

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA  
**Dipartimento di Medicina Animale, Produzioni e Salute**

Corso di laurea magistrale a ciclo unico in  
MEDICINA VETERINARIA

STUDIO DEI FATTORI CONDIZIONANTI L'INSORGENZA DI  
PATOLOGIE NEL POST-PARTO DELLA VACCA DA LATTE:  
ANALISI DEL RISCHIO DI VARIABILI GESTIONALI

Relatore: Prof. GIORGIO MARCHESINI  
Correlatore: Prof. IGINO ANDRIGHETTO

Laureanda:  
ANNA TOGNI  
Matricola n. 1205589

ANNO ACCADEMICO 2022/2023



## **INDICE**

<b>RIASSUNTO</b>	<b>5</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>7</b>
<b>1 INTRODUZIONE</b>	<b>9</b>
1.1 IL PERIODO DI TRANSIZIONE	9
1.1.1 <i>Cambiamenti endocrinologici e metabolici</i>	11
1.1.2 <i>Alimentazione</i>	12
1.1.3 <i>L'asciutta</i>	13
1.1.4 <i>Body condition score</i>	14
1.1.5 <i>Management</i>	15
1.1.6 <i>Stress</i>	28
1.1.7 <i>Ruolo gestionale dell'allevatore</i>	29
1.2 LE PATOLOGIE POST-PARTO	31
1.2.1 <i>Ipocalcemia e collasso puerperale</i>	32
1.2.2 <i>Ritenzione placentare</i>	33
1.2.3 <i>Chetosi e steatosi epatica</i>	34
1.2.4 <i>Metrite</i>	37
1.2.5 <i>Dislocazione abomasale</i>	38
1.2.6 <i>Mastiti</i>	40
1.3 LIMITI PER LA PRODUZIONE LATTEA	42
<b>2 OBIETTIVI</b>	<b>47</b>
<b>3 MATERIALI E METODI</b>	<b>49</b>
3.1 CARATTERISTICHE AZIENDALI E DISEGNO SPERIMENTALE	49
3.2 RILIEVI AZIENDALI	49
3.3 RILIEVI SUGLI ANIMALI	50
3.4 ANALISI STATISTICA	56
<b>4 RISULTATI E DISCUSSIONE</b>	<b>57</b>
4.1 CONSIDERAZIONI GENERALI	57
4.2 MANAGEMENT	63
4.3 FATTORI STRUTTURALI	66
4.4 CORTISOLO	67
<b>5 CONCLUSIONI</b>	<b>75</b>
<b>6 ALLEGATI</b>	<b>77</b>
<b>7 BIBLIOGRAFIA</b>	<b>85</b>
<b>8 RINGRAZIAMENTI</b>	<b>111</b>



## Riassunto

Lo scopo del presente studio è stato quello di valutare l'influenza dei fattori gestionali e strutturali di un'azienda di bovine da latte sull'incidenza di patologie del periodo di transizione. Questo periodo, definito come le tre settimane antecedenti e le tre settimane conseguenti al parto, è caratterizzato da un insieme di cambiamenti metabolici, fisiologici ed endocrinologici che, se non gestiti correttamente, possono portare ad un aumentato rischio di incidenza di patologie come ipocalcemia, ritenzione placentare, chetosi, metrite, dislocazione abomasale e mastiti.

Sono state prese in considerazione 17 aziende delle Province di Padova, Vicenza e Treviso per un totale di 221 animali di razza Frisona. Per queste aziende sono stati raccolti tutti i dati riguardanti le strutture, la gestione, la produzione e gli aspetti riproduttivi; inoltre sono stati campionati gli animali 7 ( $\pm$  3) giorni prima del parto (T1), 7 ( $\pm$  3) giorni dopo il parto (T2) e 21 ( $\pm$  3) giorni post-parto (T3). Per ogni bovina sono stati raccolti i dati identificativi e la produzione latte a T2 e T3, il BCS, la circonferenza toracica, il pH urinario e l'ADT; inoltre, sono stati raccolti i campioni ematici, fecali e di pelo per le successive analisi del profilo metabolico e del livello di cortisolo; infine sono state analizzate le condizioni uterine e la presenza di eventuali patologie nel post-parto. Sulla base dell'incidenza di queste ultime, le aziende sono state classificate in base all'incidenza di patologie in aziende a basso, medio o alto rischio e sono stati analizzati i vari fattori incidenti.

Dal presente studio è emerso che le aziende con basso o medio rischio di patologie, presentano un'età media al primo parto inferiore (24.3 mesi), un'asciutta di 60 giorni, una lunghezza media degli abbeveratoi maggiore (3.2 m) e una gestione dell'introduzione in asciutta in gruppi rispetto alle aziende ad alto rischio.

Il cortisolo medio aziendale misurato è risultato più elevato se il numero di bovine in preparto è maggiore, se la lunghezza del fronte mangiatoia è maggiore, se le cuccette in lattazione sono più numerose e se le cuccette in asciutta sono meno numerose. Infine, il cortisolo estratto dal pelo a 21 giorni post-parto è risultato maggiore se l'animale è stato colpito da una patologia metabolica nel post-parto.



## Abstract

The aim of this study is to evaluate the influence of management and structural factors of a dairy farm on the incidence of diseases in the transition period. This period, defined as the three weeks before and the three weeks after calving, is characterised by a set of metabolic, physiological and endocrinological changes that, if not managed correctly, can lead to an increased risk of incidence of pathologies such as hypocalcaemia, placental retention, ketosis, metritis, abomasal displacement and mastitis.

17 farms in the Provinces of Padua, Vicenza and Treviso were considered for a total of 221 Holstein cows. For these farms all data concerning structures, management, production and reproductive aspects were collected. In addition, animals were sampled 7 ( $\pm$  3) days before calving (T1), 7 ( $\pm$  3) after calving (T2) and 21 ( $\pm$  3) days after calving (T3). For each cow identification data and milk production at T1 and T3, BCS, chest circumference, urinary pH and ADT were collected; in addition, blood, fecal and hair samples were collected for subsequent analysis of the metabolic profile and cortisol level; finally, uterine conditions and the presence of any pathologies in the postpartum period were analyzed.

Based on the incidence of the latter, farms were classified into low-, medium- or high-risk farms and the various incident factors were analyzed.

The present study showed that farms with a low to medium risk of diseases had a lower average age at first calving (24.3 months), a 60-day dry period, a longer trough length (3.2 m) and an introduction management in the dry period in groups than high-risk farms.

The measured cortisol was higher if the number of cows in prepartum is greater, if the trough length is greater, if there are more cubicles for lactating cows and if there are fewer cubicles for dry cows.

Finally, cortisol extracted from hair at 21 days post-partum was higher if the animal was affected by a metabolic disease in the post-partum period.





# 1 Introduzione

## 1.1 Il periodo di transizione

Il periodo più critico per l'allevamento della vacca da latte è quello della transizione definito come le tre settimane antecedenti e le tre settimane seguenti il parto (Grummer, 1995; Drackley, 1999). Tuttavia, questa definizione è molto dibattuta e nella letteratura si possono trovare differenze riguardanti la durata che possono creare incertezze tra veterinari e allevatori nel dare una definizione comune (Mills et al., 2020). Nelle ultime settimane della gestazione, la bovina è soggetta a cambiamenti a livello endocrinologico e fisiologico per la preparazione al parto e alla successiva lattazione (Grummer, 1995).

In questa fase, inoltre, incrementa il fabbisogno energetico poiché aumenta la crescita del feto e la sua richiesta di energia, proteine e minerali (Goff & Horst, 1997b). L'ingestione di sostanza secca, dall'altra parte, diminuisce per una riduzione del volume del rumine (Bertics et al., 1992).

Appena dopo il parto, l'animale subisce un brusco cambio di dieta con il passaggio da una dieta ricca di foraggi tipica del periodo dell'asciutta ad una dieta ricca in concentrati per supportare la lattazione. Per questi motivi la bovina entra siffatto in uno stato di bilancio energetico negativo (Negative Energy Balance, NEB) dovuto all'elevata richiesta di nutrienti per la produzione latte che risulta non essere soddisfatta dall'ingestione di sostanze nutritive con l'alimentazione (Bauman & Bruce Currie, 1980). Questo porta a una riduzione del livello ematico di glucosio e ad una conseguente mobilizzazione del grasso corporeo che porta all'aumento inizialmente dei livelli di acidi grassi non esterificati (Non-Esterified Fatty Acids, NEFA) nel torrente sanguigno (Busato et al., 2002) e successivamente del  $\beta$ -idrossibutirrato (BHB) (Bell, 1995).

Un'altra classe di fattori fondamentali che entra in gioco nel periodo di transizione sono quelli gestionali. Infatti, lo stress o un errato management aziendale possono ridurre ulteriormente l'ingestione di sostanza secca peggiorando lo stato di bilancio energetico negativo (Esposito et al., 2014). Si è visto che non sono solo fattori dietetici ad influenzare la produzione latte (Bach et al., 2008), ma influiscono anche i fattori gestionali, causando una riduzione del benessere dell'animale e un conseguente aumento dello stress (Bach et al., 2008).

Tutte queste condizioni portano ad un aumentato rischio di patologie tipiche del post-parto (Figura 1), con un'incidenza che si aggira tra il 30-40 % (Leblanc, 2010), come:

- patologie uterine come ritenzione di placenta (LeBlanc, 2008);
- patologie metaboliche come l'ipocalcemia subclinica e clinica (collasso puerperale), chetosi e dislocazione abomasale (Goff & Horst, 1997b);
- patologie infiammatorie, in particolar modo mastiti e metriti (Goff & Horst, 1997b).

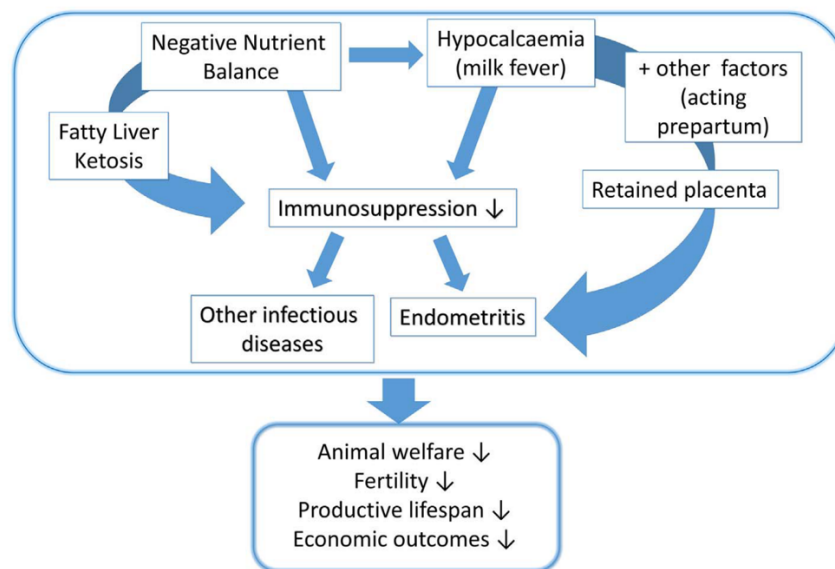


Figura 1. Relazione tra lo stress metabolico e l'insorgenza di patologie. La figura presenta un diagramma di flusso degli eventi che intercorrono durante la patogenesi di patologie legate al periodo del post-partum (Ceciliani et al., 2018).

Il rischio che le bovine vadano incontro a questi fenomeni è molto elevato ed è per questo motivo che il periodo di transizione, è considerato il periodo con la maggior incidenza di patologie metaboliche ed infettive di tutto il ciclo produttivo della bovina da latte (Leblanc, 2010) e in grado di condizionare le successive performance produttive (Bach et al., 2008; Jordan & Fourdraine, 1993; Losinger & Heinrichs, 1996; Spahr, 1993).

### **1.1.1 Cambiamenti endocrinologici e metabolici**

A riguardo dei cambiamenti endocrinologici e metabolici, con la progressione dall'ultima fase della gestazione all'inizio della lattazione, si ha una diminuzione di insulina e un aumento dell'ormone somatotropina (Growth Hormone, GH) con picchi acuti nella concentrazione plasmatica al parto (J. D. De Koster & Opsomer, 2013). Questo processo avviene con lo scopo di assicurare il giusto sostentamento di glucosio all'utero gravido e alla ghiandola mammaria impegnata nella produzione latte, portando così la bovina in una situazione di insulino-resistenza (Bell & Bauman, 1997).

Assieme a questi, anche gli ormoni tiroidei subiscono una modificazione nella loro concentrazione, aumentando verso la fine della gravidanza per poi diminuire al parto e aumentare nuovamente qualche giorno dopo (Kunz et al., 1985).

Gli estrogeni aumentano verso la fine della gestazione per poi diminuire dopo il parto, mentre il progesterone decresce due giorni prima del parto (Grummer, 1995).

I principali costituenti del latte bovino sono lattosio, proteine e lipidi (Anderson et al., 2007). Il lattosio è il principale carboidrato del latte e gioca un ruolo primario nella produzione poiché rappresenta il maggior costituente osmotico nel latte attirando l'acqua all'interno delle cellule epiteliali (Hannah, 1983).

Con l'inizio della lattazione aumenta la richiesta di glucosio: la ghiandola mammaria può consumare fino all'85% del glucosio circolante (Annison & Linzell, 1964) che diventa così il precursore del lattosio, fondamentale per la produzione latte.

Per soddisfare le richieste energetiche di glucosio, l'organismo inizia a mobilitare grasso dalle riserve corporee facendo così aumentare la concentrazione ematica di acidi grassi non esterificati (NEFA) poiché queste non sono soddisfatte dall'ingestione dell'animale (Baird et al., 1974; Grummer, 1995). Tuttavia, questa risposta metabolica non consente di soddisfare completamente i bisogni energetici delle bovine soprattutto in presenza di sostenuti livelli produttivi.

Fisiologicamente, il fegato della bovina utilizza l'acido propionico prodotto dal rumine come substrato energetico per la produzione di glucosio. L'acido propionico è prodotto nel rumine, insieme all'acido acetico e butirrico grazie alla fermentazione dei carboidrati presenti nella dieta (White, 2015). Se l'acido propionico è diminuito a causa della

riduzione di ingestione, il fegato utilizza i NEFA come substrato energetico. I NEFA vengono captati dal fegato in modo proporzionale alla loro concentrazione ematica e vengono metabolizzati (Bell, 1980).

I NEFA nel torrente ematico possono andare incontro a tre differenti percorsi: essere utilizzati dalla ghiandola mammaria per la produzione del grasso del latte; essere utilizzati come fonte di energia da muscoli scheletrici e fegato; infine, subire una riesterificazione in trigliceridi ad opera del fegato (Bell, 1980).

In particolare, negli epatociti, gli acidi grassi sono  $\beta$ -ossidati ad acetil-CoA con quattro possibili destini: la completa ossidazione per il successivo ciclo di Krebs, l'incompleta ossidazione con la chetogenesi, la sintesi di trigliceridi per la produzione di proteine a bassa densità (LDL) da rilasciare nel sangue oppure la sintesi di trigliceridi per lo stoccaggio lipidico epatico (Grummer, 1993). I ruminanti sono caratterizzati da una glicemia bassa quindi avendo una bassa concentrazione di precursori glicemici per l'ossidazione completa, il fegato predilige la via dell'ossidazione incompleta (Hayirli, 2006). La gluconeogenesi avviene quindi a partire dall'ossalacetato e conseguentemente si ha un accumulo di corpi chetonici.

Quando i NEFA sono presenti in quantità eccessiva e l'acetil-coA eccede la capacità del ciclo per la completa ossidazione, la produzione di corpi chetonici (in particolare  $\beta$ -idrossibutirrato) e la deposizione di trigliceridi a livello epatico aumentano (White, 2015).

### **1.1.2 Alimentazione**

Un'altra caratteristica del periodo di transizione nella bovina da latte è il calo dell'ingestione pari a circa il 30% in corrispondenza dell'ultima settimana di gestazione che è dovuto alla riduzione di spazio del rumine per aumento del volume dell'utero gravido (Bertics et al., 1992). Questo avviene in una fase critica dove abbiamo, dall'altra, un aumento della richiesta energetica dovuta alla fine dello sviluppo del feto e all'inizio della lattazione (Grummer, 1995). Per questo motivo la bovina si troverà in una condizione di bilancio energetico negativo nell'immediato post-parto quando aumenta ancora la richiesta energetica da parte della mammella in attiva produzione latte (Bauman & Bruce Currie, 1980).

Questa condizione predispone l'animale ad un aumentato rischio di chetosi e lipidosi epatica per l'eccessiva mobilizzazione di NEFA dal grasso corporeo (Bertics et al., 1992). La principale strategia utilizzata per diminuire i livelli ematici di NEFA nell'immediato post-parto (Mann et al., 2015) è quella di fornire, nell'ultimo periodo dell'asciutta, una dieta a controllato contenuto energetico (Cardoso et al., 2020; Kunz et al., 1985). Ad inizio lattazione, invece, alla bovina verrà somministrata una dieta ad alto contenuto energetico per sopperire alle richieste energetiche dell'attiva fase di lattazione.

### **1.1.3 L'asciutta**

Solitamente 40-60 giorni prima del parto la bovina da latte viene messa in asciutta (Dry Off Period) (Andrée O'Hara et al., 2019; Kok et al., 2019). Questa strategia è attuata per vari motivi:

- Concedere un periodo di riposo alla bovina prima della successiva lattazione e del parto (Kok et al., 2017);
- Permettere di aumentare la produzione lattea nella successiva lattazione (Kuhn et al., 2005);
- Consentire di adattare le opportune strategie per contenere le mastiti subcliniche (Bradley & Green, 2001) in accordo con le recenti normative che hanno lo scopo di ridurre l'utilizzo di antibiotici (Linee guida per Uso prudente dell'antibiotico nell'allevamento bovino da latte, Ministero della Salute, revisione 2023).

Molti studi hanno però sottolineato come eliminare o accorciare il periodo di asciutta abbia un effetto positivo sul NEB in cui si trova la bovina immediatamente dopo il parto (Gümen et al., 2005), diminuendo l'incidenza di patologie metaboliche specifiche del post-parto. In particolare, molti studi riportano una riduzione della concentrazione plasmatica di NEFA (Klusmeyer et al., 2009; Watters et al., 2008), un aumento della concentrazione di insulina nella prima fase della lattazione (Rastani et al., 2005) ed un miglioramento della fertilità quando il periodo di asciutta è più breve (Watters et al., 2009).

Tuttavia, anche se peggiora lo stato di bilancio energetico negativo, il periodo dell'asciutta è estremamente importante per le bovine per ottimizzare la successiva produzione latte e la salute della mammella (Vilar & Rajala-Schultz, 2020).

In questo periodo la gestione dell'alimentazione prevede due fasi:

- Nelle prime cinque settimane (*far-off*) viene somministrata una dieta a bassa densità energetica, studiata e formulata in modo da mantenere le condizioni corporee della bovina (Goff & Horst, 1997b);
- Per la preparazione al parto, durante le ultime tre settimane di gestazione (*close-up*), viene invece somministrata una dieta a moderata densità energetica (Rastani et al., 2005).

Rastani et al. (2005) hanno sottolineato l'importanza di quest'ultima dieta, poiché un immediato passaggio da una dieta a basso contenuto energetico utilizzata per tutto il periodo dell'asciutta, ad una dieta ad alto contenuto energetico dopo il parto avrebbe conseguenze deleterie per la bovina: durante il *far-off*, infatti, le papille ruminali cambiano conformazione e la dieta in *close-up* ha lo scopo di aumentarne il loro sviluppo per la successiva fase ricca di concentrati.

#### **1.1.4 Body condition score**

Anche se probabilmente era evidente da anni che le bovine da latte perdono e guadagnano peso durante il loro ciclo produttivo, fino agli anni '70 non c'era una misura facile per stimare le riserve energetiche dell'animale (Stockdale, 2001). Il peso corporeo (Body Weight, BW) da solo, infatti, non è un buon indicatore delle riserve corporee poiché la relazione è influenzata da fattori come l'ordine di parto, lo stadio di lattazione, le dimensioni del corpo, la gestazione e la razza (Stockdale, 2001; Berry et al., 2006).

Il Body Condition è stato definito da Murray (1919) come il rapporto tra il grasso corporeo e le componenti non grasse del corpo dell'animale.

I primi ad introdurre una scala di misurazione per il Body Condition Score (BCS) sono stati Lowman e i colleghi (1973) che hanno utilizzato una scala da 0 (eccessiva magrezza) a 5 (eccessivo stato di ingrassamento) adattandone una usata per la classificazione dei

bovini da carne. Da quel momento in poi sono state create varie scale che sono diventate sempre più precise e caratterizzate da analisi di più parti del corpo della bovina (Roche et al., 2013).

Per la presente tesi è stato utilizzato il procedimento messo a punto da Ferguson et al. (1994) come verrà ripreso nel dettaglio successivamente.

Il BCS è importante per la sua relazione con le patologie del periodo di transizione. Vi è, infatti, un'associazione positiva tra il BCS al parto e l'incidenza di patologie metaboliche; tuttavia, esiste anche una relazione positiva tra un basso BCS e la produzione lattea e tra un basso BCS e la riproduzione (Roche et al., 2009).

Se le bovine arrivano al parto con un BCS troppo elevato, oltre ad andare incontro ad una maggior perdita di BCS nel post-parto, avranno anche una riduzione nell'ingestione e un accumulo maggiore di trigliceridi nel fegato nelle prime settimane di lattazione (Akbar et al., 2015; Bobe et al., 2004a; Roche et al., 2009).

Roche et al. (2009) consigliano quindi di far arrivare una vacca al parto con un valore di BCS massimo pari a 3.5 per evitare le conseguenze negative riportate; inoltre, consiglia una perdita massima di 0.5-1 unità di BCS dopo il parto.

### **1.1.5 Management**

Un altro fattore condizionante l'insorgenza delle patologie post-parto è il *management* aziendale con cui sono allevate le bovine da latte.

I fattori manageriali che entrano in gioco in questo periodo sono molteplici (Figura 2).

Le preoccupazioni principali per garantire un ottimo *welfare* della bovina da latte sono la salute, la produzione e la libertà di espressione di comportamenti naturali (Von Keyserlingk et al., 2012). Si è visto, infatti, che non sono solo fattori alimentari ad influenzare la produzione lattea (Bach et al., 2008).

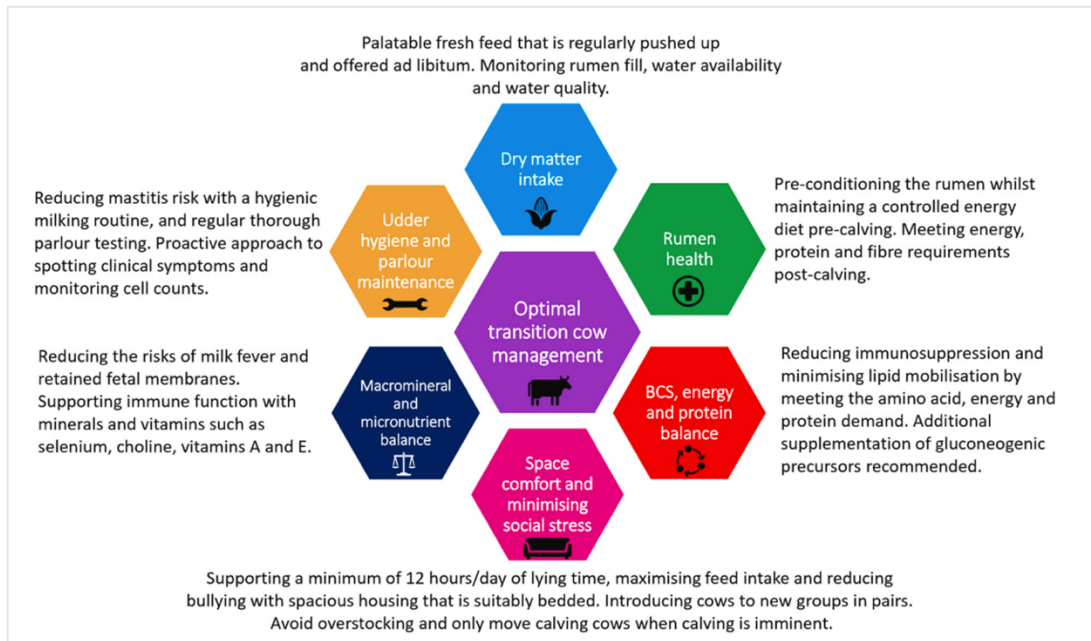


Figura 2: I sei principali fattori manageriali che influenzano positivamente la salute della bovina durante il periodo di transizione (Redfern et al., 2021).

Il comportamento e il *welfare* della bovina da latte sono influenzati dall'ambiente fisico in cui sono stabulate (il design della stalla, il tipo di lettiera, la tipologia del fronte mangiatoia, la qualità dell'ambiente, ecc.) e dalle strategie e densità di stabulazione (Krawczel et al., 2009). L'ambiente della stalla, infatti, deve adeguarsi alla natura della fisiologia e psicologia della vacca da latte, alle richieste nutritive e alla variabilità degli alimenti richiesti (Sniffen et al., 1993).

Tra questi elementi e presi in considerazioni per la presente tesi, sono da ricordare:

- La densità di allevamento;
- Gli aspetti strutturali, come:
  - La dimensione dei vari box per le diverse fasi produttive;
  - Le dimensioni e il numero delle cuccette;
  - La lunghezza del fronte mangiatoia;
  - La dimensione e il numero di abbeveratoi;
  - La tipologia di lettiera utilizzata;
  - La pavimentazione;
  - La presenza di sistemi di ventilazione e raffrescamento;
  - La presenza di un box parto.



- Aspetti gestionali:
  - Gestione dei gruppi;
  - Gestione del parto;
  - Gestione dell'asciutta;
  - Numero di mungiture al giorno.
- L'interazione con l'uomo.

I comportamenti naturali importanti per la salute, per il welfare e per la produzione, infatti, sono la possibilità di stare in decubito, l'alimentazione e la ruminazione (Krawczel et al., 2009) i quali possono essere influenzati dai fattori sopraelencati.

#### 1.1.5.1 Densità di allevamento, aspetti strutturali e competitività

La densità di allevamento (*Stocking Density*) è definita come la concentrazione degli animali in un'azienda: può essere misurato come area di superficie per vacca ( $m^2/vacca$ ), spazio in mangiatoia per vacca ( $m/vacca$ ), numero totale di bovine per cuccetta in una stalla a stabulazione libera misurato in percentuale (Stall Stocking Density, SSD) (De Vries et al., 2016). De Vries et al. (2016) definisce come sovra-densità (*overstocking*) un contesto in cui SSD supera il 100%.

Aumentare la densità dell'allevamento oggi giorno è diventata una pratica comune (Fustini et al., 2017). Tuttavia, questo ha delle conseguenze:

- Provoca una riduzione lineare del tempo di decubito all'aumentare della densità nelle cuccette (Fregonesi et al., 2007a);
- Determina una diminuzione lineare dell'ingestione alimentare all'aumentare della densità alla mangiatoia (Huzzey et al., 2006a);
- Causa un aumento degli atteggiamenti aggressivi di allontanamento conseguente all'alta densità alla mangiatoia o nelle cuccette (Fregonesi et al., 2007b);
- Determina una riduzione della distanza interindividuale inducendo un incremento di comportamenti aggressivi (Keeling & Duncan, 1989), limitando probabilmente la possibilità ad alcuni animali di alimentarsi e/o abbeverarsi in modo regolare (DeVries et al., 2004).

La competizione per le risorse, infatti, limita l'abilità della bovina nell'espressione di un comportamento normale (Wechsler, 2007; Proudfoot et al., 2009). In particolare, la competitività per le risorse alimentari, causa una diminuzione dell'ingestione di sostanza secca ed un peggioramento del comportamento alimentare con un'accentuazione del bilancio energetico negativo (Esposito et al., 2014) e quindi l'insorgenza di patologie metaboliche nel post-parto della bovina.

La competitività può essere classificata in diretta ed indiretta (DeVries, 2019): ad esempio, la competizione indiretta per le risorse alimentari si manifesta con la modifica del comportamento dell'animale per ottenere l'accesso alla mangiatoia, come per esempio ritardare il momento del suo pasto a momenti della giornata in cui ci sono meno animali; la competizione diretta si manifesta, invece, attraverso atti o minacce di aggressione fisica tra individui.

La competitività in generale, sia quella per l'accesso alle risorse che quella che si manifesta per la stabilizzazione della gerarchia della mandria, impatta sullo stress dell'animale (DeVries, 2019).

Si è visto inoltre che anche altri fattori manageriali, quali il design della mangiatoia e la strategia della divisione in gruppi, influenzano l'attività di alimentazione degli animali (DeVries et al., 2003; R. J. Grant & Albrightt, 1995; Huzzey et al., 2006b).

Un articolo di Krawczel et al. (2009), sottolinea alcune indicazioni che potrebbero migliorare questi aspetti:

- Per assicurare a tutte le bovine un riposo adeguato, la stalla e la sua gestione devono facilitare 10-14 ore di decubito per ogni vacca;
- La stalla deve assicurare una corretta e naturale postura di decubito;
- La densità di un'azienda, misurata in numero totale delle bovine per cuccette (%), non dovrebbe eccedere il 120%.

## **La mangiatoia**

Essendo animali che vivono in mandria in modo gregario, le bovine da latte sono molto motivate all'alimentazione simultanea con gli altri membri del loro gruppo sociale (Nielsen, 1998). Sono infatti definiti animali "allomimetici" poiché tendono ad esprimere tutti il medesimo comportamento nello stesso momento. Se non c'è abbastanza spazio per tutti gli animali per alimentarsi assieme si può innescare una competizione per l'accesso alla risorsa (DeVries, 2019).

La lunghezza della mangiatoia rapportata al numero di animali sotto alla quale si verificano fenomeni di competizione varia in base alla numerosità del gruppo e dalla disponibilità di alimento: tradizionalmente viene raccomandata una lunghezza di 0,6 metri di spazio in mangiatoia per vacca che permette alle bovine di alimentarsi correttamente (R. J. Grant & Albright, 2001). Tuttavia, questo potrebbe essere insufficiente durante i periodi di picco dell'attività di alimentazione quando la frequentazione della mangiatoia è maggiore (DeVries et al., 2003) e per le vacche in transizione (DeVries, 2019). Infatti, Nordlund et al. (2006) raccomandano uno spazio di 0.76 metri di mangiatoia per vacca. Le linee guida dell'Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Lombardia e dell'Emilia-Romagna (2018) raccomandano una dimensione di almeno 0.68 m per vacca in lattazione in una stalla a stabulazione libera. Un altro studio suggerisce che la mangiatoia deve essere tale da ospitare una vacca per cinque ore al giorno per la sua alimentazione (Krawczel et al., 2009).

Con un maggior spazio in mangiatoia, le bovine possono alimentarsi in modo più favorevole ad una stabile fermentazione del rumine, permettendo così una maggior produzione di latte ed un minor stress (DeVries, 2019).

In breve, è quindi consigliabile ridurre la densità degli animali alla mangiatoia per aumentare l'ingestione e contenere la competitività (Huzzey et al., 2006b).

## **Abbeveratoi**

Anche la competizione per l'accesso alla risorsa idrica può essere un problema.

La disponibilità di acqua, infatti, è estremamente importante per la salute dell'animale e la sua produzione (NRC, 2001) poiché la sete è la prima delle cinque libertà necessaria stabilite dal *Farm Animal Welfare Council* basate sul report di Brambell (1965).

Alcune ricerche (Steiger Burgos et al., 1999), se pur datate, hanno valutato l'impatto di una restrizione all'ingestione di acqua pari al 75% per otto giorni evidenziando una diminuzione dell'11,3% nell'ingestione alimentare giornaliera, una riduzione del 53% nella quantità del primo pasto del giorno e ad un contenimento del 31% del numero di pasti in 24 ore.

Le linee guida per la gestione delle bovine a stabulazione libera (Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Lombardia e dell'Emilia-Romagna et al., 2018) consigliano 1 abbeveratoio ogni 10 bovine (15 manze) oppure uno spazio di 6-7 cm per ogni vacca (Welfare Quality®, 2009).

Inoltre, anche la collocazione degli abbeveratoi è fondamentale: infatti se collocati vicini, la frequenza di consumo di acqua non cambia, mentre se sono lontani tra di loro la frequenza è maggiore (Andersson, 1987). Offrire quindi due risorse d'acqua lontane tra loro, diminuisce la competitività e migliora l'assunzione.

Anche questo aspetto ci mostra l'importanza della riduzione di competitività tra gli animali per massimizzare il loro benessere e quindi la produzione e il reddito dell'allevatore.

### **Pavimentazione e lettiera**

Le superfici calpestabili utilizzate dagli animali per recarsi nelle diverse aree della stalla come le corsie di alimentazione, la zona di riposo e di esercizio sono fondamentali per l'espressione di tutti i comportamenti naturali delle bovine: secondo le linee guida, queste devono essere, infatti, sufficientemente rugose per evitare scivolamenti mentre le bovine si muovono, corrono, si alzano, si coricano o manifestano i calori (monta), in modo da evitare paura, stress e lesioni (Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Lombardia e dell'Emilia-Romagna et al., 2018)

La pavimentazione della stalla è importante in quanto incide sullo sviluppo e guarigione delle laminiti: in particolare dipende dalla durata di stazione su pavimenti duri, dalla rugosità della superficie e dalle condizioni che lo rendono scivoloso e bagnato (Endres, 2017).

La laminite (*Pododermatitis aseptica diffusa*) è un'infezione del *corium* laminare dello zoccolo che si sviluppa spesso tra il giorno 50 e il giorno 100 della lattazione

(Schöpke et al., 2013) e il corso dei precedenti cambiamenti del periodo di transizione, ed in particolare il bilancio energetico negativo, possono diventare elementi predisponenti la sua insorgenza (Cecilianani et al., 2018; Goff & Horst, 1997b).

Il comfort durante il decubito di una bovina è fondamentale in quanto vi spende dalle 12 alle 14 ore al giorno (Jensen et al., 2005; Westin et al., 2016). In decubito, infatti, la bovina riposa e ruminava, le sue gambe e piedi sono a riposo e la circolazione sanguigna nella mammella aumenta del 30%: tutti questi sono fattori condizionanti importanti per la produzione (Delamaire & Guinard-Flament, 2006; Rulquin & Caudal, 1977). In uno studio di Westin et al. (2016) si è visto che comunque un prolungamento del tempo di decubito può essere conseguente ad un aumento dell'ordine di parto, ad un incremento della durata della lattazione ed un innalzamento del BCS.

La tipologia della lettiera influisce anche sull'incidenza di mastiti ambientali che hanno un'incidenza maggiore nel periodo di transizione per lo stato di immunosoppressione in cui si trova la bovina: per esempio, *Streptococcus Uberis* è un batterio ritrovato spesso nella paglia (Sherwin et al., 2021), mentre *Klebsiella* spp. è tipica della segatura (Eberhart, 1984).

### **Sistemi di ventilazione e raffrescamento**

Un problema per le bovine da latte gestite in modo errato per quanto riguarda il microclima ambientale, è lo stress da caldo. Per questo motivo, sono state implementate varie strategie per mitigare l'impatto del clima caldo sulla produzione e sulla profittabilità degli animali, ma la modifica dell'ambiente resta la principale strategia: si possono correggere le condizioni ambientali per prevenire o limitare il grado dello stress da caldo oppure si può aumentare lo scambio di calore tra vacca ed ambiente (Fournel et al., 2017).

La ventilazione è una caratteristica importante per le aziende di bovini per evitare l'aumento di temperatura, umidità e gas nocivi oltre ai livelli di sicurezza. La ventilazione viene definita da Mondaca (2019) come l'entrata di aria fresca nella stalla.

Una tecnica utilizzata dalla maggior parte delle aziende è l'uso di ventilatori che permettono il movimento e l'accelerazione dell'aria (Fournel et al., 2017). Quelli più utilizzati sono quelli a basso volume ed alta velocità (Low Volume High Speed, LVHS) che

dovrebbero essere posizionati ad una distanza di dieci volte il loro diametro in modo da direzionare l'aria parallela alla direzione dell'aria in entrata nella stalla (Fournel et al., 2017).

Anche se i costi per la ventilazione all'inizio sono importanti, i mancati ricavi per un'inadeguata ventilazione sono di gran lunga superiori a causa della carente produzione, stress da caldo e patologie respiratorie che ne possono conseguire (Mondaca, 2019).

Il raffreddamento (*cooling system*), invece, è il trasferimento di energia termica grazie all'utilizzo di acqua corrente o nebulizzata direttamente sulle bovine (Mondaca, 2019).

Il sistema più impiegato è l'utilizzo di energia dell'aria per far evaporare l'acqua. L'acqua può essere evaporata dagli ugelli atomizzatori utilizzando dei sistemi di nebulizzazione ad alta pressione (> 200 psi) che rilasciano piccole gocce d'acqua nell'aria circostante (Fournel et al., 2017).

Ultimamente sembrano essere però più interessanti sistemi a bassa pressione bagnando le bovine con gocce pesanti per poi asciugarle con appositi sistemi di ventilazione (Fournel et al., 2017).

Tutti questi metodi per il raffreddamento delle bovine si riflettono sulla loro salute e sulla produzione, come verrà illustrato in seguito.

### **Box parto**

La presenza di un box parto è risultato un elemento positivo per vari studi. Infatti, la distanza e l'isolamento dalle altre bovine della mandria, sembra essere un importante comportamento in vista del parto (Flörcke & Grandin, 2014; Brownlee, 1950) anche se non sempre risulta facile, poiché si è visto come le bovine gravide sono risultate attratte dall'odore del fluido amniotico delle bovine partorienti (Pinheiro Machado et. al, 1997) e dal vitello neonato immediatamente dopo il parto (Edwards S. A., 1983).

Il vantaggio di avere un box per il gruppo di bovine in peri-parto separato dal gruppo di lattazione è quello di non disturbare le bovine in travaglio che non devono poi essere spostate in un box singolo; dall'altra parte si è visto però che se sono in gruppo, la singola bovina in travaglio non è in grado di esprimere alcuni comportamenti normali prima del parto (Creutzinger et al., 2021).

### 1.1.5.2 Aspetti gestionali

#### **Gestione dei gruppi**

La strategia della divisione in gruppi delle bovine sembra avere un impatto significativo sul comportamento alimentare e l'ingestione da parte della vacca da latte poiché questo ha un impatto sul comfort della bovina, la competizione per le risorse e la salute della mandria (R. J. Grant & Albright, 2001). Questo tipo di gestione durante la fase di lattazione, infatti, porta ad una maggior profittabilità e ad un minor spreco anche se può richiedere elevati costi iniziali ed una maggior manodopera (VandeHaar, 2011).

In una *review*, Grant ed Albright (2001) sottolineano l'importanza della divisione in gruppi per facilitare l'osservazione delle bovine e la somministrazione di una razione più mirata alle richieste dell'individuo di un gruppo.

In particolare, appare essere più conveniente avere tre gruppi rispetto che due (Cabrera et al., 2012; Cabrera & Kalantari, 2014; Kalantari et al., 2015; Østergaard et al., 1996; St-Pierre & Thraen, 1999; C. B. Williams & Oltenacu, 1992) poiché si ha un aumento in termini di guadagno nel rapporto tra il ricavo dalla vendita del latte e il costo della razione (Income Over Feed Cost, IOFC) calcolato come \$/vacca all'anno. Gli studi più recenti, usando ottimi criteri per il raggruppamento e precise specifiche nutrizionali delle diete, hanno calcolato un guadagno superiore rispetto all'utilizzo di un gruppo solo (1 TMR): 46\$ con 2 gruppi (2 TMR) e 21-39\$ con 3 gruppi (3 TMR) in più per ogni vacca all'anno; con un ulteriore aumento del numero di gruppi non si è visto un ulteriore e significativo guadagno (Kalantari et al., 2015). Questo aumento di IOFC è spiegato dall'aumento della produzione e da una diminuzione dei costi alimentari (Cabrera & Kalantari, 2016).

I principali fattori che influiscono sulla gestione dei gruppi e determinano questa efficienza economica sono: (1) criteri per il raggruppamento, (2) specifiche nutrizionali delle diete, (3) effetti sulla produzione di latte, (4) benefici per la salute e l'ambiente, (5) numero, dimensione, e frequenza del raggruppamento e (6) costi e benefici aggiuntivi (Cabrera & Kalantari, 2016).

I criteri di raggruppamento, in particolare, possono essere molti, come, ad esempio, il raggruppamento in base:

- ai giorni di lattazione (Days in Milk, DIM);
- alla produzione lattea (kg di latte);
- alla quantità di grasso presente nel latte (Fat Corrected Milk, FCM);
- al peso corporeo dell'animale (Body Weight, BW);
- al rapporto tra FCM e peso metabolico ( $BW^{0,75}$ );
- alle richieste nutritive (raggruppamento a cluster).

Il raggruppamento a Cluster, cioè basato sulle richieste nutritive (proteiche ed energetiche) individuali delle bovine, sembra essere migliore rispetto ad altri metodi poiché crea gruppi più omogenei con poche differenze tra le bovine al loro interno e grandi differenze tra i vari gruppi (McGilliard et al., 1983; St-Pierre & Thraen, 1999; C. B. Williams & Oltenacu, 1992). In questo modo si migliora la salute delle bovine evitando problemi che possono essere causati da una sovralimentazione o da una scarsa alimentazione in caso di gruppi disomogenei (Cabrera & Kalantari, 2016).

Per questi principi viene suggerito, inoltre, creare un gruppo per le prime tre settimane post-parto ed altri tre gruppi per il resto del gruppo di lattazione (R. J. Grant & Albright, 2001). Una serie di fattori entra in gioco nel determinare l'ottima dimensione dei vari gruppi e questi sono (R. J. Grant & Albright, 2001):

- Lo spazio in mangiatoia e la competizione per l'alimento, l'acqua e le cuccette;
- Le interazioni sociali tra le vacche e come queste sono influenzate dalla dimensione del gruppo;
- Lo spazio disponibile per animale;
- La dimensione della sala d'attesa e la capacità della sala di mungitura;
- La taglia e l'età delle bovine;
- La condizione corporea;
- L'ingestione giornaliera di alimento;
- L'adeguatezza della ventilazione.



Attenzione va posta soprattutto alle bovine primipare poiché hanno maggiori richieste energetiche, minor dimensione corporea, maggior persistenza alla lattazione e frequentemente si trovano in una bassa posizione nella gerarchia sociale di dominanza; questo porta a conseguenze come una minor ingestione e quindi una minor produzione latte (R. J. Grant & Albright, 2001). Viene quindi suggerito di stabulare le manze gravide separate dalle vacche in quanto la gerarchia viene a crearsi soprattutto in base a età e peso corporeo (Phelps, 1992).

Questa divisione, purtroppo, non è molto applicata ancora oggi forse per scarsa conoscenza dei vantaggi economici, per un aumento della manodopera richiesta e una difficoltà nel calcolare i bisogni nutritivi di ogni bovina della mandria.

### **Gestione del periodo di asciutta**

Come visto in precedenza, sebbene con i suoi lati negativi, l'asciutta è una strategia produttiva che risulta fondamentale per ottimizzare la successiva produzione latte e la salute della mammella (Vilar & Rajala-Schultz, 2020).

La durata dell'asciutta ottimale si aggira tra i 40 e 60 giorni (Dry Off Period) (Andrée O'Hara et al., 2019; Kok et al., 2019).

Una corretta gestione dell'asciutta prevede:

- Corretta alimentazione in base alle due diverse fasi asciutta - parto;
- Una corretta introduzione dei capi nel gruppo di asciutta;
- Un corretto trattamento antibiotico per le mastiti (Bradley & Green, 2001) senza le problematiche legate ai tempi di attesa in accordo con le Linee guida per l'Uso prudente dell'antibiotico nell'allevamento bovino da latte (Ministero della Salute, revisione 2023);
- Una durata adeguata;
- Una corretta gestione delle bovine a pochi giorni dal parto (movimentazione in un box parto adeguato).

### **Introduzione nel gruppo dell'asciutta**

Le procedure di introduzione di bovine in un gruppo stabilito è una pratica frequente e comune nella gestione delle bovine da latte (Von Keyserlingk et al., 2008).

Uno dei momenti in cui la bovina subisce un cambio di ambiente è il passaggio dal gruppo della lattazione a quello dell'asciutta per gli ultimi 60 giorni della sua gestazione. Vari studi dimostrano come vi sia un aumento del tasso di comportamenti aggressivi e di allontanamento nei confronti delle nuove bovine aggiunte nel gruppo (Sato et al., 1990).

Spesso questa pratica comporta l'ingresso di una bovina singola all'interno di un gruppo con una gerarchia già ben formata con un conseguente peggioramento dell'aggressività e competitività. Le conseguenze dell'introduzione di una singola bovina in un gruppo nuovo sono: diminuzione di allo-grooming, dell'ingestione di alimento, del riposo e del peso corporeo (Von Keyserlingk et al., 2008).

Le procedure di movimento risultano essere più stressanti per una bovina isolata; quindi, il movimento dovrebbe avvenire per un gruppetto di vacche (R. J. Grant & Albright, 2001).

### **Introduzione nel gruppo di lattazione**

Anche dopo il parto, le bovine devono subire un nuovo cambio di ambiente per passare dal gruppo dell'asciutta (o periparto) al gruppo delle bovine in lattazione.

È noto come le bovine che subiscono un improvviso cambio di spazio e ambiente sociale durante il periodo circostante al parto possono esibire comportamenti alimentari inusuali e risultano essere più suscettibili alle patologie metaboliche (Bazeley and Pinsent, 1984).

Quando nel post parto le bovine, soprattutto le manze, vengono spostate nel gruppo dei capi in lattazione, si devono confrontare con un nuovo ambiente sociale, che può comportare un'aumentata aggressività nei confronti della nuova arrivata (Neisen et al., 2009). Le bovine di nuova introduzione, infatti, devono trovare al più presto la loro posizione nella gerarchia per poter massimizzare l'ingestione giornaliera, soprattutto se si trova nella prima fase della lattazione (R. J. Grant & Albright, 2001). Solitamente la

formazione della nuova gerarchia si stabilizza dopo una settimana (Schein & Fohrman, 1955).

Le conseguenze dell'introduzione di una singola bovina in un gruppo nuovo sono le stesse di quelle elencate nel paragrafo precedente, con l'aggiunta di una riduzione della produzione lattea (Von Keyserlingk et al., 2008).

Uno studio di Neisen et al. (2009) ha messo in evidenza come il benessere delle manze introdotte in coppia comporta un minor rischio in confronto a quelle introdotte singolarmente.

### **Valutazione dell'efficienza degli aspetti gestionali**

La qualità degli aspetti gestionali di ogni azienda è valutabile possibile grazie all'analisi dei sintetici collettivi riportanti i dati produttivi e riproduttivi della mandria.

Tra i parametri da considerare ci sono:

- Numero medio lattazioni;
- Media giorni di lattazione;
- Equivalente vacca matura (EVM);
- Produzione media annuale;
- Percentuale proteine e grasso nel latte;
- Conta delle cellule somatiche nel latte (SCC);
- Tempo di attesa volontario;
- Intervallo parto-prima inseminazione;
- Intervallo parto-concepimento;
- Intervallo interparto;
- Numero di inseminazioni per gravidanza per le vacche e per le manze;
- Età al primo parto;
- Tasso di riforma;
- Numero di vitelli morti per anno.

### 1.1.6 Stress

I fattori presi in considerazione nel paragrafo precedente (1.1.5) influiscono modificando le performance della mandria indirettamente, causando una riduzione del benessere dell'animale e un conseguente aumento dello stress (Bach et al., 2008).

Lo stress si ripercuote indirettamente sia sull'incidenza di patologie che sulla produzione latte dell'animale.

Una risposta fisiologica allo stress coinvolge l'asse ipotalamo-ipofisi-surrene (HPA) (Dallman et al., 1987) : lo stress provoca, infatti, rilascio dell'ormone corticotropo (ACTH) da parte dell'ipofisi e la successiva secrezione di glucocorticoidi da parte della ghiandola surrenale (Axelrod & Reisine, 1984), in particolare di cortisolo (Spencer & Deak, 2017).

Il cortisolo è responsabile di una serie di funzioni e regolazioni nell'organismo: influisce sull'attività lipolitica e proteolitica per mobilizzare le risorse energetiche, aumenta la gluconeogenesi, sopprime la reazione immunitaria ed alcuni effetti neurobiologici (Sapolsky et al., 2000).

Per il suo effetto antinfiammatorio il cortisolo viene definito come ormone immunosoppressivo (Aleri et al., 2016; Elenkov & Chrousos, 2002).

Durante il periodo del parto la bovina è sottoposta ad una disfunzione del sistema immunitario e ad un aumento dello stato infiammatorio (Coleman et al., 2021; Fiore et al., 2017; Looor et al., 2013; Lopreiato et al., 2020).

A causa dello stato sub-ottimale della risposta immunitaria, quindi, il periodo di transizione è considerato un periodo critico per lo sviluppo di patologie metaboliche e produttive (Goff & Horst, 1997b), ed un corretto *management* strutturale e gestionale possono contribuire a non aumentare il livello di stress degli animali (Bach et al., 2008).

Assieme al cortisolo, durante situazioni stressanti, la zona reticolata della ghiandola surrenale produce anche deidroepiandrosterone (dehydroepiandrosterone, DHEA) e il suo metabolita solfato, deidroepiandrosterone solfato (DHEA-S), in risposta all'aumento dell'ACTH. DHEA e DHEA-S sono precursori degli androgeni e sembra abbiano proprietà anti-ossidative ed antinfiammatorie (Kalimi et al., 1994; Maninger et al., 2009) ed un ruolo protettivo e riparativo sulle mucose (Maninger et al., 2009).

Anche il DHEA, quindi, subisce un innalzamento in seguito a fattori stressanti come, ad esempio, un aumento della densità di stabulazione durante il periodo di asciutta (Fustini et al., 2017).

Comunemente, il cortisolo e i suoi metaboliti possono essere misurati in differenti matrici come il sangue, la saliva, le urine e le feci (Cook, 2012).

La misurazione del cortisolo nel sangue è risultata essere un utile indicatore del livello di stress, ma il prelievo può creare un ulteriore stress nell'animale alterando così i risultati (Palme & Mostl, 1997). Un metodo alternativo per la determinazione della concentrazione di cortisolo che è stato utilizzato anche nella presente tesi, è la misurazione del cortisolo fecale. La misurazione del cortisolo fecale, infatti, è risultata essere una tecnica facile, non stressante e attendibile (Palme & Mostl, 1997). Un altro metodo innovativo per la misurazione del cortisolo a lungo termine è l'analisi della sua concentrazione a livello del pelo della bovina (Heimbürge et al., 2019; Meyer & Novak, 2012; Otten et al., 2023).

### **1.1.7 Ruolo gestionale dell'allevatore**

Un punto fondamentale per la prevenzione di patologie legate al periodo di transizione è la conoscenza che l'allevatore deve avere in merito a questo argomento poiché può influenzare il successo della gestione, come preso in considerazione in uno studio di Mills et al. (2020). In questo studio, tramite interviste ad allevatori e veterinari, è emersa la presenza di quattro principali limiti per la gestione del periodo di transizione:

- La mancanza di una definizione comune di “periodo di transizione” tra veterinari e allevatori e la difficoltà nell'interpretare le diverse fonti di informazioni;
- La carenza di motivazione e attitudine proattiva dell'allevatore rivolta al futuro a lungo termine riguardo alla salute del loro allevamento e quindi alla prevenzione;
- La difficoltà di applicazione di miglioramenti ai fattori influenzanti il periodo di transizione come la densità di allevamento e la formulazione di diete diversificate per ragioni economiche;

- Mancanza di applicazione dei consigli veterinari in termini di prevenzione, per abitudine nella gestione tradizionale o per differenti priorità.

Questo studio sottolinea quindi l'importanza della comunicazione tra veterinario e allevatore per raggiungere obiettivi comuni nel miglioramento della gestione del periodo di transizione.

## 1.2 Le patologie post-parto

La complessità delle interazioni dell'organismo viste fin ora aumenta il rischio di insorgenza di patologie metaboliche, uterine ed infiammatorie che risultano essere tipiche del complesso periodo di transizione. La loro incidenza si aggira tra il 30-40 % (Leblanc, 2010) e la loro identificazione precoce è fondamentale nel prevenire le perdite di produzione futura (Huzzey *et al.*, 2011).

Nella seguente tabella vengono elencate le principali patologie del post-parto rapportate alla loro incidenza e le perdite economiche di cui risentono le aziende.

Tabella 1. Definizione, incidenza e perdita economica delle patologie del periodo di transizione (Melendez e Risco, 2005).

Patologia	Segni clinici	Incidenza	Costo
Febbre da latte (collasso puerperale)	Deficienza di calcio che causa una disfunzione neuromuscolare progressiva con paralisi flaccida, collasso circolatorio e depressione del sensorio.	Mediana 6.5% Range 0.03%-22.3%	335 \$ per caso
Ritenzione placentare	Membrane fetali visibili nella regione vulvare o in vagina/utero per più di 24 ore dopo il parto.	Mediana 10.1% Range 2.2%-37.3%	285 \$ per caso
Metrite	Anormale scolo vaginale, cervicale o contenuto uterino.	Mediana 4.8% Range 1.3%-18.3%	Costi del trattamento, aumento dei days open e riforma
Chetosi	Primaria: diminuzione appetito, aumento di chetoni in latte, urine e respiro in assenza di altre patologie.	Mediana 4.8% Range 1.3%-18.3%	145 \$ per caso
Dislocazione abomasale sinistra	Diminuzione dell'appetito accompagnata da suono acuto timpanico (ping) auscultabile alla percussione della parete addominale sinistra tra la 9° e 12° costa.	Mediana 1.7% Range 0.35-6.3%	340 \$ per caso e perdita di latte pari a 250-2000 kg/lattazione
Cisti ovariche	Strutture lisce e tonde con diametri maggiori a 25 mm in una o entrambe le ovaie in una bovina non gravida.	Mediana 8% Range 1.0%-16%	39 \$ per caso
Zoppie	Episodio di andatura anormale attribuibile sia al piede che all'intero arto a seconda dell'eziologia o durata.	Mediana 7.0% Range 1.8%-30%	302 \$ per caso
Mastite	Secrezione di latte anormale visibile da uno o più quarti con o senza segni di infiammazione della mammella.	Mediana 14.2% Range 1.7%-54.6%	

### 1.2.1 Ipocalcemia e collasso puerperale

La bovina da latte subisce un brusco cambiamento del suo metabolismo in coincidenza con il momento del parto e l'inizio della lattazione passando dallo stato non produttivo a quello produttivo: le richieste di calcio da parte della mammella aumentano. In particolare, il colostro è caratterizzato da un alto contenuto di calcio e sembra che questo sia rimosso dal sangue più velocemente di quanto potrebbe essere rimpiazzato dalla mobilizzazione ossea o dall'integrazione dietetica di calcio (Goff et al., 2002).

La bovina può andare così incontro all'ipocalcemia clinica (collasso puerperale o *milk fever*) o subclinica, patologia metabolica che insorge solitamente entro 48-72 ore dal parto, con la maggior parte dei casi che insorge entro 24 ore dal parto (Kimura et al., 2006).

Nell'ipocalcemia clinica abbiamo un abbassamento dei valori di calcio totale sierico che diventa inferiore a 1.2 mmol/L mentre nell'ipocalcemia subclinica il suo valore si aggira tra 1.4 e 2.0 mmol/L (DeGaris & Lean, 2008).

Il rischio dell'insorgenza di una condizione di ipocalcemia aumenta in vacche con un BCS superiore a 3,5 (Heuer et al., 1999) e con l'aumento dei livelli produttivi.

La bovina affetta da ipocalcemia clinica grave (collasso puerperale), si presenterà a terra in quanto inadeguati livelli di calcio nel sangue possono causare l'incapacità di stare in stazione poiché il calcio è fondamentale per la funzione muscolare e nervosa; in caso di ipocalcemia moderata la bovina subirà un calo dell'ingestione alimentare, una riduzione della motilità del rumine e dell'intestino, una riduzione della produzione latte e un'aumentata suscettibilità ad altre patologie metaboliche ed infettive quali la dislocazione abomasale, le mastiti e le patologie connesse ad un marcato aumento della mobilizzazione di grasso (Goff, 2008).

Per quanto riguarda la prevenzione, si possono alimentare le bovine nel preparto con una dieta a basso contenuto di calcio che non soddisfi i fabbisogni dello stesso; in questo modo si viene a creare un bilancio negativo di calcio prima del parto che riesce a stimolare la secrezione di PTH e ad ottimizzare la capacità di assorbimento intestinale del calcio dopo il parto (Thilising-Hansen et al., 2002).

Alcuni studi norvegesi degli anni '60, invece, hanno evidenziato come per prevenire l'ipocalcemia si possa utilizzare una dieta anionica (*Dietary cation anion difference*,



DCAD): questa contiene alti livelli di sodio (Na) e potassio (K) e bassi livelli di cloro (Cl) e zolfo (S) e sembra migliorare l'omeostasi del calcio all'inizio della lattazione (Ender et al., 1971). Gli effetti positivi di questa dieta sono stati poi confermati da studi successivi (Goff, 2008, 2014; Goff & Horst, 1997a). L'incidenza di ipocalcemia post-parto può quindi essere ridotta grazie all'utilizzo della dieta anionica aumentando la concentrazione di calcio ematico al momento del parto e l'ingestione (Bani Hassan et al., 2018; Santos et al., 2019) migliorando anche la produzione latte (Lean et al., 2019). Per monitorare l'utilizzo di diete anioniche è possibile rilevare il pH delle urine che è un metodo economico ed accurato per la valutazione del pH ematico e quindi del livello di supplemento dei sali anionici nella dieta (Jardon, 1995). Con diete ricche in cationi si rileva un pH urinario maggiore di 8.2, mentre con l'utilizzo di diete con DCAD negativo il range ottimale di pH urinario va dal 6.0 al 7.0. (Jardon, 1995).

### **1.2.2 Ritenzione placentare**

Solitamente, dopo il parto, la bovina espelle normalmente le membrane fetali entro 12 ore (Drillich et al., 2006), con un 66% di bovine che completa questa fase entro le 6 ore (van Werven et al., 1992).

Quando questo non avviene ci si può trovare di fronte ad una situazione di ritenzione placentare, definita come la presenza di involgii fetali al di fuori della vulva e/o la presenza di essi in vagina o utero 24 ore dopo il parto, la cui incidenza variabile si aggira attorno ad una mediana dell'8.6% (Kelton et al., 1998).

La ritenzione placentare si verifica in seguito al mancato distacco tra caruncole e cotiledoni dopo la fase espulsiva del feto. L'espulsione della placenta, infatti, è un processo complicato che coinvolge il collasso della circolazione feto-placentare, la maturazione della placenta e molti componenti della risposta immunitaria (segnali infiammatori, apoptosi e fagocitosi) che provocano una rottura della matrice extracellulare che mantiene il legame epiteliale tra feto e madre durante la gestazione (Hansen, 2013; Strey et al., 2012).

Durante il periodo di transizione la bovina si trova in uno stato di immunodepressione in aggiunta ad una disfunzione delle cellule leucocitarie (Mordak & Anthony, 2015). Queste condizioni fanno sì che la normale efficienza della risposta immunitaria e

l'espulsione delle membrane fetali siano ridotte risultando in un rischio di ritenzione placentare (Kimura et al., 2003).

Tra i fattori di rischio associati allo sviluppo di questa condizione troviamo: età, distocia, parti gemellari, aborto, aumento della concentrazione sierica preparto dei NEFA, induzione del parto e febbre da latte (Correa et al., 1993; Grohn & Rajala-Schultz, 2000; Sandals et al., 1979).

Le conseguenze di questa condizione sono: un calo della produzione latte (Dubuc et al., 2011), un incremento della durata dell'intervallo tra l'estro e la prima inseminazione, un aumento del numero di inseminazioni necessarie per il concepimento, un minor tasso di concepimento ed un maggior rischio per lo sviluppo di metriti (LeBlanc, 2008).

### **1.2.3 Chetosi e steatosi epatica**

Come visto in precedenza, una delle principali patologie che caratterizza l'immediato post-parto delle bovine da latte è la chetosi (o acetonemia), caratterizzata da un aumento dei corpi chetonici nel sangue che insorge nella maggioranza delle bovine da latte anche a causa dell'aumento costante della produzione latte (Baird et al., 1974).

L'incidenza è massima nella prima settimana post-partum ed in diminuzione dopo il primo mese di lattazione (Tatone et al., 2017).

Durante l'inizio della lattazione, infatti, la quantità di energia richiesta per il mantenimento dell'organismo e per la produzione latte eccede la quantità di energia assunta con la dieta, provocando una mobilitazione del grasso corporeo per utilizzarlo come risorsa energetica (Goff & Horst, 1997b).

Non è una patologia che colpisce solo le vacche più deperite, ma colpisce anche e soprattutto quelle grasse (Baird et al., 1974). Si è visto, infatti, come le bovine con un BCS più elevato presentano adipociti più grandi e sono predisposte ad un'eccessiva mobilitazione del grasso dovuto ad un'attività lipolitica basale maggiore (J. de Koster et al., 2016). Per questo motivo è importante non avere vacche grasse al parto in modo da non aumentare il rischio di chetosi (Baird et al., 1974). Questa mobilitazione delle riserve energetiche avviene tramite la lisi del tessuto adiposo ed è un meccanismo fisiologico di adattamento in risposta a una diminuita disponibilità di energia e nutrienti (Contreras et al., 2010). In uno studio di Contreras et al. (2010), infatti, è stato visto come

le lipasi presenti nel tessuto adiposo convertano i trigliceridi in glicerolo e acidi grassi non esterificati che vengono poi trasportati dallo spazio extracellulare al sangue grazie all'albumina.

Con la mobilitazione del tessuto adiposo si ha un conseguente aumento dei livelli di NEFA nel torrente ematico (Busato et al., 2002). Come illustrato in precedenza, questi vengono solitamente  $\beta$ -ossidati ad Acetil-CoA da parte degli epatociti. Quando l'acetil-coA eccede la capacità del ciclo per la completa ossidazione, la produzione di corpi chetonici e la deposizione di trigliceridi a livello epatico aumentano (White, 2015). Tra i principali corpi chetonici ricordiamo: acido aceto acetico, acetone e  $\beta$ -idrossibutirrato (BHB). Il principale corpo chetonico presente nel sangue della bovina da latte in transizione è il BHB e per questo motivo viene utilizzato, assieme alla concentrazione di NEFA, per il monitoraggio di questo periodo critico e della chetosi in particolare (Bell, 1995).

Uno dei fattori incidenti questa patologia metabolica è lo stress dovuto a un errato management aziendale che può ridurre ulteriormente l'ingestione di sostanza secca della bovina peggiorando lo stato energetico negativo in cui si trova (Esposito et al., 2014).

Storicamente, questa patologia veniva classificata in primaria e secondaria in base a quando insorgevano i primi sintomi e in base alla presenza di altre patologie concomitanti (Herdt, 2000). Oggi, invece, si preferisce utilizzare la classificazione in chetosi clinica e subclinica (Gordon et al., 2013). Gli stessi autori, infatti, suggeriscono che la chetosi clinica è caratterizzata da un aumento di corpi chetonici nel sangue, nel latte e nelle urine e dalla presenza di segni clinici quali inappetenza, rapida perdita di peso e feci secche; mentre la chetosi subclinica è definita come l'aumento di corpi chetonici nel sangue, nel latte e nelle urine con *outcom* negativi ma senza la presenza di evidenti segni clinici.

L'incidenza della chetosi clinica attesa, a seconda dei metodi di monitoraggio usati e la loro frequenza di utilizzo, è tra il 2% e il 15% nel primo mese di lattazione, mentre si aggira attorno al 40% l'incidenza cumulativa della forma subclinica nello stesso periodo di tempo se il monitoraggio è settimanale (Duffield, 2000).

Ricerche hanno mostrato che la concentrazione di BHB uguale o superiore a 1.2 mmol/L nelle prime due settimane post-parto aumenta il rischio di patologie, di riforma e di una diminuzione della produzione latte (Chapinal et al., 2011a, 2012; Ospina et al., 2010a, 2010b).

I NEFA che non sono  $\beta$ -ossidati vengono ri-esterificati a trigliceridi dai mitocondri e in uno stato di bilancio energetico negativo questo processo può esitare in un accumulo nel fegato (Figura 2), provocando così una condizione di steatosi o lipidosi epatica (*fatty liver*) che causa un'alterazione della funzione epatica (Drackley, 1999) con un conseguente aumento di ALT e bilirubina. Anche questa patologia si manifesta durante le prime settimane di lattazione, ma può essere molto pronunciata anche poco dopo il parto (Gross et al., 2013). Questa può essere classificata in lieve, moderata o severa lipidosi in base allo stato generale di salute dell'animale (Wensing et al., 1997).

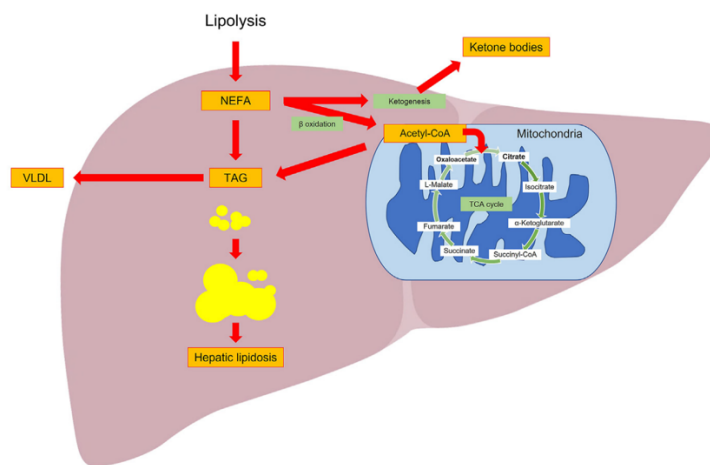


Figura 3. Metabolismo degli acidi grassi mobilizzati nel ciclo dei trigliceridi e sviluppo della lipidosi epatica (Gross, 2023).

L'incidenza nel primo mese di lattazione è stata stimata essere attorno al 10% per quanto riguarda una severa lipidosi, mentre un 40% degli animali si stima possano avere una lipidosi moderata (Bobe et al., 2004b), con una percentuale totale di animali caratterizzati da un rialzo della concentrazione lipidica nel fegato attorno al 50-60% (Jorritsma et al., 2000).

Questa patologia provoca un aumento dei costi veterinari ed un peggioramento delle performance riproduttive e produttive (Gross, 2023).

Per prevenire queste due patologie metaboliche, quindi, come visto in precedenza, è necessario evitare perdite eccessive di BCS durante il peri-parto (Roche et al., 2009).

#### **1.2.4 Metrite**

Con il parto, l'utero della bovina può entrare in contatto con vari patogeni che possono contaminare l'organo, ma questa condizione non è sempre associata ad una manifestazione clinica (Sheldon et al., 2006). Infatti, la maggior parte delle bovine elimina questa contaminazione batterica entro le successive cinque settimane mentre in circa il 10% degli animali si sviluppa un'endometrite. (Griffin et al., 1973).

La maggior parte delle infezioni uterine post-parto è causata dalla contaminazione batterica del lume uterino dopo il parto (Sheldon & Dobson, 2004). I principali batteri identificati e associati alle endometriti e alle principali patologie uterine sono *Arcanobacterium pyogenes*, *Escherichia coli*, *Fusobacterium necrophorum* e *Prevotella melaninogenicus* (E. J. Williams et al., 2005).

Questo dipende sia dalla condizione immunitaria della bovina che dalle caratteristiche dei batteri presenti (Sheldon et al., 2006). La compromissione della funzione dei neutrofili e dei leucociti mononucleati durante il periodo di transizione, infatti, sembra essere correlato all'aumento del livello di NEFA nel sangue che, assieme al BHB, sembrano essere immunodepressivi (Lacasse et al., 2018).

Questa condizione viene definita come "metrite puerperale" riferendosi ad una patologia sistemica acuta causata da un'infezione batterica, di solito nei primi dieci giorni dopo il parto (Drillich et al., 2001), caratterizzata da un anormale aumento del volume dell'utero, scolo vaginale rosso-brunastro, segni sistemici e una temperatura rettale che supera i 39.5 °C (Sheldon et al., 2006).

La presenza di batteri in utero può provocare danni all'endometrio in quanto possono causare infiammazioni o lesioni, ritardando l'involuzione uterina e successivamente una minor sopravvivenza dell'embrione (Bonnett et al., 1991; Semambo et al, 1991). Per questo motivo è una patologia importante da non sottovalutare poiché le sue implicazioni sono da associare ad una riduzione del tasso di concepimento, ad un

aumentato intervallo tra parto e concepimento ed un aumento del tasso di rimonta a causa dell'eliminazione di bovine per problemi di fertilità (Griffin et al., 1973; LeBlanc et al., 2002). Inoltre, l'infezione uterina ha un impatto sull'asse ipotalamo-ipofisi-ovaie causando una alterazione dello sviluppo del follicolo ovarico, dell'ovulazione e della funzione del corpo luteo (I.M. Sheldon et al., 2002; E. J. Williams et al., 2007).

Vista l'importanza della patologia è quindi consigliato un trattamento antibiotico (Beagley et al., 2010).

La diagnosi di questa condizione, soprattutto in caso di endometrite subclinica, può essere effettuata tramite la conta neutrofila al microscopio con un campione raccolto tramite l'utilizzo di un citobrush (Gabai et al., 2019).

#### **1.2.5 Dislocazione abomasale**

La dislocazione abomasale è una patologia caratterizzata dalla dislocazione dell'abomaso dalla sua posizione normale verso la parte destra dell'addome (dislocazione abomasale destra) o verso la parte sinistra (dislocazione abomasale sinistra), la più frequente (Caixeta et al., 2018). Questa condizione è tipica del periodo di transizione poiché più della metà dei casi si sviluppa entro le prime due settimane dal parto, mentre l'80% dei casi si sviluppa entro il primo mese di lattazione (Trent, 1990). L'eziologia di questa condizione è multifattoriale ed i cambiamenti che incorrono nel periodo di transizione sembrano essere coinvolti nella sua patogenesi (Figura 3).

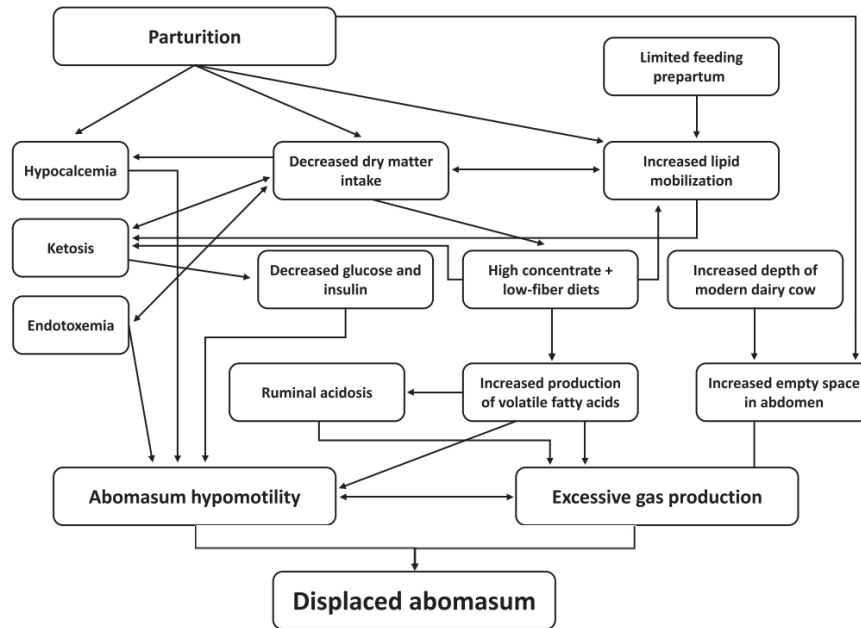


Figura 4. Rappresentazione schematica della patogenesi multifattoriale della dislocazione abomasale (Caixeta et al., 2018).

Alla base della patogenesi possiamo trovare un'atonía abomasale dimostrata da Geishauser et al. (1998). Questa è frequentemente causata da una situazione di ipocalcemia, tipica condizione del post-parto, poiché il calcio è fondamentale per una corretta contrazione della muscolatura liscia e per la trasmissione dell'impulso neuromuscolare (Chapinal et al., 2011b; Massey et al., 1993; Pearson, 1983).

Un altro elemento favorente la dislocazione abomasale è la produzione e l'accumulo di grosse quantità di gas all'interno dell'abomaso, condizione che può essere favorita dalla dieta ad alto contenuto energetico (abbondanti concentrati) e a basso quantitativo di fibre, tipica del primo periodo post-parto (Doll et al., 2009; Shaver, 1997). Queste diete, inoltre, facilitano l'aumento della produzione di acidi grassi volatili da parte del rumine a cui consegue una diminuzione del pH ruminale ed un incremento della sua pressione osmotica; gli acidi grassi volatili arrivano così nell'abomaso innalzando il suo pH (Caixeta et al., 2018), condizione che favorisce le fermentazioni al suo interno con la produzione di metano e diossido di carbonio che favoriscono la dilatazione dell'abomaso (Van Winden et al., 2002).

Un ulteriore fattore di rischio è lo spazio in addome che si crea immediatamente dopo al parto per la diminuzione drastica del volume uterino, il quale permette un più facile spostamento dell'abomaso (Caixeta et al., 2018).

La diagnosi della dislocazione abomasale si basa sulla presenza dei segni clinici e sull'auscultazione e percussione dell'addome: tra i segni clinici caratteristici abbiamo un calo dell'ingestione alimentare accompagnata da un calo della produzione latte; con l'auscultazione si può rilevare il patognomonico "ping" causato dalla distensione gassosa dell'organo; con la palpazione rettale, infine, si può percepire un'importante distensione dell'organo a destra o sinistra (Niehaus, 2016).

Un buon management dell'azienda con un'ottima gestione del periodo di transizione, un'alta qualità di nutrizione ed un buon comfort per gli animali sono stati riportati come fattori che riducono il rischio di dislocazione abomasale sotto la soglia dell'1% (Caixeta et al., 2018).

### **1.2.6 Mastiti**

Le mastiti sono un'altra patologia frequente nella bovina da latte e la maggior parte di queste si sviluppa nel primo mese di lattazione (Smith et al., 1985). I principali fattori di rischio per l'incidenza di questa patologia durante il primo periodo post-parto sono la presenza di batteri a livello del capezzolo mammario, il livello di efficacia dei meccanismi di protezione presenti a livello del capezzolo stesso e i meccanismi difensivi della mammella (Sordillo, 2005).

Il rischio più elevato si è evidenziato essere nell'ultimo periodo dell'asciutta e durante l'involutione mammaria (Oliver & Sordillo, 1988). Durante il periodo dell'asciutta, infatti, la mammella subisce un processo di involuzione dove l'epitelio secretorio va incontro ad apoptosi, si rimodella e si rinnova per essere pronto ad una prossima lattazione (Strange et al., 1995). Inoltre, solitamente, il capezzolo si chiude con un tappo di cheratina con proprietà batteriostatiche, ma in uno studio si è osservato che nel 23% dei casi lo si può trovare ancora aperto dopo 6 settimane dalla messa in asciutta (Dingwell et al., 2004).

La causa dello sviluppo di questa patologia nella prima fase post-partum è da ricercare nello stato immunodepressivo in cui si trova la bovina nella fase di transizione dovuto



ad una alterazione della funzione dei neutrofili (Kehrli et al, 1989; Nagahata et al., 1988) causata anche alla concentrazione elevata di NEFA e BHB (Lacasse et al., 2018) oltre ad un elevato aumento del livello di cortisolo in corrispondenza del giorno del parto (Burton et al., 2005).

Un'altra causa sembra essere associata allo stato di ipocalcemia in cui si può trovare una bovina da latte nei primi giorni post-parto poiché una ridotta concentrazione di calcio provoca una ridotta contrazione della muscolatura liscia degli sfinteri dei capezzoli dopo la mungitura facilitando la colonizzazione batterica (Goff & Horst, 1997b).

Tra i vari fattori per la prevenzione delle mastiti rientrano anche i fattori gestionali, oggetto della presente tesi. Fornire, infatti, un ambiente pulito, confortevole e ventilato è estremamente importante per la prevenzione delle mastiti post-parto (Green et al., 2007).

### **1.3 Limiti per la produzione lattea**

Oltre ai fattori limitanti la salute degli animali vi sono anche fattori che influiscono la produzione lattea, fattore importante per l'economia aziendale. Tra questi troviamo fattori limitanti e fattori riducenti dei quali sottolineeremo i più rilevanti e i loro effetti sulle performance degli animali.

#### **Fattori limitanti**

Molti studi prendono in considerazione i fattori alimentari come i principali fattori che influiscono sulla produzione lattea e sulle performance riproduttive dell'azienda.

Tra i principali fattori limitanti la produzione lattea, i più citati in letteratura, ci sono:

- Qualità della dieta intesa come capacità di ottimizzare le fermentazioni ruminanti;
- Quantità di alimento ingerita intesa come risultante delle tecniche di gestione della dieta in stalla.

#### **Fattori riducenti**

Da molti studi (Bach et al., 2008; Jordan & Fourdraine, 1993; Losinger & Heinrichs, 1996; Spahr, 1993) è emersa l'importanza delle relazioni tra il *management* e le performance della mandria.

A parità di fattori limitanti, le aziende si differenziano tra loro per la produzione lattea a causa dei fattori riducenti che prendono in considerazione le principali conseguenze ad un errato o non adeguato *management* (Bach et al., 2008). Bach et al. (2008), infatti, evidenziano una variazione di circa 13 kg sul latte prodotto giornalmente che può essere attribuita solo a fattori non alimentari.

Tra questi possiamo trovare:

- Stress;
- Competitività;
- Densità;
- Reattività all'operatore;
- Stress da caldo.

Per quanto riguarda lo stress, già trattato precedentemente, recentemente si è visto come questo influisca anche sulla produzione lattea. La concentrazione di cortisolo nel pelo è risultata essere, infatti, correlata positivamente alla produzione lattea (Braun et al., 2022).

In uno studio di Otten et al. (2023) si è analizzata la concentrazione di cortisolo nel pelo durante la lattazione ed è stato evidenziato un picco in corrispondenza del 200° giorno: questo aumento potrebbe essere dovuto all'elevata richiesta energetica causata dall'elevata produzione. Si è visto però un aumento del cortisolo anche nelle bovine con la più bassa produzione lattea (Burnett et al., 2015). Questo può essere spiegato dall'attivazione dell'asse ipotalamo-ipofisi-surrene indotta dallo stress che porta ad effetti del cortisolo sull'eiezione del latte e la mobilitazione energetica (Tallo-Parra et al., 2018).

Un altro fattore importante per la salute della bovina, ma anche per la sua produzione lattea delle bovine è la competizione in quanto questa impatta sull'ingestione alimentare che riduce direttamente la quantità di latte prodotta (R. J. Grant & Albright, 2001).

Il sovraffollamento ha conseguenze negative anche sulla produzione diminuendola (Bach et al., 2008; R. Grant & Miner, 2007). Inoltre, questo provoca una riduzione significativa della produzione di grasso e proteina del latte, della concentrazione delle proteine totali, della caseina e delle proteine del siero; ne consegue quindi un deterioramento delle caratteristiche di lavorazione (O'Brien et al., 1999).

Questa riduzione è stata quantificata in vari studi:

- Si ha una perdita lineare di 0.52 kg/d di latte per un aumento del 10% nella densità calcolata come vacca per cuccetta (SSD) (Bach et al., 2008);
- È stata riportata una relazione negativa di 1.68 kg/d di latte per ogni riduzione di un'ora di decubito (R. Grant & Miner, 2007);
- Si può riscontrare una perdita di 0.57 kg/d di latte per un aumento del 100% di SSD (De Vries et al., 2016).

Questa riduzione della produttività può essere causata da due motivi: se aumenta la densità e quindi la competitività, alcune bovine saranno impossibilitate ad alimentarsi e la loro ingestione alimentare diminuirà; in secondo luogo, un aumento della densità provoca una risposta esagerata del cortisolo all'aumento dell'ACTH che diminuisce la produzione (Fustini et al., 2017).

L'economia della densità di allevamento segue la legge economica dei rendimenti marginali decrescenti (Lusk & Norwood, 2011). De Vries et al. (2016) illustra come ogni vacca addizionale aggiunta in un box di bovine in lattazione genera un ricavo (latte, vitelli, rimonta) ad un costo che varia con la vacca (costi variabili: costo per alimenti, sala mungitura, mano d'opera); inoltre ci sono dei costi fissi che non sono influenzati dal numero di vacche presenti in un box. Ogni vacca aggiunta, inoltre, riduce le performance delle altre vacche già presenti. L'ottima densità per cuccetta in termini economici è raggiunta quando i ricavi marginali del box eguagliano i costi marginali di quel box; aggiungendo un ulteriore animale nel box implicherebbe un ricavo minore dei costi e il profitto dell'azienda diminuirebbe.

### **Reattività all'operatore**

Un altro aspetto importante che influisce sul benessere degli animali e quindi sulla loro produzione è il rapporto che gli animali instaurano con l'uomo. Un buon rapporto con l'essere umano, infatti, non è solo un discorso etico, ma questo influisce anche sulla produzione lattea come si evidenzia in uno studio di Kutzer et al. (2015) dove la qualità del rapporto uomo-animale è stata misurata con l'"*Avoidance Distance Test*" ed altri indicatori di paura: la produzione totale e la quantità percentuale di grasso e proteine sono risultate essere ridotte negli animali che si avvicinavano meno all'operatore.

L'interazione tra umano e animale diventa più frequente durante l'introduzione della bovina nel gruppo di lattazione, durante il parto e durante la mungitura (Hemsworth et al., 1989). In uno studio è stato evidenziato come alcune bovine, durante la mungitura, possono sottrarsi o addirittura calciare (Willis, 1983) e questa risposta è, probabilmente, una reazione all'interazione con l'uomo (Hemsworth & Barnett, 1987).

In uno studio di Hemsworth et al. (1989) è stato dimostrato come le bovine primipare che hanno ricevuto un breve ma intenso contatto (visivo, olfattorio e forse anche tattile)

con l'uomo al momento del parto, riducono quegli atteggiamenti di sottrazione e calci alla mungitura; inoltre, sembra che questi atteggiamenti siano diminuiti a causa della minor paura sviluppata nei confronti dell'essere umano dimostrata da una minor concentrazione di cortisolo nel latte.

È stato dimostrato che le manze allenate al contatto umano esibiscono meno segni di stress durante la mungitura rispetto a quelle che hanno avuto scarsi rapporti umani (Kutzer et al., 2015).

Anche l'abitudine al contatto umano è quindi un fattore da prendere in considerazione per migliorare il *management* della stalla e quindi la sua produttività.

### **Stress da caldo**

I fattori strutturali sono molto importanti durante il periodo di transizione sia per quanto riguarda l'incidenza di patologie che per la produzione lattea. Un altro fattore riducente la produzione, infatti, è lo stress da caldo che può insorgere nelle bovine stabulate ad alte temperature senza la presenza di sistemi di ventilazione e raffrescamento.

Lo stress da caldo è definito come il fallimento nel dissipare calore corporeo per mantenere il proprio equilibrio termico (Alves et al., 2014). Solitamente la temperatura corporea degli animali è mantenuta dal sistema termoregolatore entro 1°C dalla sua normalità in condizioni ambientali che non creano un grave stress da calore (Berman et al., 1985).

Lo stress da calore può essere misurato dall'indice temperatura-umidità (Temperature-Humidity Index, THI) ed è noto come questo causi un impatto negativo sul welfare dell'animale, sulle performance e sull'economia dell'azienda (Sejian et al., 2018; Tao et al., 2020).

Le risposte adattative allo stress da caldo includono una ridotta ingestione alimentare, un aumento della frequenza respiratoria, l'ansimare, la ricerca di ombra, l'aumento della frequenza di abbeveraggio, vasodilatazione e quindi alterate performance produttive e riproduttive (Sammad et al., 2020). Tra questi, l'ingestione alimentare diminuita è uno dei fattori principali che può spiegare la perdita di produzione che si può avere in una condizione di stress da caldo (West, 2003).

Il range tra i 25 e i 26°C è risultato essere il limite di temperatura superiore al quale la bovina di razza frisona mantiene la stabilità della sua temperatura corporea; sopra a questo limite la produzione di latte diminuisce (Berman et al., 1985).

In uno studio è stato evidenziato come anche in un allevamento che utilizza un sistema di mungitura automatico, la produzione può diminuire se le vacche sono sottoposte a uno stress da caldo (soprattutto nei giorni precedenti) a causa della diminuita motivazione di raggiungere il robot di mungitura data da una diminuzione dell'attività in generale (Morales-Piñeyrúa et al., 2022).

L'installazione di sistemi di ventilazione e raffrescamento, quindi, sono suggeriti per migliorare non solo il benessere e la salute degli animali, ma anche per migliorare la loro produzione.

## 2 Obiettivi

L'obiettivo della presente tesi è quello di svolgere un'analisi del rischio dei fattori gestionali riguardanti il periodo di transizione ed influenzanti l'insorgenza di patologie nel post-parto.

In particolare, lo scopo è quello di suddividere le aziende coinvolte nello studio sulla base dell'incidenza di patologie e capire come i fattori strutturali e gestionali possano condizionare i parametri produttivi e riproduttivi e la salute delle bovine da latte.

Inoltre, con l'analisi del cortisolo fecale e del pelo, lo scopo è quello di capire se esiste una relazione tra lo stress accumulato durante il periodo di transizione e le patologie che possono insorgere nel post-parto.

Nello specifico si è voluto andare ad analizzare le conseguenze di:

- Struttura e spazi dell'azienda;
- Dimensioni e caratteristiche dei box delle diverse fasi produttive partendo dalla vitellaia passando alla stabulazione delle manze, alle bovine in asciutta, alle bovine in parto per arrivare alle vacche in lattazione;
- Gestione dell'allevamento;
- Reattività all'essere umano.





## **3 Materiali e metodi**

### **3.1 Caratteristiche aziendali e disegno sperimentale**

Lo studio riguardante la presente tesi rientra in una ricerca più ampia relativa ai fattori condizionanti l'insorgenza delle patologie nel post-parto della vacca da latte: oltre ai fattori gestionali presi in considerazione in questo lavoro, sono stati analizzati anche i fattori condizionanti quali metabolismo e alimentazione.

La raccolta dati si è svolta da febbraio 2022 a giugno 2022 per una durata totale di cinque mesi. I dati sono stati raccolti da tre tesisti e un borsista coinvolti nell'intero progetto affiancati dai veterinari aziendali degli allevamenti coinvolti che hanno eseguito le valutazioni cliniche specifiche.

Sono state interessate un totale di 17 aziende di bovine da latte a stabulazione libera di varie dimensioni: in dieci di queste erano presenti solo bovine di razza Frisona Italiana, mentre nelle restanti erano allevate, oltre alle Frisone, anche altre razze, con una predominanza di razza Bruna. Per lo studio in esame sono state prese in considerazione solo le bovine di razza Frisona.

Di queste aziende, undici erano ubicate nella provincia di Vicenza, cinque nella provincia di Padova e una nella provincia di Treviso.

Nella prova sono stati coinvolti un totale di 221 animali che sono stati seguiti dall'ultima fase dell'asciutta, più precisamente da circa 7 giorni preparto ( $\pm 3$  giorni), fino alla fine del periodo di transizione a circa 21 giorni post-parto ( $\pm 3$  giorni). Nella fase post-parto sono stati eseguiti due campionamenti: il primo a 7 giorni ( $\pm 3$ ) e il secondo a 21 giorni ( $\pm 3$ ).

### **3.2 Rilievi aziendali**

Per valutare le caratteristiche di ogni azienda è stato consegnato agli allevatori un questionario (allegato I) il quale prendeva in considerazione le caratteristiche di tutti i gruppi presenti: dai vitelli, alle manze, ai capi in asciutta ed alle bovine in lattazione.

In questo modulo venivano raccolte le seguenti informazioni:

- anagrafica dell'allevatore;
- dati aziendali generali (numero di capi per ogni gruppo, razza, etc.);

- tipologia di stabulazione e caratteristiche di ogni box;
- sistema di mungitura;
- modalità di gestione di ogni gruppo;
- modalità di gestione dei parti e del periodo di transizione;
- modalità di gestione dei vitelli;
- considerazioni generali sul proprio allevamento.

Sono stati inoltre raccolti i dati riproduttivi della mandria riguardante l'ultimo anno (2021) andando a consultare i sintetici collettivi sul portale "Si@alleva".

Per quanto riguarda i rilievi strutturali si è provveduto alla misurazione delle dimensioni dei box, delle cuccette e del fronte mangiatoia di ogni gruppo, tramite un metro laser (BOSCH DLE 50, Robert Bosch S.p.A., Gunzenhausen-Schlungenhof, Germany; range: 0-30 m, precision  $\pm 1.5$  mm).

Alla fine della prova è stato fatto compilare un questionario anche ai veterinari aziendali per la valutazione sanitaria generale di ogni azienda (allegato II). È stata analizzata la rilevanza di alcune delle più frequenti problematiche all'interno di un'azienda di bovine da latte tra cui: fertilità, zoppie, dismetabolie postparto, metriti/endometriti, ritenzione di placenta, dislocazioni dell'abomaso e la presenza di cisti ovariche.

### **3.3 Rilievi sugli animali**

#### **Periodo preparto**

Durante il campionamento nei 7 giorni precedenti al parto (T1) sono stati raccolti i dati generali dell'animale, in particolare la marca auricolare, se si trattasse di una vacca o di una manna, la data di inserimento nel gruppo preparto e la densità di animali per box. Sono stati poi misurati l'ADT, il pH urinario, il BCS e la circonferenza toracica.

L'ADT, "avoidance distance test", è la distanza alla quale l'animale reagisce all'avvicinarsi dell'operatore ed è stata misurata con un metro laser (BOSCH DLE50®, Robert Bosch S.p.A., Gunzenhausen-Schlungenhof, Germany; range: 0-30 m, precision  $\pm 1.5$  mm). Questo test è stato effettuato prima di entrare in contatto con la bovina per non alterarne i risultati. È stato puntato il laser al centro della fronte dell'animale mentre era

in stazione ed in cattura in mangiatoia, avvicinandosi gradualmente con una velocità di circa un passo al secondo e partendo da una distanza di circa quattro metri. Quando l'animale ritraeva la testa o la ruotava, l'operatore si fermava immediatamente e veniva misurata la distanza tra il metro laser e la fronte dell'animale. Se l'operatore arrivava a toccare l'animale ma questo si ritraeva entro 5 secondi, veniva attribuita ADT pari a 0,5 metri; se invece l'operatore riusciva a mantenere il contatto con l'animale per più di 5 secondi l'ADT segnato era pari a 0 metri. Il test utilizzato è in accordo con lo studio di Kutzer et al. (2015) che riprende la procedura messa a punto da Waiblinger et al. (2003) e validato da Windschnurer et al. (2008).

Il pH urinario è stato valutato con l'utilizzo di cartine tornasole (Combi Screen Sys Plus® 11 parametri) dopo il prelievo di urine tramite stimolazione manuale della zona perianale. Questo è risultato essere un metodo accurato, pratico e a basso costo per la misurazione del pH urinario nelle bovine nel periparto (Constable et al., 2019).

Il BCS, "Body condition score", è stato valutato secondo il procedimento messo a punto da Ferguson e i suoi collaboratori dell'Università della Pennsylvania. Si basa su una scala da 1 a 5 con intervalli di 0.25, dove 1 indica uno stato di eccessiva magrezza, mentre 5 corrisponde ad un animale eccessivamente grasso (Ferguson et al., 1994). Il punteggio viene attribuito dopo un'ispezione laterale della bovina per valutare l'angolatura tra l'ala dell'ileo e la tuberosità ischiatica. Si procede poi con un'ispezione posteriore ed un'eventuale palpazione di alcune regioni: zona dell'ileo, tuberosità ischiatiche e coxali, coste, legamenti sacrale e della testa della coda.

Infine, sono stati eseguiti i campionamenti ematici e di pelo.

La misurazione della concentrazione del cortisolo nel pelo è una recente tecnica per la valutazione dello stress a lungo termine degli animali (Heimbürge et al., 2019) rispetto alla misurazione del livello di cortisolo nel sangue, feci, urina o saliva che valuta la concentrazione fino ad un massimo di due giorni precedenti (Meyer & Novak, 2012; Novak et al., 2013). Il cortisolo estratto dal pelo, infatti, rappresenta un valore integrato del cortisolo circolante retrospettivo durante la crescita del pelo (Meyer & Novak, 2012).

Questo è dovuto alla fisiologica crescita del pelo, alla vascolarizzazione del pelo e ai meccanismi di accumulo del cortisolo che sono associati (Gow et al., 2010; Koren et al., 2002; Stalder & Kirschbaum, 2012).

Il prelievo del pelo è stato eseguito dalla zona della nuca di ogni animale con un rasoio elettrico prelevando solo campioni di colore nero poiché si è visto come i campioni di colore nero contengono una più alta concentrazione di cortisolo rispetto ai campioni di colore bianco dello stesso animale (Otten et al., 2023).

I campioni sono stati poi conservati refrigerati fino all'analisi del livello basale di cortisolo degli animali in prova, presso il laboratorio "*Unit of Physiology, Pathophysiology and Experimental Endocrinology Department of Biomedical Sciences University of Veterinary Medicine*" a Vienna (Austria) dove è stato estratto il cortisolo.

Per ogni animale sono stati raccolti tre campioni di sangue dai vasi coccigei con un vacutainer (Vacuette®): due con provette contenenti litio-eparina mentre l'altro in una provetta senza anticoagulante. I campioni sono stati trasportati refrigerati e consegnati lo stesso giorno all'Istituto Zooprofilattico Sperimentale delle Venezie e ai laboratori dell'Università degli Studi di Padova con sede in Agripolis (Legnaro).

Nei laboratori dell'Università, immediatamente dopo la consegna, i campioni sono stati centrifugati a 3000 giri per 10 minuti per l'estrazione del siero che è stato poi conservato a -20°C in Eppendorf da 1,5 mL fino all'analisi biochimica.

Da questi campioni si sono ottenute le seguenti misurazioni:

- Profilo metabolico base;
- BHB (beta-idrossibutirrato).

L'Istituto zooprofilattico ha provveduto al controllo dei seguenti parametri:

- NEFA (mEq/L);
- B-OHB (mmol/L);
- Bilirubina ( $\mu\text{mol/L}$ );
- AST (U/L).

### **Primo campionamento post-parto**

Il primo campionamento post-parto (T2) si è svolto a distanza di  $7 \pm 3$  giorni dal parto. In questa fase i dati raccolti riguardavano la data del parto, l'ADT, il BCS e il valore della produzione lattea in quel momento.

A questo punto della prova si è poi analizzata la condizione uterina post-parto, a seguito della valutazione dei veterinari aziendali sulla presenza o assenza di una metrite clinica, della tipologia di lochiazioni post-parto, classificate in normali o anormali, ed eventuali altre patologie in corso. Quest'ultimo esame è stato eseguito tramite esplorazione transvaginale mediante l'uso di uno speculum.

Anche in T2 sono stati raccolti 3 campioni ematici dai vasi coccigei (due provette con litio-eparina e una senza anticoagulante).

In aggiunta è stato eseguito anche un prelievo di feci per la successiva valutazione del livello di cortisolo. Quest'ultimo è stato raccolto per via transrettale e trasportato in una provetta Falcon a temperatura di refrigerazione fino al laboratorio. Al loro arrivo i campioni sono stati poi immediatamente congelati.

Nei laboratori dell'università degli studi di Padova, con sede a Legnaro, è stata svolta la procedura per l'estrazione del cortisolo dalle feci (Faecal Cortisol/Corticosterone Metabolites, FCM) secondo la procedura utilizzata da Palme (2019).

L'estrazione veniva fatta pesando 0.5 g di feci bagnate alle quali vengono aggiunti 5 ml di metanolo all'80%. Il campione veniva poi messo in un multi-vortex per 1-2 minuti e successivamente in centrifuga per 15 minuti a 2500 giri. Questo veniva fatto per preparare il campione ad essere sottoposto ad un saggio immunologico enzimatico 11-oxoetiocholanolone, che misura 11,17-diosandrostani (Palme, 2019). Dopo l'estrazione la procedura di analisi continua con:

1. Lavaggio piastre: le piastre di microtitolazione rivestite (MTP) sono state lavate tre volte con una soluzione di lavaggio e poi asciugate tamponando il liquido con carta assorbente avendo cura di non toccare la parte inferiore del piatto;
2. Pipettaggio standard del pool e dei campioni: il tampone di dosaggio per il legame non specifico e il legame zero, gli standard, i pool X e Y e il campione

- nell'MTP precedentemente preparati. È stato preso 0.01 ml di ciascun campione e aggiungere 0.04 ml di tampone per erogare un totale di 0.05 ml;
3. Erogazione dell'etichetta di biotina: è stato erogato 0.1 ml di steroidi marcati con biotina in ciascun pozzetto con una pipetta multipla;
  4. Erogazione dell'anticorpo: è stato erogato 0.1 ml di soluzione anticorpale in ciascun pozzetto. È stato coperto poi l'MPT con un parafilm ed un coperchio antipolvere, ed è stato agitato lievemente l'MTP durante la notte a 4°C;
  5. Lavaggio dell'MTP dopo incubazione: l'MPT incubato è stato fatto decantare ed è stato lavato quattro volte con una soluzione di lavaggio fredda 4°C.
  6. Reazione alla streptavidina: sono stati erogati 0.25 ml di soluzione enzimatica in ciascun pozzetto e la piastra è stata incubata coperta per 45 minuti a 4°C su un agitatore per MTP 22;
  7. Secondo lavaggio;
  8. Reazione al colore: sono stati erogati 0.25 ml di soluzione di substrato in ciascun pozzetto e la piastra è stata incubata al buio per altri 45 minuti a 4°C;
  9. Reazione di arresto: sono stati erogati 0.05 ml di reagente d'arresto (il colore blu è diventato giallo);
  10. Misurazione dell'assorbanza con lettore MTP automatico e calcolo dell'assorbanza (con PC). Filtro di riferimento 620 nm; filtro di misura 450 nm.

### **Secondo campionamento post-parto**

Il secondo campionamento post-parto (T3) si è svolto a distanza di  $21 \pm 3$  giorni dal parto. Anche in T3 sono stati valutati l'ADT, il punteggio BCS, la circonferenza toracica e la produzione latte di ogni animale.

Sono stati raccolti inoltre campioni di feci, di pelo per la successiva misurazione dei livelli di cortisolo basale e prelevati tre campioni ematici similmente alle fasi T1 e T2.

Inoltre, grazie alla palpazione rettale dell'utero e alla valutazione ecografica del veterinario aziendale, sono stati considerati il grado di involuzione uterina (normale o ritardata), la ripresa dell'attività ovarica (ripresa o non ripresa) ed eventuali altre patologie post-parto in corso. Le patologie prese in esame sono state metrite,

endometrite, mastite, dislocazione abomasale, ritenzione di placenta e collasso puerperale.

È stato eseguito anche un Citobrush a livello della cervice per l'indagine citologica delle condizioni uterine subcliniche post-parto. Questo metodo, infatti, è risultato essere un buon criterio per la determinazione della percentuale di neutrofili in uno striscio vaginale per diagnosticare un'endometrite citologica (Kasimanickam et al., 2004).

La presenza di un'alta conta neutrofilia nell'endometrio della bovina affetta da endometrite clinica o subclinica, infatti, suggerisce un potenziale coinvolgimento di uno stress ossidativo attraverso cui meccanismo può compromettere la fertilità (Gabai et al., 2019).

Il prelievo è stato eseguito dai veterinari aziendali coinvolti nella prova. Il brush è stato inserito, facendo attenzione ad evitare eventuali contaminazioni esterne, per via transvaginale fino a raggiungere la cervice uterina e poi immediatamente strisciato su vetrino e fatto asciugare all'aria. I vetrini sono stati poi consegnati lo stesso giorno all'Istituto Zooprofilattico delle Venezie che ha provveduto alla colorazione con Diff Quick. I vetrini sono stati poi analizzati dai tesisti con un microscopio ottico (VisiScope® BL224PL) ad un ingrandimento di 10x e 40x per identificare le tipologie cellulari, tra cui le cellule epiteliali endometriali ed i neutrofili (PMN) secondo la procedura utilizzata da Gabai et al. (2019).

Il campione è stato inoltre sottoposto a una valutazione riguardo l'omogeneità (omogeneo, non omogeneo, mediamente omogeneo), la colorazione (omogenea o non omogenea), la cellularità (scarsa, moderata, elevata). La conta neutrofilica è stata eseguita contando 200 cellule in vari campi, circa sei, rapportando questo dato al numero di cellule neutrofiliche (Kusaka et al., 2020) ottenendone la percentuale.

Per la diagnosi di endometrite è stata utilizzata una soglia del 5% di neutrofili (Gabai et al., 2019).

### **3.4 Analisi statistica**

Tutte le analisi statistiche sono state condotte utilizzando il software di analisi statistica XLSTAT 2022 (Addinsoft, New York, USA). Per verificare la normalità, è stato applicato il test di Shapiro-Wilk (un valore  $> 0,9$  è considerato come indicativo di una distribuzione normale) a tutte le variabili. Successivamente, è stata eseguita un'analisi della varianza a una via (ANOVA) per esaminare l'effetto della categoria relativa al numero medio di alterazioni considerate nel periodo di transizione, allo scopo di identificare eventuali differenze statistiche nei dati produttivi, manageriali e strutturali osservati. L'assunzione di linearità dei modelli è stata valutata attraverso un'analisi grafica. La significatività statistica è definita con  $p < 0.05$ .



## 4 Risultati e discussione

### 4.1 Considerazioni generali

Nella Tabella 2 vengono riassunte le principali caratteristiche generali e produttive delle 17 aziende coinvolte nel presente studio e dall'analisi della quale emerge che il numero delle bovine in lattazione varia da un minimo di 59 capi ad un massimo di 450. Tale variazione è tipica della realtà veneta con aziende da modeste dimensioni a realtà con un numero di capi importante, anche se nella vicina Lombardia è abbastanza usuale ritrovare allevamenti con oltre 500/600 vacche in lattazione.

Tabella 2. Caratteristiche generali e dati produttivi delle aziende coinvolte nella prova.

Azienda	N. bovine in lattazione	N. bovine totali	N. medio lattazioni	Giorni medi lattazione	Produzione media giornaliera (kg latte × giorno-1 × vacca -1)	% grasso nel latte	% proteina grezza nel latte	Tasso di riforma (%)
a	232	500	2,1	172	36,3	4,12	3,4	32,0
b	274	600	2,6	164	41,4	4,08	3,4	28,0
c	148	275	2,4	185	35,5	4,01	3,4	31,0
d	450	890	2,4	194	39,0	3,9	3,3	36,0
e	280	800	2,4	206	36,0	4,1	3,5	35,0
f	108	210	2,4	165	39,4	4,01	3,4	32,0
h	58	70	2,7	153	40,8	3,73	3,5	10,0
l	150	290	2,5	171	36,3	3,7	3,6	29,0
m	160	370	2,2	193	33,7	4,07	3,4	28,0
n	80	210	2,2	183	33,5	4	3,3	24,0
o	70	170	2,0	179	31,7	3,9	3,4	35,0
p	75	180	2,0	183	34,0	3,96	3,3	24,0
q	59	110	2,5	171	39,0	4,4	3,4	27,0
r	65	125	4,0	200	41,5	4	3,7	13,0
s	100	200	2,7	193	35,0	4,1	3,3	20,0
t	100	195	2,4	170	30,0	4,31	3,5	35,0
v	75	130	2,6	142	40,5	3,15	3,1	25,0

Anche il numero di lattazioni per capo è risultato molto variabile oscillando da valori di 2.0 a 4.0, anche se osservando la Figura 5 emerge che solo un'azienda ha presentato 4.0 lattazioni/capo mentre le rimanenti hanno evidenziato grandezze tra i 2.0 e i 2.8 parti/capo.

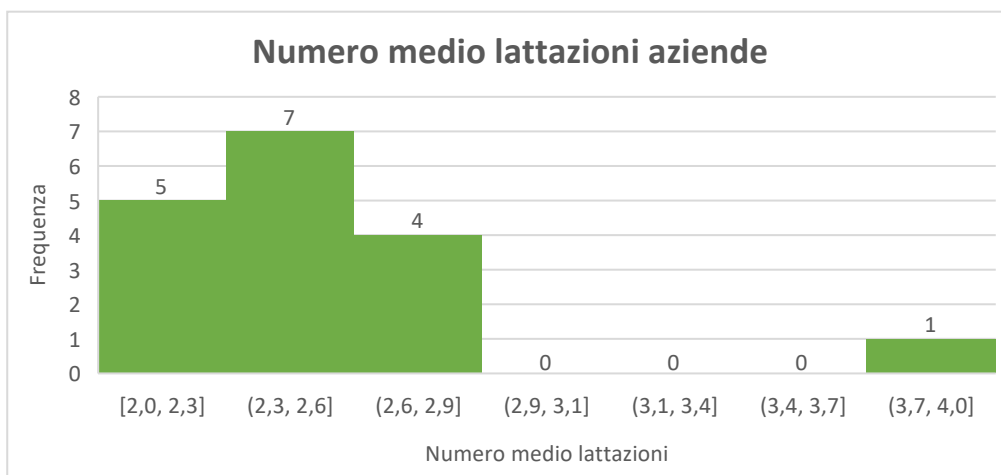


Figura 5. Numero medio lattazioni delle aziende in prova.

Nella Figura 6 è messo in evidenza, invece, il numero di giorni di lattazione medi e le loro relative frequenze. I giorni medi di lattazione delle vacche in produzione, infatti, sono variati tra i 142 e i 206 giorni con una distribuzione sufficientemente omogenea nell'intervallo.

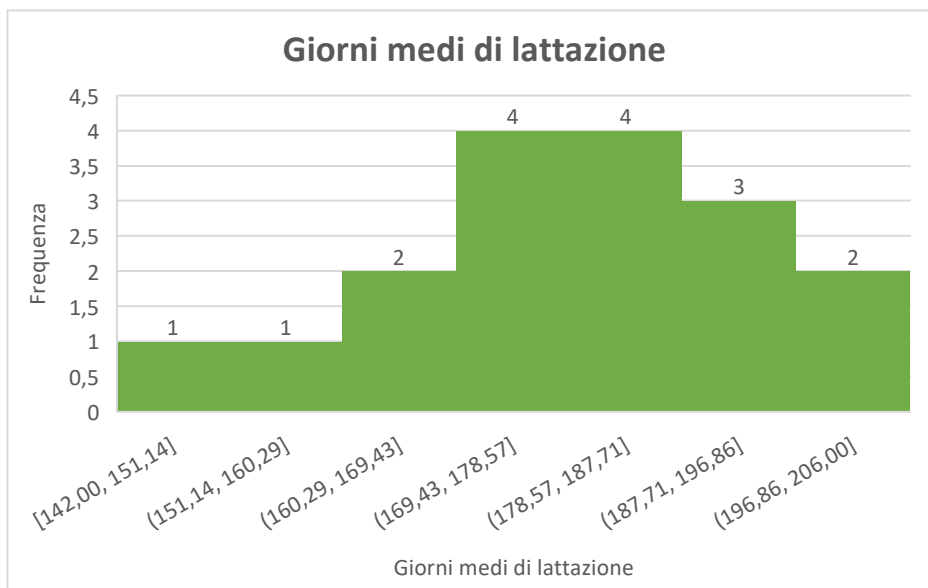


Figura 6. Giorni medi di lattazione delle aziende in prova.

La produzione media giornaliera di latte per capo (Figura 7) è oscillata tra i 30.0 kg e i 41.5 kg rappresentando la realtà veneta, mentre il tenore di grasso è risultato superiore al 3.7% ad eccezione di un'azienda che ha presentato un contenuto del 3.15%. La

percentuale di proteine nel latte è stata sostenuta con valori pari o superiori al 3.5% a parte l'azienda C caratterizzata da un 3.1%.

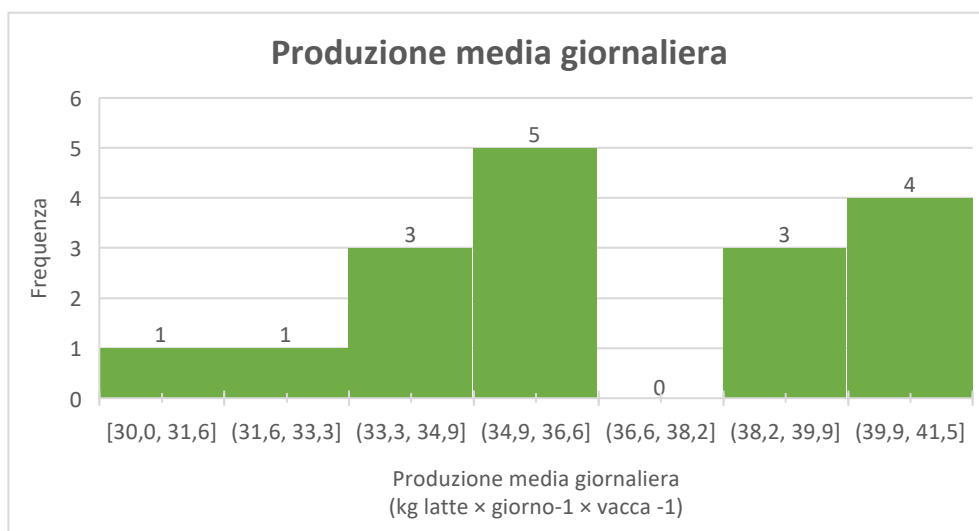


Figura 7. Produzione media giornaliera delle aziende in prova.

Anche il tasso di riforma è emerso molto differenziato tra le aziende con percentuali variabili tra il 10% e il 36% (Figura 8). In tal senso, e viste le attuali dinamiche delle aziende venete, non è da ritenere che elevati tassi di rimonta corrispondano esclusivamente a problemi tecnico-gestionali. Infatti, si può ipotizzare che bassi tassi di rimonta siano riferibili ad aziende a termine, mentre alti tassi possano anche corrispondere a sostenuti processi di miglioramento genetico.

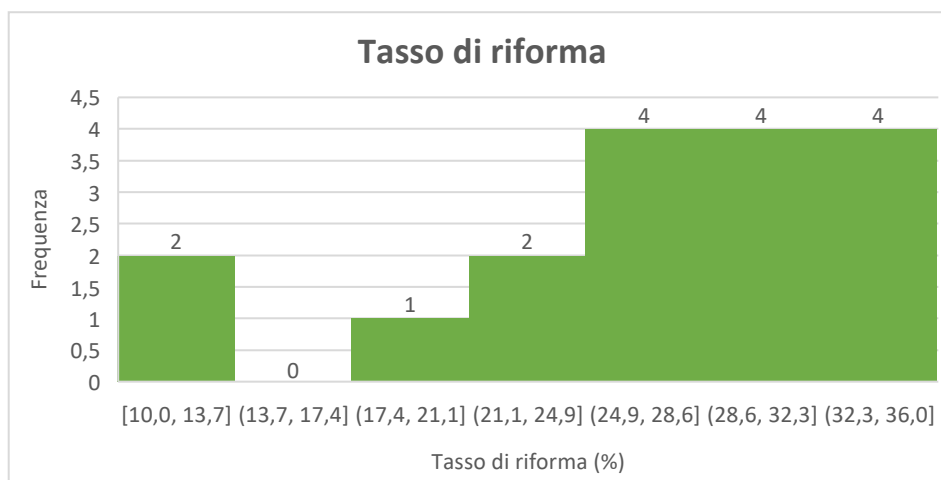


Figura 8. Tasso di riforma delle aziende in prova.

Nella Tabella 3 sono riportati i parametri riproduttivi dall'analisi della quale emerge una rilevante variabilità nell'intervallo parto - 1° inseminazione (50 - 90 giorni), nell'intervallo parto - 1° concepimento (98 - 220 giorni), nell'interparto (384 - 437 giorni), nei rapporti inseminazioni/concepimento (manze 1.1 - 2.09; vacche 1.6 - 3.33) e nell'età al primo parto (23 - 26 mesi).

Queste importanti variazioni riscontrate indicano le difficoltà che stanno incontrando molte aziende nel conseguire adeguate performance riproduttive necessarie per la salvaguardia del reddito.

Ciò depone in modo positivo sugli obiettivi del presente lavoro di tesi.

*Tabella 3. Dati riproduttivi delle aziende in prova.*

Azienda	Intervallo parto - 1° inseminazione (gg)	Intervallo parto - 1° concepimento (gg)	Interparto (gg)	Rapporto inseminazioni/c oncepimento manze	Rapporto inseminazioni/c oncepimento vacche	Età primo parto (mesi)
a	78	133	404	1,7	2,1	23
b	78	114	390	1,4	2,3	23
c	86	115	390	1,6	2,1	23
d	85	120	403	1,7	2,5	24
e	70	146	402	1,5	3	26
f	74	109	382	1,6	2,1	24
h	64	105	378	1,4	2	25
l	78	125	407	1,2	2,2	26
m	87	155	437	1,8	2,6	25
n	70	127	404	1,7	3,33	25
o	77	142	401	2,09	2,57	24
p	80	98	384	1,65	1,88	24,3
q	90	107	410	1,1	1,6	25
r	60	220	404	2,5	3	26
s	70	160	415	1,9	2,7	26
t	50	139	401	1,5	2	26
v	60	131	405	1,3	2,8	25

Nella tabella 4 sono mostrate le percentuali delle patologie tipiche del periodo di transizione che sono state riscontrate nelle aziende in prova.

Tabella 4. Incidenza delle patologie del periodo di transizione nelle aziende coinvolte.

Azienda	Lochiazioni (%)	Ritenzioni di placenta (%)	Metriti cliniche (%)	Metriti subcliniche (%)	Mastiti (%)	Collassi (%)	Dislocazioni abomaso (%)	Numero medio problematiche postparto rilevate per animale	Classificazione azienda
a	32,4	14,7	11,8	20,6	11,8	0,0	0,0	0,91	M
b	20,0	3,3	6,7	20,0	0,0	0,0	0,0	0,50	L
c	41,7	0,0	16,7	33,3	0,0	0,0	0,0	0,92	M
d	19,2	0,0	7,7	7,7	0,0	0,0	15,4	0,50	L
e	0,0	0,0	0,0	15,0	0,0	0,0	0,0	0,15	L
f	12,5	12,5	12,5	12,5	0,0	0,0	0,0	0,50	L
h	10,0	0,0	10,0	20,0	0,0	0,0	0,0	0,40	L
l	45,5	0,0	36,4	45,5	9,1	0,0	0,0	1,36	H
m	50,0	0,0	43,8	62,5	0,0	6,3	0,0	1,63	H
n	100,0	0,0	10,0	30,0	0,0	0,0	0,0	1,40	H
o	58,3	0,0	16,7	16,7	0,0	16,7	0,0	1,08	M
p	71,4	0,0	0,0	14,3	0,0	0,0	0,0	0,86	M
q	14,3	28,6	0,0	14,3	0,0	0,0	0,0	0,57	L
r	33,3	0,0	33,3	100,0	0,0	0,0	0,0	1,67	H
s	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,3	0,0	0,33	L
t	50,0	0,0	50,0	50,0	0,0	0,0	0,0	1,50	H
v	62,5	0,0	62,5	62,5	0,0	0,0	0,0	1,88	H

In base a questi risultati, le aziende sono state suddivise in tre livelli di rischio (alto - medio - basso, high - medium - low) in base al numero medio di alterazioni rilevate nel periodo di transizione. È stato calcolato il range tra il numero massimo (1.88) e il numero minimo (0.15) rilevato ed il risultato è stato diviso per 3 (0.57). Sono state quindi classificate a basso rischio le aziende con un valore inferiore a 0.73 ( $< 0.15 + 0.57$ ), a medio rischio le aziende con una somma tra 0.73 e 1.30 (tra  $0.15 + 0.57$  e  $0.15 + 0.57 + 0.57$ ), mentre sono identificate ad alto rischio le aziende con una somma delle patologie superiore a 1.30 ( $> 0.15 + 0.57 + 0.57$ ).

Delle 17 aziende coinvolte, 7 sono risultate essere a basso rischio, 4 a medio rischio, mentre 6 sono state classificate ad alto rischio di incidenza di patologie del post-parto.

Nella Tabella 5 sono riassunti i dati produttivi e riproduttivi principali in relazione alla classificazione di rischio aziendale.

Tabella 5. Parametri produttivi e riproduttivi in base alla classificazione di rischio aziendale.

Azienda	Classificazione azienda	N. medio lattazioni	Giorni medi lattazione (gg)	Produzione media annuale (kg di latte × giorno <sup>-1</sup> × vacca <sup>-1</sup> )	Tasso di riforma (%)	Interparto (gg)	Età primo parto (mesi)
a	M	2,1	172	36,3	32,0	404	23
b	L	2,6	164	41,4	28,0	390	23
c	M	2,4	185	35,5	31,0	390	23
d	L	2,4	194	39,0	36,0	403	24
e	L	2,4	206	36,0	35,0	402	26
f	L	2,4	165	39,4	32,0	382	24
h	L	2,7	153	40,8	10,0	378	25
l	H	2,5	171	36,3	29,0	407	26
m	H	2,2	193	33,7	28,0	437	25
n	H	2,2	183	33,5	24,0	404	25
o	M	2,0	179	31,7	35,0	401	24
p	M	2,0	183	34,0	24,0	384	24,3
q	L	2,5	171	39,0	27,0	410	25
r	H	4,0	200	41,5	13,0	404	26
s	L	2,7	193	35,0	20,0	415	26
t	H	2,4	170	30,0	35,0	401	26
v	H	2,6	142	40,5	25,0	405	25

In particolare, possiamo notare un dato inaspettato: l'azienda che produce più latte in assoluto, con una produzione di 41.5 kg al giorno per vacca, è stata classificata come ad alto rischio pur avendo anche un numero medio di lattazioni (4.0) sopra la media. Va rilevato, infatti, che nel presente studio le aziende a minor rischio sono quelle che hanno i presentato i più alti livelli produttivi.

## 4.2 Management

Per quanto riguarda i fattori manageriali delle aziende è stata svolta un'analisi statistica ANOVA (Analysis of Variance) di cui i risultati sono riassunti nella Tabella 6.

Tabella 6. Effetto della classe di prevalenza delle patologie del periodo di transizione sulle caratteristiche manageriali.

	Categorie aziende		Significatività
	L + M	H	P
Tempo di attesa volontario (gg)	1,76	1,69	0,131
Intervallo parto - 1° inseminazione (gg)	77,5	67,5	0,070
Intervallo parto - 1° concepimento (gg)	123	150	0,064
Interparto (gg)	396	410	0,054
Tasso di concepimento manze (%)	1,60	1,67	0,724
Tasso di concepimento vacche (%)	2,26	2,66	0,094
<b>Età al primo parto (mesi)</b>	<b>24,3</b>	<b>25,5</b>	<b>0,025</b>
Tasso di rimonta (%)	28,2	25,7	0,526
Tempo in sala di attesa pre-mungitura (min)	59,8	83,0	0,124
<b>Durata media asciutta (gg)</b>	<b>60,1</b>	<b>55,8</b>	<b>0,050</b>
Numero animali in asciutta	26,6	13,8	0,148
Gestione ingresso in asciutta *	1,73	1,17	0,075
Numero animali in preparto	10,8	7,79	0,498
Spostamento nel box parto (gg prima del parto)	17,1	19,2	0,634

Note:

L + M = aziende caratterizzate da un basso e medio rischio di incidenza di patologie tipiche del post-parto;

H = aziende caratterizzate da un alto rischio di incidenza di patologie tipiche del post-parto.

\* **Gestione ingresso in uscita:** 1 = una bovina è spostata da sola | 2 = ogni settimana alcune bovine vengono messe in asciutta insieme | 3 = il gruppo non cambia in asciutta

I dati risultati significativi ( $P < 0,05$ ) di questa analisi ANOVA (Tabella 6) sono stati l'età al primo parto e la durata dell'asciutta.

L'**età al primo parto** (Age of First Calving, AFC) è un dato importante per l'allevatore in quanto deve ammortizzare i costi della gestione della manza il più presto possibile. Infatti, dopo l'alimentazione, il costo del mantenimento delle manze rappresenta la seconda spesa più elevata in un'azienda di bovine da latte, rappresentando circa il 15-20% dei costi totali (Boulton et al., 2015). Inoltre, è stato visto come l'allungarsi di questo parametro aumenti anche la percentuale del grasso nel latte e la concomitante diminuzione della percentuale proteica (Pirlo et al., 2000).

Le raccomandazioni consigliano un'AFC target di 24 mesi (Wathes et al., 2014), massimizzando la produzione ed evitando di ridurre la redditività che ne consegue (Wathes et al., 2014).

Nel risultato del presente studio vediamo come le aziende che sono state classificate a basso o medio rischio abbiano un'età media al primo parto pari a 24.3 mesi che si avvicina più al target presente in letteratura, mentre le aziende classificate come ad alto rischio di insorgenza di patologie del post-parto sono risultate avere un'AFC pari a 25,5 mesi.

Per quanto riguarda la **gestione dell'asciutta** è risultato che le aziende con basso o medio rischio di patologie abbiano una durata dell'asciutta di circa 60 giorni, mentre le aziende con alto rischio abbiano un'asciutta della durata di circa 55 giorni.

Molti studi hanno sottolineato come eliminare o accorciare il periodo di asciutta abbia un effetto positivo sul NEB a cui si trova la bovina immediatamente dopo il parto (Gümen et al., 2005), diminuendo l'incidenza di patologie metaboliche specifiche del post-parto. In particolare, molti studi riportano una riduzione della concentrazione plasmatica di NEFA (Klasmeyer et al., 2009; Watters et al., 2008), un aumento della concentrazione di insulina nella prima fase della lattazione (Rastani et al., 2005) ed un miglioramento della fertilità quando il periodo di asciutta è più breve (Watters et al., 2009). Tuttavia, anche se peggiora lo stato di bilancio energetico negativo, il periodo dell'asciutta è estremamente importante per le bovine per ottimizzare la successiva produzione latte e la salute della mammella (Vilar & Rajala-Schultz, 2020). La durata consigliata dell'asciutta per un aumento della produzione latte è pari a 60 giorni (Kuhn et al., 2005) e questo risulta essere in accordo con i risultati del presente studio.

Tra i dati tendenzialmente significativi ( $P < 0,1$ ) abbiamo anche la **gestione dell'introduzione delle bovine nel gruppo dell'asciutta**. La gestione di questo momento può avvenire in vari modi: una bovina può essere introdotta da sola, un gruppetto può essere movimentato assieme oppure può esserci un gruppo stabile intero che passa dalla lattazione all'asciutta.



Come visto in precedenza, l'introduzione di una singola bovina in un gruppo nuovo risulta essere una situazione stressante (R. J. Grant & Albright, 2001) e le conseguenze che ne possono derivare sono: la diminuzione di allo-grooming, dell'ingestione di alimento, del riposo e del peso corporeo (Von Keyserlingk et al., 2008).

Dai risultati del presente studio si evidenzia come nelle aziende a basso e medio rischio di patologie le vacche vengano movimentate in gruppetti e a questo ne consegue una salute migliore delle bovine e una produzione maggiore.

### 4.3 Fattori strutturali

Anche i fattori strutturali sono stati sottoposti ad analisi statistica ANOVA per capire la relazione tra i vari parametri e la categorizzazione delle aziende in base all'incidenza di patologie del periodo di transizione.

Tabella 7. Effetto della classe di prevalenza delle patologie del periodo di transizione sulle caratteristiche strutturali.

	Categoria azienda		Significatività
	L + M	H	P
Numero muri stalla lattazione (1-4)	0,82	1,33	0,36
Lunghezza fronte mangiatoia (m)	72,8	48,3	0,19
Lunghezza fronte mangiatoia per animale in lattazione (m/vacca)	1	1	0,77
Numero muri stalla asciutta	1	2	0,58
Dimensione cuccette lattazione (cm2)	47285	31448	0,53
Numero di cuccette in lattazione	172	100	0,20
Numero posti in mangiatoia in lattazione	145	97,2	0,33
Numero totale di abbeveratoi in lattazione	8	5	0,24
Lunghezza abbeveratoi lattazione (m)	3,2	1,9	0,07
Numero mungiture al giorno	2,2	2,2	0,93
Dimensione box asciutta (m2)	335	169	0,11
Dimensione cuccette asciutta (cm2) (0 = lettiera)	29182	29294	0,97
Lunghezza fronte mangiatoia asciutta (m)	20,4	12,5	0,19
Numero di cuccette in asciutta	39,1	26,7	0,26
Numero posti in mangiatoia asciutta	26,6	15,5	0,22
Numero totale di abbeveratoi in asciutta	2,09	1,33	0,24
Lunghezza abbeveratoi asciutta (m)	1,64	1,92	0,52
Dimensione box parto (m2)	134,2	89,2	0,29
Lunghezza abbeveratoi parto (m)	12,05	8,69	0,44
Presenza box parto (1 = presente / 0 = assente)	0,18	0	0,30
Dimensione box parto (m2)	5,27	0	0,31
Numero cuccette parto (0 = lettiera)	4,59	0,53	0,43
Numero posti in mangiatoia in parto	14	13,1	0,78
Numero di abbeveratoi in parto	1,78	1,09	0,07
Lunghezza abbeveratoi in parto (m)	1,43	1,67	0,41

**Note:**

L + M = aziende caratterizzate da un basso e medio rischio di incidenza di patologie tipiche del post-parto;  
H = aziende caratterizzate da un alto rischio di incidenza di patologie tipiche del post-parto.

Nella Tabella 7 si può notare come l'unico dato risultato tendenzialmente significativo ( $P < 0,1$ ) sia stata la **lunghezza in metri degli abbeveratoi nel box delle vacche in lattazione**.

Questo mostra come le aziende che hanno meno problematiche per quanto riguarda le patologie abbiano una maggior disponibilità di acqua nel settore delle bovine in attiva produzione latte. Questo risultato è in accordo con la letteratura (NRC, 2001).

#### 4.4 Cortisolo

Nel presente studio è stato misurato il cortisolo estratto dal pelo e dalle feci degli animali in prova con lo scopo di verificare una possibile relazione tra lo stress e le patologie del post-parto. Lo stress della bovina da latte, e quindi il suo livello di cortisolo nel periodo di transizione, è influenzato da svariati fattori che possono derivare dalla gestione, dalle strutture in cui è stabulata, al cambio di dieta a cui è sottoposta e dagli eventi fisiologici che intercorrono in questo periodo come il parto e l'inizio della lattazione.

Nel presente studio pochi dati riguardanti la misurazione del cortisolo sono risultati significativi, probabilmente conseguenza della numerosità di fattori in gioco.

In particolare, il cortisolo estratto dalle feci raccolte a 7 giorni post-parto (T2) è risultato poco significativo e talvolta fuorviante in quanto influenzato dal recente parto e le conseguenze che ne derivano.

Tabella 8. Effetto della classe di prevalenza delle patologie del periodo di transizione sul livello di cortisolo misurato dall'estrazione da pelo e feci.

##### CORTISOLO ESTRATTO DAL PELO ( $\mu\text{g/g}$ )

	CATEGORIA AZIENDA		SIGNIFICATIVITÀ
	L + M	H	P
Cortisolo pelo preparto	3,074	1,892	0,175
Cortisolo pelo 21 gg post parto	3,021	2,117	0,095
Differenza cortisolo pelo	-0,052	0,1	0,816

##### CORTISOLO FECALE ( $\mu\text{g/g}$ )

Cortisolo fecale a 7 gg post parto	62,742	67,233	0,673
Cortisolo fecale a 21 gg post parto	59,841	60,839	0,935
Differenza cortisolo fecale	-2,902	-6,395	0,700

**Note:**

L + M = aziende caratterizzate da un basso e medio rischio di incidenza di patologie tipiche del post-parto;

H = aziende caratterizzate da un alto rischio di incidenza di patologie tipiche del post-parto.

Nella Tabella 8 sono riassunti i valori di cortisolo medio aziendale, misurato in  $\mu\text{g/g}$ , in relazione alla classificazione di rischio delle aziende illustrata precedentemente in Tabella 4.

Si evidenzia come il cortisolo estratto nelle feci sia maggiore rispetto a quello estratto dal pelo. Si può inoltre osservare come il cortisolo estratto dal pelo si innalza nelle aziende classificate ad alto rischio di incidenza di patologie post-parto in quanto passa da 1.892  $\mu\text{g/g}$  a 2.117  $\mu\text{g/g}$ , mentre si abbassa leggermente nelle aziende a basso ed alto rischio.

Nessun dato è risultato significativo (significativo se  $P < 0,05$ ) quindi si può constatare come il cortisolo non sia un indice predittivo adeguato di patologie nel post-parto della bovina da latte.

Secondo l'ANOVA le aziende in prova sono state divise in terzili in base al livello di cortisolo medio misurato delle bovine in prova di quell'azienda. Nell'analisi statistica sono state utilizzate le aziende appartenenti ai terzili medio e basso (M + L = Livello cortisolo basso) e quelle appartenenti al terzile più alto (H = Livello cortisolo elevato).

Nessun dato è risultato pienamente significativo, ma tra questi il numero di animali presenti nel box preparto è risultato tendenzialmente significativo ( $P < 0,1$ ).

Nella Figura 9 viene preso in considerazione il campionamento di pelo effettuato a 7 giorni preparto (T1).

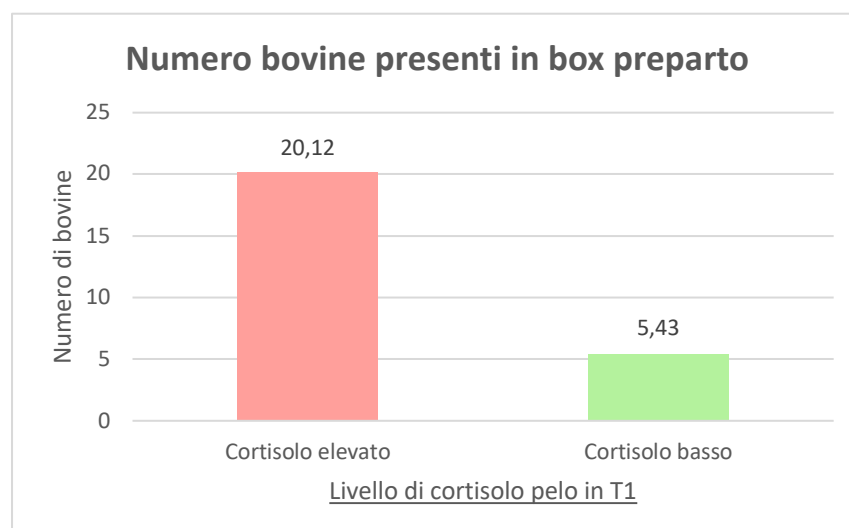


Figura 9. Numero di bovine presenti nel box preparto in relazione al livello di cortisolo medio aziendale misurato dall'estrazione dal pelo campionato a 7 giorni preparto (tendenzialmente significativo in quanto  $P = 0,074$ ).

Dalla Figura 9 si può notare come il cortisolo sia risultato più elevato nelle aziende dove sono stabulati più animali nel box preparato rispetto a quelle con una densità minore. Questo risultato potrebbe essere dovuto alla numerosità assoluta di animali presenti nel box, indipendentemente dallo spazio a disposizione: più numerosi sono i capi, più la sala gerarchica diventa instabile e più gli animali aumentano il loro livello di stress.

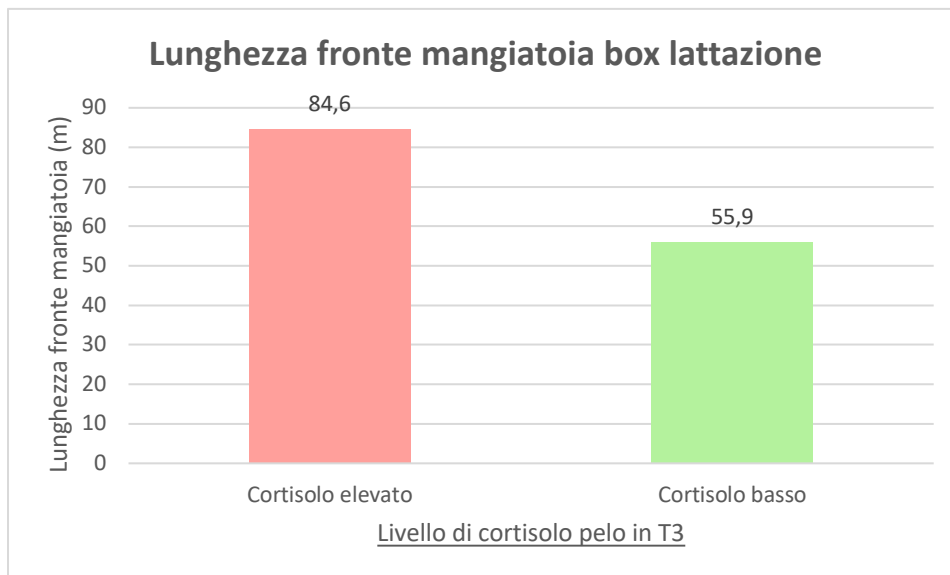


Figura 10. Lunghezza fronte mangiatoia del box lattazione in relazione al livello di cortisolo medio aziendale estratto dal pelo campionato a 21 giorni post-parto (significativo in quanto  $P = 0,052$ ).

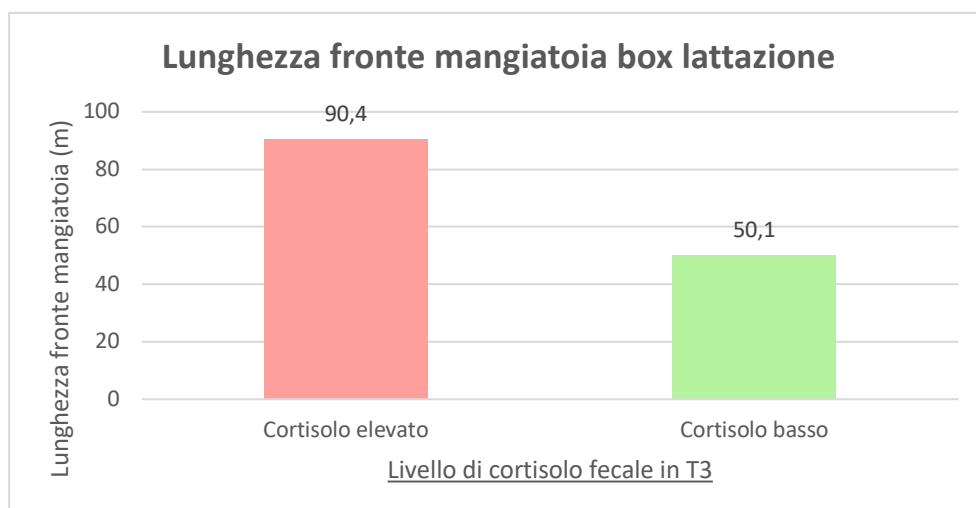


Figura 11. Lunghezza fronte mangiatoia del box lattazione in relazione al livello di cortisolo medio aziendale estratto dalle feci campionate a 21 giorni post-parto (significativo in quanto  $P = 0,052$ ).

La relazione tra il cortisolo e la lunghezza del fronte mangiatoia è risultata essere significativa ( $P < 0,05$ ) sia per il cortisolo misurato dall'estrazione dalle feci (Figura 10) che per il cortisolo estratto dal pelo (Figura 11) entrambi campionati a 21 giorni postparto (T3). Il dato principale da prendere in considerazione è quello del livello di cortisolo misurato dall'estrazione del pelo in quanto è noto come questo rifletta un aumento del cortisolo a lungo termine in senso retrospettivo (Heimbürge et al., 2019) e risulta essere quindi più affidabile.

In particolare, si nota come più è lungo il fronte mangiatoia nel box di lattazione più il livello medio aziendale di cortisolo campionato a 21 giorni postparto è elevato. La lunghezza del fronte mangiatoia è correlata alla numerosità di bovine e quindi questo dato può essere correlato alla gestione della mandria. Un numero più elevato di bovine, e quindi una lunghezza maggiore del fronte mangiatoia, aumentano la competizione tra le bovine e implica una gestione da parte dell'allevatore più improntata alla mandria rispetto che al singolo individuo, aumentando così lo stress degli animali e il loro livello di cortisolo. Inoltre, una numerosità elevata di bovine implica una gerarchia meno stabile con un numero maggiore di bovine subordinate che aumentano lo stress delle stesse.

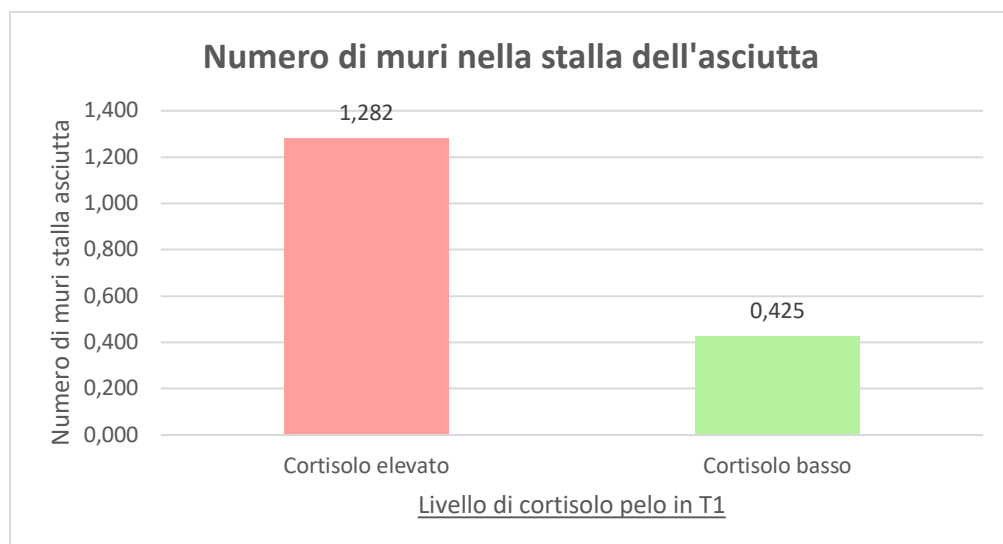


Figura 12. Numero di muri presenti nella stalla dove sono stabulate le bovine in asciutta in relazione al livello di cortisolo medio aziendale estratto dal pelo campionato 7 giorni preparto (significativo in quanto  $P = 0,044$ ).

Nella Figura 12 è rappresentata la relazione tra il livello di cortisolo aziendale medio con il numero di muri presenti nella stalla dove sono stabulate le vacche in asciutta (significativo poiché  $P < 0,05$ ). Dai risultati dello studio possiamo notare come meno pareti sono presenti nella stalla più il livello di cortisolo aziendale è minore. Questo è dovuto probabilmente al ricircolo di aria che risulta essere migliore quando le pareti sono meno, causando quindi minor stress agli animali che registrano un più basso livello di cortisolo.

Inoltre, tale riscontro potrebbe essere conseguenza alla presenza di stalle vecchie chiuse e di recupero (poco luminose e poco areate) nelle quali vengono stabulate le bovine non produttive (asciutta) ponendole comunque in condizioni di stress.

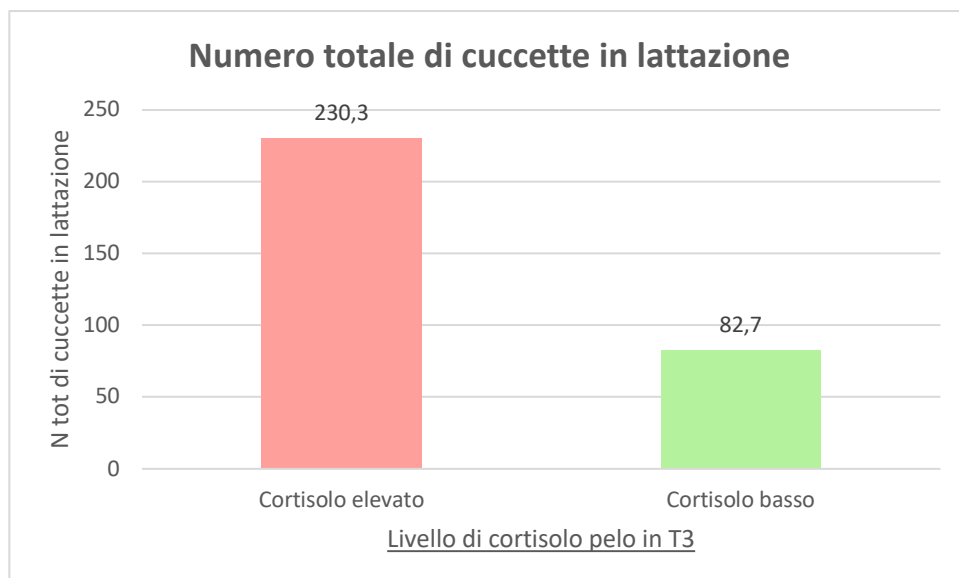


Figura 13. Numero totale di cuccette nella stalla di lattazione in relazione al livello di cortisolo medio aziendale estratto dal pelo campionato 21 giorni post-parto (tendenzialmente significativo in quanto  $P = 0,083$ ).

Nella Figura 13 è raffigurata la relazione intercorrente tra il numero totale di cuccette presenti nella stalla del **gruppo di lattazione** e il livello medio di cortisolo aziendale estratto dal pelo campionato a 21 giorni preparto. Il cortisolo è risultato essere più elevato nelle aziende con un numero maggiore di cuccette. Questo risultato può sembrare contraddittorio, ma nel presente studio è stato interpretato come dovuto a una numerosità di animali maggiore. Un numero maggiore di animali presenti nel gruppo di lattazione (un gruppo unico nelle aziende coinvolte), infatti, porterebbe ad

una gerarchia tra gli animali non completamente stabile con un numero elevato di bovine subordinate che contribuiscono ad innalzare il livello medio di cortisolo aziendale a causa dello stress subito.

Differente è, invece, il discorso per quanto riguarda il gruppo delle **bovine in asciutta preparato** come si evince dalla Figura 14 dove viene rappresentata la relazione tra il numero totale di cuccette presenti nella stalla dove sono stabulate le bovine in asciutta e il livello medio di cortisolo aziendale.

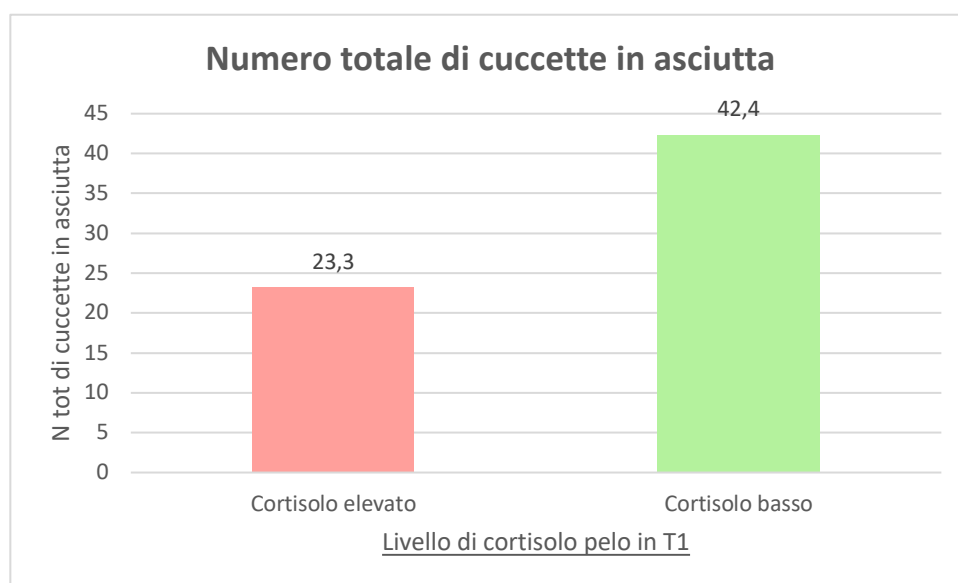


Figura 14. Numero totale di cuccette nella stalla di asciutta in relazione al livello di cortisolo medio aziendale estratto dal pelo campionato a 7 giorni preparto (significativo in quanto  $P = 0,002$ ).

Nella Figura 14, infatti, si nota come ad un livello di cortisolo alto corrisponde un numero basso di cuccette. In questa fase le bovine, essendo in numero inferiore, necessitano di più cuccette per non aumentare il loro livello di stress in quanto la gerarchia che si forma risulta essere più stabile e meno stressante.

Questi ultimi risultati sembrano essere in contraddizione tra loro, ma sono stati interpretati in riferimento alla numerosità di animali presenti nel gruppo nella fase produttiva presa in considerazione. Il gruppo di lavoro del presente studio, si sarebbe aspettato una significatività migliore per quanto riguardava i parametri strutturali rapportati alla densità di animali come, ad esempio, il numero di cuccette per animale e



la lunghezza della mangiatoia per animale, ma sono invece risultati significativi solo i valori del numero totale di cuccette dell'azienda e la lunghezza del fronte mangiatoia totale.

Sulla base di questi ultimi, quindi, l'interpretazione si è basata sulle seguenti affermazioni:

- nel periodo preparto, nell'ultima fase dell'asciutta, è presente un gruppo meno numeroso di animali che si riflette sulla formazione di una gerarchia più stabile che provoca meno stress alle bovine presenti;
- nel periodo della lattazione, invece, un'elevata numerosità provoca l'instaurarsi di una gerarchia meno stabile che scaturisce uno stress maggiore agli animali.

Infine, nella Tabella 10 sono messi in evidenza i valori di cortisolo medi delle **single bovine** in relazione alla presenza o assenza di patologie tipiche del periodo post-parto, in particolare chetosi e lipidosi epatica.

*Tabella 9. Presenza di cortisolo nelle bovine in relazione alla presenza/assenza di chetosi e lipidosi epatica nel post-parto.*

	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>P</b>
Cortisolo pelo preparto (T1) - µg/g	2,657	3,287	0,155
Cortisolo pelo 21 gg post-parto (T3) - µg/g	3,801	3,194	0,098
Cortisolo fecale 7 gg post-parto (T2) - µg/g	58,651	56,784	0,728
Cortisolo fecale 21 gg post-parto (T3) - µg/g	55,851	54,942	0,856

**Note:**

1 = presenza di patologie a 7 o 21 gg post-parto;

0 = assenza di patologie a 7 o 21 gg post-parto.

Possiamo notare che l'unico risultato tendenzialmente significativo ( $P < 0,1$ ) mostra che il cortisolo medio estratto dal pelo delle bovine a 21 gg risulta essere maggiore nelle bovine che hanno affrontato una patologia metabolica nel periodo di transizione rispetto a quelle che sono rimaste sane. Questo, quindi, può sottolineare uno stress

causato dalla condizione di patologia stessa registrato a lungo termine dal cortisolo presente nel pelo della bovina.

Va sottolineato comunque che le bovine con problemi metabolici hanno evidenziato un aumento del contenuto di cortisolo del 43% tra prima e dopo il parto mentre in quelle a confronto si è addirittura rilevata una tendenziale diminuzione di tale parametro.

Infine, la misura del cortisolo fecale non sembra essere un indicatore utile a verificare la presenza di stress come può esserlo invece il cortisolo estratto dal pelo.

## 5 Conclusioni

Nel presente studio è stata dimostrata l'esistenza di una relazione tra i fattori gestionali e strutturali di un'azienda e le patologie del periodo di transizione anche se condizionato dal numero ridotto di aziende prese in esame nonostante l'elevata consistenza di vacche controllate.

Le aziende in prova sono state classificate secondo tre classi di rischio (alto, medio, basso) di incidenza di patologie del post-parto secondo i dati raccolti.

È risultato che le aziende classificate a basso o medio rischio hanno un'età al primo parto di 24.3 mesi rispetto ai 25.5 mesi delle aziende classificate ad alto rischio. Inoltre, la durata dell'asciutta è risultata essere di 60 giorni nelle aziende con rischio inferiore rispetto a quelle a rischio maggiore che presentano una media di 55 giorni. Anche la gestione dell'asciutta è importante in quanto le aziende ad alto rischio movimentano le bovine singolarmente mentre quelle a medio e basso rischio introducono in asciutta due o più bovine contemporaneamente. Per quanto riguarda le strutture, infine, la lunghezza degli abbeveratoi è risultata essere importante: le aziende con rischio di incidenza di patologie minore avevano abbeveratoi con una lunghezza media maggiore (3.2 m) rispetto a quelle a rischio maggiore (1.9 m).

Una delle analisi su cui si è concentrato maggiormente il presente lavoro è stata la misurazione del cortisolo estratto dal pelo (T1 e T3) e dalle feci delle bovine in prova (T2 e T3).

Il cortisolo è risultato maggiore nelle aziende con un maggior numero di bovine nel gruppo preparto (pelo in T1); più elevato con una lunghezza del fronte mangiatoia in lattazione maggiore (pelo in T3); maggiore con la presenza di più muri caratterizzanti la stalla di stabulazione delle vacche in asciutta (pelo in T1); più elevato se il numero di cuccette presenti nel box della lattazione è maggiore (pelo in T3); maggiore se minore è il numero di cuccette nel box delle bovine in asciutta (pelo in T1).


Infine, il cortisolo misurato dal pelo a 21 giorni post-parto delle singole bovine è risultato essere più elevato se queste sono state colpite da una o più patologie durante il periodo di transizione.


Un limite della misurazione del cortisolo è il fatto che l'innalzamento dello stesso in una bovina da latte in transizione è influenzato da un ampio range di fattori e risulta quindi difficile capire quali di questi impattano maggiormente sul suo livello.


Un'adeguata struttura dell'azienda ed una sua corretta gestione manageriale sono quindi fondamentali per ridurre lo stress delle bovine da latte e migliorarne salute e produzione.

## 6 Allegati

### Allegato I: Questionario allevatori.







UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

---

DIPARTIMENTO DI MEDICINA ANIMALE, PRODUZIONI E SALUTE – MAPS  
DEPARTMENT OF ANIMAL MEDICINE, PRODUCTION AND HEALTH  
CF 80006480281 P.IVA 00742430283  
Viale dell'Università, 16 35020 - Legnaro (PD) Italy  
web: [www.maps.unipd.it](http://www.maps.unipd.it)

### GESTIONE DELLA FASE DI TRANSIZIONE

Data: \_\_\_\_\_

Azienda: \_\_\_\_\_

Paese: \_\_\_\_\_ Via: \_\_\_\_\_

Nome referente: \_\_\_\_\_ Telefono: \_\_\_\_\_

Veterinario aziendale: \_\_\_\_\_ Telefono: \_\_\_\_\_

ANAGRAFICA DELL'INTERVISTATO/A			
ETA'	_____		
GENERE	<input type="checkbox"/> MASCHIO	<input type="checkbox"/> FEMMINA	
ISTRUZIONE	<input type="checkbox"/> LICENZA MEDIA	<input type="checkbox"/> UNIVERSITA'	
	<input type="checkbox"/> ISTITUTO PROFESSIONALE	<input type="checkbox"/> ALTRO (specificare) _____	
	<input type="checkbox"/> ISTITUTO TECNICO	Attinente all'ambito agro-zootecnico <input type="checkbox"/> SÌ <input type="checkbox"/> NO	
FIGURA PROFESSIONALE	<input type="checkbox"/> ALLEVATORE	<input type="checkbox"/> ALTRO RUOLO	
	<input type="checkbox"/> VETERINARIO	(specificare) _____	
ANNI DI ESPERIENZA	<input type="checkbox"/> meno di 5 anni	<input type="checkbox"/> da 5 a 10 anni	<input type="checkbox"/> da 10 a 20 anni <input type="checkbox"/> più di 20 anni

DATI AZIENDALI	
SUA	_____
RAZZA	<input type="checkbox"/> FRISONA _____% <input type="checkbox"/> ALTRA RAZZA _____% <input type="checkbox"/> ALTRA RAZZA _____%
PRODUZIONE	_____ media quintali/capo/anno
NUMERO CAPI TOTALI	_____
NUMERO PER GRUPPO, (specificare)	<input type="checkbox"/> GRUPPO _____ <input type="checkbox"/> Numero bovine _____ <input type="checkbox"/> GRUPPO _____ <input type="checkbox"/> Numero bovine _____ <input type="checkbox"/> GRUPPO _____ <input type="checkbox"/> Numero bovine _____ <input type="checkbox"/> GRUPPO _____ <input type="checkbox"/> Numero bovine _____

L'azienda aderisce parzialmente/totalmente ad una filiera o GDO?

sì, \_\_\_\_\_ (specificare quale)  no

**Metodi di allevamento/coltivazione utilizzati in azienda (segnare con una X)**

Metodo	Allevamento		Coltivazioni	
	<i>In parte</i>	<i>Totalmente</i>	<i>In parte</i>	<i>Totalmente</i>
Convenzionale				
Eco compatibile				
Biologico				
Altro (specificare)				

**Vacche in lattazione**

Tipo di stabulazione

- stabulazione fissa  
 stabulazione libera con lettiera permanente  
 stabulazione libera con cuccette  
 compost barn  
 altro (specificare: \_\_\_\_\_)

Pavimentazione

Zona alimentazione:  grigliato  pienoZona riposo:  Lettiera permanente rinnovata ogni \_\_\_\_\_ giorni

- Cuccette piene  materassino  
 paglia  
 altro \_\_\_\_\_

- Cuccette cave  paglia  
 sabbia  
 compost barn  
 separato  
 altro \_\_\_\_\_

- Corsie di servizio  grigliato  
 pavimento pieno

Sono presenti paddock esterni?  sì  no Le vacche vi hanno libero accesso?  sì  noLe vacche vengono lasciate a pascolo?  sì  no Se sì, lo fanno in alpeggio?  sì  noNumero totale cuccette/m<sup>2</sup> totali lettiera: \_\_\_\_\_

Numero posti in mangiatoia: \_\_\_\_\_ Numero abbeveratoi: \_\_\_\_\_

Tipologia abbeveratoi: \_\_\_\_\_ Dimensioni abbeveratoi: \_\_\_\_\_

Sistema di mungitura attualmente in uso:

- Secchio/lattodotto (in stalla a stabulazione fissa)  Sala a spina di pesce  
 Sala a pettine (parallelo)  Tandem  Giostra  Robot

Numero giornaliero mungiture: \_\_\_\_\_ Orario mungiture: \_\_\_\_\_

Tempo medio trascorso in sala d'attesa: \_\_\_\_\_

### Vacche in asciutta

#### Tipo di stabulazione

- stabulazione fissa
- stabulazione libera con lettiera permanente (frequenza rinnovo \_\_\_\_\_)
- stabulazione libera con cuccette (riempimento \_\_\_\_\_)
- compost barn
- altro (specificare: \_\_\_\_\_)

Sono presenti paddock esterni?  sì  no    Le vacche vi hanno libero accesso?  sì  no

Le vacche vengono lasciate a pascolo?  sì  no    Se sì, lo fanno in alpeggio?  sì  no

Durata media periodo di asciutta: \_\_\_\_\_

Numero animali presenti: \_\_\_\_\_    Numero totale cuccette/m<sup>2</sup> totali lettiera: \_\_\_\_\_

Numero posti in mangiatoia: \_\_\_\_\_    Numero abbeveratoi: \_\_\_\_\_

Tipologia abbeveratoi: \_\_\_\_\_    Dimensioni abbeveratoi: \_\_\_\_\_

### Zona parto

Numero animali presenti: \_\_\_\_\_

Numero totale cuccette/m<sup>2</sup> totali lettiera: \_\_\_\_\_

Numero posti in mangiatoia: \_\_\_\_\_    Numero abbeveratoi: \_\_\_\_\_

Tipologia abbeveratoi: \_\_\_\_\_    Dimensioni abbeveratoi: \_\_\_\_\_

Vacca partorisce:  nel box parto  nel box parto

### Gestione parto

#### Gestione gruppo

- assieme ad asciutte    vacche/manze spostate \_\_\_\_\_ giorni prima del parto
- gruppo specifico    vacche/manze spostate \_\_\_\_\_ giorni prima del parto

#### Gestione ingresso in asciutta

- singolo animale inserito nel gruppo asciutte
- ingresso settimanale di tot animali in gruppo asciutte
- ingresso settimanale di un gruppo specifico che rimane isolato dalle altre vacche in asciutta
- altro

#### Gestione del parto

- trattamento con calcio    se sì,  boli  endovena  altro
- trattamento con altro \_\_\_\_\_
- uso del glicole     parto  al parto  al bisogno

**Manze (da 12 mesi al primo parto)**

Quante manze ci sono nella sua azienda? \_\_\_\_\_ E mediamente durante l'anno? \_\_\_\_\_

Tipo di stabulazione

- stabulazione fissa
- stabulazione libera con lettiera permanente (frequenza rinnovo \_\_\_\_\_)
- stabulazione libera con cuccette (riempimento \_\_\_\_\_)
- compost barn
- altro (specificare \_\_\_\_\_)

Sono presenti autocatture?  sì  no

Sono presenti paddock esterni?  sì  no Le manze vi hanno libero accesso?  sì  no

Le manze vengono lasciate a pascolo?  sì  no Se sì, lo fanno in alpeggio?  sì  no

**Vitelle svezzate (da svezzamento ad un anno di età)**

Quante vitelle svezzate ci sono nella sua azienda? \_\_\_\_\_

E mediamente durante l'anno? \_\_\_\_\_

Tipo di stabulazione

- stabulazione fissa
- stabulazione libera con lettiera permanente (frequenza rinnovo \_\_\_\_\_)
- stabulazione libera con cuccette (riempimento \_\_\_\_\_)
- compost barn
- altro (specificare \_\_\_\_\_)

Sono presenti paddock esterni?  sì  no Le vitelle vi hanno libero accesso?  sì  no

Le vitelle vengono lasciate a pascolo?  sì  no Se sì, lo fanno in alpeggio?  sì  no

**Vitelle allattate**

Quante vitelle allattate ci sono? \_\_\_\_\_

Come sono stabulate durante il giorno?

- da sole
  - in gruppo
- Se in gruppo, quante vitelle per gruppo? \_\_\_\_\_

I box di stabulazione delle vitelle hanno un'area esterna a cui gli animali possono accedere

liberamente?  sì  no Se sì, dimensioni: \_\_\_\_\_

Le vitelle allattate vengono lasciate al pascolo?  sì  no

Se sì per quanto tempo:  mezza giornata  giornata intera

Se sì fanno alpeggio?  sì  no

Se sì da che mese a che mese? Da \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_



I vitelli dopo quanto tempo dalla nascita ricevono la prima dose di colostro

- 0-2 ore                       2-6 ore                       >6 ore

Quanti L di colostro ricevono alla prima dose: \_\_\_\_\_ L

Quanto spesso gli viene dato il colostro: \_\_\_\_\_ al giorno

Per quanti giorni ricevono colostro: \_\_\_\_\_ giorni

Come viene somministrato il colostro?

- succhiano dalla madre     con la bottiglia     con sonda/tubo gastrico

Il colostro proviene:  dalla madre     dalla mandria     è artificiale

Nel vostro allevamento di solito congelate il colostro?     sì     no

Testate la qualità del colostro?     sì     no

Se sì, con quale metodo: \_\_\_\_\_    Qualità: \_\_\_\_\_

Misurate la temperatura del colostro prima di somministrarlo?     sì     no

Se sì, a che temperatura viene somministrato: \_\_\_\_\_ °C

Dopo il parto, per quanto tempo madre e vitello stanno insieme? \_\_\_\_\_

Dove avvengono di norma i partì?

- In box parto individuali  
 In area con altre vacche che devono partorire a breve  
 In area con le vacche in lattazione

Come vengono allattati i vitelli

- Secchio senza tettarella  
 Secchio con tettarella  
 Secchio con molte tettarelle  
 Milkbar  
 Allattatrice automatica / Lupa

Le tettarelle hanno diametro \_\_\_\_\_

Quante volte vengono allattati i vitelli e quanti L per pasto?

dalle \_\_ alle \_\_ settimane ->  1 pasto     2 pasti     3 pasti    quantità per pasto: \_\_\_\_\_ L

dalle \_\_ alle \_\_ settimane ->  1 pasto     2 pasti     3 pasti    quantità per pasto: \_\_\_\_\_ L

dalle \_\_ alle \_\_ settimane ->  1 pasto     2 pasti     3 pasti    quantità per pasto: \_\_\_\_\_ L

Misurate la temperatura del latte?     sì     no

Se sì, a che temperatura viene somministrato? \_\_\_\_\_ °C

I vitelli hanno a disposizione una tettarella artificiale che possono succhiare, al di fuori del momento della poppata?     sì     no

Se sì, la tettarella contiene qualcosa?  No, vuota     Concentrato     Acqua     Altro \_\_\_\_\_

I vitelli hanno a disposizione altri oggetti che possono succhiare/leccare?  sì  no

Se sì, quali: \_\_\_\_\_

A che età viene somministrato il primo foraggio? \_\_\_\_\_

Il foraggio viene somministrato  A volontà  razionato  Altro \_\_\_\_\_

A che età viene somministrato il primo concentrato? \_\_\_\_\_

Il concentrato è somministrato  A volontà  razionato  Altro \_\_\_\_\_

Come viene somministrato il concentrato alle vitelle:

mangiatoia  Altro (specificare) \_\_\_\_\_

Alle vitelle viene somministrato unifeed?  sì  no

Se sì, a che età viene somministrato il primo unifeed? \_\_\_\_\_

Che tipo di unifeed viene somministrato

- lo stesso delle manze/vacche
- Una miscela specifica per le vitelle

A partire da che età le vitelle hanno libero accesso all'acqua? \_\_\_\_\_

Quale criterio viene usato per lo svezzamento?

- Età (quale)? \_\_\_\_\_
- Ingestione (quanta)? \_\_\_\_\_
- Peso (quale)? \_\_\_\_\_

Lo svezzamento avviene  Da un giorno all'altro  In modo progressivo

Se progressivo in quanti giorni: \_\_\_\_\_

Trattate diversamente i vitelli maschi dalle vitelle femmine?  sì  no

Se sì, in cosa? \_\_\_\_\_

Per quanto tempo tenete i vitelli maschi in azienda? \_\_\_\_\_

N° morti vitelli/anno → periparto (<24 h): \_\_\_\_\_ postparto (prima dello svezzamento): \_\_\_\_\_

### Personale

Numero totale lavoratori \_\_\_\_\_ di cui dipendenti non familiari \_\_\_\_\_

Quanto si ritiene soddisfatto/a del proprio allevamento in questo periodo?

Per nulla	Poco	Abbastanza	Molto	Completamente

Quanto si ritiene soddisfatto/a della sua mandria in questo periodo?

Per nulla	Poco	Abbastanza	Molto	Completamente

Cosa le dà maggior soddisfazione e quali sono i punti che vorrebbe migliorare? (risposta libera)

---

---

---

---

---

---

---

La ringraziamo per il suo prezioso tempo,  
Cordiali saluti

**Allegato II: Valutazione sanitaria aziendale.**

<b>Giudizio veterinario</b>				
<b>Problematiche</b>	<b>Grado intensità problematiche</b>			
	<i>Assente</i>	<i>Lievemente presente</i>	<i>Decisamente presente</i>	<i>Gravemente presente</i>
Fertilità				
Zoppie				
Dismetabolie postparto (Chetosi, ipocalcemia, ...)				
Metriti/endometriti				
Ritenzione placenta				
Dislocazioni abomaso				
Ovaie lisce con cisti				

## 7 Bibliografia

- Akbar, H., Grala, T. M., Vailati Riboni, M., Cardoso, F. C., Verkerk, G., McGowan, J., Macdonald, K., Webster, J., Schutz, K., Meier, S., Matthews, L., Roche, J. R., & Loor, J. J. (2015). Body condition score at calving affects systemic and hepatic transcriptome indicators of inflammation and nutrient metabolism in grazing dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *98*(2), 1019–1032.  
<https://doi.org/10.3168/jds.2014-8584>
- Aleri, J. W., Hine, B. C., Pyman, M. F., Mansell, P. D., Wales, W. J., Mallard, B., & Fisher, A. D. (2016). Periparturient immunosuppression and strategies to improve dairy cow health during the periparturient period. In *Research in Veterinary Science* (Vol. 108, pp. 8–17). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2016.07.007>
- Alves, B. G., Alves, K. A., Lúcio, A. C., Martins, M. C., Silva, T. H., Alves, B. G., Braga, L. S., Silva, T. V., Viu, M. A. O., Beletti, M. E., Jacomini, J. O., Santos, R. M., & Gambarini, M. L. (2014). Ovarian activity and oocyte quality associated with the biochemical profile of serum and follicular fluid from Girolando dairy cows postpartum. *Animal Reproduction Science*, *146*(3–4), 117–125.  
<https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2014.02.019>
- Anderson, S. M., Rudolph, M. C., McManaman, J. L., & Neville, M. C. (2007). Key stages in mammary gland development. Secretory activation in the mammary gland: It's not just about milk protein synthesis! In *Breast Cancer Research* (Vol. 9, Issue 1). <https://doi.org/10.1186/bcr1653>
- Andersson, M. (1987). *Effects of Number and Location of Water Bowls and Social Rank on Drinking Behaviour and Performance of Loose-Housed Dairy Cows*.
- Andrée O'Hara, E., Båge, R., Emanuelson, U., & Holtenius, K. (2019). Effects of dry period length on metabolic status, fertility, udder health, and colostrum production in 2 cow breeds. *Journal of Dairy Science*, *102*(1), 595–606.  
<https://doi.org/10.3168/jds.2018-14873>
- Annison, E. F., & Linzell, J. L. (1964). OXIDATION AND UTILIZATION OF GLUCOSE AND ACETATE BY THE MAMMARY GLAND OF THE GOAT IN RELATION TO THEIR OVER-ALL METABOLISM AND TO MILK FORMATION. In *J. Physiol* (Vol. 175).

- Axelrod, J., & Reisine, T. D. (1984). *Stress Hormones: Their Interaction and Regulation* (Vol. 224).
- Bach, A., Valls, N., Solans, A., & Torrent, T. (2008). Associations between nondietary factors and dairy herd performance. *Journal of Dairy Science*, *91*(8), 3259–3267. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1030>
- Baird, G. D., Heitzman, R. J., Hibbitt, K. G., & Hunter, G. D. (1974). Clinical problems of preventive medicine. Bovine ketosis: a review with recommendations for control and treatment. I. *British Veterinary Journal*, *130*(3), 214–220. [https://doi.org/10.1016/s0007-1935\(17\)35885-2](https://doi.org/10.1016/s0007-1935(17)35885-2)
- Bani Hassan, E., Nouri, M., Vogrin, S., & Pyman, M. (2018). Can neutral dietary cation–anion difference (DCAD) decrease occurrence of clinical periparturient hypocalcaemia in dairy cattle? *Australian Veterinary Journal*, *96*(7), 269–273. <https://doi.org/10.1111/avj.12712>
- Bauman, D. E., & Bruce Currie, W. (1980). Partitioning of Nutrients During Pregnancy and Lactation: A Review of Mechanisms Involving Homeostasis and Homeorhesis. *Journal of Dairy Science*, *63*(9), 1514–1529. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(80\)83111-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(80)83111-0)
- Beagley, J. C., Whitman, K. J., Baptiste, K. E., & Scherzer, J. (2010). Physiology and treatment of retained fetal membranes in cattle. In *Journal of Veterinary Internal Medicine* (Vol. 24, Issue 2, pp. 261–268). <https://doi.org/10.1111/j.1939-1676.2010.0473.x>
- Bell, A. W. (1995). *Regulation of Organic Nutrient Metabolism During Transition from Late Pregnancy to Early Lactation*. <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/73/9/2804/4632911>
- Bell, A. W. (1980). LIPID METABOLISM IN LIVER AND SELECTED TISSUES AND IN THE WHOLE BODY OF RUMINANT ANIMALS. In *Pro~. Lipid Res* (Vol. 18).
- Bell, A. W., & Bauman, D. E. (1997). Adaptations of Glucose Metabolism During Pregnancy and Lactation. In *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia* (Vol. 2, Issue 3).
- Berman, A., Folman, Y., Kaim, M., Mamen, M., Herz, Z., Wolfenson, D., Arieli, A., & Graber, Y. (1985). Upper Critical Temperatures and Forced Ventilation Effects for

- High-Yielding Dairy Cows in a Subtropical Climate. *Journal of Dairy Science*, 68(6), 1488–1495. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(85\)80987-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(85)80987-5)
- Berry, D. P., Macdonald, K. A., Penno, J. W., & Roche, J. R. (2006). Association between body condition score and live weight in pasture-based Holstein-Friesian dairy cows. *Journal of Dairy Research*, 73(4), 487–491. <https://doi.org/10.1017/S0022029906002020>
- Bertics, S. J., Grummer, R. R., Cadorniga-Valino, C., & Stoddard, E. E. (1992). Effect of Prepartum Dry Matter Intake on Liver Triglyceride Concentration and Early Lactation. *Journal of Dairy Science*, 75(7), 1914–1922. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)77951-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)77951-X)
- Bobe, G., Young, J. W., & Beitz, D. C. (2004a). Invited review: Pathology, etiology, prevention, and treatment of fatty liver in dairy cows. In *Journal of Dairy Science* (Vol. 87, Issue 10, pp. 3105–3124). American Dairy Science Association. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73446-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73446-3)
- Bobe, G., Young, J. W., & Beitz, D. C. (2004b). Invited review: Pathology, etiology, prevention, and treatment of fatty liver in dairy cows. In *Journal of Dairy Science* (Vol. 87, Issue 10, pp. 3105–3124). American Dairy Science Association. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73446-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73446-3)
- Bonnett, B. N., Martin, S. W., Gannon, V. P. J., Miller, R. B., & Etherington, W. G. (1991). *Endometrial Biopsy in Holstein-Friesian Dairy Cows III. Bacteriological Analysis and Correlations with Histological Findings*.
- Boulton, A. C., Rushton, J., & Wathes, D. C. (2015). A Study of Dairy Heifer Rearing Practices from Birth to Weaning and Their Associated Costs on UK Dairy Farms. *Open Journal of Animal Sciences*, 05(02), 185–197. <https://doi.org/10.4236/ojas.2015.52021>
- Bradley, A. J., & Green, M. J. (2001). An investigation of the impact of intramammary antibiotic dry cow therapy on clinical coliform mastitis. *Journal of Dairy Science*, 84(7), 1632–1639. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74598-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74598-5)
- Braun, U., Züblin, S., Imhof, S., Baumgartner, M., & Binz, T. M. (2022). Hair cortisol concentrations in different breeds of cows: Comparison of hair from unshorn and

- previously shorn areas and from various regions of the body. *Schweizer Archiv Fur Tierheilkunde*, 164(10), 695–703. <https://doi.org/10.17236/sat00369>
- Burnett, T. A., Madureira, A. M. L., Silper, B. F., Tahmasbi, A., Nadalin, A., Veira, D. M., & Cerri, R. L. A. (2015). Relationship of concentrations of cortisol in hair with health, biomarkers in blood, and reproductive status in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 98(7), 4414–4426. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8871>
- Burton, J. L., Madsen, S. A., Chang, L. C., Weber, P. S. D., Buckham, K. R., Van Dorp, R., Hickey, M. C., & Earley, B. (2005). Gene expression signatures in neutrophils exposed to glucocorticoids: A new paradigm to help explain “neutrophil dysfunction” in parturient dairy cows. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 105(3–4), 197–219. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2005.02.012>
- Busato, A., Faissler, D., Küpfer, U., & Blum, J. W. (2002). Body condition scores in dairy cows: Associations with metabolic and endocrine changes in healthy dairy cows. *Journal of Veterinary Medicine Series A: Physiology Pathology Clinical Medicine*, 49(9), 455–460. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0442.2002.00476.x>
- Cabrera, V. E., Contreras, F. E., & Armentano, L. (2012). *Grouping Strategies for Feeding Lactating Dairy Cattle Dairy Farm GHG Emission View project Sorghum and Legume Intercropping Systems for Improving Forage Quality and Quantity View project*. <http://dairymgt.info>
- Cabrera, V. E., & Kalantari, A. S. (2014). Strategies to Improve Economic Efficiency of the Dairy. In *WCDS Advances in Dairy Technology* (Vol. 26).
- Cabrera, V. E., & Kalantari, A. S. (2016). Economics of production efficiency: Nutritional grouping of the lactating cow. *Journal of Dairy Science*, 99(1), 825–841. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9846>
- Caixeta, L. S., Herman, J. A., Johnson, G. W., & McArt, J. A. A. (2018). Herd-Level Monitoring and Prevention of Displaced Abomasum in Dairy Cattle. In *Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice* (Vol. 34, Issue 1, pp. 83–99). W.B. Saunders. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2017.10.002>
- Cardoso, F. C., Kalscheur, K. F., & Drackley, J. K. (2020). Symposium review: Nutrition strategies for improved health, production, and fertility during the transition



- period. *Journal of Dairy Science*, 103(6), 5684–5693.  
<https://doi.org/10.3168/jds.2019-17271>
- Ceciliani, F., Lecchi, C., Urh, C., & Sauerwein, H. (2018). Proteomics and metabolomics characterizing the pathophysiology of adaptive reactions to the metabolic challenges during the transition from late pregnancy to early lactation in dairy cows. In *Journal of Proteomics* (Vol. 178, pp. 92–106). Elsevier B.V.  
<https://doi.org/10.1016/j.jprot.2017.10.010>
- Chapinal, N., Carson, M., Duffield, T. F., Capel, M., Godden, S., Overton, M., Santos, J. E. P., & LeBlanc, S. J. (2011a). The association of serum metabolites with clinical disease during the transition period. *Journal of Dairy Science*, 94(10), 4897–4903.  
<https://doi.org/10.3168/jds.2010-4075>
- Chapinal, N., Carson, M., Duffield, T. F., Capel, M., Godden, S., Overton, M., Santos, J. E. P., & LeBlanc, S. J. (2011b). The association of serum metabolites with clinical disease during the transition period. *Journal of Dairy Science*, 94(10), 4897–4903.  
<https://doi.org/10.3168/jds.2010-4075>
- Chapinal, N., Carson, M. E., LeBlanc, S. J., Leslie, K. E., Godden, S., Capel, M., Santos, J. E. P., Overton, M. W., & Duffield, T. F. (2012). The association of serum metabolites in the transition period with milk production and early-lactation reproductive performance. *Journal of Dairy Science*, 95(3), 1301–1309.  
<https://doi.org/10.3168/jds.2011-4724>
- Coleman, D. N., Alharthi, A. S., Liang, Y., Lopes, M. G., Lopreiato, V., Vailati-Riboni, M., & Loor, J. J. (2021). Multifaceted role of one-carbon metabolism on immunometabolic control and growth during pregnancy, lactation and the neonatal period in dairy cattle. In *Journal of Animal Science and Biotechnology* (Vol. 12, Issue 1). BioMed Central Ltd.  
<https://doi.org/10.1186/s40104-021-00547-5>
- Constable, P. D., Megahed, A. A., & Hiew, M. W. H. (2019). Measurement of urine pH and net acid excretion and their association with urine calcium excretion in periparturient dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 102(12), 11370–11383.  
<https://doi.org/10.3168/jds.2019-16805>

- Contreras, G. A., O'Boyle, N. J., Herdt, T. H., & Sordillo, L. M. (2010). Lipomobilization in periparturient dairy cows influences the composition of plasma nonesterified fatty acids and leukocyte phospholipid fatty acids. *Journal of Dairy Science*, *93*(6), 2508–2516. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2876>
- Cook, N. J. (2012). Review: Minimally invasive sampling media and the measurement of corticosteroids as biomarkers of stress in animals. In *Canadian Journal of Animal Science* (Vol. 92, Issue 3, pp. 227–259). <https://doi.org/10.4141/CJAS2012-045>
- Correa, M. T., Erb, H., & Scarlett, J. (1993). Path Analysis for Seven Postpartum Disorders of Holstein Cows. *Journal of Dairy Science*, *76*(5), 1305–1312. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77461-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77461-5)
- Creutzinger, K. C., Dann, H. M., Krawczel, P. D., Moraes, L. E., Pairis-Garcia, M. D., & Proudfoot, K. L. (2021). The effect of stocking density and a blind on the behavior of Holstein dairy cows in group maternity pens. Part II: Labor length, lying behavior, and social behavior. *Journal of Dairy Science*, *104*(6), 7122–7134. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19745>
- Dallman, M. F., Akana, S. F., Cascio, C. S., Darlington, D. N., Jacobson, L., & Levin, N. (1987). Regulation of ACTH secretion: variations on a theme of B. In *Recent progress in hormone research* (Vol. 43, pp. 113–173). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-571143-2.50010-1>
- De Koster, J. D., & Opsomer, G. (2013). Insulin resistance in dairy cows. In *Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice* (Vol. 29, Issue 2, pp. 299–322). <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2013.04.002>
- de Koster, J., Van den Broeck, W., Hulpio, L., Claeys, E., Van Eetvelde, M., Hermans, K., Hostens, M., Fievez, V., & Opsomer, G. (2016). Influence of adipocyte size and adipose depot on the in vitro lipolytic activity and insulin sensitivity of adipose tissue in dairy cows at the end of the dry period. *Journal of Dairy Science*, *99*(3), 2319–2328. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10440>
- De Vries, A., Dechassa, H., & Hogeveen, H. (2016). Economic evaluation of stall stocking density of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *99*(5), 3848–3857. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10556>

- DeGaris, P. J., & Lean, I. J. (2008). Milk fever in dairy cows: A review of pathophysiology and control principles. *Veterinary Journal*, 176(1), 58–69. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.12.029>
- Delamaire, E., & Guinard-Flament, J. (2006). Increasing milking intervals decreases the mammary blood flow and mammary uptake of nutrients in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 89(9), 3439–3446. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72381-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72381-5)
- DeVries, T. J. (2019). Feeding Behavior, Feed Space, and Bunk Design and Management for Adult Dairy Cattle. In *Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice* (Vol. 35, Issue 1, pp. 61–76). W.B. Saunders. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2018.10.003>
- DeVries, T. J., Von Keyserlingk, M. A. G., & Beauchemin, K. A. (2003). Short communication: Diurnal feeding pattern of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 86(12), 4079–4082. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)74020-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)74020-X)
- DeVries, T. J., Von Keyserlingk, M. A. G., & Weary, D. M. (2004). Effect of feeding space on the inter-cow distance, aggression, and feeding behavior of free-stall housed lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 87(5), 1432–1438. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73293-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73293-2)
- Dingwell, R. T., Leslie, K. E., Schukken, Y. H., Sargeant, J. M., Timms, L. L., Duffield, T. F., Keefe, G. P., Kelton, D. F., Lissemore, K. D., & Conklin, J. (2004). Association of cow and quarter-level factors at drying-off with new intramammary infections during the dry period. *Preventive Veterinary Medicine*, 63(1–2), 75–89. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2004.01.012>
- Doll, K., Sickinger, M., & Seeger, T. (2009). New aspects in the pathogenesis of abomasal displacement. In *Veterinary Journal* (Vol. 181, Issue 2, pp. 90–96). <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2008.01.013>
- Drackley, J. K. (1999). ADSA foundation scholar award: Biology of dairy cows during the transition period: The final frontier? *Journal of Dairy Science*, 82(11), 2259–2273. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(99\)75474-3](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(99)75474-3)
- Drillich, M., Beetz, O., Pfützner, A., Sabin, M., Sabin, H. J., Kutzer, P., Nattermann, H., & Heuwieser, W. (2001). Evaluation of a systemic antibiotic treatment of toxic

- puerperal metritis in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 84(9), 2010–2017. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74644-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74644-9)
- Drillich, M., Mahlstedt, M., Reichert, U., Tenhagen, B. A., & Heuwieser, W. (2006). Strategies to improve the therapy of retained fetal membranes in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 89(2), 627–635. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72126-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72126-9)
- Dubuc, J., Duffield, T. F., Leslie, K. E., Walton, J. S., & LeBlanc, S. J. (2011). Effects of postpartum uterine diseases on milk production and culling in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 94(3), 1339–1346. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3758>
- Duffield, T. (2000). *SUBCLINICAL KETOSIS IN LACTATING DAIRY CATTLE*.
- Eberhart, R. J. (1984). *Coliform Mastitis*.
- Edwards S. A. (1983). *THE BEHAVIOUR OF DAIRY COWS AND THEIR NEWBORN CALVES IN INDIVIDUAL OR GROUP HOUSING*.
- Elenkov, I. J., & Chrousos, G. P. (2002). Stress hormones, proinflammatory and antiinflammatory cytokines, and autoimmunity. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 966, 290–303. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2002.tb04229.x>
- Ender, F., Dishington, I. W., & Helgebostad, A. (1971). Calcium Balance Studies in Dairy Cows under Experimental Induction and Prevention of Hypocalcaemic Paresis Puerperalis: The solution of the aetiology and the prevention of milk fever by dietary means. *Zeitschrift Für Tierphysiologie Tierernährung Und Futtermittelkunde*, 28(1–5), 233–256. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.1971.tb01573.x>
- Endres, M. I. (2017). The Relationship of Cow Comfort and Flooring to Lameness Disorders in Dairy Cattle. In *Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice* (Vol. 33, Issue 2, pp. 227–233). W.B. Saunders. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2017.02.007>
- Esposito, G., Irons, P. C., Webb, E. C., & Chapwanya, A. (2014). Interactions between negative energy balance, metabolic diseases, uterine health and immune response in transition dairy cows. In *Animal Reproduction Science* (Vol. 144, Issues 3–4, pp. 60–71). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2013.11.007>

- Ferguson, J. D., Galligan, D. T., & Thomsen, N. (1994). Principal Descriptors of Body Condition Score in Holstein Cows. *Journal of Dairy Science*, *77*(9), 2695–2703. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77212-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77212-X)
- Fiore, E., Arfuso, F., Colitti, M., Giancesella, M., Giudice, E., Piccione, G., & Morgante, M. (2017). Expression of selected genes related to energy mobilisation and insulin resistance in dairy cows. *Animal Production Science*, *57*(6), 1007–1013. <https://doi.org/10.1071/AN15376>
- Flörcke, C., & Grandin, T. (2014). Separation Behavior for Parturition of Red Angus Beef Cows. *Open Journal of Animal Sciences*, *04*(02), 43–50. <https://doi.org/10.4236/ojas.2014.42007>
- Fournel S., Ouellet V., & Charbonneau E. (2017). Practices for alleviating heat stress of dairy cows in humid continental climates: A literature review. In *Animals* (Vol. 7, Issue 5). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/ani7050037>
- Fregonesi, J. A., Tucker, C. B., & Weary, D. M. (2007). Overstocking reduces lying time in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *90*(7), 3349–3354. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-794>
- Fregonesi, J. A., Veira, D. M., Von Keyserlingk, M. A. G., & Weary, D. M. (2007). Effects of bedding quality on lying behavior of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *90*(12), 5468–5472. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0494>
- Fustini, M., Galeati, G., Gabai, G., Mammi, L. E., Bucci, D., Baratta, M., Accorsi, P. A., & Formigoni, A. (2017). Overstocking dairy cows during the dry period affects dehydroepiandrosterone and cortisol secretion. *Journal of Dairy Science*, *100*(1), 620–628. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11293>
- Gabai, G., De Luca, E., Miotto, G., Zin, G., Stefani, A., Da Dalt, L., Barberio, A., & Celi, P. (2019). Relationship between protein oxidation biomarkers and uterine health in dairy cows during the postpartum period. *Antioxidants*, *8*(1). <https://doi.org/10.3390/antiox8010021>
- Geishauser, T., Reiche, D., & Schemann, & M. (1998). *In vitro motility disorders associated with displaced abomasum in dairy cows.*

- Goff, J. P. (2008). The monitoring, prevention, and treatment of milk fever and subclinical hypocalcemia in dairy cows. *Veterinary Journal*, *176*(1), 50–57. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.12.020>
- Goff, J. P. (2014). Calcium and Magnesium Disorders. In *Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice* (Vol. 30, Issue 2, pp. 359–381). W.B. Saunders. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2014.04.003>
- Goff, J. P., & Horst, R. L. (1997a). Effects of the Addition of Potassium or Sodium, but Not Calcium, to Parturition Rations on Milk Fever in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, *80*(1), 176–186. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)75925-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)75925-3)
- Goff, J. P., & Horst, R. L. (1997b). Physiological Changes at Parturition and Their Relationship to Metabolic Disorders. *Journal of Dairy Science*, *80*(7), 1260–1268. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76055-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76055-7)
- Goff, J. P., Kimura, K., & Horst, R. L. (2002). Effect of mastectomy on milk fever, energy, and vitamins A, E, and  $\beta$ -carotene status at parturition. *Journal of Dairy Science*, *85*(6), 1427–1436. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74210-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74210-0)
- Gordon, J. L., LeBlanc, S. J., & Duffield, T. F. (2013). Ketosis treatment in lactating dairy cattle. In *Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice* (Vol. 29, Issue 2, pp. 433–445). <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2013.03.001>
- Gow, R., Thomson, S., Rieder, M., Van Uum, S., & Koren, G. (2010). An assessment of cortisol analysis in hair and its clinical applications. *Forensic Science International*, *196*(1–3), 32–37. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2009.12.040>
- Grant, R. J., & Albright, J. L. (2001). Effect of Animal Grouping on Feeding Behavior and Intake of Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, *84*, E156–E163. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)70210-x](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)70210-x)
- Grant, R. J., & Albright, J. L. (1995). Feeding Behavior and Management Factors During the Transition Period in Dairy Cattle. In *J. h i m. Sci* (Vol. 73). <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/73/9/2791/4632910>
- Grant, R., & Miner, W. H. (2007). *Taking Advantage of Natural Behavior Improves Dairy Cow Performance Dairy Cow's Daily Time Budget*.
- Green, M. J., Bradley, A. J., Medley, G. F., & Browne, W. J. (2007). Cow, farm, and management factors during the dry period that determine the rate of clinical

- mastitis after calving. *Journal of Dairy Science*, 90(8), 3764–3776.  
<https://doi.org/10.3168/jds.2007-0107>
- Griffin, J. F. T., Hartigan, P. J., & Nunn, W. R. (1973). *THERIOGENOLOGY NON-SPECIFIC UTERINE INFECTION AND BOVINE FERTILITY I. INFECTION PATTERNS AND ENDOMETRITIS DURING THE FIRST SEVEN WEEKS POST-PARTUM*.
- Grohn, Y. T., & Rajala-Schultz, P. J. (2000). Epidemiology of reproductive performance in dairy cows. In *Animal Reproduction Science* (Vol. 60).  
[www.elsevier.com/locate/animalreprosci](http://www.elsevier.com/locate/animalreprosci)
- Gross, J. J. (2023). Hepatic Lipidosis in Ruminants. In *Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice* (Vol. 39, Issue 2, pp. 371–383). W.B. Saunders.  
<https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2023.02.007>
- Gross, J. J., Schwarz, F. J., Eder, K., van Dorland, H. A., & Bruckmaier, R. M. (2013). Liver fat content and lipid metabolism in dairy cows during early lactation and during a mid-lactation feed restriction. *Journal of Dairy Science*, 96(8), 5008–5017.  
<https://doi.org/10.3168/jds.2012-6245>
- Grummer, R. R. (1993). Etiology of Lipid-Related Metabolic Disorders in Periparturient Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 76(12), 3882–3896.  
[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77729-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77729-2)
- Grummer, R. R. (1995). *Impact of Changes in Organic Nutrient Metabolism on Feeding the Transition Dairy Cow*. <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/73/9/2820/4632912>
- Gümen, A., Rastani, R. R., Grummer, R. R., & Wiltbank, M. C. (2005). Reduced dry periods and varying prepartum diets alter postpartum ovulation and reproductive measures. *Journal of Dairy Science*, 88(7), 2401–2411.  
[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72918-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72918-0)
- Hannah, C. (1983). Swelling of Golgi Vesicles in Mammary Secretory Cells and its Relation to the Yield and Quantitative Composition of Milk. In *J. theor. Biol* (Vol. 101).
- Hansen, P. J. (2013). Physiology and endocrinology symposium: Maternal immunological adjustments to pregnancy and parturition in ruminants and possible implications for postpartum uterine health: Is there a prepartum-postpartum nexus? *Journal of Animal Science*, 91(4), 1639–1649. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5934>

- Hayirli, A. (2006). The role of exogenous insulin in the complex of hepatic lipidosis and ketosis associated with insulin resistance phenomenon in postpartum dairy cattle. *Veterinary Research Communications*, 30(7), 749–774. <https://doi.org/10.1007/s11259-006-3320-6>
- Heimbürge, S., Kanitz, E., & Otten, W. (2019). The use of hair cortisol for the assessment of stress in animals. In *General and Comparative Endocrinology* (Vol. 270, pp. 10–17). Academic Press Inc. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2018.09.016>
- Hemsworth, P. H., & Barnett, J. L. (1987). Human-animal interactions. *The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*, 3(2), 339–356. [https://doi.org/10.1016/S0749-0720\(15\)31156-7](https://doi.org/10.1016/S0749-0720(15)31156-7)
- Hemsworth, P. H., Barnett, J. L., Tilbrook, A. J., & Hansen, C. (1989). *The Effects of Handling by Humans at Calving and During Milking on the Behaviour and Milk Cortisol Concentrations of Primiparous Dairy Cows*.
- Herdt, T. H. (2000). *RUMINANT ADAPTATION TO NEGATIVE ENERGY BALANCE Influences on the Etiology of Ketosis and Fatty Liver*.
- Heuer, C., Schukken, Y. H., & Dobbelaar, P. (1999). Postpartum body condition score and results from the first test day milk as predictors of disease, fertility, yield, and culling in commercial dairy herds. *Journal of Dairy Science*, 82(2), 295–304. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75236-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75236-7)
- Hosseinkhani, A., DeVries, T. J., Proudfoot, K. L., Valizadeh, R., Veira, D. M., & Von Keyserlingk, M. A. G. (2008). The effects of feed bunk competition on the feed sorting behavior of close-up dry cows. *Journal of Dairy Science*, 91(3), 1115–1121. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0679>
- Huzzey, J. M., DeVries, T. J., Valois, P., & Von Keyserlingk, M. A. G. (2006a). Stocking density and feed barrier design affect the feeding and social behavior of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 89(1), 126–133. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72075-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72075-6)
- Huzzey, J. M., DeVries, T. J., Valois, P., & Von Keyserlingk, M. A. G. (2006b). Stocking density and feed barrier design affect the feeding and social behavior of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 89(1), 126–133. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72075-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72075-6)



- I.M. Sheldon, D. E. Noakes, A. N. Rycroft, D.U. Pfeiffer, & H. Dobson. (2002). *Influence of uterine bacterial contamination after parturition on ovarian dominant follicle selection and follicle growth and function in cattle.*
- Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Lombardia e dell'Emilia-Romagna, Bertocchi, L., Fusi, F., Angelucci, A., & Lorenzi, V. (2018). *BENESSERE ANIMALE: LINEE GUIDA PER LA CATEGORIZZAZIONE DEL RISCHIO NELL'ALLEVAMENTO BOVINO DA LATTE.*
- Jensen, M. B., Pedersen, L. J., & Munksgaard, L. (2005). The effect of reward duration on demand functions for rest in dairy heifers and lying requirements as measured by demand functions. *Applied Animal Behaviour Science*, 90(3–4), 207–217. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2004.08.006>
- Jordan, E. R., & Fourdraine, R. H. (1993). Characterization of the Management Practices of the Top Milk Producing Herds in the Country. *Journal of Dairy Science*, 76(10), 3247–3256. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77661-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77661-4)
- Jorritsma, R., Jorritsma, H., Schukken, Y., Went, G., Gorter, K., van de Hengel, A., Hoekstra, A., Kuiper, A., Neimeijer, H., Riedstra, T., Tjassing, P., Veenstra, J., & van de Vosse, H. (2000). *RELATIONSHIPS BETWEEN FATTY LIVER AND FERTILITY AND SOME PERIPARTURIENT DISEASES IN COMMERCIAL DUTCH DAIRY HERDS.*
- Kalantari, A. S., Armentano, L. E., Shaver, R. D., & Cabrera, V. E. (2015). Economic impact of nutritional grouping in dairy herds. *Journal of Dairy Science*, 99(2), 1672–1692. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9810>
- Kalimi, M., Shafagoj, Y., Loria, R., Padgett, D., & Regelson, W. (1994). Anti-glucocorticoid effects of dehydroepiandrosterone (DHEA). In *Molecular and Cellular Biochemistry* (Vol. 131).
- Kasimanickam, R., Duffield, T. F., Foster, R. A., Gartley, C. J., Leslie, K. E., Walton, J. S., & Johnson, W. H. (2004). Endometrial cytology and ultrasonography for the detection of subclinical endometritis in postpartum dairy cows. *Theriogenology*, 62(1–2), 9–23. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2003.03.001>
- Keeling, L. J., & Duncan, I. J. H. (1989). *Inter-individual Distances and Orientation in Laying Hens Housed in Groups of Three in Two Different-Sized Enclosures.*
- Kelton, D. F., Lissemore, K. D., & Martin, R. E. (1998). Recommendations for Recording and Calculating the Incidence of Selected Clinical Diseases of Dairy Cattle. *Journal*

- of Dairy Science*, 81(9), 2502–2509. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)70142-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)70142-0)
- Kimura, K., Reinhardt, T. A., & Goff, J. P. (2006). Parturition and hypocalcemia blunts calcium signals in immune cells of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 89(7), 2588–2595. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72335-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72335-9)
- Klusmeyer, T. H., Fitzgerald, A. C., Fabellar, A. C., Ballam, J. M., Cady, R. A., & Vicini, J. L. (2009). Effect of recombinant bovine somatotropin and a shortened or no dry period on the performance of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 92(11), 5503–5511. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2390>
- Kok, A., Chen, J., Kemp, B., & Van Knegsel, A. T. M. (2019). Review: Dry period length in dairy cows and consequences for metabolism and welfare and customised management strategies. *Animal*, 13(S1), S42–S51. <https://doi.org/10.1017/S1751731119001174>
- Kok, A., van Hoeij, R. J., Tolkamp, B. J., Haskell, M. J., van Knegsel, A. T. M., de Boer, I. J. M., & Bokkers, E. A. M. (2017). Behavioural adaptation to a short or no dry period with associated management in dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science*, 186, 7–15. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2016.10.017>
- Koren, L., Mokady, O., Karaskov, T., Klein, J., Koren, G., & Geffen, E. (2002). A novel method using hair for determining hormonal levels in wildlife. In *Animal Behaviour* (Vol. 63, Issue 2, pp. 403–406). Academic Press. <https://doi.org/10.1006/anbe.2001.1907>
- Krawczel, P., Grant, R., & Miner, W. H. (2009). *EFFECTS OF COW COMFORT ON MILK QUALITY, PRODUCTIVITY AND BEHAVIOR*. [www.certifiedhumane.org](http://www.certifiedhumane.org)
- Kuhn, M. T., Hutchison, J. L., & Norman, H. D. (2005). Minimum days dry to maximize milk yield in subsequent lactation. *Animal Research*, 54(5), 351–367. <https://doi.org/10.1051/animres:2005031>
- Kunz, P. L., Blum, J. W., Hart, I. C., Bickel, H., & Landis, J. (1985). Effects of different energy intakes before and after calving on food intake, performance and blood hormones and metabolites in dairy cows. *Animal Production*, 40(2), 219–231. <https://doi.org/10.1017/S0003356100025320>

- Kusaka, H., Hasegawa, R., Nishimoto, N., Kawahata, M., Bandai, K., Miura, H., Kikuchi, M., & Sakaguchi, M. (2020). Cytobrush cytology patterns of early postpartum dairy cows. *Veterinary Journal*, *262*. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2020.105516>
- Kutzer, T., Steilen, M., Gygax, L., & Wechsler, B. (2015). Habituation of dairy heifers to milking routine-Effects on human avoidance distance, behavior, and cardiac activity during milking. *Journal of Dairy Science*, *98*(8), 5241–5251. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8773>
- Lacasse, P., Vanacker, N., Ollier, S., & Ster, C. (2018). Innovative dairy cow management to improve resistance to metabolic and infectious diseases during the transition period. In *Research in Veterinary Science* (Vol. 116, pp. 40–46). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2017.06.020>
- Lean, I. J., Santos, J. E. P., Block, E., & Golder, H. M. (2019). Effects of prepartum dietary cation-anion difference intake on production and health of dairy cows: A meta-analysis. *Journal of Dairy Science*, *102*(3), 2103–2133. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14769>
- Leblanc, S. (2010). Monitoring Metabolic Health of Dairy Cattle in the Transition Period Introduction-Metabolic Challenges in Peripartum Dairy Cows and Their Associations with Reproduction. In *Journal of Reproduction and Development* (Vol. 56).
- LeBlanc, S. J. (2008). Postpartum uterine disease and dairy herd reproductive performance: A review. *Veterinary Journal*, *176*(1), 102–114. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.12.019>
- LeBlanc, S. J., Duffield, T. F., Leslie, K. E., Bateman, K. G., Keefe, G. P., Walton, J. S., & Johnson, W. H. (2002). Defining and diagnosing postpartum clinical endometritis and its impact on reproductive performance in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *85*(9), 2223–2236. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74302-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74302-6)
- Loor, J. J., Bertoni, G., Hosseini, A., Roche, J. R., & Trevisi, E. (2013). Functional welfare—using biochemical and molecular technologies to understand better the welfare state of peripartal dairy cattle. *Animal Production Science*, *53*(9), 931–953. <https://doi.org/10.1071/AN12344>

- Lopreiato, V., Mezzetti, M., Cattaneo, L., Ferronato, G., Minuti, A., & Trevisi, E. (2020). Role of nutraceuticals during the transition period of dairy cows: A review. In *Journal of Animal Science and Biotechnology* (Vol. 11, Issue 1). BioMed Central Ltd. <https://doi.org/10.1186/s40104-020-00501-x>
- Losinger, W. C., & Heinrichs, A. J. (1996). Dairy Operation Management Practices and Herd Milk Production. *Journal of Dairy Science*, 79(3), 506–514. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(96\)76393-2](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(96)76393-2)
- Lusk, J. L., & Norwood, F. B. (2011). Animal welfare economics. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 33(4), 463–483. <https://doi.org/10.1093/aep/pper036>
- Maninger, N., Wolkowitz, O. M., Reus, V. I., Epel, E. S., & Mellon, S. H. (2009). Neurobiological and neuropsychiatric effects of dehydroepiandrosterone (DHEA) and DHEA sulfate (DHEAS). In *Frontiers in Neuroendocrinology* (Vol. 30, Issue 1, pp. 65–91). <https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2008.11.002>
- Mann, S., Yepes, F. A. L., Overton, T. R., Wakshlag, J. J., Lock, A. L., Ryan, C. M., & Nydam, D. V. (2015). Dry period plane of energy: Effects on feed intake, energy balance, milk production, and composition in transition dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 98(5), 3366–3382. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-9024>
- Massey, C. D., Wang, C., Donovan, G. A., & Beede, D. K. (1993). Hypocalcemia at parturition as a risk factor for left displacement of the abomasum in dairy cows. In *Journal of the American Veterinary Medical Association* (Vol. 203, Issue 6). <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0027917931&partnerID=40&md5=7a021d1c87949161285151d225e4eef7>
- McGilliard, M. L., Swisher, J. M., & James, R. E. (1983). Grouping Lactating Cows by Nutritional Requirements for Feeding. *Journal of Dairy Science*, 66(5), 1084–1093. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(83\)81905-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(83)81905-5)
- Meyer, J. S., & Novak, M. A. (2012). Minireview: Hair cortisol: A novel biomarker of hypothalamic-pituitary- adrenocortical activity. In *Endocrinology* (Vol. 153, Issue 9, pp. 4120–4127). <https://doi.org/10.1210/en.2012-1226>
- Mills, K. E., Weary, D. M., & von Keyserlingk, M. A. G. (2020). Identifying barriers to successful dairy cow transition management. *Journal of Dairy Science*, 103(2), 1749–1758. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-16231>

- Mondaca, M. R. (2019). Ventilation Systems for Adult Dairy Cattle. In *Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice* (Vol. 35, Issue 1, pp. 139–156). W.B. Saunders. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2018.10.006>
- Morales-Piñeyrúa, J. T., Damián, J. P., Banchero, G., & Sant'Anna, A. C. (2022). The effects of heat stress on milk production and the grazing behavior of dairy Holstein cows milked by an automatic milking system. *Journal of Animal Science*, 100(9). <https://doi.org/10.1093/jas/skac225>
- Mordak, R., & Anthony, S. P. (2015). Periparturient stress and immune suppression as a potential cause of retained placenta in highly productive dairy cows: Examples of prevention. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 57(1). <https://doi.org/10.1186/s13028-015-0175-2>
- Murray, J. A. (1919). *MEAT PRODUCTION*.
- Nagahata, H., Makino, S., Takeda, S., Takahashi, H., & Noda, H. (1988). Assessment of Neutrophil Function in the Dairy Cow during the Perinatal Period. *Journal of Veterinary Medicine, Series B*, 35(1–10), 747–751. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0450.1988.tb00554.x>
- Neisen, G., Wechsler, B., & Gyax, L. (2009). Effects of the introduction of single heifers or pairs of heifers into dairy-cow herds on the temporal and spatial associations of heifers and cows. *Applied Animal Behaviour Science*, 119(3–4), 127–136. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2009.04.006>
- Niehaus, A. J. (2016). Surgical Management of Abomasal Disease. In *Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice* (Vol. 32, Issue 3, pp. 629–644). W.B. Saunders. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2016.05.006>
- Nielsen, B. L. (1998). *On the interpretation of feeding behaviour measures and the use of feeding rate as an indicator of social constraint*.
- Nordlund, K., Cook, N., & Oetzel, G. (2006). *Coininingling Dairy Cows: Pen Moves, Stocking Density and Health*.
- Novak, M. A., Hamel, A. F., Kelly, B. J., Dettmer, A. M., & Meyer, J. S. (2013). Stress, the HPA axis, and nonhuman primate well-being: A review. *Applied Animal Behaviour Science*, 143(2–4), 135–149. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2012.10.012>

- O'Brien, B., Dillon, P., Murphy, J. J., Mehra, R. K., Guinee, T. P., Connolly, J. F., Kelly, A., & Joyce, P. (1999). Effects of stocking density and concentrate supplementation of grazing dairy cows on milk production, composition and processing characteristics. *Journal of Dairy Research*, *66*(2), 165–176.  
<https://doi.org/10.1017/S0022029999003544>
- Oliver, S. P., & Sordillo, L. M. (1988). Udder Health in the Periparturient Period. *Journal of Dairy Science*, *71*(9), 2584–2606. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(88\)79847-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(88)79847-1)
- Ospina, P. A., Nydam, D. V., Stokol, T., & Overton, T. R. (2010a). Association between the proportion of sampled transition cows with increased nonesterified fatty acids and  $\beta$ -hydroxybutyrate and disease incidence, pregnancy rate, and milk production at the herd level. *Journal of Dairy Science*, *93*(8), 3595–3601.  
<https://doi.org/10.3168/jds.2010-3074>
- Ospina, P. A., Nydam, D. V., Stokol, T., & Overton, T. R. (2010b). Evaluation of nonesterified fatty acids and  $\beta$ -hydroxybutyrate in transition dairy cattle in the northeastern United States: Critical thresholds for prediction of clinical diseases. *Journal of Dairy Science*, *93*(2), 546–554. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2277>
- Østergaard, S., Sørensen, J. T., Hindhede, J., & Kristensen, A. R. (1996). Technical and economic effects of feeding one vs. multiple total mixed rations estimated by stochastic simulation under different dairy herd and management characteristics. In *Livestock Production Science* (Vol. 45).
- Otten, W., Heimbürge, S., Tuchscherer, A., & Kanitz, E. (2023). Hair cortisol concentration in postpartum dairy cows and its association with parameters of milk production. *Domestic Animal Endocrinology*, *84–85*.  
<https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2023.106792>
- Palme, R. (2019). Non-invasive measurement of glucocorticoids: Advances and problems. In *Physiology and Behavior* (Vol. 199, pp. 229–243). Elsevier Inc.  
<https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2018.11.021>
- Palme, R., & Mostl, E. (1997). *Measurement of cortisol metabolites in faeces of sheep as a parameter of cortisol concentration in blood.*

- Pearson, R. B. (1983). Association of parturient hypocalcemia with eight periparturient disorders in Holstein cows. In *Journal of the American Veterinary Medical Association* (Vol. 183, Issue 5). <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0020828140&partnerID=40&md5=f999d3a3a2d8a6a1f6f793e9269dd5ae>
- Pinheiro Machado L.C., H. J. F., K. G. J. (1997). Timing of the attraction towards the placenta amniotic fluid by the parturient cow. In *Applied Animal Behaviour Science* (Vol. 53).
- Pirlo, G., Miglior, F., & Speroni, M. (2000). Effect of age at first calving on production traits and on difference between milk yield returns and rearing costs in Italian Holsteins. *Journal of Dairy Science*, 83(3), 603–608. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)74919-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)74919-8)
- Proudfoot, K. L., Veira, D. M., Weary, D. M., & von Keyserlingk, M. A. G. (2009). Competition at the feed bunk changes the feeding, standing, and social behavior of transition dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 92(7), 3116–3123. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1718>
- Rastani, R. R., Grummer, R. R., Bertics, S. J., Gümen, A., Wiltbank, M. C., Mashek, D. G., & Schwab, M. C. (2005). Reducing dry period length to simplify feeding transition cows: Milk production, energy balance, and metabolic profiles. *Journal of Dairy Science*, 88(3), 1004–1014. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72768-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72768-5)
- Redfern, E. A., Sinclair, L. A., & Robinson, P. A. (2021). Dairy cow health and management in the transition period: The need to understand the human dimension. In *Research in Veterinary Science* (Vol. 137, pp. 94–101). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2021.04.029>
- Roche, J. R., Friggens, N. C., Kay, J. K., Fisher, M. W., Stafford, K. J., & Berry, D. P. (2009). Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. In *Journal of Dairy Science* (Vol. 92, Issue 12, pp. 5769–5801). American Dairy Science Association. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2431>
- Roche, J. R., Kay, J. K., Friggens, N. C., Looor, J. J., & Berry, D. P. (2013). Assessing and managing body condition score for the prevention of metabolic disease in dairy cows. In *Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice* (Vol. 29, Issue 2, pp. 323–336). <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2013.03.003>

- Rulquin, H., & Caudal, J. P. (1977). Effects of lying or standing on mammary blood flow and heart rate of dairy cows. In *J Physiol* (Vol. 190). Masson.
- Sammad, A., Umer, S., Shi, R., Zhu, H., Zhao, X., & Wang, Y. (2020). Dairy cow reproduction under the influence of heat stress. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, *104*(4), 978–986. <https://doi.org/10.1111/jpn.13257>
- Sandals, W. C. D., Curtis, R. A., Cote, J. F., & Martin, S. W. (1979). *The Effect of Retained Placenta and Metritis Complex on Reproductive Performance in Dairy Cattle A Case Control Study*.
- Santos, J. E. P., Lean, I. J., Golder, H., & Block, E. (2019). Meta-analysis of the effects of prepartum dietary cation-anion difference on performance and health of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *102*(3), 2134–2154. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14628>
- Sapolsky, R. M., Romero, L. M., & Munck, A. U. (2000). *How Do Glucocorticoids Influence Stress Responses? Integrating Permissive, Suppressive, Stimulatory, and Preparative Actions\**. <https://academic.oup.com/edrv/article/21/1/55/2423840>
- Schein, M. W., & Fohrman, M. H. (1955). *SOCIAL DOMINANCE RELATIONSHIPS IN A HERD OF DAIRY CATTLE*.
- Schöpke, K., Weidling, S., Pijl, R., & Swalve, H. H. (2013). Relationships between bovine hoof disorders, body condition traits, and test-day yields. *Journal of Dairy Science*, *96*(1), 679–689. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5728>
- Sejian, V., Bhatta, R., Gaughan, J. B., Dunshea, F. R., & Lacetera, N. (2018). Review: Adaptation of animals to heat stress. In *Animal* (Vol. 12, Issue s2, pp. S431–S444). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/S1751731118001945>
- Shaver, R. D. (1997). Nutritional Risk Factors in the Etiology of Left Displaced Abomasum in Dairy Cows: A Review. *Journal of Dairy Science*, *80*(10), 2449–2453. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76197-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76197-6)
- Sheldon, I. M., & Dobson, H. (2004). Postpartum uterine health in cattle. *Animal Reproduction Science*, *82–83*, 295–306. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2004.04.006>



- Sheldon, I. M., Lewis, G. S., LeBlanc, S., & Gilbert, R. O. (2006). Defining postpartum uterine disease in cattle. *Theriogenology*, *65*(8), 1516–1530. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2005.08.021>
- Sherwin, V. E., Egan, S. A., Green, M. J., & Leigh, J. A. (2021). Survival of *Streptococcus uberis* on bedding substrates. *Veterinary Journal*, *276*. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2021.105731>
- Smith, K. L., Todhunter, D. A., & Schoenberger, P. S. (1985). Environmental Mastitis: Cause, Prevalence, Prevention. *Journal of Dairy Science*, *68*(6), 1531–1553. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(85\)80993-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(85)80993-0)
- Sniffen, C. J., Beverly, R. W., Mooney, C. S., Roe, M. B., Skidmore, A. L., & Black, J. R. (1993). Nutrient Requirements Versus Supply in the Dairy Cow: Strategies to Account for Variability. *Journal of Dairy Science*, *76*(10), 3160–3178. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77655-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77655-9)
- Sordillo, L. M. (2005). Factors affecting mammary gland immunity and mastitis susceptibility. *Livestock Production Science*, *98*(1–2), 89–99. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2005.10.017>
- Spahr, S. L. (1993). New Technologies and Decision Making in High Producing Herds. *Journal of Dairy Science*, *76*(10), 3269–3277. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77663-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77663-8)
- Spencer, R. L., & Deak, T. (2017). A users guide to HPA axis research. In *Physiology and Behavior* (Vol. 178, pp. 43–65). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2016.11.014>
- Stalder, T., & Kirschbaum, C. (2012). Analysis of cortisol in hair - State of the art and future directions. In *Brain, Behavior, and Immunity* (Vol. 26, Issue 7, pp. 1019–1029). <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2012.02.002>
- St-Pierre, N. R., & Thraen, C. S. (1999). *Joint Symposium: Ruminant Nutrition UPastures and Forages UProduction and Management 1: Nutritional Factors Impacting the Nutrient Balance of Beef and Dairy Operations Animal Grouping Strategies, Sources of Variation, and Economic Factors Affecting Nutrient Balance on Dairy Farms'*. [https://academic.oup.com/jas/article-abstract/77/suppl\\_2/72/4625603](https://academic.oup.com/jas/article-abstract/77/suppl_2/72/4625603)

- Strange, R., Friis, R. R., Bemis, L. T., & Geske, F. J. (1995). *Programmed Cell Death during Mammary Gland Involution*.
- Streyl, D., Kenngott, R., Herbach, N., Wanke, R., Blum, H., Sinowatz, F., Wolf, E., Zerbe, H., & Bauersachs, S. (2012). Gene expression profiling of bovine peripartal placentomes: Detection of molecular pathways potentially involved in the release of foetal membranes. *Reproduction*, *143*(1), 85–105. <https://doi.org/10.1530/REP-11-0204>
- Tallo-Parra, O., Carbajal, A., Monclús, L., Manteca, X., & Lopez-Bejar, M. (2018). Hair cortisol and progesterone detection in dairy cattle: interrelation with physiological status and milk production. *Domestic Animal Endocrinology*, *64*, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2018.02.001>
- Tao, S., Orellana Rivas, R. M., Marins, T. N., Chen, Y. C., Gao, J., & Bernard, J. K. (2020). Impact of heat stress on lactational performance of dairy cows. *Theriogenology*, *150*, 437–444. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.02.048>
- Tatone, E. H., Duffield, T. F., LeBlanc, S. J., DeVries, T. J., & Gordon, J. L. (2017). Investigating the within-herd prevalence and risk factors for ketosis in dairy cattle in Ontario as diagnosed by the test-day concentration of  $\beta$ -hydroxybutyrate in milk. *Journal of Dairy Science*, *100*(2), 1308–1318. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11453>
- Thilsing-Hansen, T., Jørgensen, R. J., Enemark, J. M. D., & Larsen, T. (2002). The effect of zeolite a supplementation in the dry period on periparturient calcium, phosphorus, and magnesium homeostasis. *Journal of Dairy Science*, *85*(7), 1855–1862. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74259-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74259-8)
- Trent, A. M. (1990). Surgery of the bovine abomasum. In *The Veterinary clinics of North America. Food animal practice* (Vol. 6, Issue 2, pp. 399–448). [https://doi.org/10.1016/s0749-0720\(15\)30868-9](https://doi.org/10.1016/s0749-0720(15)30868-9)
- van Werven, T., Schukken, Y., Lloyd, J., Brand, A., Heeringa, H., & Shea, M. (1992). THE EFFECTS OF DURATION OF RETAINED PLACENTA ON REPRODUCTION, MILK PRODUCTION, POSTPARTUM DISEASE AND CULLING RATE. In *Theriogenology* (Vol. 37).

- Van Winden, S. C. L., Müller, K. E., Kuiper, R., & Noordhuizen, J. P. T. M. (2002). Studies on the pH value of abomasal contents in dairy cows during the first 3 weeks after calving. *Journal of Veterinary Medicine Series A: Physiology Pathology Clinical Medicine*, 49(3), 157–160. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0442.2002.00429.x>
- Vilar, M. J., & Rajala-Schultz, P. J. (2020). Dry-off and dairy cow udder health and welfare: Effects of different milk cessation methods. In *Veterinary Journal* (Vol. 262). Bailliere Tindall Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2020.105503>
- Von Keyserlingk, M. A. G., Barrientos, A., Ito, K., Galo, E., & Weary, D. M. (2012). Benchmarking cow comfort on North American freestall dairies: Lameness, leg injuries, lying time, facility design, and management for high-producing Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 95(12), 7399–7408. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5807>
- Von Keyserlingk, M. A. G., Olenick, D., & Weary, D. M. (2008). Acute behavioral effects of regrouping dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 91(3), 1011–1016. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0532>
- Waiblinger, S., Menke, C., & Fölsch, D. W. (2003). Influences on the avoidance and approach behaviour of dairy cows towards humans on 35 farms. *Applied Animal Behaviour Science*, 84(1), 23–39. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(03\)00148-5](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(03)00148-5)
- Wathes, D. C., Pollott, G. E., Johnson, K. F., Richardson, H., & Cooke, J. S. (2014). Heifer fertility and carry over consequences for life time production in dairy and beef cattle. *Animal*, 8(SUPPL. 1), 91–104. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000755>
- Watters, R. D., Guenther, J. N., Brickner, A. E., Rastani, R. R., Crump, P. M., Clark, P. W., & Grummer, R. R. (2008). Effects of dry period length on milk production and health of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 91(7), 2595–2603. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0615>
- Watters, R. D., Wiltbank, M. C., Guenther, J. N., Brickner, A. E., Rastani, R. R., Fricke, P. M., & Grummer, R. R. (2009). Effect of dry period length on reproduction during the subsequent lactation. *Journal of Dairy Science*, 92(7), 3081–3090. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1294>
- Welfare Quality®. (2009). *Assessment protocol for cattle*.

- Wensing, T., Kruip, T., Geelen, M. J. H., Wentink, G. H., & Van Den Top, A. M. (1997). COMPARATIVE HAEMATOLOGY INTERNATIONAL Original Article Postpartum Fatty Liver in High-Producing Dairy Cows in Practice and in Animal Studies. The Connection with Health, Production and Reproduction Problems\*. In *Comparative Haematology International* (Vol. 7).
- West, J. W. (2003). Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, *86*(6), 2131–2144. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73803-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73803-X)
- Westin, R., Vaughan, A., de Passillé, A. M., DeVries, T. J., Pajor, E. A., Pellerin, D., Siegford, J. M., Vasseur, E., & Rushen, J. (2016). Lying times of lactating cows on dairy farms with automatic milking systems and the relation to lameness, leg lesions, and body condition score. *Journal of Dairy Science*, *99*(1), 551–561. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9737>
- White, H. M. (2015). The role of TCA cycle anaplerosis in ketosis and fatty liver in periparturient dairy cows. In *Animals* (Vol. 5, Issue 3, pp. 793–802). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/ani5030384>
- Williams, C. B., & Oltenacu, P. A. (1992). Evaluation of Criteria Used to Group Lactating Cows Using a Dairy Production Model. *Journal of Dairy Science*, *75*(1), 155–160. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)77749-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)77749-2)
- Williams, E. J., Fischer, D. P., Noakes, D. E., England, G. C. W., Rycroft, A., Dobson, H., & Sheldon, I. M. (2007). The relationship between uterine pathogen growth density and ovarian function in the postpartum dairy cow. *Theriogenology*, *68*(4), 549–559. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2007.04.056>
- Williams, E. J., Fischer, D. P., Pfeiffer, D. U., England, G. C. W., Noakes, D. E., Dobson, H., & Sheldon, I. M. (2005). Clinical evaluation of postpartum vaginal mucus reflects uterine bacterial infection and the immune response in cattle. *Theriogenology*, *63*(1), 102–117. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2004.03.017>
- Willis', G. L. (1983). A POSSIBLE RELATIONSHIP BETWEEN THE FLINCH, STEP AND KICK RESPONSE AND MILK YIELD IN LACTATING COWS. In *Applied Animal Ethology* (Vol. 10). Elsevier Science Publishers B.V.

Windschnurer, I., Schmied, C., Boivin, X., & Waiblinger, S. (2008). Reliability and inter-test relationship of tests for on-farm assessment of dairy cows' relationship to humans. *Applied Animal Behaviour Science*, *114*(1–2), 37–53.  
<https://doi.org/10.1016/j.applanim.2008.01.017>



## **8 Ringraziamenti**

Desidero ringraziare i Professori Iginò Andrighetto e Giorgio Marchesini per la loro infinita disponibilità, la loro passione e competenza. Li ringrazio soprattutto per aver creato un progetto che mi ha permesso di svolgere un'ampia parte pratica in campo ed aumentare la mia esperienza.

Inoltre, ringrazio il Dott. Davide Fossaluzza per avermi supportata e sopportata per l'intera durata del progetto dalle giornate in campo alla stesura della tesi. Grazie per la pazienza e la disponibilità che hai avuto nei miei confronti.