

ECONOMIA DEL BENESSERE ANIMALE: INVESTIRE IN SENSORI DELLA RUMINAZIONE

DICEMBRE 2020





Economia del benessere animale: investire in sensori della ruminazione



Documento realizzato nell'ambito del Programma Rete Rurale Nazionale 2014-20 Piano di azione biennale 2019-20 Scheda progetto CREA 24.1 Benessere animale; riduzione dell'impiego di antibiotici in allevamento e competitività settore zootecnico

Autorità di gestione: Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

Ufficio DISR2 - Dirigente: Paolo Ammassari

Rapporto redatto da: Marisanna Speroni

Data: dicembre 2020

Impaginazione e grafica: Francesco Ambrosini



Sommario

1. Investire in sensori: il ruolo della maturità tecnologica e dell'incertezza	5
2. Investire in sensori della ruminazione	8
2.2 La ruminazione come indicatore di benessere animale	9
3. I costi.....	14
4. Ritorno da migliore rilevazione degli estri	15
5. Ritorno dal monitoraggio e conseguente miglioramento del benessere animale	17
6. Investire in sensori: le simulazioni.....	18



Gli anni recenti hanno visto un notevole incremento nella disponibilità di tecnologie, sensori e software per il monitoraggio delle bovine da latte, tuttavia vi è ancora una notevole variabilità riguardo all'intensità di utilizzazione e di investimento in questi sistemi.

Una importante limitazione alla diffusione dei sistemi di zootecnia di precisione può derivare da una generica perplessità circa la redditività dell'investimento e questa incertezza è principalmente causata dal timore che la tecnologia sia troppo costosa a fronte dei benefici che se ne possono ricavare. Una ulteriore spiegazione per la variabilità di adozione di sensori digitali negli allevamenti bovini da latte può derivare dalle aspettative riguardo il loro potenziale futuro progresso tecnologico e di effettivo uso a supporto delle decisioni. Per alcuni sensori non ci si attende troppo progresso perché sono già stati enormemente migliorati negli anni recenti, mentre per i sensori che sono stati introdotti più di recente sul mercato è razionale attendersi progressi.

Un interessante studio olandese (Rutten et al., 2018) illustra il ruolo che può giocare l'incertezza riguardo al grado di maturità tecnologica sulla decisione di investire.



1. Investire in sensori: il ruolo della maturità tecnologica e dell'incertezza

Se saper investire tempestivamente in innovazione sembra essere cruciale per la competitività degli allevamenti bovini da latte, d'altra parte posticipare alcuni specifici investimenti può essere un comportamento razionale. È ciò che intendeva dimostrare il citato studio olandese.

Negli anni recenti molti tipi di sensori sono stati sviluppati e immessi sul mercato: misuratori di conducibilità elettrica, contatori di cellule somatiche e rilevatori del colore per rilevare le mastiti dal latte; contapassi e accelerometri per rilevare l'attività motoria, la ruminazione, la frequenza respiratoria e altri comportamenti; telecamere per catturare immagini da analizzare ed elaborare per diversi scopi, ad esempio per la stima dello stato di ingrassamento; sistemi di localizzazione; boli intraruminali per misurare il pH la temperatura del rumine.

La maggior parte di questi sensori sono stati poco adottati; fanno eccezione i sistemi di rilevazione del movimento (contapassi, accelerometri e attivometri indossati dagli animali come pedometri, collari, marche auricolari) che sono stati largamente adottati, da tempo, per la rilevazione degli estri; queste tecnologie rappresentano un buon esempio del progresso tecnologico che si può avere negli anni. Nel 1997, per la rilevazione degli estri veniva riportata una sensibilità del 70% ed una specificità del 60% (Frost et al., 1997) mentre studi più recenti rilevano valori di specificità sino al 99%; quindi attualmente non ci si attendono particolari vantaggi dal posticipare ora l'investimento in sistemi di rilevazione automatica.

Rutten et al. (2018) hanno simulato un allevamento con 100 vacche da latte (tabella 1) e hanno stimato il valore di investimento al tempo attuale (lo studio è stato presentato nel giugno 2017, si può, pertanto considerare quella data come tempo "attuale") e 5 anni dopo per due tecnologie diverse: un sistema di rilevazione degli estri e un sistema di misurazione automatica dello stato d'ingrassamento. Per valutare la redditività dell'investimento, hanno stimato il valore attuale netto (VAN, Box1), cioè il flusso di cassa attribuibile all'investimento in uno dei due tipi di sensore; il VAN è stato calcolato come la differenza tra il margine lordo medio di un allevamento simulato con e senza ciascuno dei due sensori.

Tabella 1. Variabili aziendali considerate da Rutten et al. (2018) per stimare il VAN dell'investimento in sensori.

Variabile	Valore	Unità di misura
Dimensione mandria	100	numero
Periodo di attesa volontaria	84	giorni
Tasso di concepimento	50	%
Produzione di latte	8572	Kg/305 giorni
Chetosi		
Durata	125	giorni
Incidenza	12,9	%
Incidenza elevata	52,4	%
Effetto sulla produzione di latte	-5,6	%
Effetto sulla produzione a seguito di aggiustamento della razione	0,5	%
Patologie		
Incidenza mastite	27	%
Rischio relativo di mastite a seguito dei chetosi	3,33	%
Incidenza dislocazione abomaso	5,1	%



I risultati hanno mostrato che per l'individuazione automatica dell'estro investire ora (2017) produce un VAN più elevato rispetto a investire fra 5 anni (2022) mentre per la rilevazione automatica delle condizioni corporee il rinvio dell'investimento porta a un valore più alto rispetto a fare l'investimento ora.

Box1. VAN=Valore attuale netto

è la somma dei flussi di cassa attualizzati attribuibili al valore dei costi dell'investimento iniziale

Stima la ricchezza generata dall' intervento riferito al momento 0 cioè al momento dell'ipotetico investimento; un VAN positivo indica che ricavi futuri derivanti dall' investimento superano l'ammontare dell'investimento stesso e di eventuali nuove spese; un elemento importante e indispensabile è la scelta il tasso di attualizzazione cioè il tasso necessario per scontare il momento 0 gli importi futuri. Lo studio olandese citato nell'articolo. adottava un tasso del 5% per investimenti con durata stimata di 10 anni.

Il flusso di cassa attribuibile all'investimento in un sensore nell'anno t (F_{Ct}) è stato stimato come la differenza del margine lordo tra un allevamento medio simulato con e senza il sensore definito.

$$F_{Ct} = (MLt + MRt + CLt + CTt + MMt)$$

MLt: margine del latte prodotto (entrate del latte venduto meno i costi di alimentazione)

MRT: margine di riproduzione (prezzo di vendita di un vitello meno costi di gestione del parto e costi di inseminazione)

CLt: costi del lavoro

CTt: costi di trattamento delle malattie

MMt: margine di macellazione e sostituzione (valore di macellazione di una vacca meno il prezzo di acquisto di una manza)

Per la stima di rilevazione degli estri lo studio ha considerato una sensibilità dell'80% e una specificità del 95% e ritiene che vi sia ormai un avanzato livello di integrazione con i software gestionali; stima, quindi, che vi possa essere solo un lieve progresso tecnologico del giro di 5 anni e che tale progresso potrebbe migliorare la specificità della rilevazione portandolo al 99%. Confronta queste performances con una rilevazione visiva a cui attribuisce una sensibilità del 50% ed una specificità del 100%.

Sulla base delle nostre conoscenze ed esperienze, queste ipotesi sono più che ragionevoli.

Per altre tecnologie per le quali ci si attende un miglioramento tecnologico, risulta difficile quantificare la differenza di prestazioni nel tempo.

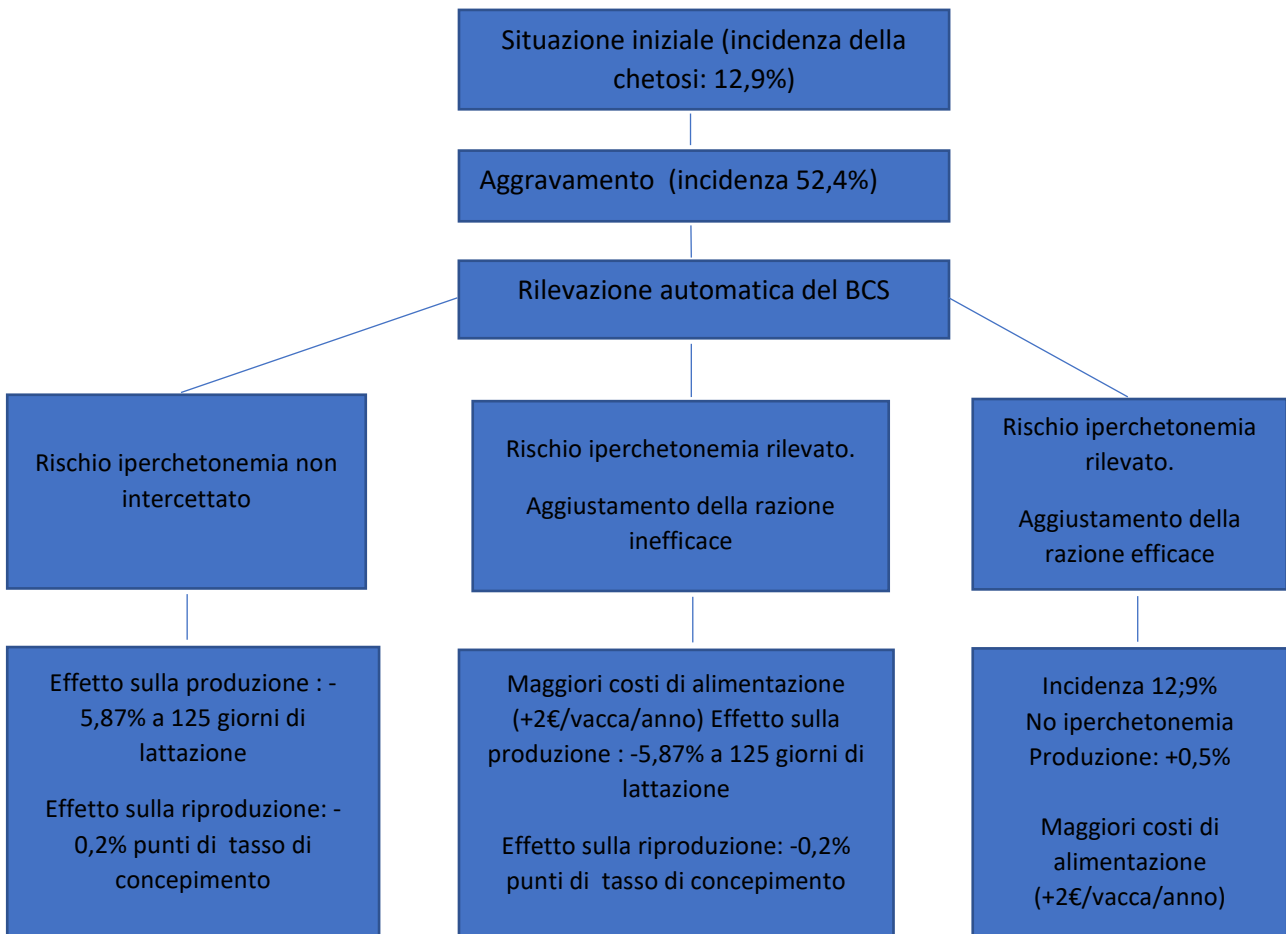
Si possono fare delle ipotesi che però hanno un elevato margine d'incertezza. Ad esempio, Rutten et al. (2018) per valutare la redditività dell'investimento in un sistema per la rilevazione automatica dello stato d'ingrassamento hanno considerato che al momento dello studio vi fossero elementi di incertezza tali da rendere ugualmente plausibili 3 scenari riguardo alla possibilità di utilizzare il sistema per prevenire la chetosi e individuare precocemente stati di chetosi subclinica (Grafico1):



a) il sensore è affidabile nello stimare le condizioni corporee, e porta a correggere efficacemente la razione, nel caso il numero di vacche in bilancio energetico negativo aumenti oltre una soglia stabilita; b) il sensore è affidabile nello stimare le condizioni corporee e individua l'aumentato rischio di iperchetonemia, ma il sistema non è in grado di consentire un efficace aggiustamento della razione; c) il sistema non aiuta a individuare il rischio di iperchetonemia.

Grafico 1. Descrizione schematica dell'adeguamento della razione alimentare quando il numero di vacche a rischio di iperchetonemia aumenta

Grafico 1



Si stima che al momento attuale la probabilità che si verifichino queste tre situazioni sia uguale, mentre ci si attende che con il tempo il sistema diventi sempre più affidabile e integrato con i software gestionali e, pertanto, la probabilità dei tre eventi cambi.

Questo studio ha utilizzato l'approccio della teoria delle opzioni reali che è un metodo che permette di confrontare quantitativamente le diverse opzioni dell'investimento (tabella 2).



Tabella 2. Variabili utilizzate per applicare la teoria delle opzioni reali. Le prestazioni dei sensori sono state definite mediante valori di sensibilità e di specificità.

	Ora (2017)	Dopo 5 anni
Rilevazione estro visiva	Sensibilità 50%	Sensibilità 50%
	Specificità 100%	Specificità 100%
Rilevazione estro con sensori	Sensibilità 80%	Sensibilità 80%
	Specificità 95%	Specificità 99%
Probabilità del verificarsi di scenari relativi alla stima automatica dello stato d'ingrassamento		
Rischio iperchetonemia non diagnosticato	0,3333	0,30
Rischio iperchetonemia diagnosticato, non adeguato		
aggiustamento della razione	0,3333	0,20
Rischio iperchetonemia diagnosticato, efficace aggiustamento della razione	0,3333	0,50

Tabella 3. Analisi della redditività dell'investimento in due tipologie di sensori per un allevamento di 100 vacche

	Investire ora	Posticipare l'investimento	Differenza
Sistema maturo (individuazione estri)			
Investimento (€)	14.400	14.400	0
Flusso di cassa aggiuntivo (€/anno)	3.813	3.906	93
VAN	15.044	12.350	-2.694
Sistema per cui si prevede progresso tecnico (sensore e integrazione) *			
Investimento (€)	8.000	8.000	0
Flusso di cassa aggiuntivo (€/anno)	905	1.555	650
VAN	-1.015	3.139	4.154

*È stato considerato un rilevatore automatico dello stato d'ingrassamento

** Il flusso di cassa aggiuntivo è il vantaggio finanziario che deriva dall'uso dei sensori.

*** Il VAN è stato calcolato su un periodo di 10 anni

2. Investire in sensori della ruminazione

Lo studio di Rutten et al. (2018) è interessante perché dimostra che in alcuni casi posporre l'investimento è un comportamento razionale e focalizza l'attenzione sul criterio della maturità del sistema; nell'esempio è stato utilizzato il van perché si trattava di fare confronti tra momenti diversi.

Oltre alla maturità della tecnologia ci sono però anche diversi altri fattori da considerare al momento dell'investimento.



Nei casi in cui si tratti di fare un confronto tra investimenti da intraprendere nello stesso momento può essere utile e relativamente più semplice calcolare il ritorno sull'investimento, comunemente chiamato ROI dal termine anglosassone "return on investment" (Box2).

BOX 2. ROI return on investment

È espresso come valore dell'investimento meno costo dell'investimento (profitto) in rapporto al costo dell'investimento.

È una misura che fornisce indicazioni sulla redditività del capitale vincolato; e si può trattare del capitale complessivo di un'azienda come delle spese in conto capitale per un singolo investimento all'interno di un'azienda.

Consente di comparare tra di loro diversi progetti sia in fase preventiva sia nel successivo monitoraggio.

Ignora il fattore tempo si riferisce ad un determinato arco di tempo preso in considerazione quindi è

Il seguito di questo articolo focalizza l'attenzione sugli elementi utili (costi e ricavi) a stimare il ROI di una specifica tipologia di tecnologia che si sta diffondendo negli allevamenti; si tratta di sistemi che combinano le misure di attività motoria e ruminazione; inizialmente utilizzati per rilevare l'estro, sono sempre più usati anche per la diagnosi precoce delle patologie ed il monitoraggio del benessere animale; questo è stato possibile grazie ai notevoli progressi che i sistemi hanno avuto negli anni recenti sia livello di sensoristica sia a livello di algoritmi e valore delle informazioni prodotte.

2.2 La ruminazione come indicatore di benessere animale

La ruminazione è necessaria per ridurre le dimensioni delle particelle di alimento in modo che possano passare attraverso l'orifizio reticolo-omasale e possano fornire ai batteri del rumine un maggiore superficie di accesso. La ruminazione produce la saliva (98-190 l) che tampona il pH ruminale contribuendo a mantenerlo a livello ottimale per la funzionalità del rumine (6,0-6,4).

La ruminazione rappresenta un vantaggio evolutivo sviluppato in natura (pascolo) che ha consentito ai ruminanti, animali da preda, di fare grossi pasti in breve tempo per poi rigurgitare l'alimento e digerirlo in tempi successivi, in situazioni protette.

Il range fisiologico del tempo di ruminazione giornaliera è ampio (da 7 a 9 ore e più, Kononoff and Heinrichs, 2003; Beauchemin and Yang, 2005; Yang and Beauchemin, 2006, Soriani et al., 2012). Le principali fonti di variabilità sono la componente individuale (circa 48%) e l'alimentazione (circa il 32%).

Le caratteristiche della dieta che maggiormente influiscono sui tempi di ruminazione sono il rapporto foraggi/concentrati, il contenuto e le caratteristiche della fibra (lunghezza di taglio), il contenuto e le caratteristiche dell'NDF (fibra neutro detersa, l'insieme dei costituenti della parete cellulare, si ottiene trattando le cellule vegetali con una soluzione a pH neutro che estrae tutti i componenti citoplasmatici e lascia componenti della parete), la granulometria della razione.



L'effetto NDF fu dimostrato da Dado e Allen nel 1994 che, in Holstein ad inizio lattazione, osservarono un aumento della ruminazione da 380 a 510 minuti/giorno aumentando il contenuto di NDF nella dieta dal 25 al 35% della sostanza secca.

Questi fattori sono caratteristiche fisiche e chimiche importanti che vengono abitualmente considerati nel formulare le razioni e sono monitorate mediante le analisi chimiche. Misurare se gli animali ruminano adeguatamente ci dà una evidenza diretta della efficacia della razione che stiamo somministrando.

Altro fattore importante di variabilità è il ritmo circadiano; la ruminazione è maggiore di notte (Deswysen et al., 1989). Ciò è in relazione al fatto che i bovini preferiscono ruminare in decubito laterale sinistro; i fattori che riducono il riposo riducono i tempi di ruminazione; durante la ruminazione in decubito si rileva un tracciato elettroencefalografico simile a quello del sonno (non REM) o alla sonnolenza (Ruckebusch, 1972), tanto che il tempo dedicato alla ruminazione può parzialmente compensare il tempo del sonno. Questo aspetto risulta molto importante nel definire la relazione tra tempi di ruminazione e benessere dell'animale: ruminare non è solo indispensabile per la digestione, ma è anche associato a quote di tempo destinate al riposo e alla tranquillità.

Infatti, anche il sovraffollamento è una causa di diminuzione dei tempi di ruminazione: in situazione di sovraffollamento la ruminazione giornaliera diminuisce e maggiormente la quota in decubito rispetto a quella in stazione. Anche il grado gerarchico dentro la mandria ha effetto sulla ruminazione.

Inoltre, le primipare ruminano meno delle pluripare ad inizio lattazione (Beauchemin e Rode, 1994; Maekawa et al., 2002; Soriani et al., 2012); rigurgitano uno stesso numero di boli, ma li masticano meno.

Gli stress acuti causano riduzione del tempo di ruminazione (Bristow e Holmes, 2007; Schirmann et al., 2011).

Nella giornata del parto, la ruminazione presenta un andamento abbastanza riconoscibile (Speroni e Vasconi, 2019) quasi come quello dei giorni di estro (Pahl et al., 2015); gli studi che hanno caratterizzato i pattern di ruminazione in corrispondenza dell'estro hanno reso possibile usare i cambiamenti della ruminazione insieme a quelli dell'attività motoria per la diagnosi tempestiva dell'estro.

Lo stress da caldo influisce negativamente sulla ruminazione. Le vacche con una produzione più elevata (> 32 kg / giorno) sono più sensibili delle vacche con una produzione inferiore (Tapki e Sahin, 2006). Soriani et al. (2013) hanno osservato una relazione negativa tra l'indice massimo giornaliero di temperatura-umidità (THI) e il tempo di ruminazione con una riduzione di 2,2 min del tempo di ruminazione per ogni unità di THI massima giornaliera superiore a 76. Il tempo di ruminazione era correlato negativamente alla frequenza respiratoria e positivamente alla produzione di latte.

Infine, una importante causa di riduzione dei tempi di ruminazione sono le patologie. Cali di ruminazione non giustificati da altre ragioni quali l'estro, possono segnalare problemi di salute anche preclinici o subclinici.



Ad esempio, le vacche in chetosi subclinica hanno tempi di ruminazione minori delle vacche sane (Soriani et al. 2012); è stata riportata correlazione negativa con il livello ematico di betaidrossibutirrato (Soriani et al., 2013)

Le variazioni fisiologiche e comportamentali avvengono prima della comparsa dei sintomi e possono essere evidenziate dai sensori; una inaspettata variazione della ruminazione può allertare dell'insorgere di varie patologie in anticipo sui sintomi clinici; Stangaferro et al. 2015 hanno riportato che il sistema di monitoraggio della ruminazione ha identificato le vacche con dislocazione abominale, chetosi, metrite e mastite prima del personale dell'allevamento. L'intervallo medio tra il segno clinico della malattia e il giorno in cui un'anomalia è stata segnalata dal sistema di ruminazione è stato di -3 giorni per dislocazione dell'abomaso, -1,6 giorni per chetosi, -0,5 giorni per indigestione, -0,8 giorni per metrite e -0,8 giorni per mastite.

La Figura 1 mostra un esempio di schermata prodotta sullo smartphone dell'allevatore dal sistema di monitoraggio di ruminazione e attività presente nell'azienda Baroncina del CREA di Lodi: segnala eventuali alterazioni di un indice salute e la presenza di bovine in estro.

Figura 1. Monitoraggio da remoto: report salute e report bovine in estro.

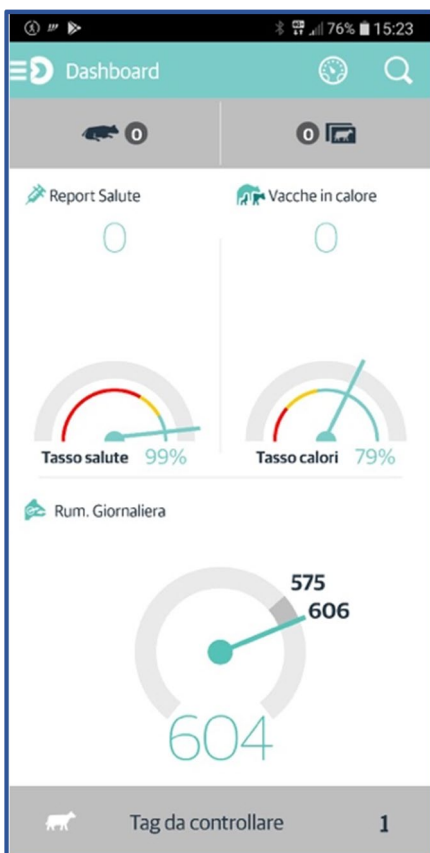


Figura 2. Monitoraggio da remoto: variazione di attività e ruminazione della singola bovina

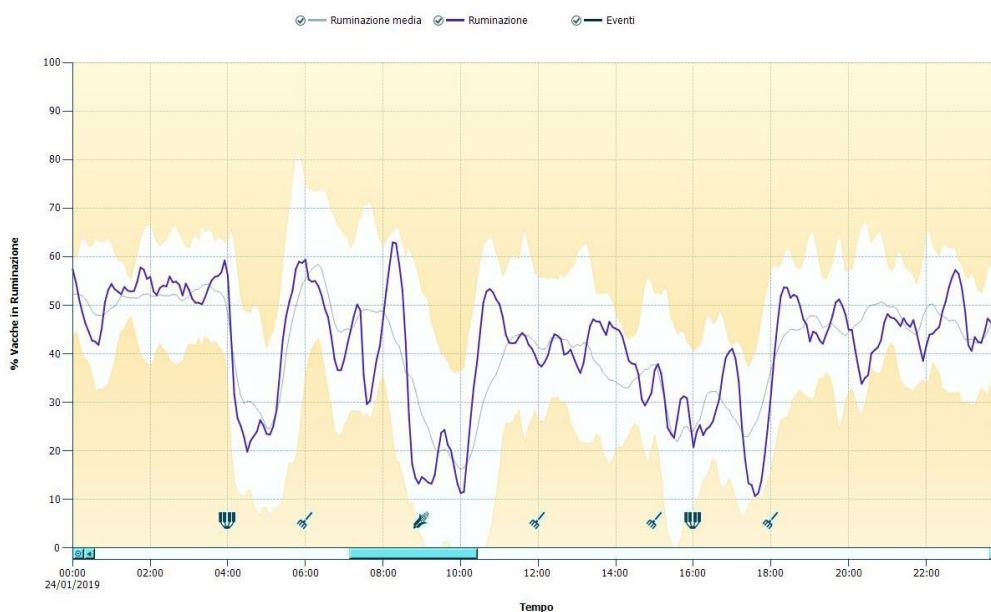




È anche possibile verificare per ciascuna bovina i dati di attività motoria (unità di movimenti/2 ore) e di ruminazione (minuti/2 ore) e l'andamento della loro variazione (figura 2.). In figura 2, indicato dalla freccia, il tipico andamento (picco positivo di attività e picco negativo di ruminazione) che caratterizza il momento dell'estro. Le applicazioni per smartphone sono particolarmente perché permettono il monitoraggio da remoto e producono allarmi immediati per interventi tempestivi. Generalmente, il monitoraggio quotidiano in azienda e la conseguente programmazione delle attività giornaliere, l'analisi dei dati ai fini delle scelte gestionali di breve e lungo periodo viene fatto consultando i dati attraverso il pc.

Ad esempio, il grafico 3. mostra l'andamento delle variazioni di ruminazione espresso come percentuali di animali che stanno ruminando in un determinato orario e la corrispondenza con gli eventi della routine gestionale; la linea viola più marcata rappresenta l'andamento della ruminazione media delle vacche in lattazione dell'azienda Baroncina del CREA di Lodi il 24 gennaio 2019, la linea grigia rappresenta l'andamento giornaliero medio delle due settimane precedenti; i due andamenti sono coerenti e giustificati dalla routine gestionale (mungitura, foraggiata, avvicinamento della razione); uno scostamento marcato tra i due andamenti sarebbe motivo di allarme o potrebbe dare spiegazione ad eventi indesiderati quali eccesso di residui in mangiatoia e cali di produzione.

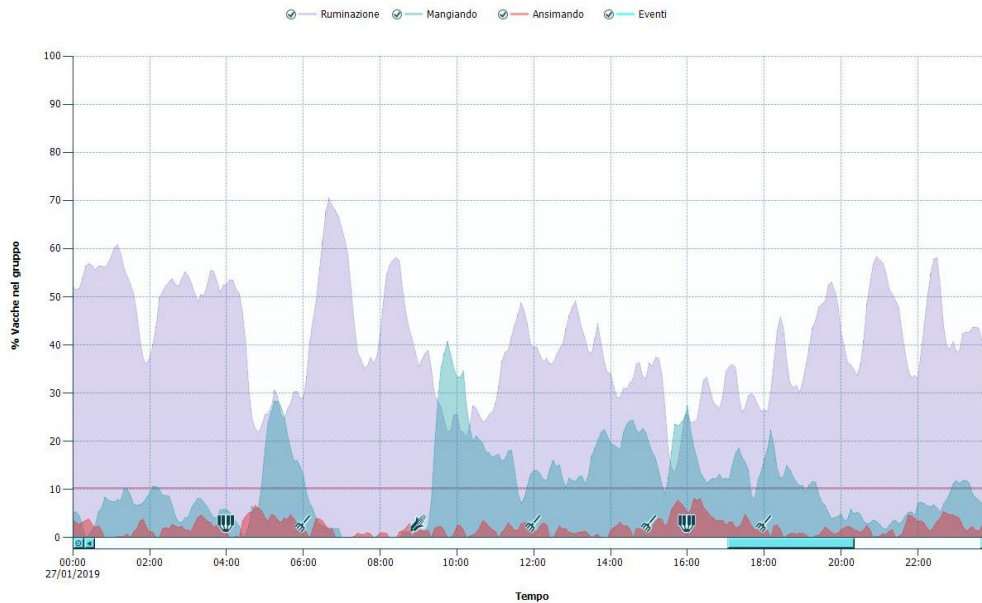
Figura 3. Grafico della routine di gruppo giornaliera



Il report grafico rappresentato nella figura 4. considera anche la percentuale di animali che stanno mangiando e in iperventilazione (frequenza atti respiratori > 60/minuto).



Figura 4. Grafico della routine stress da caldo



L'analisi delle routine della mandria legate alla distribuzione dell'alimento e alla sua assunzione, dei periodi dedicati alla ruminazione, il confronto del comportamento della mandria in giorni diversi o in periodi diversi dell'anno permettono di individuare, in modo tempestivo, cambiamenti indesiderati della routine e introdurre misure correttive e gestire i potenziali effetti negativi sulle abitudini del gruppo, sulla sua salute o sulle sue performances.

Per lo stress da caldo, vi è allarme con 10% delle vacche in iperventilazione.

Le figure 5 e 6 mostrano altri report grafici dell'andamento di attività, ruminazione e iperventilazione della mandria in termini di minuti/giorno



Figura 5. Grafico tendenza stress da caldo

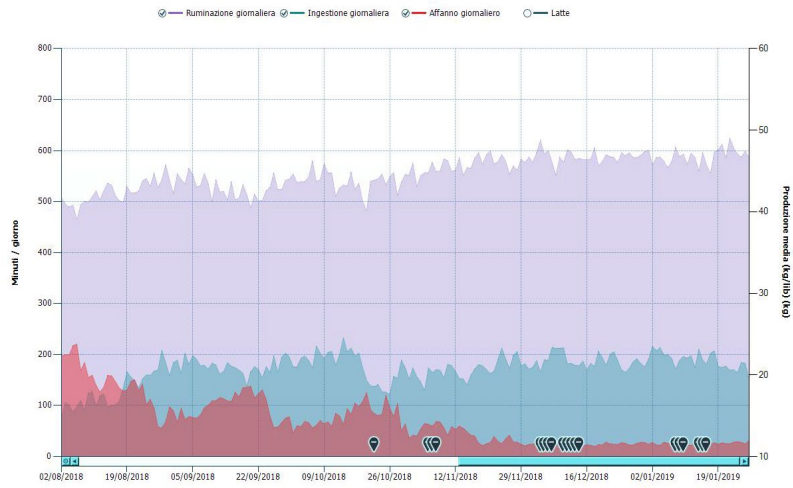
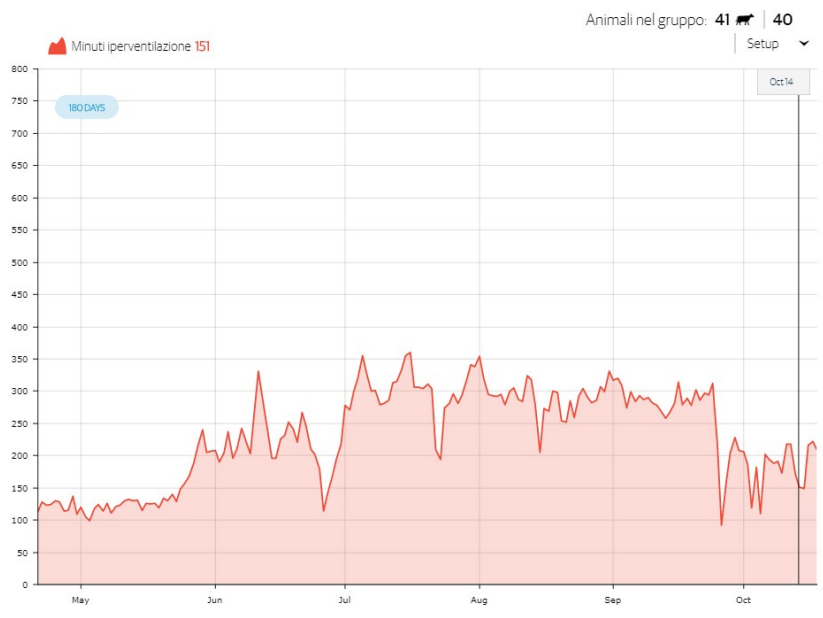


Figura 6. Grafico Routine stress da caldo



Questo grafico aiuta a capire quando avviene l'iperventilazione durante la routine aziendale giornaliera e se le strategie dell'azienda per il raffrescamento e l'alimentazione sono efficaci.

3. I costi

I costi da considerare sono i costi dei sensori veri e propri e i costi aggiuntivi (antenne, trasformatore, software; vanno inoltre considerati i costi per l'implementazione (l'informazione iniziale, l'installazione, l'apprendimento) (tabella 4); il sistema avrà poi bisogno di manutenzione annuale e di eventuali riparazioni.



Tabella 4. Costi dei sensori che misurano l'attività motoria e di ruminazione

	Costo sensore €/animale	Costi fissi, €
Attività	108	3600
Attività+ ruminazione	125-130	3000

Vi è una parziale diluizione dei costi all'aumentare del numero di sensori acquistati causata dalla distribuzione dei costi fissi soprattutto attrezzature di base e su un numero maggiore di animali. Riassumendo dati da nostre indagini di mercato e dalla letteratura risulta che il costo annuale dell'investimento in sensori indossati dalle bovine per la rilevazione dell'estro varia tra 22 e 36 € per vacca l'anno; in genere si considera una vita utile dei sensori di tra 7 10 anni.

4. Ritorno da migliore rilevazione degli estri

Sul fronte del ritorno economico dell'investimento, nel caso dei sistemi di rilevazione dell'estro, il reale tasso di rilevazione ottenuto è certamente il parametro più importante da considerare.

La letteratura ha fornito, nel tempo, dati piuttosto diversi; questa variabilità è giustificata dal progresso tecnologico che si è avuto nel tempo e dal fatto che gli studi sono stati realizzati utilizzando sistemi diversi e in condizioni di allevamento diverse.

Comunque, i tanti studi realizzati consentono di dire che, indipendentemente dal sistema utilizzato (visivo o digitale), vi è elevata correlazione tra il tempo dedicato alla rilevazione dell'estro e il tasso di corretta identificazione dell'estro; $r = 0,94$ secondo Van Vliet e Van Eerdenburg (1996).

Gli studi consentono anche di dire che, sia con i sistemi automatizzati, sia con i sistemi tradizionali di controllo visivo si possono superare tassi del 90%; con i sistemi automatizzati si raggiunge questo risultato impiegando meno tempo.

Il tempo speso per rilevare efficacemente gli estri è influenzato dalla dimensione aziendale. Le tabelle 5 e 6 riportano un esempio preso dalla letteratura della stima del tempo richiesto per due allevamenti di diversa dimensione.

**Tabella 5. Stima del tempo speso per rilevare gli estri, ore/vacca
Per un allevamento di 70 vacche (Pfeiffer et al. 2020)**

Metodo	Minimo	Moda	Massimo
visivo	0,9	2,4	5,2
sensore	0,4	1,2	3,5



Tabella 6. Stima del tempo speso per rilevare gli estri, ore/vacca
Per un allevamento di 210 vacche (Pfeiffer et al. 2020)

Metodo	Minimo	Moda	Massimo
visivo	0,9	2,3	2,8
sensores	0,4	1,0	1,7

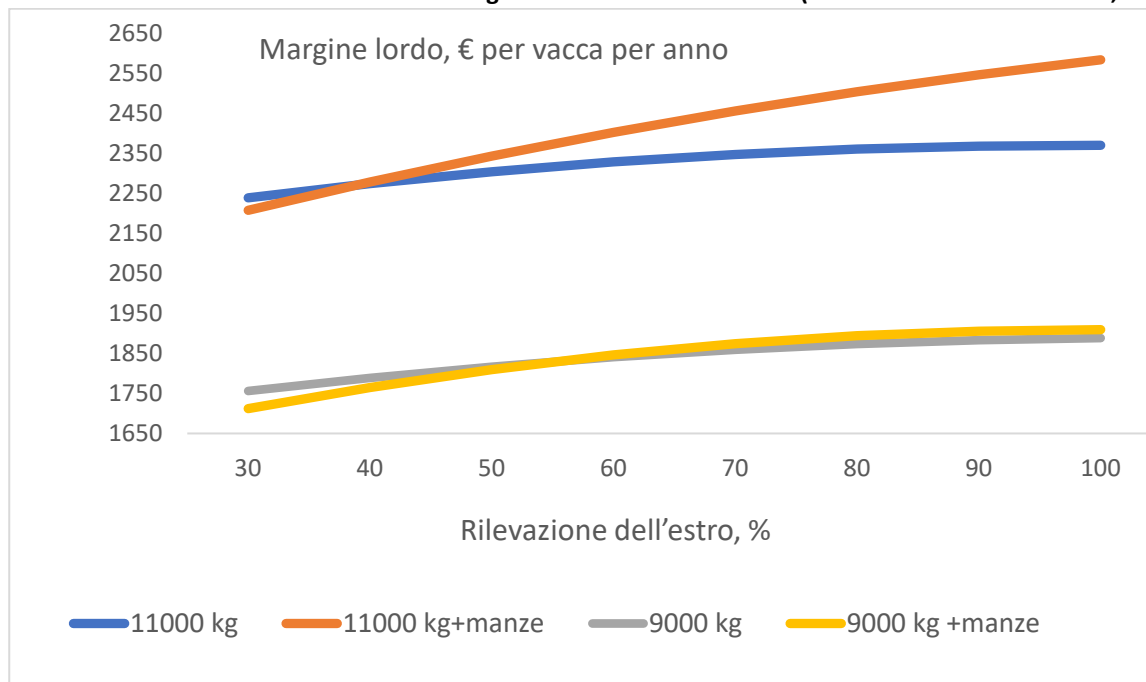
I vantaggi economici imputabili a una migliorata rilevazione dell'estro si manifestano principalmente in riduzione degli intervalli interparto, incremento delle nascite, riduzione dei costi per la rimonta; inoltre, se i sensori vengono applicati anche sulle manze, si può ottenere una riduzione di dell'età al primo parto.

Inchaisri et al. (2010) hanno stimato che un incremento del tasso di rilevazione dell'estro dal 30 al 50 per cento o dal 50 al 70% consenta una riduzione della perdita economica netta annuale rispettivamente di 53 11 €/vacca.

Rutten et al. (2014) hanno stimato un effetto finanziario marginale medio di 2. 827 € quale vantaggio economico dell'investimento e in un allevamento di 130 vacche loro ipotizzavano un aumento del tasso di rilevazione dell'estro del 50 80 per 100.

L'entità del ritorno economico che si può ottenere dal miglioramento degli indici riproduttivi mediante l'impiego di sensori è però influenzata da alcuni fattori: il ritorno dell'investimento generalmente è maggiore in aziende con livello produttivo maggiore (grafico 2) e con allevamenti di maggiori dimensioni e quanto maggiore è il costo del lavoro.

Grafico 2. Effetto del tasso di rilevazione dell'estro sul margine lordo di aziende con due livelli produttivi; nel caso si considerano solo le vacche e nel caso si tenga conto anche delle manze (modificato da Pfeiffer et al., 2019).





Il grafico 2 è parte di un modello di simulazione che produce come risultato complessivo un ritorno netto medio dell'investimento in sensori per il rilevamento dell'estro variabile tra il 19 e 46€/vacca/anno.

5. Ritorno dal monitoraggio e conseguente miglioramento del benessere animale

I sensori che misurano l'attività motoria e ruminale sono stati principalmente utilizzati per rilevare dell'estro, ma il loro uso ai fini del monitoraggio dello stato di benessere e in particolare degli stati patologici sta diventando sempre più evidente.

Le patologie delle vacche da latte specialmente nel periodo di transizione sono costoso molto deleterie per la produttività. Le stime dei costi delle diverse patologie riportate in letteratura mostrano una certa variabilità (Tab. 7); questa è generalmente giustificata; ad esempio il fatto che per una dislocazione dell'abomaso si vada da 218 € a 469 € non stupisce perché in questo caso il costo dipende dal dovere o no intervenire chirurgicamente.

Tabella 7. Costi per le patologie

Patologia	Costo (€/caso)
Dislocazione abomaso	218-349-469
Acidosi ruminale	340
Chetosi	130-203-254
Ritenzione placenta	285
Metrite	190-275
Mastite	102-329-388
Zoppie	155-226
dermatite digitale	130-358
dermatite interdigitale	176
ulcera soleare	212-858
Distocia	160
Ipocalcemia	192-215

Analizzando la composizione dei costi delle patologie riportata in tabella 8 (Speroni et al., 2019) , si osserva che il vantaggio portato da una riduzione delle patologie è importante sia i termini produttivi, sia di riproduzione, minori costi di rimonta e di minori spese di cura.



Tabella 8. Composizione costi delle principali patologie delle bovine da latte, %

	Dislocazione	Chetosi	Metrite	Mastite	Zoppie	Ipocalcemia
Trattamenti	31	29	34,3	21	19-31	35
Lavoro aggiuntivo	3	7	3,8	3	4-7	5
Latte invenduto			15,6	1,3	1-6	
Latte non prodotto	44	4	3,5	38,8		2,4
Eliminazione	6	4	3,6	2,4	20-28	3,4
Riproduzione	13	47	32,2	20,2	24-25	34,6
Morte	4	3	6,6	0,7		19

Per calcolare i vantaggi ottenibili da una riduzione delle patologie in una specifica situazione si deve necessariamente considerare l'incidenza della patologia stessa. La letteratura fornisce alcuni dati, ma si deve cercare di ottenere una stima empirica del caso specifico; a questo scopo risulta particolarmente importante che la sensoristica sia integrata con un sistema gestionale adeguato.

6. Investire in sensori: le simulazioni

Utilizzando i criteri illustrati, dati dalla letteratura, quelli da nostri studi e quelli forniti dalle compagnie di distribuzione dei sensori abbiamo stimato la redditività di investimenti in sistemi che combinano l'attività motoria e ruminale.

Considerando le variabili descritte precedentemente e variando i parametri aziendali, sono state fatte simulazioni per stimare il valore di investimenti in sensori che rilevano e l'attività motoria e attività ruminale. (tabelle 9)

Ad esempio, si è confrontato l'effetto di due livelli di prezzo del sistema di monitoraggio in allevamenti di diverse dimensioni, differente livello produttivo, differente efficienza alimentare. Abbiamo considerato che lo stesso sistema con un determinato prezzo unitario per il sensore possa comportare spese fisse differenti in funzione del layout di stalla. Anche per aziende di piccole dimensioni il ritorno economico può essere interessante almeno nel caso di investimenti quello che abbiamo considerato che si caratterizza per ridotti i costi fissi, ma il livello produttivo diventa cruciale affinché la stima fornisca un ritorno apprezzabile.



Queste simulazioni confermano che, a parità di altre condizioni, mediamente ritorno sull'investimento è maggiore quanto maggiori sono le dimensioni della mandria e quanto maggiore è la produttività; altri fattori indipendenti dalla struttura aziendale quali il prezzo del latte, l'incidenza del costo alimentare sul costo di produzione del latte, il prezzo di macellazione influenzano il ritorno sull'investimento.

Queste stime empiriche sono basate però principalmente sugli effetti produttivi e riproduttivi ma la zootecnia di precisione comporta innovazione non solo nelle performance animali ma anche nei metodi di gestione del flusso di lavoro nella gestione di tutte le fasi dell'allevamento; la valutazione economica circa l'adozione delle nuove tecnologie dovrebbe quindi considerare non solo il potenziale miglioramento di prestazioni animali anche il miglioramento nell'efficienza della gestione delle risorse umane e materiali nel processo produttivo. Ad esempio, iniziano ad esserci evidenze della possibilità di ridurre i tempi di lavoro nelle aziende ove sono presenti sistemi di sensori per il monitoraggio degli animali e dell'ambiente di allevamento.



Tabella 9 a. Stima del ritorno sull'investimento in sensori di rilevazione dell'attività motoria e di ruminazione nell'allevamento A.

Parametri aziendali

vacche in lattazione	500
produzione latte, kg/vacca	8.000
intervallo interparto, giorni	14,2
prezzo latte, €/ kg	0,32
costo razione, €/20kg ss	4,5
costo alimentare per kg latte, %	54
Ricavo al netto del costo di alimentazione, €/kg latte	0,15
Costo manza gravida	1300
Prezzo carne, €	600
Valore vitella allo svezzamento, €	145

Costo intervallo parto-concepimento, €/giorno	Intervallo parto-concepimento senza sensori, giorni	Intervallo parto-concepimento con sensori, giorni
4,00	150	128
Totale valore da migliori prestazioni produttive, €		45.000

Patologia	Incidenza%	differenza produttiva, kg	differenza ricavo, €
Mastite	15	110	1.230
Chetosi	20	364	5.403
Metrite	10	274	2.034
Dislocazione	1	277	2.035
Ipocalcemia	3	267	4.218
Totale valore da miglioramento salute, €		32.420	



Costi sistema A, €

	Costo unitario	Totale per allevamento
sensore	130	65.000
spese fisse		3.000
Totale		68.000
Per vacca		136
Ritorno sistema A	13,8%	

Costi sistema B, €

	Costo unitario	Totale per allevamento
sensore	108	54000
spese fisse		3.600
Totale		57600
Per vacca		115
Ritorno sistema B	34,4%	



Tabella 9 b. Stima del ritorno sull'investimento in sensori di rilevazione dell'attività motoria e di ruminazione nell'allevamento B.

Parametri aziendali

vacche in lattazione	300
produzione latte, kg/vacca	8.000
intervallo interparto, giorni	14,2
prezzo latte, €/ kg	0,32
costo razione, €/20kg sostanza secca	4,5
costo alimentare per kg latte, %	54
Ricavo al netto del costo di alimentazione, €/kg latte	0,15
Costo manza gravida	1.300
Prezzo carne, €	600
Valore vitella allo svezzamento, €	145

Costo intervallo parto-concepimento, €/giorno	Intervallo parto-concepimento senza sensori, giorni	Intervallo parto-concepimento con sensori, giorni
4,00	150	128
Totale valore da migliori prestazioni produttive, €		27.000

Patologia	Incidenza%	differenza produttiva, kg	differenza ricavo, €
Mastite	15	83	738
Chetosi	20	273	3.242
Metrite	10	206	1.220
Dislocazione	1	208	1.221
Ipocalcemia	3	200	2.531
Totale valore da miglioramento salute, €			19.452



Costi sistema B, €

	Costo unitario	Totale per allevamento
seniore	108	32.4000
spese fisse		3.000
Totale		57600
Per vacca		118
Ritorno sistema B	19,3%	



Tabella 9 c. Stima del ritorno sull'investimento in sensori di rilevazione dell'attività motoria e di ruminazione nell'allevamento C

Parametri aziendali

vacche in lattazione	400
produzione latte, kg/vacca	6.000
intervallo interparto, giorni	14,2
prezzo latte, €/ kg	0,32
costo razione, €/20kg sostanza secca	4,5
costo alimentare per kg latte, %	71
Ricavo al netto del costo di alimentazione, €/kg latte	0,09
Costo manza gravida	1300
Prezzo carne, €	600
Valore vitella allo svezzamento, €	145

Costo intervallo parto-concepimento, €/giorno	Intervallo parto-concepimento senza sensori, giorni	Intervallo parto-concepimento con sensori, giorni
4,00	150	128
Totale valore da migliori prestazioni produttive, €		36.000

Patologia	Incidenza%	differenza produttiva, kg	differenza ricavo, €
Mastite	15	83	454
Chetosi	20	273	1.993
Metrite	10	206	750
Dislocazione	1	208	1.351
Ipocalcemia	3	200	2.574
Totale valore da miglioramento salute, €			21.122



Costi sistema B, €

	Costo unitario	Totale per allevamento
sensore	108	43.200
spese fisse		3.000
Totale		46.200
Per vacca		115
Ritorno sistema B	23,6 %	



Tabella 9 d. Stima del ritorno sull'investimento in sensori di rilevazione dell'attività motoria e di ruminazione nell'allevamento D.

Parametri aziendali

vacche in lattazione	100
produzione latte, kg/vacca	6.000
intervallo interparto, giorni	14,2
prezzo latte, €/ kg	0,32
costo razione, €/20kg sostanza secca	4,5
costo alimentare per kg latte, %	71
Ricavo al netto del costo di alimentazione, €/kg latte	0,09
Costo manza gravida	1300
Prezzo carne, €	600
Valore vitella allo svezzamento, €	145

Costo intervallo parto-concepimento, €/giorno	Intervallo parto-concepimento senza sensori, giorni	Intervallo parto-concepimento con sensori, giorni
4,00	150	128
Totale valore da migliori prestazioni produttive, €		9.000

Patologia	Incidenza%	differenza produttiva, kg	differenza ricavo, €
Mastite	15	83	184
Chetosi	20	273	498
Metrite	10	206	938
Dislocazione	1	208	338
Ipocalcemia	3	200	644
Totale valore da miglioramento salute, €		6.147	



Costi sistema A, €

	Costo unitario	Totale per allevamento
sensore	130	13.000
spese fisse		3.600
Totale		16.600
Per vacca		166
Ritorno sistema A	- 6,3%	

Costi sistema B, €

	Costo unitario	Totale per allevamento
sensore	108	10.800
spese fisse		3.000
Totale		13.800
Per vacca		138
Ritorno sistema B	9,8%	



Bibliografia

Beauchemin, K. A., and L. M. Rode. 1994. Compressed baled alfalfa hay for primiparous and multiparous dairy cows. *J. Dairy Sci.* 77, 1003–1012.

Beauchemin K.A., Yang W.Z., 2005, Effects of Physically Effective Fiber on Intake, Chewing Activity, and Ruminal Acidosis for Dairy Cows Fed Diets Based on Corn Silage, *J. Dairy Sci.*, 88, 2117-2129,

Beauchemin K.A., Yang W.Z. 2006. Physically effective fiber: method of determination and effects on chewing, ruminal acidosis, and digestion by dairy cows, *J Dairy Sci.* 2006 Jul; 89, 2618-33.

Bristow D. J., Holmes D.S. 2007. Cortisol levels and anxiety-related behaviors in cattle. *Physiology & Behavior* 90,626–628.

Dado R.G., Allen M.S. 1994. Variation in and relationships among feeding, chewing, and drinking variables for lactating dairy cows, *J Dairy Sci.* 77,132-44.

Deswysen A.G., Dutilleul P.A., Ellis W.C. 1989. Quantitative analysis of nycterohemeral eating and ruminating patterns in heifers with different voluntary intakes and effects of monensin. *J. Anim. Sci.*, 67, 2751-2761.

Frost A.R., Schofield C.P., Beulah S.A., Mottram T.T.F., Lines J.A., Wathes C.M. 1997. A review of livestock monitoring and the need for integrated systems. *Computers and Electronics in Agriculture* 17, 139–159.

Inchaisri C., R. Jorritsma P. Vos, G. C. van der Weijden, Hogeveen H. 2010. Economic consequences of reproductive performance in dairy cattle. *Theriogenology* 74, 835–846.

Kononoff P.J., Heinrichs A.J. 2003. The effect of reducing alfalfa haylage particle size on cows in early lactation, *J. Dairy Sci.* 86, 1445-1457.

Maekawa M., Beauchemin K.A., Christensen D.A. 2002. Chewing Activity, Saliva Production, and Ruminal pH of Primiparous and Multiparous Lactating Dairy Cows, *J. Dairy Sci.* 85, 1176-1182.

Pahl C., Hartung E., Mahlkow-Nerge K., Haeussermann A. 2015. Feeding characteristics and rumination time of dairy cows around estrus. *J. Dairy Sci.* 98, 148-154.

Pfeiffer J., Gandorfer M., Ettema J. F. 2020. Evaluation of activity meters for estrus detection: A stochastic bioeconomic modeling approach. *J. Dairy Sci.* 103, 492–506.



Ruckebusch Y. 1972. Relevance of drowsiness in circadian cycle of farm animals. *Anim. Behav.* 20, 637–643.

Rutten C. J., Steeneveld W., Inchausti C., Hogeveen H. 2014. An ex ante analysis on the use of activity meters for automated estrus detection: To invest or not to invest? *J. Dairy Sci.* 97:6869–6887.

Rutten C.J., Steeneveld W., Oude Lansink A.G.J.M, Hogeveen H. 2018. Delaying investments in sensor technology: The rationality of dairy farmers' investment decisions illustrated within the framework of real options theory, *J. Dairy Sci* 101, 7650-7660,

Schirmann K., Chapinal N., Weary D.M., Heuwieser W., von Keyserlingk M.A.G., 2011. Short-term effects of regrouping on behavior of prepartum dairy cows, *J. Dairy Sci*, 94, 2312-2319.

Soriani N., Trevisi E., Calamari L. 2012. Relationships between rumination time, metabolic conditions and health status in dairy cows during the transition period. *J. Anim. Sci.* 90:4544-4554.

Soriani, N., Panella G., Calamari L. 2013. Rumination time during the summer season and its relationships with metabolic conditions and milk production. *J. Dairy Sci.* 96:5082-5094.

Speroni M., Carillo F., Macrì M.C. 2019. Facciamo i conti (economici) con il benessere animale. *L'Informatore Agrario*, 3, supplemento 30-34.

Speroni M., Vasconi M. 2019 "Allarmi parto" in tempo reale: cosa offre il mercato. *Supplemento a L'Informatore Agrario* 37, 35-38.

Stangaferro M. L., Wijma R., Medrano M. M., Al Abri M. A., Giordano J. O. 2015 Prepartum rumination patterns in dairy cows that develop health disorders in the early postpartum period. *J. Dairy Sci.* 98:327.

Van Vliet, J. H., and F. J. C. M. Van Eerdenburg. 1996. Sexual activities and oestrus detection in lactating Holstein cows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 50:57–69.

Tapki I., Sahin A. 2006. Comparison of the thermoregulatory behaviours of low and high producing dairy cows in a hot environment. *Applied Animal Behavior Science* 99:1-11.

Yang W.Z., Beauchemin K.A. 2006, Physically effective fiber: method of determination and effects on chewing, ruminal acidosis, and digestion by dairy cows, *J Dairy Sci.*, 89, 2618-33.

Yang W.Z., Beauchemin K.A., 2006, Physically effective fiber: method of determination and effects on chewing, ruminal acidosis, and digestion by dairy cows, *J Dairy Sci.*, 89, 2618-33.



Rete Rurale Nazionale
Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali
Via XX Settembre, 20 Roma

    RETERURALE.IT

Pubblicazione realizzata con il contributo FEASR (Fondo europeo per l'agricoltura e lo sviluppo rurale)
nell'ambito del Programma Rete Rurale Nazionale 2014-2020

