



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Medicina Animale, Produzioni e Salute

Corso di Laurea magistrale a ciclo unico in

MEDICINA VETERINARIA

Confronto tra due metodi di distribuzione della razione a bovini da carne: rilievi in allevamento e al macello per valutare gli effetti sulla salute e il benessere degli animali.

Relatore

Prof. Flavia Gottardo

Correlatore

Dott. Luisa Magrin

Laureanda

Paola Bertolo

Matricola n.

1128425

ANNO ACCADEMICO 2021-2022

INDICE

RIASSUNTO	I
ABSTRACT	IV
1. INTRODUZIONE	1
1.1 Benessere animale e normativa di riferimento.....	1
1.2 L'allevamento del bovino da carne in Italia.....	2
1.3 Principali razze da carne allevate in Italia.....	3
1.3.1 Charolaise	4
1.3.2 Limousine.....	5
1.4 Comportamento alimentare e suo impatto sulla salute degli animali.....	6
1.4.1 Assunzione di alimento.....	7
1.4.2 Assunzione di acqua	9
1.4.3 Ruminazione	11
1.4.4 Sistemi di rilevamento dei comportamenti.....	14
1.5 Fattori che influenzano il comportamento alimentare e lo stato di salute	19
1.5.1 Stress da caldo	19
1.5.2 Umidità relativa	27
1.5.3 Tipo di pavimentazione	28
1.5.4 Dimensione fronte mangiatoia e box.....	30
1.5.5 Qualità della dieta e modalità di distribuzione	32
2.OBIETTIVI DELLA RICERCA	34
3. MATERIALI E METODI	35
3.1 Ricerca bibliografica.....	35
3.2 Prova sperimentale.....	35
3.2.1 Animali, stabulazione e management	35
3.2.2 Rilievi sperimentali <i>in vivo</i>	39
- Performance di crescita.....	39
- Osservazioni comportamentali	40
- Trattamenti farmacologici durante il periodo di ingrasso	41
3.2.3 Rilievi sperimentali <i>post mortem</i>	42

- Performance di macellazione	42
- Ispezione della mucosa ruminale al macello	42
3.2.4 Analisi statistica	44
4. RISULTATI E DISCUSSIONE	45
4.1 Ricerca bibliografica	45
4.2 Prova sperimentale	49
4.2.1 Risultati sperimentali <i>in vivo</i>	49
- Performance di crescita e ingestione di sostanza secca.....	49
- Osservazioni comportamentali.....	50
- Trattamenti farmacologici durante il periodo di ingrasso.....	56
4.2.2 Risultati sperimentali <i>post mortem</i>	57
- Performance di macellazione	57
- Ispezione della mucosa ruminale al macello	59
5. CONCLUSIONI	61
BIBLIOGRAFIA.....	63
GLOSSARIO	72
RINGRAZIAMENTI	73

RIASSUNTO

Il presente lavoro di tesi è composto da due parti. Nella prima viene riportata un'analisi mirata della letteratura esistente in merito al *feeding system e/o feeding behaviour* dei bovini da carne; nella seconda parte è presentata una prova sperimentale svolta presso un allevamento commerciale del trevigiano.

Lo scopo della ricerca bibliografica, effettuata a Maggio 2022, è stato quello di analizzare, attraverso il database bibliografico Scopus, gli studi presenti a livello internazionale sul comportamento alimentare dei bovini da carne, ed estrarre informazioni circa le modalità di rilevamento e registrazione dei dati. Questa ricerca si è concentrata sugli ultimi 12 anni (2010-2022) ed ha condotto alla selezione e allo studio approfondito di 112 pubblicazioni che contenevano le parole *feeding system e/o feeding behaviour (o behavior)* all'interno dell'abstract. Dall'analisi di questi articoli si è osservato che il numero di pubblicazioni su questa tematica è aumentato progressivamente con gli anni e, poichè che la maggior parte di essi aveva origine dagli Stati Uniti, la categoria di bovini da carne maggiormente studiata era rappresentata da vitelloni maschi castrati di razza Angus allevati in sistemi feedlot. Inoltre, per quanto riguarda la modalità di valutazione del comportamento alimentare dei bovini da carne si è osservato che negli ultimi anni diversi sistemi automatici di rilevamento hanno preso piede, permettendo di rilevare con più precisione parametri diversi rispetto alle osservazioni dirette effettuate da un valutatore, ad esempio l'ingestione di sostanza secca giornaliera, il tempo speso in mangiatoia, la durata di ogni visita alla mangiatoia, ecc.

In conclusione, lo studio del comportamento alimentare dei bovini da carne rappresenta sempre più un argomento di notevole interesse, seppure ancora oggi maggiormente concentrato sui sistemi feedlot americani.

Lo scopo della prova sperimentale è stato quello di valutare gli effetti di un sistema di distribuzione convenzionale (CFS) ed un sistema di distribuzione automatico (AFS) della razione alimentare sulle performance di crescita, sul comportamento e sulla salute del

rumine di vitelloni e scottone da ingrasso di razza Limousine allevati con sistema intensivo. Lo studio rientra all'interno del progetto di ricerca denominato "LOWeMEAT" (www.azove.it) ed è stato condotto tra Gennaio 2020 e Marzo 2022 presso la Stalla Sociale di Fossalunga di Vedelago (Treviso) prendendo in considerazione 75 partite di animali, per un totale di 1.440 vitelloni e 1.129 scottone. Gli animali prima di essere stabulati in 28 box di circa 10 animali ciascuno, sono stati distribuiti per peso corporeo e assegnati ad uno dei due sistemi di distribuzione: CFS consisteva in una *total mixed ration* (TMR) fornita *ad libitum* in un'unica distribuzione giornaliera tra le 09:00 e le 10:00 h; mentre AFS consisteva in una distribuzione automatica della stessa TMR più volte al giorno (mediamente 4) in base alle esigenze degli animali.

Sono state svolte 10 sessioni di osservazione per valutare il comportamento alimentare e le attività svolte dagli animali (ad esempio stazione/decubito, ruminazione, ecc). Lungo il periodo di ingrasso, sono stati registrati il numero e il tipo di trattamenti sanitari effettuati per problemi locomotori, gastrointestinali, o respiratori. Al termine della parte sperimentale *in vivo*, gli animali sono stati inviati al macello per la valutazione delle carcasse, ed i ruminanti sono stati ispezionati registrando eventuali alterazioni a livello della mucosa (ipercheratosi, segni di ruminite, placche, ecc).

La maggior frequenza di distribuzione della razione del AFS, e l'aumento del numero di pasti durante la giornata, sembra aver migliorato il peso finale e l'accrescimento medio giornaliero degli animali, seppure senza una significativa evidenza statistica, considerando la possibilità di ridurre di qualche giorno la durata del periodo di ingrasso per ottenere le stesse ottime performance di crescita.

Il comportamento di decubito degli animali risulta essere simile tra i due sistemi di distribuzione, suggerendo che i bovini della tesi AFS si erano perfettamente adattati al passaggio del distributore automatico, con un aumento del tempo di ruminazione. La disponibilità continua di alimento ha permesso agli animali AFS di distribuire omogeneamente l'ingestione in diversi momenti della giornata.

Per quanto concerne i dati raccolti dall'ispezione della mucosa ruminale, si è osservato una riduzione dell'incidenza di ipercheratosi, placche e segni di ruminite per gli animali della tesi AFS, compatibile anche con l'osservazione di una riduzione dei trattamenti farmacologici effettuati *in vivo* per gli stessi animali.

Si è concluso che un sistema di distribuzione automatico che possa distribuire la razione alimentare più volte nell'arco della giornata può risultare utile per migliorare la salute e il benessere dei bovini da carne durante il periodo di finissaggio. L'implementazione di questo sistema di distribuzione potrebbe portare ad un aumento dei profitti per gli allevatori di carne bovina poiché comporta un miglioramento delle performance di crescita degli animali, una riduzione del periodo di ingrasso e dei trattamenti farmacologici effettuati.

ABSTRACT

The present work thesis consists of two parts. The first one reports an analysis of the existing literature on the *feeding system and/or feeding behavior* of beef cattle; the second one presents an experimental trial carried out on a commercial farm in the Treviso area.

The aim of the bibliographic research, carried out in May 2022, was to analyse, through the Scopus bibliographic database, the international studies on the feeding behavior of beef cattle, and extract information on the methods used for data collection and registration. This research focused on the last 12 years (2010-2022) and led to the deepened analysis of 112 publications that contained the words *feeding system and/or feeding behavior (or behaviour)* in the abstract. From their analysis, it was observed that the number of publications in the most recent years was greater than the previous ones and, since most of them concerned American studies, the most studied beef cattle category was represented by Angus beef steers finished in feedlots. Furthermore, as regards the methods used for feeding behaviours' assessment, it has been observed that the implementation of automatic systems increased in recent years, allowing a more precise detection of different behavioural parameters compared to direct observations carried out by an assessor, i.e. dry matter intake, eating time, visit duration at the manger, etc.

Therefore, it was stated that nowadays, the study of feeding behavior of beef cattle represents more and more an outstanding topic, although it is still more focused on American feedlot systems.

The experimental trial aimed to evaluate the effects of a conventional feeding system (CFS) and an automatic feeding system (AFS) on growth performance, behavior and rumen health of Limousine finishing bulls and heifers reared intensively. The research is part of a project called "LOWeMEAT" (www.azove.it) and was carried out between January 2020 and March 2022 at the Stalla Sociale di Fossalunga di Vedelago (Treviso), considering 75 batches of animals, for a total of 1,440 bulls and 1,129 heifers. Before being housed in 28 stalls of about 10 animals each, they were divided by body weight

and assigned to one of the two feeding systems: CFS consisted of a total mixed ration (TMR) provided *ad libitum* on a single daily distribution between 09.00 and 10.00 AM; while AFS consisted of an automatic distribution of the same TMR several times per day (on average 4) according to animals' requirements.

Ten observation sessions were carried out to assess the feeding behavior and the activities performed by the animals (standing/lying, rumination times, etc.). Throughout the finishing period, the number and the type of pharmacological treatments for locomotory, gastrointestinal, or respiratory disorders were registered. At the end of the *in vivo* experimental part, the animals were sent to the slaughterhouse for carcass evaluation, and their rumens were inspected to detect potential alterations at the mucosa level (hyperkeratosis, signs of ruminitis, plaques, etc.).

The greater frequency of feed distribution given by the AFS system, and thus the increasing number of daily meals, seems to improve the final body weight and the average daily gain of the animals, despite the lack of significant statistical evidence, considering the possibility to reduce the length of the fattening period in order to obtain optimal growth performance.

The lying behaviour of the animals seems to be similar between the two feeding systems, suggesting that the AFS cattle had perfectly adapted to the passage of the automatic distribution machine, with also an increase in the rumination time. The continuous availability of feed at the manger allows AFS animals to distribute the dry matter intake homogeneously across the day.

As regards the data collected from the inspection of the rumen mucosa, a reduction in the incidence of hyperkeratosis, plaques and signs of ruminitis was observed; this finding is also compatible with the decrease in the pharmacological treatments used during the life of the animals.

In conclusion, using an automatic feeding system that can distribute the feeding ration more times per day can be a useful method for improving the health and welfare of beef cattle during their fattening period. Implementing this distribution system could also lead to an increased profit for beef farmers since it could improve the performance of the animals, reduce the fattening period, and limit the pharmacological treatments needed *in vivo*.

1. INTRODUZIONE

1.1 Benessere animale e normativa di riferimento

Gli animali vengono identificati come creature senzienti all'interno del diritto europeo e non più come dei prodotti agricoli (cfr. Trattato di Lisbona, 2007) e questo fa sì che sia necessario garantire loro il massimo benessere. Da qui sono nate diverse discussioni e definizioni di benessere animale che possono essere divise in quattro principali categorie secondo lo *Scientific Committee on Animal Health and Animal Welfare* (2001). Tra queste, quella che incontra maggiormente i favori della comunità scientifica è rappresentata dalla definizione data da Broom (1986) che definisce il benessere in relazione ai tentativi dell'animale di adattarsi all'ambiente in cui si trova. Quando le capacità di adattamento dell'animale sono soddisfacenti, allora si troverà in uno stato di buon benessere; invece, se queste sono sopraffatte si troverà in uno stato di benessere scarso.

L'Unione Europea ha creato una serie di norme che mirano ad introdurre delle misure minime di protezione per l'allevamento degli animali (Direttiva 98/58/CE) ed in particolare per: vitello (Direttiva 2008/119/CE), suino (Direttiva 2008/120/CE), gallina ovaia (Direttiva 1999/74/CE, Direttiva 2002/4/CE), polli per la produzione di carne (Direttiva 2007/43/CE), trasporto (Regolamento CE 1/2005) e macellazione degli animali (Decisione CEE 88/306, Regolamento CE 1099/2009). Per quanto riguarda il vitellone da carne, invece, non esiste alcuna normativa specifica, ma sono stati prodotti dei report che definiscono il benessere di questi animali all'interno degli allevamenti intensivi (nel 2001 dal *Scientific Committee on Animal Health and Animal Welfare* (SCAHAW) e nel 2012 dall'*European Food Safety Authority* (EFSA)). Le normative europee appena citate discendono dal Brambell Report (1965) in cui vengono enunciati i principi base relativi al benessere animale, rappresentati dalle cinque libertà:

1. l'animale non deve soffrire la fame o la sete;
2. l'animale deve essere tenuto in un ambiente confortevole;
3. l'animale non deve soffrire a causa di ferite o malattie;
4. l'animale deve poter esprimere un repertorio comportamentale normale;
5. l'animale non deve soffrire a causa di stati di paura o di stress.

Per quanto concerne il quarto punto, ovvero la capacità di poter esprimere un repertorio comportamentale normale, questo non è semplice da definire a causa della domesticazione animale che è avvenuta nel tempo. Kilgour et al. (2012) affermano che un possibile approccio per lo studio di un normale comportamento può essere quello di osservare le popolazioni di animali selvatici. Nei bovini questi sono rappresentati dagli animali al pascolo con limitato intervento umano. Ogni variazione di una o più di queste libertà può rappresentare un indicatore di scarso benessere. Secondo Broom (1996), degli indicatori di scarso benessere possono essere rappresentati da: diminuzione della durata della vita e della possibilità di riprodursi, alterazione del normale sviluppo anatomico, danni corporei, malattie, ridotta funzionalità del sistema immunitario, tentativi fisiologici di far fronte alle variazioni ambientali e stereotipie. Bisogna tuttavia considerare che la presenza di un buono o cattivo stato di benessere non deve tenere conto solo dello stato comportamentale e di salute dell'animale, ma anche delle pratiche di gestione dell'allevamento. Infatti, è stato evidenziato, ad esempio, che la dimensione del box e del fronte mangiatoia sono di fondamentale importanza per garantire un adeguato benessere dei vitelloni da carne (Gottardo et al., 2009).

1.2 L'allevamento del bovino da carne in Italia

L'Unione Europea è il secondo consumatore e il terzo produttore di carne bovina a livello mondiale (Commissione Europea, 2021); Polonia e Francia rappresentano i principali paesi produttori. A livello europeo esiste un'ampia diversità tra i sistemi di produzione della carne bovina in base a: razza allevata, dieta utilizzata e sistema di gestione dell'allevamento. Le razze a duplice attitudine e gli incroci tra vacche da latte e tori da carne vengono allevate principalmente nel Regno Unito, in Irlanda e nei paesi Scandinavi; mentre le razze pure da carne vengono allevate nel loro paese d'origine (Francia, Irlanda e paesi dell'Europa dell'Est) per un periodo di 10-14 mesi, ed in seguito vengono trasferite in un altro paese (tra i quali l'Italia) dove completano il loro periodo di ingrasso a circa 6-7 mesi di età (Magrin et al., 2019).

L'Italia importa circa un milione di capi all'anno, di cui l'80% dalla Francia. Il 70-75% dell'ingrasso di questi animali avviene principalmente in allevamenti specializzati situati

in Veneto e nella Pianura Padana (Cozzi, 2007). Dall'ultimo rapporto dell'Istituto di Servizi per il Mercato Agricolo Alimentare (ISMEA), nel primo trimestre del 2022 sono stati importati nel nostro paese oltre 230 mila capi bovini da allevamento, di cui tre quarti sono rappresentati da ristalli per i quali è previsto un periodo di ingrasso di circa sei mesi prima dell'avvio alla macellazione.

Secondo Gallo et al. (2014), Charolaise e Limousine sono le razze francesi da ingrasso più importanti in Italia e vengono allevate principalmente all'interno degli allevamenti intensivi situati nella Pianura Padana. Diversamente, nelle zone del Piemonte e delle regioni centro-meridionali, dove sono presenti degli allevamenti estensivi, vengono allevati i bovini di razza italiana come: Piemontese, Chianina, Marchigiana, Maremmana, Podolica e Romagnola (Cozzi, 2007).

In accordo con quanto stabilito dallo *Scientific Committee on Animal Health and Animal Welfare* (SCAHAW, 2001), in Italia, i bovini di razza da carne sono allevati al chiuso e vengono macellati all'età di 18 mesi con un peso medio della carcassa di 350 kg. Tuttavia, nel nostro paese esiste un notevole range di variazione dei pesi finali delle carcasse ed è quindi possibile identificare diverse categorie di peso: leggero (250 kg per i vitelloni a 14-20 mesi e 190 kg per le scottone a 10-16 mesi), medio (300 kg per i vitelloni e 250 kg per le scottone) e pesante (più di 350 kg).

1.3 Principali razze da carne allevate in Italia

Sono conosciute più di 250 razze di bovini da carne nel mondo che differiscono per capacità di ingestione, accrescimento medio giornaliero, indice di conversione alimentare, resa alla macellazione e composizione della carcassa. Secondo Alberti et al. (2005) queste differenze sono dovute alla diversità genetica e alla diversa dimensione corporea che permette di suddividerle in tre grandi gruppi. Il primo è rappresentato dalle razze bovine specializzate come Charolaise, Limousine, Aberdeen Angus e Piemontese, che sono caratterizzate da una statura di medie dimensioni, un'elevata muscolatura ed una percentuale di grasso da media a bassa; il secondo gruppo è costituito dalle razze locali e/o da latte come Jersey ed Holstein che presentano scarsa muscolatura ed elevata percentuale di grasso; infine, il terzo gruppo è rappresentato

dalle razze intermedie come Simmental e Marchigiana che presentano elevata statura e caratteristiche di muscolosità e grassezza intermedie rispetto ai due gruppi precedenti. In Italia, sono allevati sia bovini di razza italiana come Piemontese, Chianina, Marchigiana, Maremmana, Podolica e Romagnola, sia bovini di origine Europea, con una netta prevalenza delle razze Charolaise e Limousine di origine francese.

1.3.1 Charolaise

La Charolaise è una razza originaria della Borgogna (Francia), in particolare delle aree di Charolles e Nievres. Rappresenta la più importante razza francese da carne, ma anche la principale nel sistema di allevamento del Veneto (Gallo et al., 2014).

In passato era una razza a duplice attitudine (da lavoro e da carne), ma alla fine del XIX secolo, in seguito alla perdita di interesse per il lavoro a trazione animale, è stata avviata una selezione che ha portato a favorire la produzione della carne.

Presenta un mantello di colore bianco crema con musello depigmentato (**Foto 1**). Ha una statura medio-grande ed un peso che in età adulta varia da 12 a 13 quintali per i maschi e da 7 a 9 quintali per le femmine. Dal punto di vista morfologico, la testa è piuttosto corta, con fronte ampia e bocca grande; mentre il tronco risulta cilindrico con treno posteriore imponente dovuto al grande sviluppo muscolare (www.anacli.it).

Foto 1. Vitelloni Charolaise in mangiatoia.



La razza è da sempre apprezzata per la sua rusticità che le permette di affrontare bene i periodi di siccità estivi tipici delle aree a clima mediterraneo. Mostra anche delle ottime qualità materne con parti gemellari frequenti e assenza di problemi sia nella fase del parto che in quella di allattamento. La produzione di latte è interamente destinata al vitello e consente degli accrescimenti ottimali fino allo svezzamento (6-7 mesi), che spesso avviene al pascolo. Infatti, data la sua elevata capacità di ingestione, è un'eccellente pascolatrice.

Grazie alla sua capacità di accrescimento, Charolaise viene generalmente macellato ad un peso vivo di oltre i 700 kg (Magrin et al., 2019). Presenta una buona resa di macellazione (generalmente superiore al 62%) ed un'ottima conformazione della carcassa (classe E – U nella valutazione EUROP).

1.3.2 Limousine

Originaria del Limousin (Francia), costituisce alla pari della Charolaise una delle razze da carne più diffuse al mondo e la seconda più diffusa nel sistema di allevamento del Veneto (Gallo et al., 2014). È una razza di antiche origini, appartenente al gruppo delle razze rosse europee e, prima che venisse selezionata per la produzione della carne, era a triplice attitudine (da carne, da lavoro e da latte).

Presenta un mantello di colore fromentino vivo (**Foto 2**), una statura media ed un peso che in età adulta varia da 10 a 12 quintali per i maschi e da 5,5 a 8 quintali per le femmine (www.anacli.it).

Foto 2. Scottone di razza Limousine in mangiatoia.



Come la razza Charolaise, anche questa razza è apprezzata per la sua rusticità e per le qualità materne. Inoltre, Limousine è longeva e, grazie alla sua notevole fertilità permette di mantenere inalterate le performance di produzione per un periodo relativamente lungo. Viene macellata a un peso corporeo inferiore rispetto alla Charolaise (Magrin et al., 2019), ma presenta caratteristiche di macellazione migliori rispetto a quest'ultima (resa superiore al 65%). Altri punti di forza di questa razza, sono rappresentati da un'ottima conformazione della carcassa (classe E nella valutazione EUROP) e dalla precocità nella maturazione commerciale con la produzione di carni che sono sempre particolarmente tenere.

1.4 Comportamento alimentare e suo impatto sulla salute degli animali

Ogni animale si comporta diversamente, soprattutto quando deve affrontare dei cambiamenti a livello di dieta, ambiente o di gruppo sociale. Questa grande variabilità è dovuta alle differenze presenti sia a livello genetico, ma anche a pratiche di gestione, dimensione corporea e tasso di crescita (Neave et al., 2018).

Nel settore dell'allevamento dei bovini da carne, uno dei comportamenti più spesso analizzati è quello alimentare in quanto permette all'allevatore di modificare le pratiche di gestione e di composizione della dieta al fine di ottenere le migliori prestazioni produttive degli animali (Nkrumah et al., 2007; dos Santos et al., 2018). Inoltre, un'alterazione di questo comportamento è un primo indicatore dell'insorgenza di malattie infettive come la *Bovine Respiratory Disease* (BDR) (Jackson et al., 2016; Kayser et al., 2018).

Il comportamento alimentare, infatti, può essere influenzato da diversi fattori, quali il clima, la dimensione del box e del fronte mangiatoia, il tipo di pavimentazione, le pratiche di gestione, la dieta e lo stato di salute (Schwartzkopf-Genswein et al., 2011). Tuttavia, la variabilità di questo comportamento ed il modo in cui gli animali interagiscono con l'alimento sono legati anche alla personalità dell'individuo (Neave et al., 2018).

1.4.1 Assunzione di alimento

I bovini sono dei ruminanti erbivori che, nel loro ambiente naturale, trascorrono circa 8-9 ore al giorno al pascolo (SCAHAW, 2001; Cozzi e Gottardo, 2005). Inoltre, come dimostrato da alcuni studi (Walker, 1962; Kilgour et al., 2012), essendo degli animali diurni, l'alimentazione avviene principalmente durante le ore di luce con un picco dell'attività all'alba ed al tramonto, mentre l'alimentazione notturna si verifica solo in particolari condizioni come giornate brevi o calde.

Tuttavia, in condizioni di allevamento intensivo, questi comportamenti naturali possono risultare alterati a causa del processo di addomesticazione che comporta l'adattamento dell'animale ad un ambiente in cattività (Price, 1999).

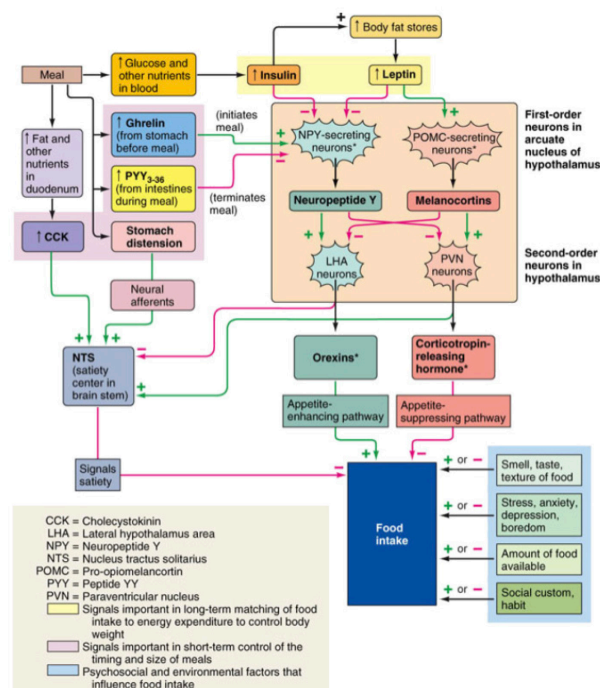
I bovini da carne, in allevamento intensivo, vengono nutriti due volte al giorno (mattino e sera) o solo una volta al mattino utilizzando un regime alimentare *ad libitum* (Cozzi e Gottardo, 2005; Schneider et al., 2020). Come dimostrato da diversi studi (Cozzi e Gottardo, 2005; Cozzi et al., 2009; Mazzenga et al., 2009), il 60-70 % dell'alimento viene consumato nelle prime 8 ore successive alla distribuzione della dieta, con un picco dell'attività subito dopo la distribuzione del mangime e un altro picco verso la fine di questo periodo di tempo.

Le diete utilizzate per l'ingrasso dei bovini da carne sono delle razioni complete "*total mixed ration*" (TMR) ricche di concentrati e di amido per favorire il massimo accrescimento giornaliero (ADG). Infatti, una carenza di fibre (< 15%) può portare allo sviluppo di comportamenti anormali come stereotipie e ad un elevato rischio di insorgenza di acidosi metabolica (SCAHAW, 2001).

Come precedentemente riportato, il comportamento alimentare può essere influenzato da diversi fattori e lo studio dei meccanismi di controllo e di regolazione dell'assunzione dell'alimento sono di fondamentale importanza per migliorare la produzione. Secondo Baile e Della-Fera (1980), stimoli sensoriali e metabolici possono influire sull'alimentazione modificando la frequenza dei pasti e la loro dimensione. Allen (2014), inoltre, afferma che l'assunzione volontaria di alimento da parte dei bovini è regolata da una complessa interazione tra i centri di controllo cerebrali (centrali e periferici), le proprietà chimico-fisiche del mangime e lo stato di salute dell'animale.

A livello del sistema nervoso centrale (SNC), nell'ipotalamo, è presente un nucleo arcuato che controlla l'assunzione dell'alimento e l'equilibrio energetico. A sua volta, questo nucleo è formato da due centri neuronali: il centro della fame o dell'appetito e il centro della sazietà. Il primo spinge l'animale a cercare il cibo e a mangiare; mentre il secondo provoca l'interruzione dell'alimentazione. I centri ipotalamici ricevono informazioni sullo stato di riempimento gastrointestinale, sulle concentrazioni plasmatiche di glucosio e sui livelli di alcuni ormoni gastrointestinali o prodotti dal tessuto adiposo e, sulla base delle informazioni ricevute regolano l'assunzione di cibo e il comportamento alimentare. Questo processo di regolazione avviene grazie all'azione di numerosi peptidi presenti sia a livello centrale nell'ipotalamo (neuropeptide Y (NPY), ormone melanocito-stimolante (MSH) e orexina) che a livello periferico (colecistochinina (CCK), ghrelina, peptide YY (PYY), leptina e insulina) (Figura 1). NPY, orexina e ghrelina stimolano l'appetito; mentre gli altri lo riducono perché stimolano il centro di sazietà (Sjaastad et al., 2010).

Figura 1. Rappresentazione schematica della regolazione dell'appetito ad opera dell'ipotalamo.



1.4.2 Assunzione di acqua

L'acqua è un elemento chiave che aiuta nella regolazione della temperatura, nella crescita, nella digestione, nel metabolismo e nell'escrezione (NRC, 2000). Nei bovini, costituisce il 73% del peso corporeo (Reid et al., 1955).

Un bovino da carne che viene privato dell'acqua può sopravvivere solo pochi giorni. Di conseguenza, l'accesso *ad libitum* ad acqua potabile, fresca e pulita è di fondamentale importanza per garantire la salute degli animali ed un'efficienza del sistema di produzione (Wagner et al., 2021).

Le fonti d'acqua a disposizione sono rappresentate dall'acqua di bevanda, l'acqua presente nell'alimento e quella derivata dal metabolismo.

I bovini bevono diverse volte nell'arco della giornata consumando, in media, 42 L/giorno e spendendo circa 520 s/giorno all'abbeveratoio (Wagner et al., 2021). Come è stato osservato da alcuni studi, questa frequenza di abbeveraggio aumenta durante la stagione estiva quando gli animali tendono a bere più di 80 L/giorno (SCAHAW, 2001; NASEM, 2016; Ahlberg et al., 2018). Hicks et al. (1988) formularono la seguente equazione che permette di prevedere la quantità di acqua (WC, L/giorno) che verrà consumata dagli animali durante il periodo estivo, considerando la temperatura massima giornaliera (MT, °C), la *dry matter intake* (DMI, kg/giorno), le precipitazioni giornaliere (PP, cm/giorno) e la concentrazione di sale nella dieta (DS, %):

$$WC = -18,67 + (0,3937 \times MT) + (2,432 \times DMI) - (3,870 \times PP) - (4,437 \times DS)$$

L'acqua è un ottimo solvente che può contenere dei soluti e del particolato in sospensione (ad esempio, agenti patogeni, nitrati e solfati) che possono avere un effetto negativo sulla salute e sulle prestazioni degli animali. Queste sostanze possono anche influenzare l'aspetto, l'odore, il sapore e le proprietà chimico-fisiche dell'acqua (Wright et al., 2007). Tra le sostanze che abbassano la qualità dell'acqua, le più comuni sono rappresentate dai nitrati, dalla salinità, dal solfato e da altri minerali come ferro e manganese.

In generale, gli animali reagiscono a tali contaminazioni con una riduzione dell'assunzione di acqua. Essendo l'assunzione di acqua strettamente correlata

all'assunzione di mangime (Ahlberg et al., 2018; Menezes et al., 2020), al diminuire della prima, diminuisce anche la quantità di alimento che l'animale assume con conseguente anche calo delle prestazioni produttive. Di seguito vengono presentati gli effetti di alcune delle sostanze menzionate sulla salute dei bovini.

Nitrati

L'avvelenamento da nitrati è più frequentemente legato all'assunzione dell'alimento, ma, occasionalmente, può essere dovuto all'assunzione di acqua (Wright et al., 2007). Il *National Research Council* (1974) raccomanda una concentrazione massima di 100 mg di nitrati per ogni litro di acqua. In condizioni normali, a livello del rumine, i nitrati vengono prima convertiti in nitriti (che sono tossici per l'animale) e successivamente sono lentamente trasformati in ammoniaca che viene eliminata con le feci. Quando si ha l'ingestione di una grande quantità di nitrati, allora questo processo di conversione viene sopraffatto e si verifica un avvelenamento da nitriti. Questi ultimi entrano nel flusso sanguigno e portano alla formazione di metaemoglobina riducendo la capacità di trasporto dell'ossigeno con possibile morte dell'animale.

Salinità

La salinità rappresenta la quantità di sali totali disciolti nell'acqua (TDS). Tra gli ioni più frequentemente riscontrati ci sono: calcio, magnesio, sodio, bicarbonato, cloruro e solfato. Il *National Research Council* (1974), ha sviluppato delle linee guida per il consumo di acqua salina da parte dei bovini da carne (**Figura 2**).

Figura 2. Linee guida per il consumo di acqua salina da parte dei bovini da carne.

Total soluble salts content of waters (mg/L)	Comment
<1000	Should present no serious burden to any class of beef cattle
1000–2999	Should be satisfactory for all classes of beef cattle May cause temporary and mild diarrhea, but should not affect health or performance
3000–4999	Should be satisfactory for all classes of beef cattle May cause temporary and mild diarrhea, but should not affect health or performance
5000–6999	Can be used with reasonable safety for beef cattle Should be avoided for pregnant or lactating animals
7000–10,000	Is a considerable risk when used for pregnant or lactating cows, young calves, or cattle subjected to heat stress Should be avoided except with older cattle in a low-stress environment
>10,000	Should be avoided under any conditions

È possibile che un'elevata percentuale di salinità possa non rappresentare un problema per i bovini da carne. Tuttavia, la presenza di alcuni ioni all'interno dell'acqua può essere dannosa per gli animali con possibili esiti fatali (Wright et al., 2007).

Solfato

È uno dei componenti più comuni della salinità. In condizioni normali, lo zolfo ingerito viene ridotto a solfuro a livello ruminale e successivamente eliminato.

Elevate concentrazioni di questa sostanza possono portare a un calo della produzione e della salute degli animali. Infatti, se la concentrazione ingerita è troppo elevata, lo zolfo presente nei solfati non riesce ad essere eliminato attraverso le normali vie di smaltimento, portando quindi ad intossicazione e morte dell'animale in tempi rapidi. Questo può avvenire attraverso due distinti meccanismi: 1. lo zolfo presente nell'acqua può essere utilizzato come substrato per la produzione di acido solfidrico; 2. lo zolfo presente nell'acqua può agire come antagonista alimentare del rame (Wright et al., 2007).

Altri minerali (ferro e manganese)

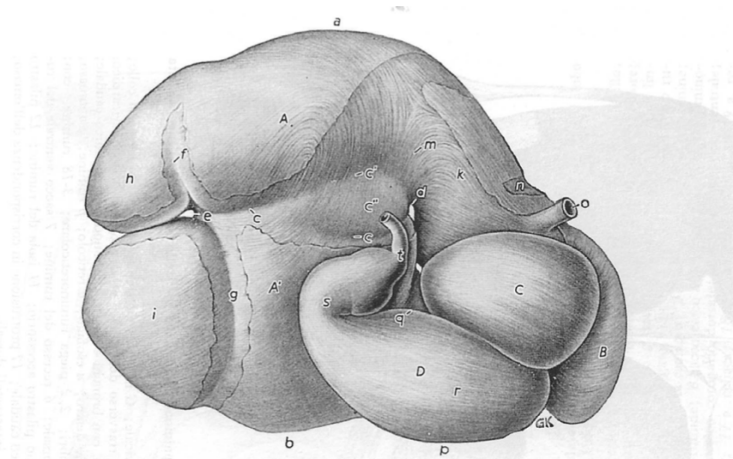
Ferro e manganese sono tra i metalli più comunemente riscontrati a livello di contaminazione delle acque. Tuttavia, sono raramente presenti in concentrazioni considerate tossiche per i bovini da carne (Wright et al., 2007).

È quindi importante evidenziare che, a causa dei possibili effetti negativi che tutte queste sostanze possono avere sugli animali, tutte le fonti d'acqua dovrebbero essere campionate periodicamente e valutate per TDS, nitrati e solfati (Wagner et al., 2021).

1.4.3 Ruminazione

I bovini, come tutti i ruminanti, sono degli animali poligastrici perché presentano uno stomaco pluricavitario-composto formato da tre prestomaci (rumine, reticolo e omaso) e dall'abomaso che costituisce lo stomaco vero e proprio (**Figura 3**). La capacità dello stomaco nel suo insieme nei bovini adulti varia in base alla razza ed alla dimensione dell'animale tra 110 e 235 L di cui, l'84% è dato da rumine e reticolo (Nickel et al., 1979).

Figura 3. Stomaci di bovino in veduta laterale destra. Sacco dorsale del rumine (**A**), Sacco ventrale del rumine (**A'**), reticolo (**B**), omaso (**C**), abomaso (**D**).



Abomaso

Viene anche chiamato stomaco *ghiandolare* o *quaglio*. È situato caudalmente al reticolo ed ha forma di un sacco a pera con una grande curvatura diretta ventralmente e una piccola curvatura dorsalmente.

Omaso

Presenta una forma quasi sferica ed è anche chiamato *libro*, *millefogli* o *centopelli*. È situato tra abomaso e reticolo e si distingue da questi attraverso un restringimento detto collo dell'omaso.

Reticolo

Viene anche detto *cuffia* e nel bovino è il più piccolo tra i tre prestomaci. Ha una forma sferica, leggermente appiattita in senso craniocaudale, ed è situato tra il diaframma e il rumine.

Rumine

Occupando completamente la metà sinistra e gran parte della metà destra della cavità addominale è il più grande tra i tre prestomaci. Sulla sua superficie presenta numerosi

solchi che permettono di suddividerlo in varie parti denominate sacchi: sacco dorsale (o craniale), sacco ventrale, sacco cieco caudodorsale e sacco cieco caudoventrale.

Il sacco dorsale viene anche chiamato atrio del rumine. Questo mette in comunicazione il rumine con il reticolo e, grazie alla sua azione centrifugatrice, svolge un ruolo importante nel rigurgito del materiale in cavità orale per il processo di ruminazione.

Le dimensioni, la forma, la densità e la digeribilità delle particelle di alimento deglutite influiscono sul loro tempo di ritenzione nel comparto rumino-reticolare prima del passaggio all'omaso.

Il reticolo-rumine è influenzato da tre tipi di contrazioni: contrazioni di rimescolamento (chiamate anche contrazioni primarie), contrazioni legate alla ruminazione e contrazioni legate all'eruttazione dei gas (chiamate anche contrazioni secondarie) (Sjaastad et al., 2010). Le contrazioni legate alla ruminazione permettono il trasporto del contenuto prestomacale a ritroso fino alla cavità orale dove subirà un'ulteriore masticazione. Questo processo viene chiamato *ruminazione* e ha lo scopo di ridurre ulteriormente le dimensioni delle particelle di alimento (fibra indigeribile) in modo tale da favorire il loro passaggio verso l'omaso. Più grossolano è il materiale vegetale ingerito, minore sarà la sua digeribilità e quindi più numerosi saranno i cicli ruminativi necessari affinché l'alimento raggiunga delle dimensioni adatte per poter passare all'omaso. Quindi, con il termine *ruminazione* si intende il rigurgito della fibra ingerita dal rumine alla bocca, l'ingestione dei liquidi rigurgitati con successiva masticazione, insalivazione e inghiottimento del bolo che torna al rumine (Krehbiel, 2014).

Negli allevamenti intensivi, i bovini da carne sono generalmente alimentati con diete ricche di concentrati per favorire il massimo accrescimento giornaliero. Tuttavia, per garantire una corretta attività ruminale è necessario che una minima quantità di fibra alimentare sia presente all'interno della dieta (Van Soest et al., 1991; Abeni e Galli, 2016). Infatti, una carenza di fibra può portare allo sviluppo di disordini nutrizionali (SCAHAW, 2001) e di acidosi ruminale (Owens et al., 1998). Allo stesso tempo, oltre che alla quantità, anche un'adeguata dimensione delle particelle alimentari è di fondamentale importanza per garantire una corretta funzionalità del rumine (Cavallini et al., 2018). L'attività ruminatoria è un buon indicatore della salute del rumine perché

la masticazione stimola la secrezione di saliva che ha un effetto tampone a livello ruminale (Maekawa et al., 2002), riducendo il possibile sviluppo di acidosi ruminale. Il monitoraggio di questa attività, inoltre, può essere utile per rilevare gli animali affetti da BDR, zoppia, mastiti o stress da calore, almeno 3-6 giorni prima dell'insorgenza dei sintomi (Marchesini et al., 2018).

Diversi studi hanno dimostrato che nei bovini alimentati con diete ricche di fibre, il tempo massimo di ruminazione è di circa 10-12 h/giorno (Welch, 1982; De Boever et al., 1990). Questa attività è svolta, per la maggior parte, durante le ore notturne (Gordon, 1958; Beauchemin, 2018).

Esiste una correlazione tra il tempo impiegato dagli animali per alimentarsi e quello di ruminazione. Analizzando il comportamento di pecore e capre durante la loro alimentazione e ruminazione, Gordon (1958) ha scoperto che gli animali alimentati una sola volta al giorno spendevano un tempo maggiore alla mangiatoia, con conseguente inibizione dell'attività di ruminazione; diversamente, se venivano alimentati più volte nell'arco della giornata allora il tempo impiegato per alimentarsi era minore e la ruminazione aumentava.

1.4.4 Sistemi di rilevamento dei comportamenti

Lo studio del comportamento degli animali di interesse zootecnico rappresenta uno degli indicatori chiave per la valutazione del benessere, dello stato di salute e delle prestazioni produttive. Questo non è influenzato solo dall'ambiente che circonda l'animale e dalla gestione di quest'ultimo all'interno dell'allevamento, ma dipende anche dalle caratteristiche del soggetto stesso (come ad esempio, razza, età e anatomia dell'apparato digerente) (dos Santos et al., 2018). Di conseguenza, la valutazione del comportamento animale dovrebbe essere combinata anche con misure fisiologiche, immunologiche, patologiche e di riproduzione per poter ottenere delle informazioni più dettagliate e complete (Broom, 1991; 2018).

Per decenni si è fatto affidamento sull'osservazione diretta del comportamento animale con l'utilizzo di registrazioni in continuo o a tempi campionati. La registrazione in continuo è, per esempio, una registrazione video che permette di osservare in maniera ininterrotta e reale un determinato comportamento. Offre il vantaggio di una

descrizione dettagliata del comportamento di interesse e permette di indicare con precisione l'inizio, la fine e il numero di volte in cui si verifica l'evento. Tuttavia, questa metodologia può essere limitante in quanto permette l'osservazione di pochi comportamenti e/o animali contemporaneamente. Inoltre durante l'analisi del comportamento si possono verificare degli errori legati, ad esempio, al fatto che l'animale scompare dall'inquadratura del video e quindi dalla vista dell'osservatore.

Quando si vogliono osservare più animali contemporaneamente e valutare diverse tipologie di comportamento, la registrazione a tempi campionati risulta essere un metodo migliore, sebbene sia più imprecisa. La registrazione a tempi campionati può essere fatta con diversi metodi, quali: *ad libitum sampling* dove si registrano tutti i comportamenti che si presentano in un certo intervallo di tempo; *focal sampling* dove si prende in considerazione un singolo animale e si registrano tutti i comportamenti che questo svolge in un certo intervallo di tempo; *scan sampling* dove si considera un gruppo di animali e si registrano alcuni comportamenti in un certo intervallo di tempo; *behaviour sampling* dove si prende in considerazione solo uno o un numero limitato di comportamenti.

Oltre agli svantaggi appena visti, il monitoraggio diretto del comportamento degli animali presenta alcuni limiti come la formazione del personale e la soggettività. Inoltre, sono necessari tempo e manodopera per monitorare direttamente il comportamento di un gran numero di animali e il loro istinto da preda potrebbe mascherare alcuni comportamenti in presenza del valutatore (Richeson et al., 2018).

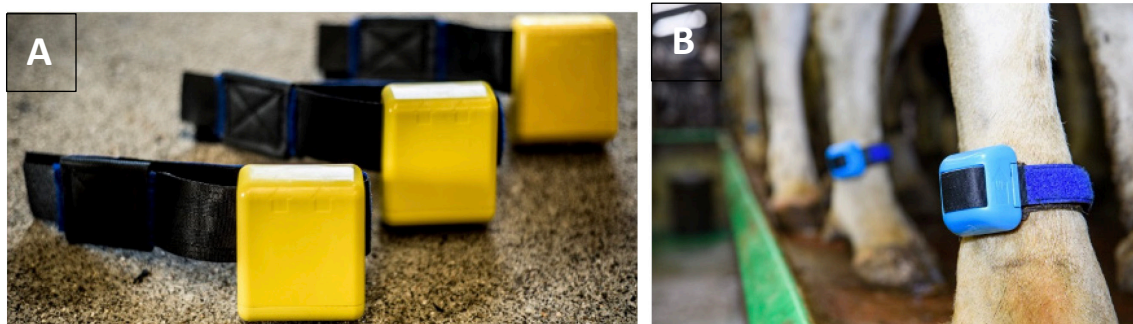
A partire dagli anni '70 è diventata disponibile l'identificazione elettronica dei bovini mediante radiofrequenza (Eradus e Jansen, 1999). Successivamente, i progressi della tecnologia Wi-Fi e delle radiofrequenze hanno permesso di sviluppare dei sistemi che permettono di valutare in tempo reale e automatico il comportamento degli animali. Attualmente, nei bovini da carne, esistono tre metodi principali che permettono di monitorare i diversi comportamenti utilizzando delle tecnologie avanzate: gli *accelerometri* (o *pedometri*) permettono di valutare il comportamento fisico come, ad esempio, il numero di passi o la stazione di decubito; *sensori* e *tag a radiofrequenza* permettono di valutare il comportamento alimentare; mentre il comportamento

spaziale può essere valutato mediante *triangolazione o sistema di posizionamento globale* (Richeson et al., 2018).

Monitoraggio del comportamento fisico

Gli accelerometri (o pedometri) disponibili in commercio, che sono stati progettati e convalidati per l'uso nei bovini sono, ad esempio, *IceTag* e *IceQube* che sono prodotti da IceRobotics Ltd. (Edimburgo, Scozia, Regno Unito) (**Foto 3**). Come mostra la foto, questi dispositivi sono dotati di un cinturino che viene legato all'arto dell'animale e permettono di valutare il numero di passi, il tempo di stazione e di decubito (Richeson et al., 2018).

Foto 3. Pedometri della IceRobotics convalidati per l'uso nei bovini: *IceTag* (A) e *IceQube* (B).



Gli accelerometri sono molto utilizzati nei sistemi di allevamento delle vacche da latte per il rilevamento delle mastiti, dell'estro e dei problemi locomotori (Rutten et al., 2013). Nei bovini da carne, il loro uso è ancora limitato nonostante permettano una maggiore comprensione del movimento e del comportamento degli animali. Come dimostrato da Pillen et al. (2016), in presenza di zoppie o di malattie come la BRD si può avere una diminuzione dell'attività locomotoria dell'animale, e questi dispositivi potrebbero aiutare nell'identificazione e gestione precoce della patologia.

Monitoraggio del comportamento alimentare

Fino a prima dello sviluppo dei sistemi di rilevamento automatici, il comportamento alimentare dei bovini veniva valutato tramite l'osservazione diretta. Tuttavia, questo

metodo potrebbe rendere difficile l'osservazione di molti animali contemporaneamente e richiede molto tempo e lavoro, soprattutto all'interno degli allevamenti intensivi (Davison et al., 2021). Ad oggi esistono diversi sistemi automatici che permettono di valutare la durata e la frequenza delle visite degli animali alla mangiatoia. Inoltre, la maggior parte di questi sistemi permette di misurare anche l'assunzione individuale dato che il loro design consente l'accesso alla mangiatoia ad un solo animale per volta (Simanungkalit et al., 2022).

Tra i sistemi automatici ad oggi disponibili in commercio, i più importanti sono rappresentati da *GrowSafe* (Airdrie, Alberta, Canada) e *Insentec* (Hokofarm Group, Marknesse, Paesi Bassi) (**Foto 4**). *GrowSafe* utilizza un tag fissato all'orecchio dell'animale, mentre *Insentec* utilizza un transponder fissato a un collare attorno al collo.

Foto 4. Sistemi automatici di rilevamento del comportamento alimentare: *GrowSafe* (A) e *Insentec* (B).



Entrambi i sistemi richiedono la compartimentazione dell'area di alimentazione e, dato che possono intimidire gli animali, in genere richiedono anche molto tempo per l'adattamento (Rutten et al., 2013). Tuttavia, sono molto validi nella valutazione del comportamento degli animali e, almeno per quanto riguarda i dati registrati dal sistema *GrowSafe*, questi non differiscono dai valori registrati tramite osservazione di video in time-lapse (DeVries et al., 2003; Rutten et al., 2013). Due studi hanno però dimostrato che il sistema *GrowSafe* può presentare due tipi di errore: o non riesce a rilevare la presenza di un animale alla mangiatoia; oppure rileva la presenza di un animale quando invece nessun animale è presente (Schwartzkopf-Genswein et al., 1999; DeVries et al., 2003). Di conseguenza, quando si utilizza questo sistema è importante conoscere i fattori che possono provocare questi errori e i tag dovrebbero essere sempre posizionati nella parte inferiore dell'orecchio parallelamente all'antenna (Schwartzkopf-Genswein et al., 1999).

Analogamente al monitoraggio del comportamento fisico, anche il comportamento alimentare potrebbe essere utilizzato per il rilevamento precoce della BRD nei bovini da carne (Rutten et al., 2013).

Monitoraggio del comportamento spaziale

Il monitoraggio del comportamento spaziale può fornire ulteriori informazioni sui comportamenti degli animali. I bovini sono monitorati a livello di tutta l'area di stabulazione e la loro posizione all'interno del box viene calcolata, a intervalli specifici, tramite un sistema di localizzazione in tempo reale (RTLS) o con un sistema di posizionamento globale. In genere, i sistemi RTLS sono utilizzati per valutare i cambiamenti associati al benessere o a seguito di procedure dolorose (come la decornazione) (Rutten et al., 2013).

Come per i due precedenti comportamenti, anche in questo caso, i dati raccolti tramite la posizione in tempo reale dimostrano di essere un metodo efficace per identificare la BRD con maggiore sensibilità e specificità rispetto alle osservazioni dirette (White et al., 2015).

Possiamo concludere che i sistemi di osservazione del comportamento rappresentano il principale strumento per la valutazione del benessere, delle capacità produttive, della salute, della nutrizione e della riproduzione degli animali.

1.5 Fattori che influenzano il comportamento alimentare e lo stato di salute

Come precedentemente affermato, cambiamenti a livello della dieta, dell'ambiente o del gruppo sociale, possono portare a modifiche del comportamento degli animali (Neave et al., 2018). Negli allevamenti intensivi dei bovini da carne, la frequenza di distribuzione dell'alimento, il tipo di dieta fornita, la dimensione del box e il numero di animali presenti all'interno del box stesso sono dei chiari esempi di caratteristiche ambientali che possono influenzare il comportamento alimentare di questi animali (von Keyserlingk e Weary, 2010; Proudfoot e Habing, 2015). Dato che il comportamento è direttamente correlato allo stato di benessere degli animali, allora lo studio dei fattori che possono portare a delle sue variazioni potrebbe essere utile per identificare un ambiente poco adatto (Brcsic et al., 2007).

Tra le maggiori cause di stress che influenzano il comportamento dei vitelloni da carne, e che verranno analizzate di seguito, troviamo: lo stress da caldo, il tipo di pavimentazione, la dimensione del fronte mangiatoia e del box, un microclima sfavorevole (umidità) e alcune caratteristiche della dieta fornita.

1.5.1 Stress da caldo

Lo stress da caldo risulta essere un problema sempre maggiore a causa del riscaldamento globale che porta ad un aumento delle temperature in molte parti del mondo. Questo fenomeno ha un notevole impatto sia nell'industria lattiero-casearia che a livello del settore della carne bovina, con perdite economiche di notevole entità (St-Pierre et al., 2003; Brown-Brandl et al., 2006).

Lee (1965) ha definito lo stress come il termine utilizzato per descrivere dei fattori esterni a un sistema corporeo, che possono modificarne i normali meccanismi interni. Quindi, il termine stress da caldo (*heat stress* o HS) può essere utilizzato per descrivere gli effetti che l'aumento della temperatura ambientale ha sul corpo degli animali. Si

parla di stress da caldo quando la temperatura dell'aria raggiunge valori per i quali, la dissipazione del calore per radiazione, conduzione e convezione è notevolmente ridotta e gli animali hanno difficoltà nel mantenimento dell'omeotermia attraverso la sudorazione e l'aumento della frequenza respiratoria (EFSA, 2012).

Mammiferi e uccelli sono animali endotermici ed omeotermici, quindi generano calore internamente e presentano un sistema di termoregolazione che aiuta a mantenere costante la temperatura corporea. La temperatura corporea, sia nei mammiferi che negli uccelli, viene regolata da un centro termoregolatore situato nell'ipotalamo. Quando la temperatura subisce una variazione rispetto al valore di riferimento (tra 36,5 e 39,5 °C per i mammiferi e tra 38 e 42 °C per gli uccelli), vengono attivati molteplici meccanismi che hanno il compito di riportarla al valore desiderato (Sjaastad et al., 2010). Per mantenere una temperatura costante, questi animali devono trasportare il calore prodotto internamente verso la superficie corporea, dove viene dissipato verso l'ambiente. Tutti gli scambi di calore tra la superficie corporea e l'ambiente seguono le leggi fisiche che regolano lo scambio di calore tra oggetti non animati: radiazione, conduzione, convezione ed evaporazione.

Radiazione

Nella radiazione, come nella conduzione e nella convezione, il calore si muove secondo gradiente di temperatura, cioè spostandosi dalle zone più calde a quelle più fredde. Durante il giorno, il sole è la principale fonte di radiazioni. Quando una sua radiazione colpisce un oggetto o un corpo, una parte di questa viene riflessa e un'altra viene assorbita e convertita in energia termica portando a un aumento della temperatura corporea (Sjaastad et al., 2010).

Conduzione

Con conduzione si intende uno scambio di calore tra oggetti che sono in contatto fisico diretto tra loro. Di conseguenza, quando due oggetti con temperature differenti entrano in contatto, l'oggetto più caldo trasferisce parte del suo calore all'oggetto più freddo (secondo principio della termodinamica). La quantità di calore che viene trasferita da un oggetto all'altro dipende dalla superficie di contatto, dalla differenza di temperatura e

dalla conducibilità dei materiali (ad esempio, acqua e sangue presentano bassa conducibilità e quindi sono degli ottimi isolanti a confronto dei metalli che presentano un'elevata conducibilità) (Sjaastad et al., 2010).

Convezione

La convezione è il trasferimento di calore tramite il movimento di aria o acqua. Infatti, quando l'aria entra in contatto con la superficie di un corpo caldo, allora una parte del calore di quest'ultimo viene allontanato. Questa perdita di calore aumenta in presenza di vento perché lo strato di aria calda che si trova sulla superficie di un oggetto (o, per gli animali, tra i peli del mantello), viene sostituito più velocemente, con conseguente maggiore perdita di calore da parte dell'oggetto stesso (Sjaastad et al., 2010).

Evaporazione

L'evaporazione è il processo con cui l'acqua viene convertita in vapore acqueo. Negli animali questo può avvenire sulla superficie cutanea e sulle pareti delle vie aeree. Tuttavia, se l'aria dell'ambiente è satura di vapore acqueo, allora questo processo di perdita di calore non è possibile.

La sudorazione, la polipnea (un aumento della respirazione) e l'inumidimento della superficie corporea contribuiscono alla perdita di calore tramite evaporazione.

Come precedentemente affermato, la temperatura corporea viene regolata da un centro termoregolatore, che integra tutte le informazioni provenienti dai termocettori (calocettori e frigocettori). Quando la temperatura dell'ambiente aumenta (o diminuisce), l'animale deve perdere (o produrre) calore per riuscire a mantenere la sua temperatura corporea costante. In caso di elevata temperatura ambientale, il centro termoregolatore modificherà il comportamento dell'animale, aumentando il flusso ematico alla cute e favorendo la sudorazione e la polipnea nel tentativo di abbassare la temperatura corporea (Sjaastad et al., 2010). Tuttavia, a temperature ambientali sempre più alte, la perdita di calore tramite radiazione, conduzione e convezione viene meno; mentre l'evaporazione, la sudorazione e la frequenza respiratoria aumentano

senza però riuscire a contrastare completamente l'elevata temperatura. Questo, se protratto nel tempo, può portare allo stress da caldo.

La soglia di temperatura più alta, che garantisce ancora un buon grado di adattamento per i bovini è di 30°C quando l'umidità è inferiore all'80%, mentre scende sotto i 27°C se l'umidità aumenta (SCAHAW, 2001). Gli effetti combinati di temperatura e umidità sono espressi dal *Temperature-Humidity Index* (THI) che rappresenta un indicatore affidabile dello stress da caldo per i bovini. Tuttavia, il THI non tiene conto della radiazione solare e della velocità del vento che, secondo Mader et al. (2006), sono due fattori che contribuiscono allo stress da caldo. Questo ha portato la comunità scientifica a sviluppare degli ulteriori indici (come, ad esempio, l'*Heat Load Index* (HLI) o il *Comprehensive Climate Index* (CCI)) che colmassero le limitazioni del THI (Gaughan et al., 2008; Wijffels et al., 2020).

Altri indicatori di stress termico, possono essere l'aumento della temperatura corporea, che nel bovino può essere misurata a livello del retto o a livello timpanico (Davis et al., 2002), o anche il monitoraggio della frequenza respiratoria (Brown-Brandl et al., 2006). Quest'ultima, nel bovino, è di 12-16 bpm in condizioni normali, mentre può arrivare a 100 bpm in caso di HS (Hahn et al., 1997). Gaughan et al. (2008) hanno creato un *panting score system* che classifica il respiro ansante in otto categorie di gravità crescente (0 – 4,5). Uno *score* pari a 0 indica una condizione normale con una normale respirazione; mentre uno *score* di 4-4,5 indica una condizione di forte HS con un animale che presenta respiro ansante con testa e collo estesi, bocca aperta e salivazione.

Lo stress da caldo può influire sia direttamente che indirettamente su gli aspetti comportamentali, nutrizionali, fisiologici, produttivi e di salute degli animali (Rhoads et al., 2009).

L'alterazione del comportamento rappresenta uno dei primi aspetti che gli animali modificano per far fronte allo stress da caldo. Young e Hall (1993), hanno elencato i principali comportamenti esibiti dai bovini sottoposti a HS, tra cui *panting* (respiro ansante a bocca aperta) e aumento della salivazione. Altre variazioni comportamentali che sono state osservate negli animali sottoposti a HS sono: la ricerca dell'ombra, la riduzione della quantità di alimento ingerito, un aumento del consumo di acqua e una diminuzione della posizione di decubito. L'appetito viene soppresso dall'eccessivo carico

di calore con conseguente diminuzione dell'assunzione di sostanza secca e calo delle prestazioni produttive (riduzione dell'accrescimento giornaliero e dell'efficienza alimentare) (Mader e Davis, 2004; Valente et al., 2015). Tale comportamento è dovuto ad un effetto negativo che le elevate temperature esercitano sul centro dell'appetito a livello ipotalamico (Baile e Forbes, 1974), e la temperatura alla quale l'assunzione di alimento comincia a diminuire dipende dalla digeribilità della dieta. In generale, meno digeribile è la dieta, minore sarà la variazione di temperatura che porterà a HS e quindi alla soppressione dell'appetito (Beede e Collier, 1986).

L'aumento del consumo d'acqua rappresenta un'ulteriore strategia per la regolazione della temperatura corporea dato che raffredda direttamente il reticolo-rumine e rappresenta il mezzo principale per la dispersione del calore attraverso l'evaporazione. Il consumo d'acqua, nei bovini da carne, è correlato positivamente alla temperatura e negativamente all'umidità (Ahlberg et al., 2018).

In condizioni di HS, la stazione di decubito è sfavorita dagli animali con conseguente aumento del tempo che trascorrono in piedi durante la giornata. Anderson et al. (2013) affermano che questo comportamento può essere spiegato dal fatto che la stazione quadrupedale può favorire la dispersione del calore e facilitare la respirazione.

Le elevate temperature possono influenzare anche il sistema neuroendocrino. Infatti, gli ormoni, in particolare quelli prodotti a livello delle ghiandole surrenali e tiroidee, svolgono un ruolo significativo nella termoregolazione. Durante lo stress da caldo si ha l'attivazione dell'asse ipotalamo-ipofisi-surrene che porta a un maggior rilascio di cortisolo, il principale ormone dello stress nei ruminanti (Binsiya et al., 2017). La produzione di cortisolo durante uno stress acuto può fungere da stimolo per l'attivazione del sistema immunitario. Tuttavia, durante uno stress cronico, come lo stress da caldo, il suo rilascio porta a una soppressione dell'immunità rendendo gli animali più facilmente soggetti allo sviluppo di patologie (Bagath et al., 2019).

Inoltre, a causa dell'aumento della temperatura, la disidratazione associata porta all'attivazione del sistema renina-angiotensina-aldosterone con conseguente aumento della secrezione di ADH (ormone antidiuretico), il quale favorisce il riassorbimento di acqua a livello renale.

Anche gli ormoni tiroidei (triiodotironina (T3) e tiroxina (T4)) svolgono un ruolo importante nella regolazione della temperatura corporea. Durante lo stress da caldo, le concentrazioni sieriche e plasmatiche di T3 e T4 si riducono a causa dell'effetto negativo che l'HS ha sull'ipotalamo (Pragna et al., 2018).

Un ulteriore parametro che può subire delle modificazioni a livello sierico e plasmatico è rappresentato dai NEFA (acidi grassi non esterificati). In condizioni di HS si ha un rilascio di catecolamine e di glucocorticoidi (lipolitici) che dovrebbero portare a una mobilitazione dei NEFA. Tuttavia, come dimostrato da Rhoads et al. (2009), nelle vacche in lattazione sottoposte a stress da calore, le concentrazioni di NEFA sono basse. Questo potrebbe essere dovuto al fatto che, in queste condizioni, gli animali per diminuire la produzione di calore metabolico, aumentano il consumo di glucosio con conseguente aumento dei livelli di insulina (ormone che inibisce la lipolisi).

Dato che le prestazioni, la salute e il benessere degli animali sono fortemente influenzati da condizioni di elevata temperatura, risulta necessario attuare delle strategie per limitare gli effetti a cui queste condizioni possono portare. Beede e Collier (1986) hanno identificato tre strategie per limitare questi effetti negli allevamenti intensivi da latte che possono essere applicate anche per il vitellone da carne: selezione di razze meno sensibili al caldo (selezione genetica); interventi nutrizionali e manageriali; e modificazioni fisiche dell'ambiente.

Selezione genetica

La selezione genetica è forse la strategia più difficile da attuare perché, in genere, si mira all'aumento delle performance produttive. Tuttavia, una maggiore capacità produttiva comporta una maggiore produzione di calore interno con conseguente minore tollerabilità alle variazioni ambientali. Nei bovini da carne è possibile selezionare gli animali sulla base del mantenimento della temperatura corporea, dato che la capacità di mantenere costante la temperatura corporea è legata ad una maggior produttività. Questa capacità è ereditabile attraverso caratteristiche quali: competenza alla sudorazione, bassa resistenza tissutale, struttura e colore del mantello.

Brown-Brandl et al. (2006) hanno dimostrato che le razze con mantello scuro presentano un carico di stress maggiore rispetto alle razze con mantello chiaro. Nello

studio, infatti, i bovini di colore scuro (Angus e MARC III) hanno mostrato un maggior cambiamento dei comportamenti associati all'HS rispetto ai bovini di colore chiaro (Charolaise e Gelbvieh), indicando che probabilmente sono sottoposti ad uno stress di entità maggiore.

Interventi nutrizionali e manageriali

Come precedentemente affermato, l'aumento della temperatura può portare a una riduzione dell'assunzione di sostanza secca. Per prevenire le conseguenze a cui questo può portare, ci sono diverse strategie che si possono mettere in atto. Per esempio, dal momento che la fermentazione della fibra comporta una produzione di calore maggiore rispetto alla fermentazione dei concentrati, allora una possibile strategia è quella di aumentare il valore energetico della dieta riducendo la concentrazione del foraggio e aumentando quella dei concentrati, ricordando però che un bovino sottoposto a stress da caldo è più facilmente soggetto ad acidosi ruminale (Baumgard et al., 2014).

Oppure, dato che durante lo stress da caldo i bovini alterano il loro comportamento alimentare aumentando l'ingestione di sostanza secca nelle ore più fresche della giornata, allora, un'ulteriore strategia, è quella di modificare il regime alimentare degli animali distribuendo l'alimento nel tardo pomeriggio/prima serata (Mader e Davis, 2004). Per favorire l'ingestione, oltre che a fornire la razione alimentare nei momenti più freschi, può essere utile anche la sua somministrazione in due volte nell'arco della giornata. Infatti, da uno studio condotto da Gottardo et al. (2005) sulle vacche da latte, è emerso che le bovine sottoposte a stress da caldo sono meno interessate ad assumere l'alimento quando questo rimane in mangiatoia per un lungo periodo, ciò potrebbe valere anche per i vitelloni da carne.

Modificazioni fisiche dell'ambiente

Le modificazioni fisiche dell'ambiente permettono di ottenere i risultati migliori in tempi brevi e con un bilancio più favorevole tra costi e benefici. Alcuni degli interventi possono essere già messi in atto in sede di progettazione delle strutture di ricovero. Per esempio, in Italia è preferibile che le stalle abbiano un orientamento di tipo est-ovest. In questo modo la parete esposta a nord rimane sempre in ombra, quella a sud riceve i raggi del

sole con un angolo di incidenza molto basso e può facilmente essere messa in ombra con sporti in gronda, mentre le pareti ad est ed ovest ricevono i raggi del sole soltanto per un ridotto numero di ore nell'arco della giornata e possono anche esse essere facilmente ombreggiate. Da uno studio condotto da Bond e Kelly (1955) è stato stimato che, con un'ombra ben progettata, si può ridurre il carico di calore dal 30 al 50%. Di conseguenza, oltre a migliorare le condizioni degli animali, poiché li protegge dalle radiazioni solari dirette e indirette, l'ombra è uno dei metodi più economici per la riduzione del calore. Tuttavia, queste accortezze non hanno alcun effetto sulla temperatura dell'aria o sull'umidità, quindi risulta necessario implementarle con un ulteriore metodo di raffreddamento.

L'orientamento di tipo est-ovest delle strutture italiane favorisce una ventilazione naturale al loro interno che si basa sulla forza ascensionale termica dell'aria (effetto camino) e sui movimenti dell'aria causati dal vento o dalla brezza (effetto brezza). L'effetto camino è più evidente nel periodo invernale, quando la differenza di temperatura fra interno ed esterno è maggiore. L'effetto vento, invece, è poco controllabile in quanto i moti convettivi orizzontali sono influenzati dalla temperatura delle pareti, dalla velocità, dalla direzione del vento e dalla disposizione e dimensione delle aperture. Per sfruttare al meglio quest'ultimo effetto conviene progettare l'edificio con l'asse longitudinale perpendicolare alla direzione del vento dominante estivo. Oltre alla ventilazione naturale, si potrebbe favorire il raffreddamento con una ventilazione artificiale attuata mediante l'utilizzo di ventilatori. Da uno studio sulle vacche da latte, è emerso che, durante lo stress da caldo, l'utilizzo di ventilatori, associati all'utilizzo di irrigatori per bagnare gli animali, aumenta l'assunzione di alimento del 9,2% e la produzione di latte del 15,9% (Turner et al., 1992). Uno studio del 2005 condotto da Gottardo et al., ha dimostrato che il numero e la posizione dei ventilatori giocano un ruolo più importante rispetto alle loro dimensioni.

L'utilizzo degli irrigatori per bagnare gli animali e le superfici delle strutture in cui sono alloggiati, ha un effetto positivo sul raffreddamento poiché si assiste ad una riduzione della frequenza respiratoria e della temperatura rettale negli animali bagnati (Gaughan et al., 2008). In alcuni casi, però l'utilizzo degli irrigatori può portare ad un aumento dell'umidità all'interno della struttura con conseguente riduzione della capacità degli

animali di dissipare il calore tramite l'evaporazione. L'efficacia di questo dispositivo, quindi, potrebbe essere massimizzata con l'adozione di un sistema di accensione automatico che sia in grado di avviare il sistema di raffreddamento solo quando il THI raggiunge un valore soglia di 75 (Gottardo et al., 2005).

1.5.2 Umidità relativa

Come descritto nel paragrafo 1.5.1, il microclima gioca un ruolo principale nella regolazione della temperatura corporea e influenza le prestazioni produttive degli animali. In condizioni di caldo estivo, come le elevate temperature rappresentano un problema per la dissipazione del calore mediante radiazione, conduzione e convezione, elevati valori di umidità sono un problema per la dispersione di calore mediante evaporazione (Bohmanova et al., 2007; EFSA, 2012). Quindi, si può affermare che la temperatura ambientale e l'umidità sono tra loro strettamente collegate e, di conseguenza dovrebbero essere sempre considerate assieme nella valutazione del benessere animale, in particolare durante i mesi estivi ed invernali.

Si può definire l'umidità relativa (UR o dall'inglese RH - *relative humidity*) come il rapporto, espresso in percentuale, tra la quantità di vapore acqueo contenuto in una massa d'aria e la quantità massima di vapore che la stessa massa può contenere nelle medesime condizioni di pressione e temperatura. Un'umidità relativa del 100% corrisponde un livello di saturazione dell'aria del 100%.

Gli effetti combinati di temperatura e umidità possono essere analizzati attraverso il *Temperature-Humidity Index* (THI). Questo rappresenta un indice bioclimatico che permette di valutare lo stress da caldo negli animali da reddito. Negli anni sono state proposte diverse formule per calcolare il THI. Di seguito viene riportata quella più utilizzata (NOAA, 1976):

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

dove: T = temperatura dell'aria (°C) e RH = umidità relativa (%).

Dato che i valori del THI variano sia tra le diverse specie animali sia tra le diverse classi animali all'interno della stessa specie, è stato sviluppato il *Livestock Weather Safety Index* (LWSI) (LCI, 1970) che identifica quattro categorie: valori minori o uguali a 74 sono normali; da 75 a 78 indicano uno stato di allerta; da 79 a 83 segnalano pericolo; maggiori o uguali a 84 suggeriscono uno stato di emergenza. Questa classificazione può essere considerata valida dato che, anche in uno studio sulla gestione dello stress da caldo nelle vacche da latte, si è riscontrato che un THI inferiore a 71 rappresentava una zona di comfort (normale), valori compresi tra 72 e 79 indicavano uno stress di lieve entità, valori tra 80 e 89 uno stress moderato e valori superiori a 90 uno stress grave (Armstrong, 1994).

Moriginat et al. (2015), in uno studio che esaminava la relazione tra THI e mortalità dei bovini (sia da carne che da latte) in diverse aree della Francia, hanno osservato che per ogni aumento di 1 °C al di sopra del valore soglia di THI si ha un incremento della probabilità di morte degli animali compreso tra 4,5% e 9,1%. Precedentemente, uno studio simile, condotto in Italia da Crescio et al. (2010), ha stimato un aumento della mortalità del 4,7% per ogni aumento di 1 °C del THI al di sopra della soglia. Pertanto, il THI, come anche gli altri indici bioclimatici che sono stati sviluppati, dovrebbero sempre essere presi in considerazione per la valutazione del benessere degli animali in condizioni di caldo estivo.

1.5.3 Tipo di pavimentazione

Il sistema intensivo di produzione della carne bovina in Europa prevede l'alloggio degli animali in box di gruppo con una pavimentazione in grigliato o su lettiera (SCAHAW, 2001). Il grigliato, a differenza della lettiera, presenta un costo iniziale maggiore, ma consente un drenaggio efficiente delle feci ed una manodopera inferiore per il suo rinnovo (Fallon & Lenehan, 2002; Gottardo et al., 2003; Cozzi et al., 2013). È però ritenuto essere meno confortevole in quanto porta allo sviluppo di comportamenti anormali da parte degli animali ed è più scivoloso. La lettiera, invece, se adeguatamente gestita, permette un comfort maggiore per gli animali con un aumento del loro benessere, e riduce l'insorgenza di patologie legate agli arti (Gottardo et al., 2003;

Wechsler, 2011). Di conseguenza, anche il tipo di materiale utilizzato per la pavimentazione può influire sul comportamento e sulla salute degli animali allevati.

Una delle principali alterazioni comportamentali che si possono riscontrare con il pavimento in grigliato è rappresentata da una modifica del movimento di alzata e di coricamento degli animali. Normalmente, un bovino per coricarsi piega prima gli arti anteriori e poi i posteriori, mentre per alzarsi distende prima gli arti posteriori e poi quelli anteriori. In presenza di una pavimentazione dura e scivolosa come il grigliato, gli animali per coricarsi piegano prima gli arti posteriori rispetto agli anteriori, mentre per alzarsi allungano prima gli arti anteriori rispetto ai posteriori (SCAHAW, 2001). In aggiunta, come visto da Cozzi et al. (2013), il tempo di decubito risulta notevolmente ridotto su questo tipo di pavimentazione a differenza di pavimenti più morbidi come una lettiera in paglia o un tappetino in gomma. Il grigliato, inoltre, risulta essere più scivoloso favorendo così l'insorgenza di problemi agli arti. Secondo Platz et al. (2007), l'utilizzo di una superficie in gomma che ricopre il grigliato porta a una riduzione degli scivolamenti e delle lesioni agli arti, dato che sono dovute al contatto con superfici dure.

In uno studio del 2015, condotto da Elmore et al., che valutava gli effetti di tre tipi di pavimentazione sulla salute e il benessere degli animali, si è visto che una pavimentazione in grigliato con rivestimento in gomma portava ad una diminuzione del gonfiore delle articolazioni e delle zoppie, a differenza di una pavimentazione in grigliato di cemento o di una pavimentazione in grigliato ricoperta da un tappetino in gomma pieno. Miglioramenti della salute degli arti e del benessere degli animali sono stati visti anche in altri studi in cui al pavimento di grigliato sono stati aggiunti dei tappetini in gomma forati (Absmanner et al., 2009; Graunke et al., 2011). Wechsler (2011) ha concluso che i pavimenti in grigliato con rivestimento in gomma sono un'alternativa adeguata al classico pavimento in grigliato perché migliorano il benessere degli animali dato che riducono sia le patologie legate agli arti sia la presenza di comportamenti anormali.

Tuttavia, se ai vitelloni viene data la possibilità di scegliere il tipo di pavimentazione, risulta esserci una preferenza maggiore per la lettiera in paglia piuttosto che per una pavimentazione in grigliato o con rivestimento in gomma (Lowe et al., 2001). Infatti, la lettiera fornisce una superficie meno scivolosa, più morbida e confortevole per gli

animali (Wechsler, 2011). Questa deve però essere rinnovata regolarmente per garantire la pulizia dei vitelloni dato che la presenza di animali sporchi al momento della macellazione aumenta il rischio di contaminazione della carne da parte dei patogeni nocivi (Lowe et al., 2001).

Il materiale utilizzato per la lettiera può influenzare il comportamento degli animali, per esempio, Fregonesi et al. (2007) hanno visto che le vacche da latte rimangono in decubito più a lungo quando la lettiera in paglia presenta un basso valore di umidità. Uno studio condotto su vitelli di razza Hanwoo ha valutato gli effetti che tre tipi di materiali (segatura, trucioli di legno e lolla di riso) usati per la lettiera, possono avere sul comportamento degli animali (Yang et al., 2017). È emerso che l'accrescimento medio giornaliero (ADG) risultava maggiore per i vitelli stabulati sulla lettiera di trucioli di legno durante la stagione invernale e primaverile, mentre non erano presenti differenze tra i materiali usati durante la stagione estiva. Il tempo di decubito, durante la stagione estiva, era maggiore negli animali stabulati su lettiere di segatura. Questo potrebbe essere dovuto al fatto che questo tipo di materiale ha una capacità di assorbimento dell'acqua maggiore rispetto ai trucioli di legno o alla lolla di riso. I comportamenti sociali, quali per esempio il *grooming*, risultano invece leggermente maggiori in lettiere con trucioli di legno.

Si è concluso che, lettiere con segatura o trucioli di legno permettono un maggior accrescimento, una salute migliore ed una possibilità di esprimere meglio i comportamenti da parte degli animali, rispetto alla lolla di riso. Tuttavia, a differenza di quest'ultima, che nella fase di raccolta ha un costo più economico, gli altri materiali non hanno un costo contenuto. Di conseguenza si potrebbe cambiare il tipo di materiale utilizzato per la lettiera in base alla stagione, favorendo la segatura o i trucioli di legno durante la primavera e l'estate e la lolla di riso durante l'inverno.

1.5.4 Dimensione fronte mangiatoia e box

Secondo Andersen et al. (1991) e Gottardo et al. (2003), nei bovini da carne, la dimensione del box può essere un fattore più limitante rispetto al tipo di pavimentazione. Lo *Scientific Committee on Animal Health and Animal Welfare*

raccomanda uno spazio minimo di 3 m²/capo per gli animali che raggiungono i 500 kg, aggiungendo 0,5 m² ogni ulteriori 100 kg.

Quando la superficie per capo è inferiore ai 3 m², si ha un aumento dei comportamenti aggressivi ed una riduzione del tempo di decubito. Nello studio di Gottardo et al. (2003), dove si valutava il benessere dei vitelloni da carne mettendo a confronto una pavimentazione in grigliato con una lettiera permanente in paglia, non sono state evidenziate grandi differenze tra le due tipologie di pavimentazione. Tuttavia, all'avanzare del periodo di ingrasso si è osservata una diminuzione del tempo di decubito. Questo potrebbe essere dovuto al fatto che, per tutta la durata dello studio, la dimensione del box era stata fissata a 3 m²/capo. La crescita degli animali, che al momento della macellazione presentavano un peso superiore ai 600 kg può aver influito negativamente sul comportamento. Allo stesso modo, Gyax et al. (2007), in uno studio che confrontava il benessere dei vitelloni all'aumentare della dimensione del box (da 2,5 a 4,0 m²/capo), hanno osservato che il tempo di decubito aumentava all'aumentare della dimensione. Inoltre, hanno constatato che, quando la disponibilità di spazio per capo diventava maggiore, aumentava di conseguenza la durata della stazione di decubito, il cambiamento della postura di decubito e la distanza tra gli animali come pure la loro pulizia; allo stesso tempo gli episodi di calpestamento della coda risultavano inferiori.

Anche l'ingestione volontaria e l'accrescimento giornaliero possono essere influenzati negativamente dalla scarsa disponibilità di spazio (Ingvarsen & Andersen, 1993; Andersen et al., 1997; Fisher et al., 1997).

Da uno studio (Gottardo et al., 2009) che aveva come scopo quello di individuare i punti critici degli allevamenti dei bovini da carne in Italia è stato evidenziato che oltre alla disponibilità di spazio per capo, anche la dimensione del fronte mangiatoia rappresenta una delle principali criticità. La disponibilità di un fronte mangiatoia inferiore ai 60 cm/capo porta ad un aumento delle interazioni sociali di tipo aggressivo e/o competitivo e ad una maggiore difficoltà di accesso alla mangiatoia, con conseguente calo dell'ingestione e dell'accrescimento (SCAHAW, 2001). Anche Longenbach et al. (1999) affermano che la scarsa disponibilità di spazio alla mangiatoia porta ad un'alterazione

del comportamento alimentare dei bovini con un aumento della frequenza dei pasti e una diminuzione del tempo speso a mangiare.

Tuttavia, secondo Andersen et al. (1997), la lunghezza del fronte mangiatoia non sembra rappresentare un problema in un sistema di alimentazione *ad libitum*. Infatti, il tipo di programma di alimentazione (*ad libitum* vs. razionamento) ha un effetto maggiore sul comportamento degli animali rispetto alla disponibilità dello spazio del fronte mangiatoia. Gottardo et al. (2004) hanno osservato che un aumento da 60 a 80 cm del fronte mangiatoia non porta a un miglioramento del benessere e delle prestazioni di crescita dei vitelloni da carne con una alimentazione *ad libitum*. Di conseguenza, sulla base di questi risultati hanno concluso che un fronte di 60 cm/capo può essere sufficiente in un allevamento intensivo di bovini da carne quando il sistema di alimentazione è *ad libitum*.

1.5.5 Qualità della dieta e modalità di distribuzione

Come precedentemente affermato nel paragrafo 1.4.1, le diete utilizzate per l'ingrasso dei bovini da carne sono delle razioni complete ricche di concentrati e di amido per favorire il massimo ADG. Gli animali sono nutriti due volte al giorno o solo una volta utilizzando un regime alimentare *ad libitum* (Cozzi e Gottardo, 2005; Schneider et al., 2020). Il TMR permette di fornire agli animali un'alimentazione ben bilanciata (Dias et al., 2018) e di ridurre al minimo il lavoro da parte degli allevatori (DeVries et al., 2005; Mäntysaari et al., 2006).

Dato che nel TMR fibra e concentrati vengono mescolati assieme, se la prima non viene tagliata abbastanza corta, si può favorire il comportamento di selezione da parte degli animali (Lee et al., 2010; Dias et al., 2018). Questo comportamento, comunemente definito *sorting*, può portare ad una variazione del valore nutritivo dell'alimento che l'animale assume in confronto alla dieta inizialmente formulata (DeVries et al., 2014; Schneider et al., 2020). DeVries et al. (2005) hanno esaminato come la frequenza di somministrazione dell'alimento può influenzare il comportamento di selezione nelle vacche da latte in due esperimenti: 1. Confronto tra distribuzione dell'alimento una volta al giorno e due volte al giorno; 2. Confronto tra distribuzione dell'alimento due volte al giorno e quattro volte al giorno. In accordo con quanto osservato da Phillips e

Rind nel 2001, quando la frequenza di distribuzione era maggiore, il tempo speso dagli animali per alimentarsi aumentava, il *sorting* diminuiva, mentre le interazioni aggressive ed il tempo di decubito rimanevano inalterate. Dati i risultati ottenuti, DeVries et al. hanno concluso che la maggior frequenza di distribuzione dell'alimento risulta migliore rispetto alla singola distribuzione perché permette l'accesso ad un alimento fresco e pertanto, diminuendo il comportamento di selezione degli animali, fornisce una migliore qualità della dieta. Da un ulteriore studio sulle vacche da latte (Mäntysaari et al., 2006) è stato osservato che un aumento della frequenza di distribuzione dell'alimento superiore a cinque volte al giorno, non influenza la produzione di latte ma porta ad una maggior attività degli animali e ad una diminuzione del loro tempo di decubito.

2. OBIETTIVI DELLA RICERCA

Lo scopo della ricerca bibliografica è stato quello di investigare gli studi esistenti a livello internazionale sul comportamento alimentare dei bovini allevati per la produzione di carne. La conoscenza di ciò che la comunità scientifica internazionale ha riportato negli ultimi dieci anni su questa ampia tematica, è stato il punto di partenza di questa tesi.

Lo scopo della prova sperimentale è stato quello di comparare le performance di crescita, di macellazione e il comportamento di vitelloni e scottone da ingrasso appartenenti alla razza Limousine mettendo a confronto un sistema di distribuzione dell'alimento convenzionale (CFS) e un sistema di distribuzione automatico (AFS). Il CFS consisteva nella distribuzione *ad libitum* dell'alimento una sola volta al giorno. Il AFS consisteva in una distribuzione automatica della stessa razione più volte al giorno in base alle esigenze degli animali.

I confronti sono stati effettuati al fine di valutare l'impatto di questa nuova modalità di distribuzione sulle prestazioni produttive e sullo stato di benessere dei vitelloni da carne allevati in maniera intensiva, e di conseguenza investigare il possibile vantaggio economico da parte dell'allevatore.

3. MATERIALI E METODI

3.1 Ricerca bibliografica

Durante la ricerca bibliografica effettuata il 03 Maggio 2022, nel database bibliografico Scopus è stata utilizzata questa specifica stringa di ricerca:

TITLE-ABS-KEY (feeding AND beef AND cattle AND (behavior OR behaviour)),

che ha permesso di selezionare un totale di 592 articoli.

Per mirare la nostra ricerca, abbiamo limitato il campo di ricerca all'area "Agricultural and Biological Sciences" e all'area "Veterinary", utilizzando questa specifica stringa di ricerca:

TITLE-ABS-KEY (feeding AND beef AND cattle AND (behavior OR behaviour)) AND
(LIMIT-TO (SUBJAREA , "agri") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "vete")).

Abbiamo così ottenuto 495 articoli. Dopodiché, abbiamo considerato di limitare la ricerca ad uno specifico arco temporale, gli ultimi 12 anni 2010-2022, affinché gli articoli selezionati fossero più recenti possibile, ottenendo così un totale di 348 articoli.

Tra questi, sono state escluse dall'analisi le review (13), e gli articoli con abstract scritto in una lingua diversa dall'inglese come il cinese, il portoghese, lo spagnolo, ecc. (8).

Ai fini del presente lavoro di tesi, l'analisi dettagliata degli articoli si è limitata a 112 contributi, quelli contenenti le parole feeding system e/o feeding behaviour (o behavior) all'interno dell'abstract.

3.2 Prova sperimentale

3.2.1 *Animali, stabulazione e management*

Lo studio è stato condotto tra Gennaio 2020 e Marzo 2022 presso la Stalla Sociale di Fossalunga (Vedelago) e ha considerato il periodo di finissaggio di 1440 vitelloni e 1129

scottone di razza Limousine appartenenti a 75 partite diverse.

Gli animali sono stati importati dalla Francia rispettivamente a $9,3 \pm 1,6$ (media \pm deviazione standard (SD)) e $8,1 \pm 1,2$ mesi di età. Il loro arrivo in azienda è avvenuto in momenti diversi durante il periodo di sperimentazione.

Dopo il loro arrivo in azienda, gli animali sono stati stabulati in box con lettiera in paglia per un periodo di adattamento di circa 52,8 giorni (SD = 25,6 giorni). In seguito, entro sesso, sono stati assegnati a 28 box sperimentali (**Foto 5**). Metà di questi box (n=14) sono stati alimentati con un sistema di distribuzione convenzionale (**CFS**) e l'altra metà (n=14) con un sistema di distribuzione automatico (**AFS**). Tutti i box sperimentali ospitavano circa 10 animali (media = 9,87; SD = 0,39) e presentavano una pavimentazione fessurata ricoperta da tappetini di gomma.

Foto 5. Limousine in prova stabulati nei box sperimentali durante il periodo di finissaggio.



Il CFS consisteva in una *total mixed ration* (TMR) fornita *ad libitum* attraverso un'unica distribuzione giornaliera (tra le 0900 e le 1000 h) con l'utilizzo di un carro miscelatore azionato dall'operatore (**Foto 6**). L'AFS consisteva nella distribuzione automatica della stessa razione attraverso il sistema Lely Vector (**Foto 7**), un robot di miscelazione e alimentazione autonomo, alimentato a batterie, in grado di caricare automaticamente una razione auto-miscelata. La distribuzione avveniva più volte al giorno in base alle esigenze degli animali e dei residui di mangime presenti nella mangiatoia. L'AFS conteneva infatti un sensore che misurava lo spessore dei residui (scottone = 1,5 cm; vitelloni = 2,5 cm) e regolava di conseguenza la nuova consegna. L'AFS poteva erogare un massimo di 35 kg di alimento per box ad ogni distribuzione.

Foto 6. Carro miscelatore azionato dall'operatore.



Foto 7. Sistema Lely Vector in movimento dalla cucina, in cui avviene il carico del robot, ai box sperimentali di finissaggio, in cui avviene lo scarico del prodotto.



La dieta era composta principalmente da insilato di mais o insilato di sorgo, a seconda della stagione, e pastone di mais (**Tabella 1**). Mensilmente venivano raccolti dei campioni di TMR che venivano analizzati secondo i metodi dell'*Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2003) per valutarne: sostanza secca (DM), proteina grezza (CP), estratto etero (EE) e ceneri. Il contenuto di NDF (*neutral detergent fiber*) degli stessi campioni è stato determinato secondo il metodo utilizzato da Van Soest et al. (1991), mentre il contenuto di amido è stato valutato mediante cromatografia liquida (AOAC, 2003). La composizione chimica della dieta è riportata in **Tabella 1**.

Tabella 1. Composizione chimica delle diete utilizzate (media \pm SD).

	Da Aprile a Novembre	Da Dicembre a Marzo
Ingredienti, g/kg		
Insilato di mais	580	441
Pastone di mais	253	261
Insilato di sorgo	0	112
Alfalfa	0	21
Distillato di mais	111	111
Integratore ad alto contenuto proteico	56	54
Composizione chimica		
DM, %	52.2 \pm 2.73	52.9 \pm 1.44
CP, % DM	15.9 \pm 0.78	15.0 \pm 0.58
EE, % DM	5.33 \pm 0.16	5.28 \pm 0.19
NDF, % DM	27.4 \pm 1.07	28.2 \pm 0.62
ADF, % DM	15.2 \pm 0.66	14.7 \pm 0.58
Amido, % DM	33.1 \pm 0.69	32.7 \pm 0.54
Ceneri, % DM	5.27 \pm 0.26	5.02 \pm 0.41

DM = sostanza secca; CP = proteina grezza; EE = estratto etereo; NDF = neutral detergent fiber; ADF = acid detergent fiber.

3.2.2 Rilievi sperimentali in vivo

Performance di crescita

Il box rappresentava l'unità sperimentale per il peso vivo (BW) e l'accrescimento medio giornaliero (ADG) degli animali. Prima del trasferimento ai box sperimentali, gli animali che sarebbero stati stabulati all'interno dello stesso recinto venivano pesati come gruppo mediante una bilancia per bestiame (BW iniziale). Il BW finale di ciascun box è poi stato calcolato come il peso cumulativo di tutti gli animali presenti nel box al termine del periodo di finissaggio. L'ADG è stato calcolato dividendo il peso cumulativo di un dato box per i giorni totali di ingrasso degli animali presenti all'interno di quello stesso box.

L'ingestione di sostanza secca (DMI) dei bovini CFS veniva misurata per singolo box, in uno stesso giorno prefissato della settimana per tutto il periodo di ingrasso, pesando la

quantità di TMR distribuita a ciascun box e sottraendo a questa il residuo di alimento presente 24 ore dopo la distribuzione. Il tutto diviso per il numero di animali presenti all'interno del box stesso. Nei bovini AFS, la DMI era data dal rapporto tra la quantità totale di TMR distribuita giornalmente e il numero di animali presenti all'interno del box. Tale misurazione veniva effettuata giornalmente per ciascun box in modo automatico dal software del sistema Lely Vector.

Osservazioni comportamentali

Dieci osservazioni comportamentali sono state effettuate con cadenza mensile nei box sperimentali e ogni sessione di osservazione ha considerato 6 box (3 box per le scottone e 3 box per i vitelloni) per ogni sistema di alimentazione. Per ogni sessione di osservazione sono stati considerati 3 intervalli di tempo (TD): il primo iniziava alle 0800 h fino alla distribuzione del TMR intorno alle 1000 h (che si verificava solo per i box della tesi CFS); il secondo iniziava alle 1100 h fino alle 1300 h; il terzo iniziava prima del tramonto per motivi di illuminazione (tra le 1400 e le 1600 h) e proseguiva per le due ore successive.

I comportamenti degli animali valutati durante le osservazioni sono stati: posizione (stazione/decubito); numero di animali impegnati a mangiare; ruminazione; numero di animali occupati a bere. Questi comportamenti sono stati registrati da 2 osservatori esperti utilizzando la tecnica dello scan-sampling (**Foto 8**) con un intervallo di 6 minuti tra i diversi scans (Martin e Bateson, 2007).

Per ciascun intervallo di tempo è stato calcolato il numero totale di animali impegnati nelle varie attività osservate e i dati raccolti sono stati poi espressi in minuti assumendo che ogni comportamento andasse a persistere per l'intero scan di 6 minuti (Maekawa et al., 2002). Per l'attività alimentare, è stata calcolata la media della percentuale di animali che mangiavano contemporaneamente per ogni TD per tutte le osservazioni.

Gli atti ruminatori sono stati registrati negli stessi orari delle osservazioni comportamentali da un terzo osservatore esperto che ha contato il numero di atti ruminatori per bolo mediante l'osservazione diretta degli animali che stavano ruminando (Baumont et al., 2006).

I tre osservatori si sono scambiati, in rotazione, tra le diverse stalle ogni 30 minuti per

ridurre possibili errori dovuti all'effetto osservatore.

Foto 8. Operatori impegnati nelle osservazioni comportamentali degli animali mediante la tecnica dello scan-sampling.



Trattamenti farmacologici durante il periodo di ingrasso

Durante tutto il periodo sperimentale, lo stato di salute degli animali è stato monitorato quotidianamente dal veterinario dell'allevamento. Solo gli animali che avevano regolarmente completato il ciclo d'ingrasso venivano continuamente monitorati per la raccolta dei dati, mentre quelli eliminati precocemente per alcuni gravi problemi venivano rimossi dai box sperimentali ed esclusi dalla prova.

Per ciascun box è stata registrata la percentuale di vitelloni o scottoni trattati per disturbi respiratori (polmonite acuta, tracheite acuta), gastrointestinali (gastroenteriti, enteriti emorragiche) e locomotori (artrite, lesioni articolari o muscolari, flemmone interdigitale), come anche il numero medio di trattamenti per vitellone o scottona. In seguito, sono stati calcolati i costi medi per vitellone o scottona dovuti ai trattamenti farmaceutici appena elencati.

3.2.3 Rilievi sperimentali post mortem

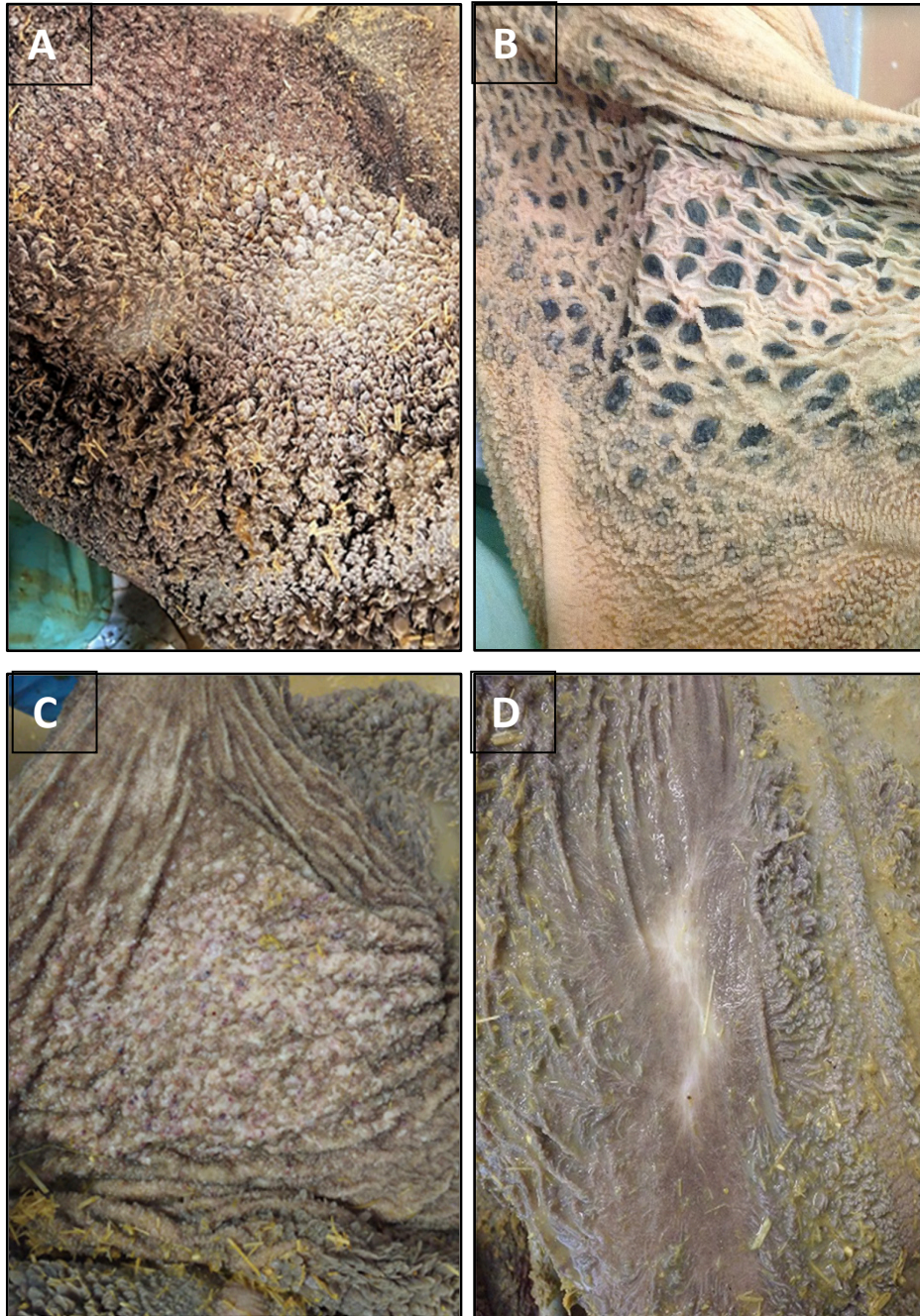
Performance di macellazione

Gli animali venivano macellati quando raggiungevano uno stato di ingrasso adeguato (minimo 180 giorni in allevamento). Ogni volta che uno o più animali, che appartenevano a uno stesso box era inviato al macello, veniva registrato il peso individuale della carcassa. La resa di macellazione è stata calcolata considerando il peso a freddo della carcassa. La conformazione delle carcasse è stata valutata secondo lo schema di classificazione SEUROF, ed è stata calcolata la percentuale di vitelloni o scottone assegnati a ciascun punteggio di conformazione entro sistema di alimentazione. Inoltre, le carcasse sono state valutate per la percentuale di grasso (punteggio da 2 a 3 con deposito crescente di grasso), ed è stata calcolata la percentuale di vitelloni o scottone assegnati a ciascun punteggio nei due sistemi di alimentazione.

Ispezione della mucosa ruminale al macello

In seguito ad apertura, svuotamento e risciacquo del ruminale, un veterinario qualificato ha ispezionato la mucosa ruminale di un campione casuale di animali di ciascuna partita al macello (media = 14,0; SD = 7,4 animali). Le procedure di ispezione e i protocolli di registrazione per le patologie della mucosa ruminale sono stati descritti in dettaglio in una recente ricerca di Magrin et al. (2021). Ipercheratosi, segni di arrossamento, placche, segni di ruminite e lesioni a stella (**Foto 9**) sono state registrate come misure binarie (presenza = 1; assenza = 0). Anche la presenza o assenza di parassiti (*Paramphistomum*) è stata registrata come binaria.

Foto 9. Illustrazione di alcune alterazioni della mucosa ruminale di vitelloni e scottone in prova registrate al macello: ipercheratosi (A), segni di arrossamento, placche ruminali (B), segni di ruminite (C), e lesioni a stella (D).



3.2.4 Analisi statistica

BW finale, i giorni di ingrasso, ADG, DMI, il peso della carcassa e la resa di macellazione sono stati analizzati per sesso (vitelloni o scottone) a livello di box, con un modello lineare generalizzato (GLM) che considerava l'effetto del sistema di alimentazione (**FS**) (CFS vs AFS) con la partita come covariante e l'utilizzo del fattore di correzione Bonferroni.

I dati sul comportamento degli animali e l'attività masticatoria sono stati analizzati con un secondo modello GLM che ha considerato, sempre con l'utilizzo del fattore di correzione di Bonferroni, gli effetti fissi del sistema di distribuzione, l'ora del giorno (TD), la loro interazione, e il giorno di osservazione.

La prevalenza delle carcasse, valutata per conformazione e grassezza, è stata calcolata come il rapporto tra il numero di carcasse con uno specifico punteggio e il numero totale di carcasse ispezionate. È stato eseguito un test di Mann-Whitney per stimare l'effetto del sistema di distribuzione sulla prevalenza delle carcasse con un determinato punteggio.

La prevalenza delle alterazioni della mucosa ruminale è stata calcolata come il rapporto tra il numero dei ruminanti con un disturbo specifico e il numero totale di organi ispezionati. Un test di Mann-Whitney è stato eseguito per stimare l'effetto del sistema di distribuzione sulla prevalenza dei ruminanti affetti da un determinato disturbo.

Un modello simile è stato utilizzato per valutare l'effetto del sistema di distribuzione sulla percentuale di vitelloni/scottone trattati, sul numero medio di trattamenti effettuati e sui relativi costi per vitellone/scottona.

Tutti i dati sono stati analizzati entro sesso, e tutte le analisi statistiche sono state eseguite utilizzando SAS (9,3; Institute Inc., Cary, NC) con soglia minima di significatività statistica fissata a $P < 0,05$.

4. RISULTATI E DISCUSSIONE

4.1 Ricerca bibliografica

Delle 112 pubblicazioni analizzate durante l'arco temporale 2010-2022, il 50% di queste sono state pubblicate negli ultimi tre anni (**Tabella 2**). Questo potrebbe essere dovuto alla presenza di nuovi sistemi tecnologici che hanno permesso la rilevazione automatica di alcuni comportamenti espressi dagli animali.

Tabella 2. Numero di pubblicazioni per anno (arco temporale selezionato 2010-2022).

Anno	N° pubblicazioni	% sul totale
2010	5	4.5
2011	5	4.5
2012	2	1.8
2013	6	5.4
2014	12	10.7
2015	9	8.0
2016	3	2.7
2017	10	8.9
2018	9	8.0
2019	24	21.4
2020	11	9.8
2021	16	14.3
	112	100

In Italia, si allevano principalmente scottone o vitelloni non castrati. Tuttavia, nelle pubblicazioni analizzate la percentuale maggiore di animali, che sono stati studiati, è rappresentata dai vitelloni maschi castrati (**Tabella 3**). Questo è probabilmente dovuto al fatto che la maggior parte degli studi è americana.

Tabella 3. Categorie di bovini da carne che vengono trattate negli articoli selezionati.

Categoria	N° articoli	% sul totale
Vitelloni maschi castrati	47	42
Scottone	36	32
Vitelloni maschi non castrati	24	21
Vitelli	12	11
Altro	4	4
	112	100

I risultati ottenuti nella tabella precedente potrebbero spiegare anche perché quasi un 40% degli animali è di razza Angus (**Tabella 4**) e il principale sistema di allevamento adottato è il feedlot (**Tabella 5**).

Tabella 4. Principali razze di bovini da carne coinvolte negli studi degli articoli selezionati.

Razza ¹	N° articoli	% sul totale
Angus	43	38
Nellore	22	20
Simmental	11	10
Charolais	10	9
Holstein	7	6
Hereford	8	7
Limousine	6	5
	112	100

¹ Intesa come razza pura o incrociata con altre razze (es. Angus pura o Angus x Limousine, ecc.).

Tabella 5. Principali sistemi di allevamento adottati negli studi degli articoli selezionati.

Sistema di allevamento	n° articoli	% sul totale
Feedlots	41	37
Indoors	29	26
Non Riportato	29	26
Pascolo	10	9
Ambiente Controllato	3	3
	112	100

Per quanto riguarda i metodi di rilevamento dei comportamenti, una grande parte delle pubblicazioni (74 su 112) si basa sul rilevamento automatico, con una percentuale maggiore nei sistemi di allevamento feedlot piuttosto che indoor (**Tabella 6**). Inoltre, come è possibile vedere dai risultati in **Tabella 7**, i sistemi automatici di rivelamento del comportamento sono stati molto più utilizzati negli ultimi anni, probabilmente grazie allo sviluppo di nuove tecnologie innovative.

Tabella 6. Metodi utilizzati per il rilevamento del comportamento degli animali in vivo negli studi degli articoli selezionati.

Sistema di rilevamento	n° articoli	% sul totale	Sistema di allevamento (% sul totale) ¹			
			Feedlots	Indoors	Pascolo	Ambiente Controllato
Automatici	74	66.1	40.5	20.3	4.1	1.4
Osservazioni Dirette²	36	32.1	30.6	38.9	16.7	5.6
Non Riportato	2	1.8	-	-	-	-
	112	100				

¹ La rimanente percentuale dei contributi non specifica il sistema di allevamento in cui è stata effettuata la rilevazione del comportamento degli animali.

² Tutti i contributi in cui veniva rilevato il comportamento degli animali attraverso osservazioni dirette utilizzavano la tecnica dello scan-sampling.

Tabella 7. Distribuzione degli articoli selezionati per anno di pubblicazione che utilizzano sistemi automatici di rilevamento del comportamento animale.

Anno di pubblicazione	Automatici (% articoli sul totale)
2010	5.4
2011	6.8
2012	2.7
2013	6.8
2014	12.2
2015	9.5
2016	2.7
2017	4.1
2018	4.1
2019	18.9
2020	10.8
2021	16.2
Totale	100.0

Tra i comportamenti che possono essere valutati negli animali, quelli più valutati dai sistemi automatici sono rappresentati da: DMI, numero di visite alla mangiatoia e durata di queste, tempo di alimentazione e numero di volte che l'animale mangia nell'arco della giornata (**Tabella 8**). Nelle osservazioni dirette, invece, i principali sono rappresentati da: tempo di ruminazione, numero di atti masticatori, tempo di abbeveraggio, *sorting*,

posizione di decubito o in stazione e tempo di riposo (**Tabella 8**). Questa diversità nel rilevamento potrebbe semplicemente essere dovuta alla praticità di rilevare un comportamento con un sistema automatico piuttosto che con un'osservazione diretta, e viceversa.

Tabella 8. Distribuzione delle variabili comportamentali rilevate e del tipo di sistema di rilevamento di ciascuna di esse all'interno degli articoli selezionati.

Variabile comportamentale	N Articoli	% Articoli sul Totale	Rilevati con Sistemi Automatici (% sul totale)	Rilevati con Osservazioni Dirette (% sul totale)
Dry Matter Intake	91	81	68	30
Visits Per Day	77	69	83	10
Eating Time	70	63	60	36
Visit Duration	69	62	86	7
Eating Rate	56	50	89	9
Rumination Time	29	26	7	86
Drinking Time	27	24	15	74
Standing Time	23	21	22	65
Resting Time	21	19	5	95
Lying Time	21	19	14	67
Head-Down Duration	16	14	100	0
Nutrient Digestibility	14	13	21	71
Nonfeeding Interval	11	10	91	0
Daily Chews	8	7	13	75
Grazing Time	6	5	0	100
Drinking Water Intake	6	5	33	50
Intermeal Duration	3	3	100	0
Feed Sorting	3	3	0	67

4.2 Prova sperimentale

Solo gli animali che hanno regolarmente completato il periodo d'ingrasso sono stati monitorati per la raccolta dei dati mentre quelli eliminati precocemente per gravi problemi di salute sono stati rimossi dai box sperimentali ed esclusi dalla prova sperimentale. Pertanto, i risultati di questo studio si riferiscono soltanto a quegli animali che hanno regolarmente completato il ciclo.

4.2.1 Risultati sperimentali in vivo

Performance di crescita e ingestione di sostanza secca

Sebbene i vitelloni AFS abbiano raggiunto un BW finale e un peso della carcassa simili a quelli dei vitelloni CFS negli stessi giorni di ingrasso, i loro ADG e DMI tendono ad essere maggiori (**Tabella 9**). Le scottone alimentate con AFS, invece, hanno avuto performance di crescita simili a quelle CFS nello stesso periodo di ingrasso.

Secondo Kilgour et al. (2012), l'aumento del numero di pasti giornalieri ricalca il comportamento alimentare dei bovini al pascolo, caratterizzato infatti da più pasti distribuiti nell'arco della giornata. Nel nostro studio, l'AFS ha permesso di quadruplicare la frequenza di alimentazione giornaliera rispetto al sistema convenzionale di distribuzione con il carro miscelatore e, questo potrebbe aver incoraggiato un più elevato ricambio di animali in mangiatoia e un'assunzione di alimento più frequente, con conseguente miglioramento delle performance di crescita.

Tabella 9. Effetto del sistema di alimentazione sulle prestazioni di crescita di vitelloni e scottone da ingrasso (media \pm errore standard (SE)).

	Vitelloni		SE	P-value	Scottone		SE	P-value
	CFS	AFS			CFS	AFS		
Numero di animali	701	739			593	536		
Numero di box	14	14			14	14		
Peso vivo, kg								
Iniziale	386	383	3.42	0.52	312	319	3.46	0.31
Finale	589	593	2.01	0.18	505	508	2.61	0.61
Giorni di ingrasso	131	132	1.71	0.86	157	151	2.28	0.21
Accrescimento medio giornaliero, g/d	1.56	1.61	0.02	0.06	1.24	1.25	0.02	0.85
Ingestione di sostanza secca, kg/d	7.92	8.37	0.11	0.01	7.76	7.45	0.15	0.27

CFS = sistema di alimentazione convenzionale; AFS = sistema di alimentazione automatico.

Osservazioni comportamentali

Sono state individuate delle interazioni significative per effetto FS x TD per il tempo trascorso in decubito, mangiando e ruminando sia nei vitelloni che nelle scottone (**Tabella 10**). Il tempo di decubito ha presentato dei trends simili sia per gli animali CFS che AFS durante le ore diurne, con picchi tra le 11:00 h e le 13:00 h (**Figura 4a**). Questo risultato suggerisce che i bovini AFS si sono perfettamente adattati al passaggio del distributore automatico e non mostravano alcun segno di irrequietezza. Al contrario, diversi studi sulle vacche da latte (Phillips e Rind, 2001; Mäntysaari et al., 2006) hanno riportato un certo grado di disagio per le vacche alimentate quattro o cinque volte al giorno, con conseguente riduzione del tempo di decubito e della produzione di latte.

I vitelloni e le scottone della tesi CFS trascorrevano un maggior tempo in mangiatoia tra le 16:00 h e le 18:00 h (**Figura 4b**), mentre gli animali della tesi AFS distribuivano equamente il tempo in mangiatoia tra i tre diversi intervalli della giornata. Il tempo trascorso a ruminare era maggiore per i vitelloni e le scottone della tesi AFS tra le 11:00 h e le 13:00 h (**Figura 4c**) rispetto alle altre ore della giornata e agli animali della tesi CFS. Mediamente nell'arco della giornata gli animali della tesi AFS trascorrevano più tempo a ruminare rispetto agli animali della tesi CFS (**Tabella 10**).

Tabella 10. Effetto del sistema di alimentazione (FS), dell'ora del giorno (TD), della loro interazione e della sessione di osservazione (Obs) sui comportamenti (min/h) di scottone e vitelloni all'ingrasso (media \pm SE) registrati durante 10 sessioni di osservazione comportamentale di 8 h.

Comportamenti continui, min/h	Sistema di alimentazione (FS)		SEM	P-value			
	CFS	AFS		FS	TD	FS×TD	Obs
Scottone							
Decubito	18.2	19.2	0.97	0.44	<0.001	0.001	0.96
Mangiare	4.32	4.50	0.27	0.64	<0.001	<0.001	<0.001
Ruminazione	5.28	7.17	0.32	<0.001	<0.001	<0.001	0.10
Bere	0.78	0.82	0.06	0.68	0.07	0.29	0.34
Vitelloni							
Decubito	22.5	24.2	0.99	0.23	<0.001	<0.001	0.32
Mangiare	4.18	3.91	0.26	0.45	<0.001	<0.001	<0.001
Ruminazione	5.17	7.38	0.33	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Bere	1.02	0.90	0.07	0.21	0.03	<0.001	0.01

CFS = sistema di alimentazione convenzionale; AFS = sistema di alimentazione automatico.

Figura 4a. Effetto dell'interazione tra il sistema di alimentazione e l'ora del giorno (FS x TD) sul tempo trascorso in decubito (media \pm SE) delle scottone (in arancione) e dei vitelloni (in blu) registrati durante le 10 sessioni di osservazione. Valori contraddistinti con lettere diverse ^{a,b,c,d} differiscono per $P < 0,05$. CFS = sistema di distribuzione convenzionale; AFS = sistema di distribuzione manuale.

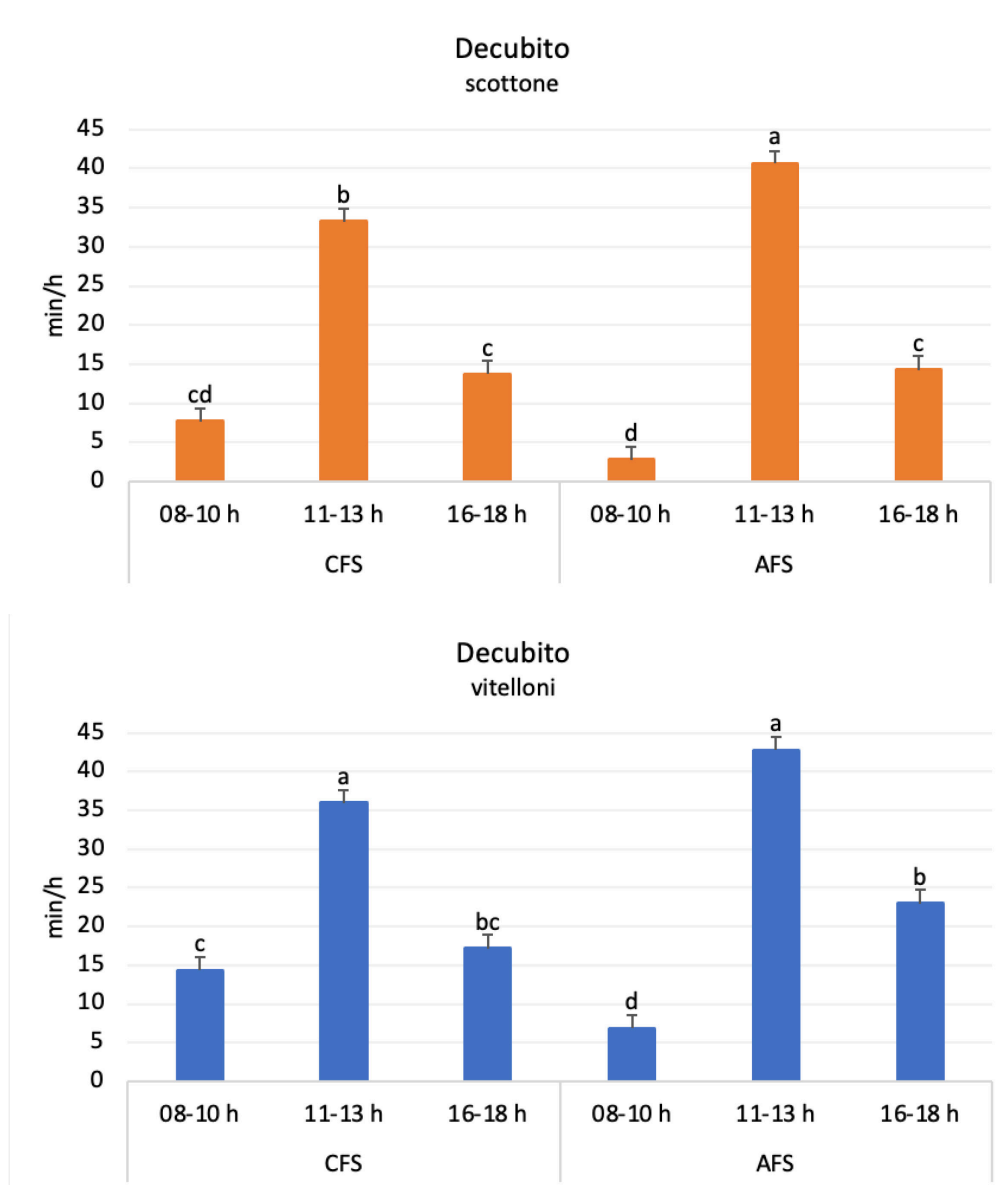


Figura 4b. Effetto dell'interazione tra il sistema di alimentazione e l'ora del giorno (FS x TD) sul tempo trascorso a mangiare (media \pm SE) delle scottone (in arancione) e dei vitelloni (in blu) registrati durante le dieci sessioni di osservazione. Valori contraddistinti con lettere diverse ^{a,b,c,d} differiscono per $P < 0,05$. CFS = sistema di distribuzione convenzionale; AFS = sistema di distribuzione manuale.

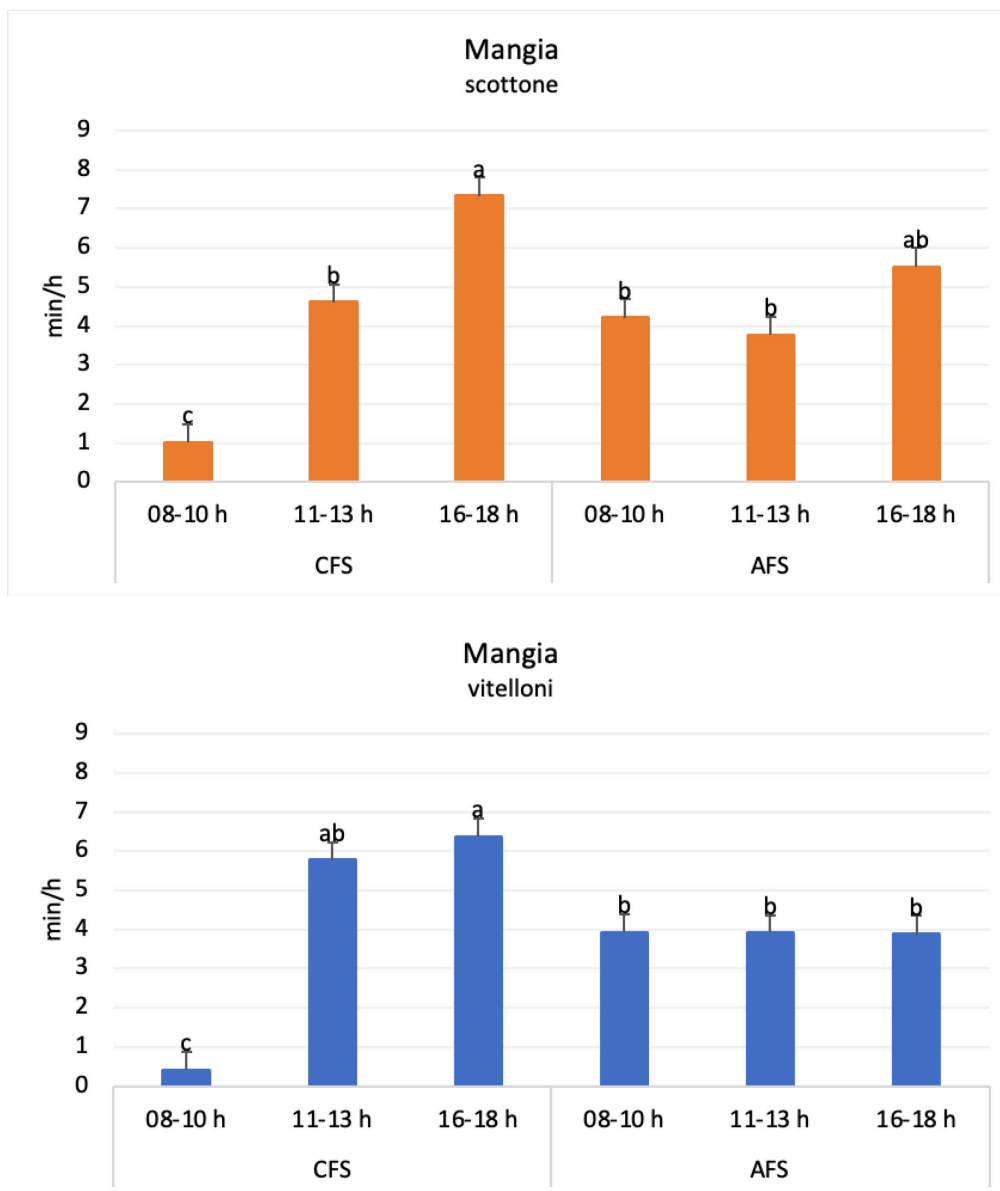
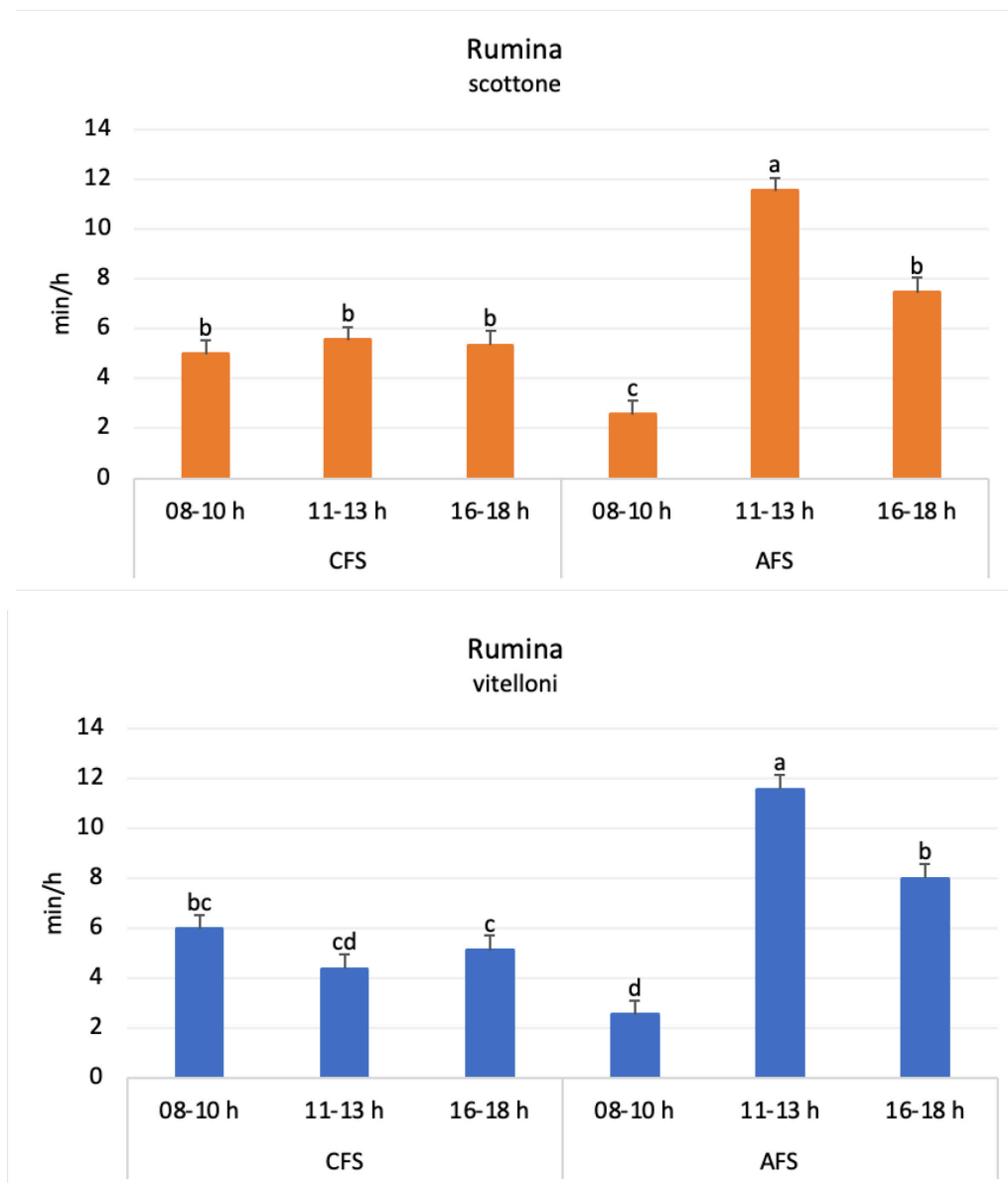


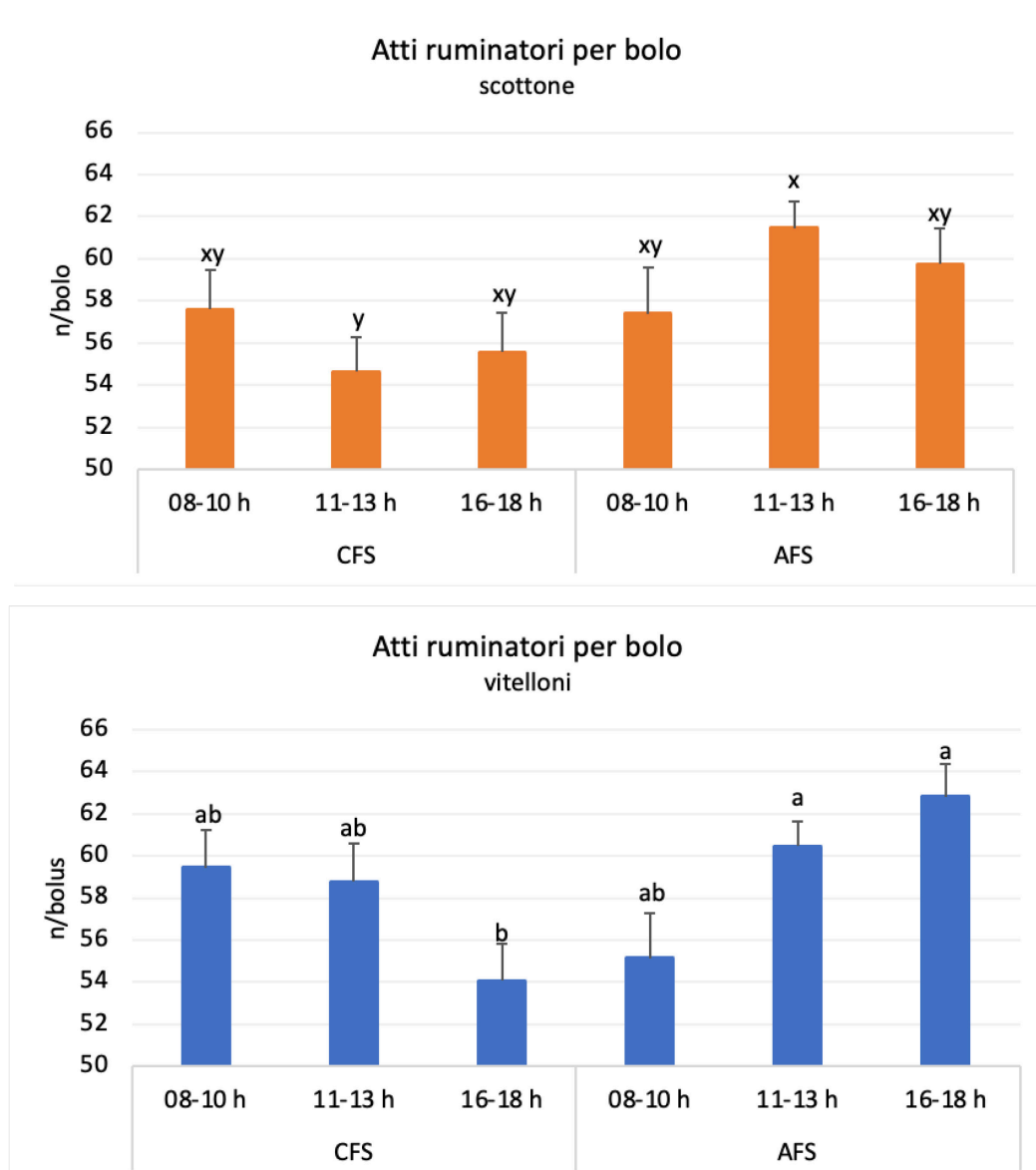
Figura 4c. Effetto dell'interazione tra il sistema di alimentazione e l'ora del giorno (FS x TD) sul tempo trascorso a ruminare (media \pm SE) delle scottone (in arancione) e dei vitelloni (in blu) registrati durante le dieci sessioni di osservazione. Valori contraddistinti con lettere diverse ^{a,b,c,d} differiscono per $P < 0,05$. CFS = sistema di distribuzione convenzionale; AFS = sistema di distribuzione manuale.



Il sistema di alimentazione ha influenzato il numero medio di atti ruminatori per bolo per le scottone, che risulta essere più alto per AFS che CFS (59,5 e 55,9 \pm 1,03 n/bolo, rispettivamente; $P = 0,01$). L'effetto FS x TD su questo parametro ($P = 0,10$) mostra una tendenza per una maggiore attività ruminatoria in scottone AFS tra le 11:00 h e le 13:00

h (Figura 5). L'attività masticatoria dei vitelloni invece, non è stata influenzata da FS ($59,5$ e $57,4 \pm 1,01$ n/bolo rispettivamente per AFS e CFS; $P = 0,15$); tuttavia, è presente una significativa interazione tra FS e TD ($P = 0,001$) che ha mostrato un aumento dell'attività ruminatoria per i vitelloni AFS tra le 11:00 h e le 13:00 h e tra le 16:00 h e le 18:00 h (Figura 5).

Figura 5. Effetto dell'interazione tra il sistema di alimentazione e l'ora del giorno (FS x TD) sul numero di atti ruminatori per bolo (media \pm SE) delle scottone (in arancione) e dei vitelloni (in blu) registrati durante le 10 sessioni di osservazione. Valori contraddistinti con lettere diverse ^{a,b,c,d} differiscono per $P < 0,05$. Valori contraddistinti con lettere diverse ^{x,y} differiscono per $P < 0,10$.



Trattamenti farmacologici durante il periodo di ingrasso

La percentuale di scottone che sono state trattate come anche il numero di trattamenti ricevuti per le patologie gastrointestinali e locomotorie tendono ad essere più elevati per CFS rispetto a AFS. Per le patologie respiratorie, invece, il numero di trattamenti è aumentato significativamente per le scottone CFS rispetto a quelle AFS (**Tabella 11**). I costi medi dovuti alla somma dei trattamenti ricevuti erano più alti per CFS rispetto ad AFS.

Relativamente ai vitelloni, la percentuale di animali trattati così come il numero di trattamenti ricevuti per patologie locomotorie era più alta per CFS che AFS (**Tabella 11**). Tra le patologie locomotorie, alcune laminiti potrebbero rappresentare una conseguenza secondaria di una condizione di acidosi ruminale subacuta. Tale condizione, secondo i dati dell'ispezione al macello, sembra essere più intensa negli animali CFS rispetto a quelli AFS. Dato che questo effetto è stato visto principalmente nei bovini maschi, potrebbe essere dovuto a ulteriori fattori di stress che agiscono a livello delle loro articolazioni a causa del peso corporeo maggiore rispetto alle femmine (Graunke et al., 2011; Wechsler, 2011; Elmore et al., 2015).

Tabella 11. Effetto del sistema di alimentazione (FS) a livello di box sulla percentuale di vitelloni/scottoni trattate, sul numero di trattamenti per vitellone/scottona e sui costi per vitellone/scottona (mediana \pm range interquartile) durante il periodo di ingrasso.

	Sistema di alimentazione (FS)		P-value
	CFS	AFS	
Scottone trattate, %	20.0 (10.0-30.0)	11.1 (0.00-20.0)	0.01
Per disordini respiratori	10.0 (0.00-20.0)	0.00 (0.00-11.1)	0.12
Per disordini gastrointestinali	0.00 (0.00-10.0)	0.00	0.07
Per disordini locomotori	5.00 (0.00-10.0)	0.00 (0.00-10.0)	0.09
Trattamenti, n/scottona	0.89 (0.20-1.60)	0.38 (0.00-0.88)	0.008
Per disordini respiratori	0.30 (0.00-1.00)	0.00 (0.00-0.44)	0.03
Per disordini gastrointestinali	0.00 (0.00-0.20)	0.00	0.08
Per disordini locomotori	0.05 (0.00-0.40)	0.00 (0.00-0.30)	0.07
Costi dei trattamenti, €/scottona	2.31 (0.58-5.26)	0.90 (0.00-2.82)	0.02
Vitelloni trattati, %	10.0 (0.00-20.0)	10.0 (0.00-11.1)	0.03
Per disordini respiratori	0.00 (0.00-10.0)	0.00 (0.00-10.0)	0.98
Per disordini gastrointestinali	0.00	0.00	-
Per disordini locomotori	10.0 (0.00-11.1)	0.00 (0.00-10.0)	0.03
Trattamenti, n/vitellone	0.39 (0.00-0.94)	0.20 (0.00-0.70)	0.09
Per disordini respiratori	0.00 (0.00-0.20)	0.00 (0.00-0.22)	0.84
Per disordini gastrointestinali	0.00	0.00	-
Per disordini locomotori	0.11 (0.10-0.50)	0.00 (0.00-0.30)	0.03
Costi dei trattamenti, €/vitellone	0.90 (0.00-2.46)	0.60 (0.00-2.12)	0.19

CFS = sistema di alimentazione convenzionale; AFS = sistema di alimentazione automatico.

4.2.2 Risultati sperimentali post mortem

Performance di macellazione

La percentuale di carcasse classificate per un determinato punteggio di conformazione non è stata influenzata dal sistema di distribuzione né per i vitelloni né per le scottoni.

Tuttavia, nessun animale AFS è stato classificato R per la conformazione della carcassa ottenendo tutti valutazioni migliori. Una percentuale più alta di carcasse classificate con punteggio pari a 3,00 per il grasso è stata trovata per le scottone AFS rispetto a CFS (Tabella 12).

Tabella 12. Effetto del sistema di alimentazione sulle prestazioni di macellazione di vitelloni e scottone da ingrasso (media \pm errore standard (SE)).

	Vitelloni		SE	P-value	Scottone		SE	P-value
	CFS	AFS			CFS	AFS		
Numero di animali	701	739			593	536		
Numero di box	14	14			14	14		
Peso vivo, kg								
Iniziale	386	383	3.42	0.52	312	319	3.46	0.31
Finale	589	593	2.01	0.18	505	508	2.61	0.61
Giorni di ingrasso	131	132	1.71	0.86	157	151	2.28	0.21
Accrescimento medio giornaliero, g/d	1.56	1.61	0.02	0.06	1.24	1.25	0.02	0.85
Ingestione di sostanza secca, kg/d	7.92	8.37	0.11	0.01	7.76	7.45	0.15	0.27
Peso della carcassa, kg	371	373	1.43	0.44	307	308	1.63	0.63
Resa al macello, %	63.1	62.9	0.18	0.51	60.7	60.7	0.23	0.94
Punteggio di conformazione delle carcasse, %								
classe S	15.3	15.9		0.82	11.2	8.59		0.19
classe E	84.6	84.1		0.83	88.5	89.5		0.67
classe U	0.00	0.00		-	0.00	1.91		-
classe R	0.15	0.00		-	0.34	0.00		-
Punteggio di grassezza delle carcasse, %								
2.00	100	99.9		0.99	98.1	93.9		<0.001
3.00	0.00	0.15		0.99	1.89	6.11		<0.001

CFS = sistema di alimentazione convenzionale; AFS = sistema di alimentazione automatico

Il maggior numero di pasti giornalieri dato dall'AFS ha consentito ai vitelloni di aumentare il proprio ADG e DMI e alle scottone di raggiungere BW simili ma con carcasse con una percentuale di grasso più elevata qualche giorno prima rispetto a quelle CFS. A sostegno di questa ipotesi, sulla base dei tassi di crescita registrati, abbiamo stimato quanti giorni in meno erano necessari agli animali AFS per raggiungere le stesse prestazioni degli animali CFS. Ogni vitellone e scottone AFS ha richiesto rispettivamente 2 e 8 giorni di ingrasso in meno, con un risparmio di oltre 16 e 55 kg di sostanza secca a capo, rispettivamente.

Ispezione della mucosa ruminale al macello

Il FS ha influenzato la prevalenza dell'ipercheratosi a livello della mucosa ruminale dei vitelloni con un'incidenza inferiore per AFS rispetto a CFS. La prevalenza dei segni di ruminite, inoltre, tende a diminuire per i vitelloni alimentati con AFS rispetto a quelli alimentati con CFS (**Tabella 13**). Si è potuto osservare la stessa cosa a livello della mucosa ruminale delle scottone AFS che hanno presentato una minore prevalenza di ipercheratosi, placche, segni di ruminite e cicatrici a stella rispetto a quelle delle scottone CFS (**Tabella 13**).

Come precedentemente riportato, a parità di tempo trascorso in decubito nelle ore centrali della giornata, i bovini AFS trascorrevano più tempo a ruminare e presentavano un'attività masticatoria più intensa. Questi sono chiari indicatori di un elevato livello di benessere animale e di conseguenza di salute del rumine. Diversi studi riconoscono il ruolo delle attività di ruminazione e masticazione nel promuovere la salivazione che permette di tamponare gli acidi grassi che vengono prodotti durante la fermentazione del rumine (Krause e Oetzel, 2006; Maekawa et al., 2002). Questa più intensa attività di ruminazione mostrata dai bovini AFS e la sua capacità tampone potrebbe aver protetto la loro mucosa ruminale dallo sviluppo di ipercheratosi, placche e segni di ruminite. Inoltre, il miglioramento della salute del rumine osservato nelle scottone AFS è coerente con l'assenza di trattamenti farmaceutici *in vivo* per le patologie gastrointestinali. Bisogna però notare che anche i vitelloni non sono stati trattati per disturbi gastrointestinali *in vivo*, suggerendo che le diverse alterazioni della mucosa ruminale

rilevate attraverso l'ispezione *post mortem* potrebbero riflettere lo stato di una malattia subclinica non facilmente rilevabile nell'animale vivo.

Tabella 13. Effetto del sistema di alimentazione (FS) sulla prevalenza dei disturbi della mucosa ruminale registrati *post mortem* al macello nei vitelloni e nelle scottone da ingrasso.

Disordini della mucosa ruminale	Sistema di alimentazione (FS)		P-value
	CFS	AFS	
Scottone ispezionate, n	167	158	
Ipercheratosi, % di scottone	18.0	3.00	<0.001
Segni di arrossamento	13.0	8.00	0.19
Placche	8.00	1.00	0.002
Segni di ruminite	35.0	15.0	<0.001
Cicatrici stellate	18.0	7.00	0.005
<i>Paramphistomum</i>	39.0	30.0	0.11
Vitelloni ispezionati, n	173	127	
Ipercheratosi, % di vitelloni	16.0	2.00	<0.001
Segni di arrossamento	4.00	9.00	0.16
Placche	16.0	6.00	0.008
Segni di ruminite	37.0	25.0	0.04
Cicatrici stellate	21.0	16.0	0.34
<i>Paramphistomum</i>	21.0	19.0	0.70

CFS = sistema di alimentazione convenzionale; AFS = sistema di alimentazione automatico.

5. CONCLUSIONI

Dalla ricerca bibliografica si può dedurre che lo studio del comportamento dei bovini da carne è sempre più un argomento di notevole interesse da parte dei ricercatori. Infatti, si vuole garantire un buon benessere e una buona qualità di vita agli animali, ma anche un'efficiente produzione da parte degli allevamenti. Lo sviluppo di nuovi sistemi automatici per il rilevamento del comportamento dei bovini da carne è in continua evoluzione e permette la valutazione di parametri comportamentali che prima, con le sole osservazioni dirette, erano difficili o impossibili da valutare.

Per quanto riguarda la prova sperimentale effettuata in azienda, la suddivisione della quantità giornaliera di alimento in più pasti durante la giornata attraverso un sistema di distribuzione automatizzato ha consentito ai bovini da ingrasso di migliorare il loro accrescimento medio giornaliero e il loro peso finale, permettendo così una riduzione della durata del tempo di ingrasso. Gli animali della tesi AFS hanno distribuito la loro attività di alimentazione nel corso dell'intera giornata, con conseguente aumento del tempo di ruminazione e dell'attività masticatoria. Inoltre, il comportamento di decubito risulta essere simile tra i due sistemi di alimentazione, suggerendo che i bovini AFS si erano perfettamente adattati al passaggio del distributore automatico.

Per quanto riguarda i dati raccolti al macello, attraverso l'ispezione del rumine, si può dedurre che un aumento della frequenza dei pasti nel corso della giornata potrebbe garantire un maggiore stato di salute della mucosa ruminale, con riduzione dell'incidenza di ipercheratosi, placche e segni di ruminite sia per le scottone che per i vitelloni. Il miglioramento del benessere dei bovini AFS è stato confermato anche da una minore frequenza dei trattamenti farmacologici *in vivo*. Indipendentemente dal tipo di trattamento, la percentuale di animali trattati e il numero di trattamenti per animale erano inferiori per AFS rispetto a CFS, generando così un certo profitto per gli allevatori di bovini da carne.

Tuttavia, poiché il presente studio era incentrato sull'impatto dell'AFS sulle prestazioni produttive e sul comportamento degli animali, e non era inteso per la sua analisi dei costi-benefici, gli effetti dell'automatizzazione della somministrazione dell'alimento sui diversi aspetti gestionali (es. costi di investimento, carico di lavoro, manodopera, orari flessibili per gli allevatori, etc.) non possono essere finora dimostrati.

BIBLIOGRAFIA

- Abeni F., Galli A. 2017. *Monitoring cow activity and rumination time for an early detection of heat stress in dairy cow*. International Journal of Biometeorology. 61(3):427-425.
- Absmanner E., Rouha-Mulleder C., Schari T., Leisch F., Troxler J. 2009. *Effects of different housing systems on the behaviour of beef bulls – An on-farm assessment on Austrian farms*. Applied Animal Behaviour Science. 118:12-19.
- Ahlberg C.M., Allwardt K., Broocks A., Bruno K., McPhillips L., Taylor A., Krehbiel C.R., Calvo-Lorenzo M.S., Richards C.J., Place S.E., DeSilva U., VanOverbeke D.L., Mateescu R.G., Kuehn L.A., Weaber R.L., Bormann J.M., Rolf M.M. 2018. *Environmental effects on water intake and water intake prediction in growing beef cattle*. J. Anim. Sci. 96:4368-4384.
- Albertí P., Panea B., Sañudo C., Olleta J.L., Ripoll G., Ertbjerg P., Christensen M., Gigli S., Failla S., Concetti S., Hocquette J.F., Jailler R., Rudel S., Renand G., Nute G.R., Richardson R.I., Williams J.L. 2008. *Live weight, body size and carcass characteristics of young bulls of fifteen European breeds*. Livestock Science. 114:19-30.
- Allen M.S. 2014. *Drives and limits to feed intake in ruminants*. Animal Production Science. 54:1513-1524.
- Andersen H.R., Krohn C.C., Foldager J., Munksgaard L., Klastrup S. 1991. National Institute of Animal Science, Foulum, DK, Report 700.
- Andersen H.R., Jensen L.R., Munksgaard L., Ingvarsten K.L. 1997. *Influence of floor space allowance and access to feed trough on the production of calves and young bulls and on carcass and meat quality of young bulls*. Acta Agriculturae Scandinavia, Section A, Animal Science. 47:1, 48-56
- Anderson S.D., Bradford B.J., Harner J.P., Tucker C.B., Choi C.Y., Allen J.D., Hall L. W., Rungruang S., Collier R.J., Smith J.F. 2013. *Effects of adjustable and stationary fans with misters on core body temperature and lying behavior of lactating dairy cows in a semiarid climate*. J. Dairy Sci. 96:4738–4750.
- AOAC International, 2003. *Official Methods of Analysis of AOAC International*, 17th ed. Association of Analytical Communities, Gaithersburg (MD).
- Armstrong D.V. 1994. *Heat stress interaction with shade and cooling*. J. Dairy Sci. 77:2044–2050.
- Baile C.A., Forbes J. M. 1974. *Control of feed intake and regulation of energy balance in ruminants*. Physiol. Rev. 54:160.
- Baile C.A., Della-Fera M.A. 1980. *Nature of Hunger and Satiety Control Systems in Ruminants*. J.Dairy Sci. 64:114-1152.

- Bagath M., Krishnan G., Devaraj C., Rashamol V.P., Pragna P., Lees A.M., Sejian V. 2019. *The impact of heat stress on the immune system in dairy cattle: a review*. Res. Vet. Sci. 126:94–102.
- Baumgard L.H., Abuajamich M.K., Stoakes S.K., Sanz-Fernandez M.V., Johnson J.S., Rhoads R.P. 2014. *Feeding and Managing Cows to Minimize Heat Stress*. Tri-State Dairy Nutrition Conference
- Baumont, R., M. Doreau, S. Ingrand, and I. Veissier. 2006. *Feeding and mastication behaviour in ruminants*. V. Bels, editor, In: Feeding in domestic vertebrates: from structure to behaviour, Cabi International, Wallingford, UK, pp. 84-107.
- Beauchemin K.A. 2018. *Invited review: Current perspectives on eating and rumination activity in dairy cows*. Journal of Dairy Science. 101:4762-4784
- Beede D. K., Collier R. J. 1986. *Potential nutritional strategies for intensively managed cattle during thermal stress*. Journal of Animal Science. 62:543-554.
- Binsiya T.K., Sejian V., Bagath M., Krishnan G., Hyder I., Manimaran A., Lees A.M., Gaughan J.B., Bhatta R. 2017. *Significance of hypothalamic-pituitary-adrenal axis to adapt to climate change in livestock*. International Research Journal of Agricultural and Food Sciences. 2:1–20.
- Bohmanova J., Misztal I., Cole J.B. 2007. *Temperature-Humidity Indices as Indicators of Milk Production Losses due to Heat Stress*. J. Dairy Sci. 90:1947-1956.
- Bond T.E., Kelly C. F. 1955. *The globe thermometer in agricultural research*. Agr. Eng. 36:251.
- Brcsic M., Gottardo F., Mazzenga A., Cozzi G. 2007. *Behavioural response to different climatic conditions of beef cattle in intensive rearing system*. Agriculture. 13(1):103-106.
- Broom D.M. 1986. *Indicators of poor welfare*. British Veterinary Journal. 142(6):0-526.
- Broom D.M. 1991. *Assessing welfare and suffering*. Behavioural Processes. 25(2-3):117-123.
- Broom D.M. 1996. *Animal welfare defined in terms of attempts to cope with the environment*. Acta Agric. Scand. Sec. A. Anim. Sci. Suppl. 27:22-28.
- Broom D.M. 2018. *Assessment of Welfare and Needs*. Encyclopedia of Animal Behavior 2nd edition.
- Brown-Brandl T. M., Eigemberg R. A., Nienaber J. A. 2006. *Heat stress risk factors for feedlot heifers*. Livestock Science. 105:57-68.
- Brown-Brandl T.M., Nienaber J.A., Eigenberg R.A., Mader T.L., Morrow J.L., Dailey J.W. 2006. *Comparison of heat tolerance of feedlot heifers of different breed*. Livestock

Science. 105:19-26

- Cavallini D., Mammi L.M.E., Fustini M., Palmonari A., Heinrichs A.J., Formigoni A. 2018. *Effects of ad libitum or restricted access to total mixed ration with supplemental log hay on production, intake and rumination*. Journal of Dairy Science. 101:10922-10928
- Cozzi, G., and F. Gottardo. 2005. *Feeding behaviour and diet selection of finishing Limousin bulls under intensive rearing system*. Appl. Anim. Behav. Sci. 91:181–192. doi:10.1016/j.applanim.2004.10.004.
- Cozzi G. 2007. *Present situation and future challenges of beef cattle production in Italy and the role of the research*. Italian Journal of Animal Science 6:sup1, 389-396.
- Cozzi G., Brscic M., Contiero B., Gottardo F. 2009. *Growth, slaughter performance and feeding behaviour of young bulls belonging to three native cattle breeds raised in the Alps*. Livestock Science. 125:308-313.
- Cozzi G., Tessitore E., Contiero B., Ricci R., Gottardo F., Brscic M. 2013. *Alternative solutions to the concrete fully-slatted floor for the housing of finishing beef cattle: Effects on growth performance, health of the locomotor system and behaviour*. The Veterinary Journal. 197:211-215.
- Crescio M.I., Forastiere F., Maurella C., Ingravalle F., Ru G. 2010. *Heat-related mortality in dairy cattle: A case crossover study*. Preventive Veterinary Medicine. 97:191-197.
- Davis M.S., Mader T.L., Holt S.M., Parkhurst A.M. 2003. *Strategies to reduce feedlot cattle heat stress: Effects on tympanic temperature*. J. Anim. Sci. 81:649-661.
- Davison C., Bowen J.M., Michie C., Rooke J.A., Jonsson N., Andonovic I., Tachtatzis C., Gilroy M., Duthie C.A. 2021. *Predicting feed intake using modelling based on feeding behaviour in finishing beef steers*. Animal 15:100231.
- De Boever, J. L., Andries J. I., De Brabander D. L., Cottyn B. G., Buysse F. X. 1990. *Chewing activity in ruminants as a measure of its physical structure—A review of factors affecting it*. Anim. Feed Sci. Technol. 27:281–291
- DeVries T.J., von Keyserlingk M.A.G., Weary D.M., Beauchemin K.A. 2003. *Technical Note: Validation of a System for Monitoring Feeding Behavior of Dairy Cows*. J. Dairy Sci. 86:3571-3574.
- DeVries T.J., von Keyserlingk M.A.G., Beauchemin K.A. 2005. *Frequency of feed delivery affects the behavior of lactating dairy cows*. J. Dairy Sci. 88:3553-3562.
- DeVries T.J., Schwaiger T., Beauchemin K.A., Penner G.B. 2014. *Impact of severity of ruminal acidosis on feed-sorting behaviour of feed cattle*. Animal Production Science.
- Dias K.M., Oliveira L.M., Rodrigues M.S., Santos R.T., Paim T.P., Carvalho E.R. 2018.

- Behaviors of beef cattle fed crude glycerol as a replacement for sorghum grain.* J. Anim. Behav. Biometeorol. 6:90-96.
- dos Santos P.B., de Santana Junior H.A., de Araùjo M.J., De Oliviera A.P., Santana E.O.C., Mendes F.B.L. 2018. *Feeding behavior of categories of feedlot-finished beef cattle.* Animal Production. 1807-8672.
- EFSA-European Food Safety Authority. 2012. *Scientific Opinion on the welfare of cattle kept for beef production and the welfare in intensive calf farming system.* EFSA Journal. 10(5):2669.
- Elmore, M. R. P., M. F. Elischer, M. C. Claeys, E. A. Pajor. 2015. *The effects of different flooring types on the behaviour, health, and welfare of finishing beef steers.* J. Anim. Sci. 93:1258-1266. doi:10.2527/jas.2014-8399.
- Eradus W. J., Jansen M. B. 1999. *Animal identification and monitoring.* Comput. Electron. Agric. 24:91–98.
- Fallon R.J., Lenehan J.J. 2002. *Factors affecting the cleanliness of cattle housed in buildings with concrete slatted floors.* Beef Production Series, N 47. Teagasc, Grange Research Centre, Republic of Ireland.
- Fisher A.D., Crowe M.A., O’Kiely P., Enright W.J. 1997. *Growth, behaviour, adrenal and immune responses of finishing beef heifers housed on slatted floors at 1.5, 2.0, 2.5 or 3.0 m² space allowance.* Livestock Production Science. 51:245-254.
- 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.* J. Dairy Sci., 90: 5468–5472.
- Gallo L., De Marchi M., Bittante G. 2014. *A survey on feedlot performance of purebred and crossbred European Young bulls and heifers managed under intensive conditions in Veneto, northeast Italy.* Italian Journal of Animal Science. 13:798-807.
- Gaughan J. B., Mader T. L., Holt S. M. 2008. *Cooling and feeding strategies to reduce heat load of grain-fed beef cattle in intensive housing.* Livestock Science. 226-233.
- Gaughan J.B., Mader T.L., Holt S.M., Lisle A. 2008. *A new heat load index for feedlot cattle.* Journal of Animal Science. 86:226–234.
- Gordon J.G. 1958. *The effect of time of feeding upon rumination.* The Journal of Agricultural Science. 51:81-83.
- Graunke, K. L., E. Telezhenko, A. Hesse, C. Bergsten, J. M. Loberg. 2011. *Does rubber flooring improve welfare and production in growing bulls in fully slatted floor pens?* Anim. Welf. 20:173–183.
- Gottardo F., Ricci R., Fregolent G., Ravarotto L., Cozzi G. 2003. *Welfare and meat quality of beef cattle housed on two types of floors with the same space allowance.* Italian Journal of Animal Science. 2:243-253.

- Gottardo F., Ricci R., Preciso S., Ravarotto L., Cozzi G. 2004. *Effect of the manger space on welfare and meat quality of beef cattle*. Livestock Production Science. 89:277-285.
- Gottardo F., Dorigo M., Paparella P., Ossensi C., Cozzi G. 2005. *Effectiveness of different strategies to prevent from heat stress in a group of dairy farms located in the Province of Padova*. Italian Journal of Animal Science. 4(sup3):132-135.
- Gottardo F., Brascic M., Contiero B., Cozzi G., Andrighetto I., 2009: *Towards the creation of a welfare assessment system in intensive beef cattle farms*. Italian Journal of Animal Science. 8 (S1):325-342.
- Gygax L., Siegwart R., Wechsler B. 2007. *Effects of space allowance on the behaviour and cleanliness of finishing bulls kept in pens with fully slatted rubber coated flooring*. Applied Animal Behaviour Science. 107:1-12.
- Hahn G.L., Parkhurst A. M., Gaughan J.B. 1997. *Cattle respiration rate as a function of ambient temperature*. ASAE Mid Central Conference. Paper MC97-121. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Michigan.
- Hicks R.B., Owens F.N., Gill D.R., Martin J.J., Strasia C.A. 1988. *Water intake by feedlot steers*. Okla. State Univ. Agric. 125:208-212.
- Ingvarstsen K.L., Andersen H.K. 1993. *Space allowance and type of housing for growing cattle*. Anim. Sci. 43:65-80.
- Jackson K.S., Cartens G.E., Tedeschi L.O., Pinchak W.E. 2016. *Changes in feeding behavior patterns and dry matter intake before clinical symptoms associated with bovine respiratory disease in growing bulls*. J. Anim. Sci. 94:1644-1652.
- Kayser W.C., Cartens G.E., Jackson K.S., Pinchak W.E., Banerjee A., Fu Y. 2018. *Evaluation of statistical process control procedures to monitor feeding behavior patterns and detect onset of bovine respiratory disease in growing bulls*. J. Anim. Sci. 97:1158-1170.
- Kilgour, R.J., K. Uetake, T. Ishiwata, and G. J. Melville. 2012. *The behavior of beef cattle at pasture*. Appl Anim Behav Sci. 138:12–17. doi:10.1016/j.applanim.2011.12.001.
- Krause, K. M., and G. R. Oetzel. 2006. *Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review*. Anim. Feed Sci. Technol. 126:215-236. doi:10.1016/j.anifeedsci.2005.08.004.
- Krehbiel C.R. 2014. *Invited Review: Applied nutrition of ruminants: Fermentation and digestive physiology*. The Professional Animal Scientist. 30(2):129-139.
- Lee, D.H.R. 1965. *Climatic stress indices for domestic animals*. Int. J. Biometeorol. 9(1):29-35.
- Lee S., Kim Y., Oh Y., Kwak W. 2010. *Effects of feeding methods of total mixed ration on*

- behavior patterns of growing Hanwoo steers*. Journal of Animal Science. 11:1469-1475.
- Livestock Conservation Incorporated (LCI) 1970. *Patterns of transit losses*. Livestock Conservation Inc., Omaha, NE, USA.
- Longenbach J.I., Heinrichs A.J., Graves R.E. 1999. *Feed bunk length requirements for holstein dairy heifers*. J. Dairy Sci. 82, 99 – 109.
- Lowe D.E., Steen R.W.J., Beattie V.E. 2001. *Preferences of housed finishing beef cattle for different floor types*. Anim. Welf. 10, 395–404.
- Mader T. L., Davis M. S. 2004. *Effect of management strategies on reducing heat stress of feedlot cattle: feed and water intake*. Journal of Animal Science. 82: 3077- 3087.
- Mader T. L., Davis M.S., Brown-Brandl T. 2006. *Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle*. J. Anim. Sci. 84:712–719.
- Maekawa M., Beauchemin K.A., Christensen D.A. 2002. *Chewing activity, saliva production and ruminal pH of primiparous and multiparous lactating dairy cows*. J. Dairy Sci. 85:1176–1182. doi:10.3168/jds.S0022-0302(02)74180-5.
- Magrin L., Gottardo F., Brscic M., Contiero B., Cozzi G. 2019. *Health, behaviour and growth performance of Charolais and Limousine bulls fattened on different types of flooring*. Animal. 13:2603-2611.
- Magrin L., Brscic M., Lora I., Prevedello P., Contiero B., Cozzi G., Gottardo F. 2021. *Assessment of rumen mucosa, lung, and liver lesions at slaughter as benchmarking tool for the improvement of finishing beef cattle health and welfare*. Front. Vet. Sci. 7:622837. doi:10.3389/fvets.2020.622837.
- Mäntysaari, P., Khalili H., Sariola J. 2006. *Effect of feeding frequency of a Total Mixed Ration on the performance of high-yielding dairy cows*. J. Dairy Sci. 89:4312-4320. doi:10.3168/jds.S0022-0302(06)72478-X.
- Marchesini G., Mottaran D., Contiero B., Schiavon E., Segato S., Gabin E., Tenti S., Andrighetto I. 2018. *Use of rumination and activity data as health status and performance indicators in beef cattle during the early fattening period*. The Veterinary Journal. 231:41-47
- Martin P., Bateson P. 2007. *Measuring behaviour*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Mazzenga A., Giancesella M., Brscic M., Cozzi G. 2009. *Feeding behaviour, diet digestibility, rumen fluid and metabolic parameters of beef cattle fed total mixed rations with a stepped substitution of wheat straw with maize silage*. Livestock Science. 122:16-23.
- Menezes A.C.B., Valadares Filho S.C., Benedeti P.D.B., Zanetti D., Paulino M.F., Silva F.F.,

- Caton J.S. 2020. *Feeding behaviour, water intake, and energy and protein requirements of young Nellore bulls with different residual feed intakes*. Journal of Animal Science. 98(9).
- Morignat E., Gay E., Vinard J.L., Calavas D., Hénaux V. 2015. *Quantifying the influence of ambient temperature on dairy and beef cattle mortality in France from a time-series analysis*. Environmental Research. 140:524-534.
- NASEM (National Academies of Science, Engineering, and Medicine). 2016. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. 8th rev. ed.
- National Research Council. 1974. *Nutrients and toxic substances in water for livestock and poultry*.
- Neave H.W., Weary D.M., Von Keyserlingk M.A.G. 2018. *Review: Individual variability in feeding behaviour of domesticated ruminants*. Animal. 12(s2):s419-s430.
- Nickel R., Schummer A., Seiferle E. 1979. *Trattato di anatomia degli animali domestici*. 2006th edition, Casa editrice Ambrosiana.
- Nkrumah J.D., Crews D.H., Basarab J.A., Price M.A., Okine E.K., Wang Z., Li C., Moore S.S. 2007. *Genetic and phenotypic relationships of feeding behavior and temperament with performance, feed efficiency, ultrasound, and carcass merit of beef cattle*. J. Anim. Sci. 85:2382-2390.
- NOAA, 1976. *Livestock hot weather stress*. Operations Manual Letter C-31-76. NOAA, Kansas City; Missouri.
- NRC. 2000. *Nutrient requirements of beef cattle*. 7th rev. ed.
- Owens F. N., Secrist D. S., Hill W. J., Gill D. R. 1998. *Acidosis in cattle: a review*. Journal Animal Science. 76:275-286.
- Phillips, C. J. C., and M. I. Rind. 2001. *The effects of frequency of feeding a total mixed ration on the production and behavior of dairy cows*. J. Dairy Sci. 84:1979-1987. doi:10.3168/jds.S0022-0302(01)74641-3.
- Pillen J. L., Pinedo P. J., Ives S. E., Covey T. L., Naikare H. K., Richeson J. T. 2016. *Alteration of activity variables relative to clinical diagnosis of bovine respiratory disease in newly received feedlot cattle*. Bov. Pract. 50:1–8.
- Platz S., Ahrens F., Bahrs E., Nuske S., Erhard M.H. 2007. *Association between floor type and behaviour, skin lesions, and claw dimensions in group-housed fattening bulls*. Preventive Veterinary Medicine 80, 209–221.
- Pragna P., Sejian V., Soren N.M., Bagath M., Krishnan G., Beena V., Devi P.I., Bhatta R. 2018. *Summer season induced rhythmic alterations in metabolic activities to adapt to heat stress in three indigenous (Osmanabadi, Malabari and Salem Black) goat breeds*. Biological Rhythm Research. 49:551–565.

- Price E.O., 1999. *Behavioral development in animals undergoing domestication*. Applied Animal Behaviour Science. 65:245-271.
- Proudfoot K., Habing G. 2015. *Social stress as a cause of diseases in farm animals: current knowledge and future directions*. The Veterinary Journal. 206:15-21.
- Reid J.T., Wellington G.H., Dunn H.O. 1955. *Some relationships among the major chemical components of the bovine body and their application to nutritional investigations*. J. Dairy Sci. 38:1344-1359.
- Richeson J.T., Lawrence T.E., White B.J. 2018. *Using advanced technologies to quantify beef cattle behavior*. Transl Anim Sci. 2(2):223-229.
- Rhoads M.L., Rhoads R.P., VanBaale M.J., Collier R.J., Sanders S.R., Weber W.J., Crooker B.A., Baumgard L. H. 2009. *Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin*. Journal of Dairy Science. 92:1986-1997.
- Rutten C. J., Velthuis A. G. J., Steeneveld W., Hogeveen H. 2013. *Sensors to support health management on dairy farms*. J. Dairy Sci. 96:1928–1952.
- SAS Institute. SAS/STAT User's Guide. Version 9.3. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- SCAHAW. 2001. *The Welfare of Cattle kept for Beef Production*. Scientific Committee on Animal Health and Animal Welfare.
- Schneider L., Volkmann N., Kemper N., Spindler B. 2020. *Feeding Behavior of Fattening Bulls Fed Six Times per Day Using an Automatic Feeding System*. Front. Vet. Sci. 7:43. doi: 10.3389/fvets.2020.00043.
- Schwartzkopf-Genswein K.S., Hickman D.D., Shah M.A., Krehbiel C.R., Genswein B.M.A., Silasi R., Gibb D.G., Crews D.H., McAllister T.A. 2011. *Relationship between feeding behavior and performance of feedlot steers fed barley-based diets*. Journal of Animal Science. 89:1180-1192.
- Schwartzkopf-Gensweina K.S., Huismab C., McAllister T.A. 1999. *Validation of a radio frequency identification system for monitoring the feeding patterns of feedlot cattle*. Livestock Production Science. 60:27-31.
- Simanungkalit G., Clay J., Barwick J., Cowley F., Dawson B., Dobos R., Hegarty R. 2022. *Validation of automatic systems for monitoring the licking behaviour in Angus and Brahman cattle*. Applied Animal Behaviour Science. 247:105543.
- Sjaastad O.V., Sand O., and Hove K. 2010. *Fisiologia degli animali domestici*. 2013th edition, Casa editrice Ambrosiana.
- St-Pierre N., Cobanov B., Schnitkey G., 2003. *Economic losses from heat stress by US livestock industries*. J. Dairy Sci. 86:E52–E77.

- Turner L.W., Chastain J.P., Hemken R.W., Gates R.S., Crist W.L. 1992. *Reducing heat stress in dairy cows through sprinkler and fan cooling*. App. Eng. Agric. 8:251-256.
- Valente E.E.L., Chizzotti M.L., de Oliveira C.V.R., Galvao M.C., Somingues S.S., de Castro Rodrigues A., Ladeira M.M. 2015. *Intake, physiological parameters and behavior of Angus and Nellore bulls subjected to heat stress*. Ciencias Agrarias. 4565-4574.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. *Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition*. J. Dairy Sci. 74:3583-3597. Doi:10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2.
- von Keyserlingk M.A., Weary D.M. 2010. *Review: Feeding behaviour of dairy cattle: Measures and applications*. Canadian Journal of Animal Science. 90:303-309.
- Wagner J.J., Engle T.E. 2021. *Invited Review: Water consumption, and drinking behavior of beef cattle, and effects of water quality*. Applied Animal Science. 37:418-435.
- Walker D.E. 1962. *Suckling and grazing behaviour of beef heifers and calves*. New Zealand Journal of Agricultural Research. 5:3-4, 331-338
- Wechsler, B. 2011. *Floor quality and space allowance in intensive beef production: a review*. Anim. Welf. 20, 497-503.
- Welch J. G. 1982. *Rumination, particle size and passage from the rumen*. Journal of Animal Science. 54:885-894
- White B. J., Goehl D. R., Amrine D. E. 2015. *Determination of value of bovine respiratory disease control using a Remote Early Disease Identification (REDI) system compared to visual observations with metaphylaxis*. J. Anim. Sci. 93:4115-4122.
- Wijffels G., Sullivan M., Gaughan J. 2020. *Methods to quantify heat stress in ruminants: Current status and future prospects*. Methods.
- Wright C.L., PhD, PAS. 2007. *Management of Water Quality for Beef Cattle*. Veterinary Clinics Food Animal Practice. 23:91-103.
- Yang K.Y., Park K.H., Ha J.J., Gotoh T., Song Y.H., 2017. *Effect of pen floor material on the behavior of Hanwoo cattle*. J. Fac. Agr. 62(1):99-103.
- Young B.A., Hall A. 1993. *Heat load in cattle in the Australian environment*. In: Coombes, R. (Ed.), Australian Beef. More-scope Publishing, S. Melbourne, Australia.

SITOGRAFIA

https://agriculture.ec.europa.eu/index_it (ultima consultazione 01 Agosto 2022)

www.anacli.it (ultima consultazione 03 Agosto 2022)

www.azove.it (ultima consultazione 10 Agosto 2022)

www.ismea.it (ultima consultazione 03 Agosto 2022)

GLOSSARIO

ADF = fibra detergente acida (acid detergent fiber)

ADG = accrescimento medio giornaliero (average daily gain)

AFS = sistema di distribuzione automatico (automatic feeding system)

BW = peso vivo (body weight)

BRD = patologie respiratorie del bovino (Bovine Respiratory Disease)

CCI = indice climatico globale (comprehensive climate index)

CFS = sistema di distribuzione convenzionale (conventional feeding system)

CP = proteina grezza (crude protein)

DM = sostanza secca (dry matter)

DMI = ingestione di sostanza secca (dry matter intake)

EE = estratto etereo (ether extract)

FCR = rapporto di conversione del mangime (feed conversion ratio)

FS = sistema di alimentazione (feeding system)

GLM = modello lineare generalizzato

HLI = indice di calore (heat load index)

HS = stress da caldo (heat stress)

NDF = fibra neutro-detersa (neutral detergent fiber)

TD = ora del giorno (time of the day)

THI = indice di temperatura e umidità (temperature-humidity index)

TMR = razione completa (total mixed ration)

RINGRAZIAMENTI

Per finire, desidero ringraziare tutte le persone (e amici a quattro zampe) che hanno contribuito, con il loro instancabile supporto, alla realizzazione del mio percorso formativo, senza le quali questo lavoro di tesi non sarebbe esistito.

In particolare, un sentito grazie va al mio relatore, la prof.ssa Flaviana Gottardo, che ha saputo guidarmi con consigli, suggerimenti pratici e idee, ma anche per l'opportunità che mi ha dato di inserirmi all'interno di questo bellissimo progetto di ricerca.

Un ringraziamento speciale va pure al mio correlatore, la dottoressa Luisa Magrin, per avermi seguito passo dopo passo nella stesura della tesi e nell'elaborazione dei dati, per la sua pazienza e la sua professionalità.

Un ringraziamento va anche alla Stalla Sociale di Fossalunga di Vedelago, per aver messo a disposizione la loro azienda e gli animali per l'esecuzione della prova, e a tutto il gruppo di persone (Paola Prevedello, Luisa Magrin, Nicolò e Simone) che si è reso disponibile per le osservazioni comportamentali e la raccolta dei dati sperimentali.

Ringrazio infinitamente i miei genitori che hanno sopportato i miei scleri, le mie angosce e i miei sfoghi, ma nonostante tutto mi hanno sempre sostenuto e dato consigli. Grazie per esserci sempre stati, vi voglio bene!

Un grazie speciale va anche a mia nonna Mimma che mi ha sempre incoraggiato ad andare avanti e a non arrendermi mai, e senza la quale probabilmente non avrei mai intrapreso questo percorso.

Non posso poi dimenticarmi dei miei adorabili coinquilini (e amici) Alberto, Francesco e Giosuè, con i quali ho passato dei momenti indimenticabili e che hanno reso le mie giornate migliori; senza di loro non avrei potuto affrontare questi anni universitari così facilmente.

Un ringraziamento va anche a mia cugina Beatrice e alla mia amica d'infanzia Sara che mi hanno ascoltato e aiutato durante il percorso.

Infine, ultimi, ma non per questo meno importanti, i due amici a quattro zampe: il mio cane Kiro che tra leccate, giochi e passeggiate ha saputo rallegrare anche i momenti più bui; e il gatto Carmine che con le sue fusa e miagolii mi ha reso vivace il tempo trascorso a Legnaro.