis)	orecchio	www.smartbow.com
Smarttag neck	Nedap	collare	www.nedap-livestockmanagement.com
SmaXtec Classic Bolus & pH Bolus	Smaxtec	bolo ruminale	smaxtec.com

Dispositivi per il monitoraggio delle prestazioni produttive associate ai sistemi di mungitura convenzionale e automatizzata per bovini

Negli ultimi anni notevoli sono stati gli investimenti indirizzati alla costruzione e all'ammmodernamento delle aziende agricole in Lombardia, grazie anche alle misure di sostegno pubblico agli imprenditori. Molte di queste opere hanno riguardato le strutture di allevamento con la realizzazione o l'ampliamento dei locali - impianti e attrezzature - per la mungitura delle bovine da latte, con sistema convenzionale o automatizzato. Tali interventi hanno l'obiettivo di migliorare non solo la produttività, ma anche il benessere degli animali.

Tra i sistemi di mungitura convenzionale più diffusi, troviamo sale con disposizione delle poste a spina di pesce o parallela (a pettine) e, negli allevamenti di maggiori dimensioni, sale rotative o giostre di mungitura.

I sistemi automatizzati (automatic milking system o AMS), anche detti robot di mungitura, sono in costante aumento. Li troviamo negli allevamenti in numero variabile da uno fino a una dozzina e più, in proporzione alla dimensione della mandria (circa un AMS ogni 60 capi in lattazione), con la possibilità che le bovine possano accedere alla mungitura su base volontaria (24/24 h) o, nel caso del *batch milking* (mungitura di gruppo), solo due o tre volte al giorno, come nei sistemi convenzionali.

La mungitura è un'operazione che richiede personale qualificato, una notevole quantità di lavoro e tempo ogni giorno, e presenta anche dei rischi. I diversi passaggi (apertura e chiusura dei cancelli, preparazione della mammella, attacco dei gruppi e disinfezione dei capezzoli) possono causare stress al personale a causa delle azioni ripetitive e degli orari fissi e notturni dei turni di lavoro.

Gli investimenti in questo settore permettono, ad esempio, con l'adozione dei sistemi automatizzati, di far eseguire tutte le operazioni di mungitura, in modo preciso e accurato, tramite il braccio robotizzato. Ma grazie all'automazione di alcune operazioni anche nelle sale convenzionali (es pre- e post dipping), si può migliorare l'ambiente e la qualità del lavoro per i mungitori, ottimizzando l'efficienza di mungitura.

Il rapido progresso tecnico e scientifico, raggiunto in tutti i campi della zootecnia, ha portato sul mercato un'ampia offerta di soluzioni innovative che permettono agli allevatori di monitorare automaticamente diversi parametri sia sull'animale che sul latte. In particolare, è possibile assicurare più alti livelli di benessere per le bovine, grazie all'installazione delle tecnologie di zootecnia di precisione che aiutano a prevenire e a riconoscere precocemente l'insorgenza di stati patologici.

I sensori associati ai sistemi di mungitura, sia convenzionali che robotizzati, permettono di monitorare, ad ogni mungitura e per ciascuna bovina, i dati della quantità di latte prodotto, la velocità di flusso (media e massima raggiunta), nonché il tempo richiesto per l'estrazione del latte a livello di quarto o di mammella. A questi si associano alcuni parametri qualitativi essenziali, per consentire l'eventuale separazione automatica del latte non idoneo, come la misurazione della conducibilità elettrica (CE), del colore (o presenza di sangue) e della temperatura.

Ai fini di una gestione ottimale della mungitura e nel rispetto della salute della mammella, nella scelta dell'impianto convenzionale è importante che il numero di gruppi di mungitura (le poste) gestito da ciascun operatore sia appropriato, al fine di consentire l'esecuzione di una corretta *routine* di mungitura.

La registrazione automatica di dati specifici permette di monitorare anche la qualità del lavoro di messa a latte o pre-mungitura. Innanzitutto, all'ingresso di ciascuna bovina nella posta di mungitura (MPC), ad ogni gabbia, avviene il suo riconoscimento (identificazione) elettronico automatico tramite collare (transponder) o marca elettronica (ora ID). Successivamente, terminate le operazioni di preparazione (pre-dipping e controllo dei primi getti di latte), durante l'estrazione del latte dai quarti mammari, avviene la registrazione di diversi dati (a seconda dell'impianto), come il flusso e la quantità di latte munta nei primi

120", tutti gli eventuali problemi come attacchi in manuale, scalci e riattacchi (per scivolamento del gruppo, sovramungitura, dolore, etc).

Questi dati sono disponibili grazie ai moderni lattometri elettronici, che devono essere sottoposti a collaudo, taratura e controllo periodico, e dispongono di sistemi per la registrazione dei dati produttivi, consultabili dal software gestionale direttamente in stalla da PC o da altri dispositivi. Oltre alle misurazioni citate possiamo disporre del controllo delle pulsazioni individuali, di stimolazione automatica della mammella, rimozione automatica e personalizzabile del cluster.

Gli avvisi o allarmi generati dai software gestionali possono riguardare il rilievo di bassa produzione, basso flusso, alti livelli di CE o presenza di sangue.

La mungitura per singolo quarto, la principale innovazione introdotta dalla mungitura robotizzata, permette di gestire la fisiologica differenza in termini di produzione e tempi di mungitura tra i quarti, evitando sovramungiture e fornendo informazioni molto più precise e dettagliate sullo stato di salute della mammella.

I dati raccolti sul singolo quarto sono analizzati attraverso degli algoritmi, per rilevare eventuali deviazioni e avvisare tempestivamente l'operatore di stalla che, consultando le tabelle e gli elenchi delle bovine in allerta, monitora *ovunque e in tempo reale* l'efficienza produttiva e il benessere della sua mandria e sa quali bovine necessitano di visita o approfondimenti diagnostici.