

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Agronomia, Animali, Alimenti, Risorse Naturali e  
Ambiente

Dipartimento di Medicina animale, Produzioni e Salute

Corso di Laurea Magistrale in  
Scienze e Tecnologie Animali

**CONSUMO D'ACQUA INDIVIDUALE E COMPORTAMENTO DI  
ABBEVERATA COME POSSIBILI INDICATORI DI BENESSERE  
DI BOVINI DA CARNE DURANTE LA FASE DI ADATTAMENTO  
DOPO L'ARRIVO DALLA FRANCIA**

Relatore

Dr.ssa Luisa Magrin

Correlatore

Prof. Flaviana Gottardo

Laureanda

Caterina Marcon

Matricola n.

2057352

ANNO ACCADEMICO 2022-2023



# INDICE

## RIASSUNTO

## ABSTRACT

### **1. INTRODUZIONE**

- 1.1 L'allevamento del bovino da carne
- 1.2 La situazione Europea
- 1.3 La situazione italiana

### **2. ODIERNE PROBLEMATICHE DEI BOVINI DA CARNE**

- 2.1 Sistema di stabulazione
- 2.2 Problemi respiratori
- 2.3 Condizione climatica
- 2.4 Disordini metabolici-nutrizionali
- 2.5 Trasporto

### **3. PROTOCOLLI DI VALUTAZIONE DEL BENESSERE DEI BOVINO DA CARNE**

### **4. CONSUMO D'ACQUA E COMPORTAMENTO DI ABBEVERATA DEL BOVINO DA CARNE**

- 4.1 Fabbisogno idrico dei bovini
- 4.2 Metodi e strumenti di misurazione

### **5. FATTORI CHE INFLUENZANO IL CONSUMO D'ACQUA E CONSEGUENZE SULLO STATO DI SALUTE DEL BOVINO**

- 5.1 Qualità e disponibilità dell'acqua
  - 5.1.1 pH dell'acqua
  - 5.1.2 Solidi totali disciolti e salinità
  - 5.1.3 Nitrati
  - 5.1.4 Solfati
  - 5.1.5 Alghe blu-verdi
  - 5.1.6 Microrganismi
- 5.2 Stagione, umidità e temperatura
- 5.3 Stress da trasporto

### **6. OBIETTIVI DELLA RICERCA**

### **7. MATERIALI E METODI**

- 7.1 Animali e gestione dell'azienda
- 7.2 Prototipo di stazione individuale di abbeveraggio

7.3 Stato di salute

7.4 Analisi statistica

## **8. RISULTATI E DISCUSSIONE**

8.1 Comportamento di abbeverata e frequenza dei trattamenti

8.2 Comportamento di abbeverata e distanza dal giorno del trattamento

8.3 Primi 14 giorni dopo l'arrivo dalla Francia

## **9. CONCLUSIONI**

## **BIBLIOGRAFIA**

## **LISTA DELLE FIGURE**

## RIASSUNTO

L'importazione di bovini da carne in Italia, provenienti dalla Francia, rappresenta per gli animali un momento di stress intenso al quale segue un graduale adattamento alle strutture e alla gestione del nuovo allevamento. I primi giorni, caratterizzati dall'arrivo in struttura, si rivelano infatti stressanti per gli animali poiché sottoposti ad un rapido cambiamento delle condizioni sociali, della stabulazione e dell'alimentazione, che potrebbe influire negativamente sul loro stato di benessere e sulle loro prestazioni.

Questo studio ha avuto l'obiettivo di studiare il comportamento di abbeverata e il consumo individuale di acqua come possibili indicatori del livello di benessere di bovini da carne, al fine di produrre informazioni utili per migliorare la salute e il benessere dei bovini durante il periodo di adattamento.

La prova sperimentale è stata condotta tra Maggio 2021 e Dicembre 2022 presso un'azienda commerciale di bovini da carne della provincia di Padova prendendo in considerazione 93 bovini da carne di razza Limousine appartenenti a 6 diverse partite di animali.

Dopo l'arrivo dalla Francia, i bovini sono stati stabulati in un box di adattamento sito all'esterno dell'unità di finissaggio per circa 40 giorni, all'interno del quale è stato installato un prototipo di stazione di abbeveraggio individuale. Questo ha permesso di registrare in modo automatizzato una serie di parametri quali: il consumo di acqua individuale, il tempo di abbeverata e il numero di visite giornaliere. Lo stato di salute degli animali è stato monitorato giornalmente dall'allevatore, il quale registrava quotidianamente i trattamenti medici effettuati durante l'intero periodo di adattamento.

L'analisi dei dati è stata orientata a verificare se un calo nell'assunzione di acqua individuale o la registrazione di cambiamenti specifici nei comportamenti di abbeverata potessero essere indicatori precoci di uno scarso benessere e stato di salute degli animali.

Dalla seguente analisi abbiamo potuto constatare che, in relazione alla frequenza dei trattamenti, c'è una differenza significativa nel consumo giornaliero di acqua durante l'intero periodo di prova tra gli animali sottoposti a due o più trattamenti rispetto a quelli non trattati o trattati una sola volta. Anche il tempo complessivo che gli animali dedicano ad abbeverarsi è costantemente inferiore per quelli trattati più volte rispetto agli altri durante tutte le 15 settimane di osservazione. Considerando, invece, la distanza dal trattamento, il numero giornaliero di visite all'abbeveratoio varia significativamente il giorno che precede il trattamento. Contestualmente, si registra una graduale diminuzione nel consumo

totale di acqua nei quattro giorni antecedenti il trattamento, in particolare il giorno prima, che rappresenta il momento di minimo consumo rispetto ai giorni in cui gli animali erano sani.

Si è concluso che questi sistemi di rilevazione del comportamento di abbeverata dei bovini da carne sembrano in grado di individuare precocemente le malattie respiratorie, anticipando la manifestazione dei sintomi clinici e migliorandone, potenzialmente, le performance produttive.

## ABSTRACT

Importing beef cattle from France into Italy is a time of intensive stress for the animals, followed by a gradual adaptation to the facilities and management of the new herd. The first few days, characterized by the arrival at the facility, prove to be very stressful as the animals are subjected to a rapid change in their social conditions, and housing and feeding systems, which can negatively affect the animal's welfare status and performance.

This study aimed at studying the drinking behavior and the individual water intake as possible indicators of the animal welfare of beef cattle in order to produce useful information for improving the health and welfare of cattle during the adaptation period.

The experimental trial was carried out between May 2021 and December 2022 at a commercial beef farm in the province of Padua, considering a total of 93 Limousine beef cattle belonging to 6 different batches of animals.

After their arrival from France, the animals were housed in a receiving pen for about 40 days, within which a prototype of an individual drinking station was installed. This allowed to register automatically a number of parameters such as: individual water intake, drinking time and number of daily visits at the drinker. In addition, the health status of the animals was monitored daily by the farmer, who recorded all medical treatments throughout the adaptation period.

The data analysis was oriented toward testing whether a drop in the individual water intake or the presence of specific changes in drinking behavior may be early indicators of poor animal welfare and health status of the beef cattle.

The analysis reveals a significant disparity in daily water intake throughout the entire experimental period among animals subject to two or more treatments versus those treated once or not at all. Additionally, animals with repeated treatments consume less water than those without over the 15-week observation period, as evidenced by the consistent reduction in the total time spent drinking. When taking into account the distance from treatment, the quantity of daily visits to the drinking trough varies notably on the day prior to treatment. Simultaneously, the total water consumption gradually decreases in the four days prior to treatment, with the day before displaying the lowest consumption when compared to the days when the animals were in good health.

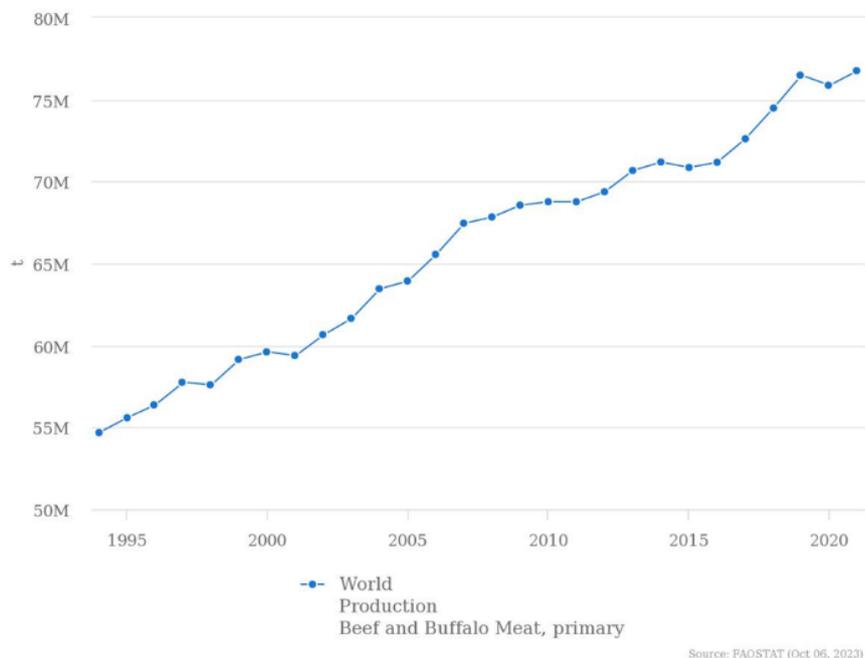
It has been determined that this drinking behaviour detection system in beef cattle have the capability to detect respiratory illnesses early, which could potentially improve production performance and anticipate the onset of clinical symptoms.

# 1. INTRODUZIONE

## 1.1 L'allevamento del bovino da carne

Il bovino da carne (compresi i bufali) rappresenta a livello numerico il terzo animale più allevato al mondo (**Figura 1**), dopo pollame e suini, con 72,44 milioni di tonnellate di carne prodotte a livello globale nel 2021 (Nalon et al., 2021).

Si tratta di un settore altamente dinamico, il cui mercato sta evolvendo rapidamente nei paesi in via di sviluppo a seguito del crescente aumento della domanda di prodotti animali mentre, nei paesi sviluppati, la domanda risulta essere stagnante e concomitante l'aumento di efficienza e sostenibilità ambientale di molti sistemi produttivi.



**Figura 1** - Produzione Mondiale di carne bovina e bufalina (FAOSTAT)

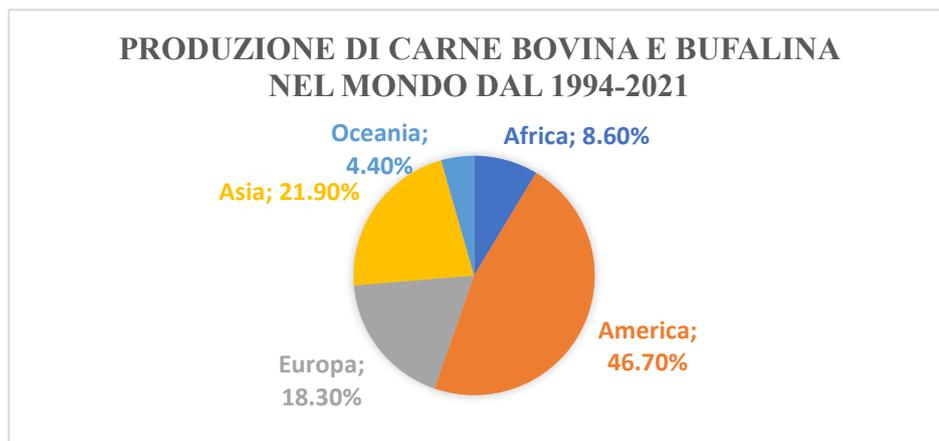
La produzione di carne bovina risulta essere più che raddoppiata tra il 1961 e il 2014, passando da 28 milioni di tonnellate all'anno fino a 68 milioni di tonnellate. Tali cambiamenti nella domanda di prodotti di origine animale sono da riscontrarsi in diversi fattori quali: crescita della popolazione, aumento del reddito pro capite, urbanizzazione e aumento delle tecnologie e delle scienze associate all'allevamento (Thornton, 2010).

La densità del bestiame in una determinata area geografica è fortemente influenzata da razza, ambiente di produzione, aspettative di mercato e strategie di gestione mentre, la redditività

dell'allevamento dei bovini da carne è fortemente correlata da diversi fattori quali: genetica, ambiente di produzione, spese e profitto. <sup>1</sup>

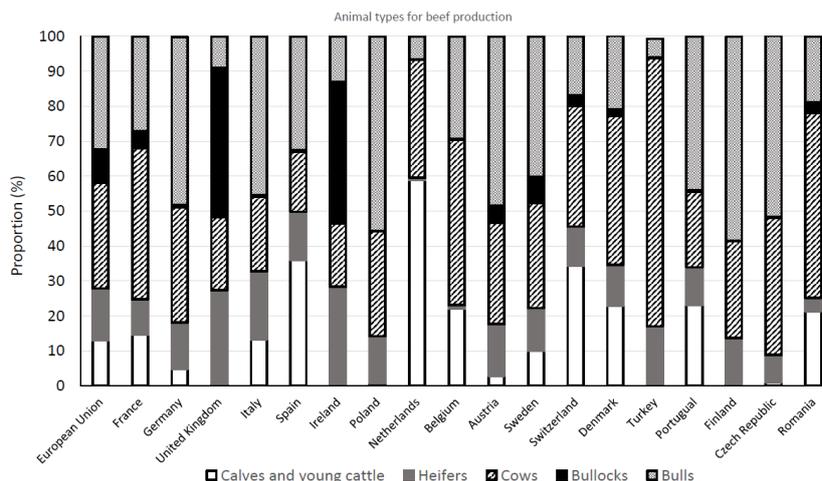
## 1.2 La situazione Europea

Nonostante il consumo moderato di carne bovina pro capite (circa 16 kg/persona/anno), l'Unione Europea è il terzo produttore mondiale di carne bovina dopo Stati Uniti e Brasile, con una produzione di 7,9 milioni di tonnellate di carcasse all'anno (S. B. Smith et al., 2018) (**Figura 2**).



**Figura 2** - Distribuzione della produzione di carne bovina e bufalina nel Mondo (FAOSTAT)

In Unione Europea sono presenti più di 89 milioni di bovini da carne o da latte, distribuiti in modo eterogeneo tra i vari paesi: le mandrie più grandi di bovini da carne si trovano in Francia (34,4%) ma anche in Spagna (15,2%), Regno Unito (12,8%) e Irlanda (8,7%) (Hocquette et al., 2018) (**Figura 3**).



**Figura 3** - Produzione di carne bovina per classe di bovini (Hocquette et al., 2018)

<sup>1</sup> Source: book 'Beef Cattle Production Systems' written by Andy D. Haring [https://books.google.it/books?hl=it&lr=&id=NSExBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=beef+cattle+production&ots=cXBZvrqdpI&sig=\\_kT7V8ipQ7AqiKs-Hm79k2Tzzw4&redir\\_esc=y#v=onepage&q=beef%20cattle%20production&f=true](https://books.google.it/books?hl=it&lr=&id=NSExBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=beef+cattle+production&ots=cXBZvrqdpI&sig=_kT7V8ipQ7AqiKs-Hm79k2Tzzw4&redir_esc=y#v=onepage&q=beef%20cattle%20production&f=true)

Da un punto di vista economico, uno dei principali problemi per il settore della carne bovina in Europa è la sua eterogeneità tra paesi: a causa delle importanti differenze regionali in termini di clima e disponibilità di pascoli, nonché in termini di pratiche di allevamento e caratteristiche delle aziende di ingrasso, la produttività e i redditi dei produttori di carne bovina variano ampiamente tra i paesi e le regioni europee.

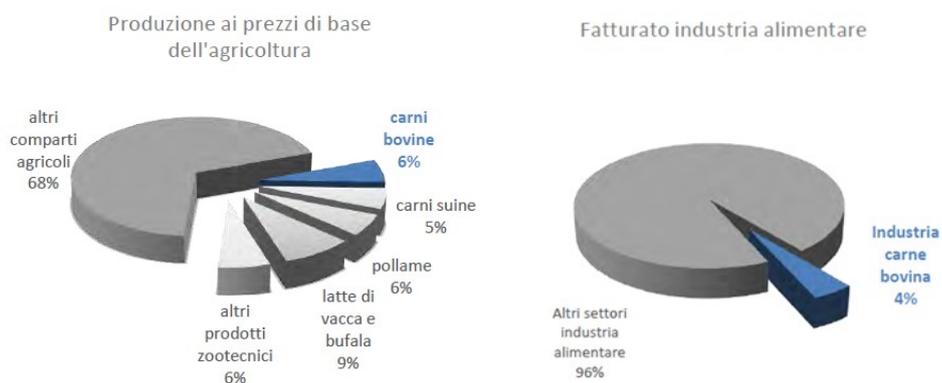
Il mercato mondiale, inoltre, risulta essere dominato da quattro grandi esportatori di carne bovina altamente competitivi in termini di costi (Australia, India, Brasile e Stati Uniti), rendendo essenziale riunire l'industria per attuare pratiche più efficienti, sfruttare la ricerca e riuscire a mantenere e sviluppare un'industria europea economicamente vitale e sostenibile (Smith et al., 2018).

### 1.3 La situazione italiana

Il comparto della carne bovina costituisce uno dei principali settori del sistema agroalimentare nazionale, incidendo per il 6,5% sul valore generato complessivamente dall'agricoltura (**Figura 4**) e quasi per il 20% dell'intera zootecnia.

Le carni bovine rappresentano il 4% del fatturato realizzato dall'intera industria alimentare nazionale, con un valore di 5,8 milioni di euro nel 2015 (**Figura 4**).

Il settore è tuttavia caratterizzato da una forte dipendenza dall'estero, poiché circa il 45% del fabbisogno nazionale è soddisfatto dalle importazioni di capi vivi e carni: l'import di animali vivi (prevalentemente costituito da capi destinati all'ingrasso) rappresenta circa il 42% delle spese complessive, mentre il restante 58% è costituito da carni e preparazioni (ISMEA, 2017).



**Figura 4** - La rilevanza della filiera della carne bovina nel sistema agroalimentare nazionale (ISMEA 2017)

Il settore presenta diverse criticità riconducibili, in primo luogo, alla struttura organizzativa e alla frammentarietà della filiera, sia nella fase di allevamento che nell'attività di macellazione. Se in

Francia, che è di fatto il principale fornitore di ristalli, l'80% degli allevatori è associato in cooperative o conferisce ad organizzazioni commerciali, in Italia l'aggregazione è ancora poco diffusa.

Possono essere individuati almeno quattro diversi sistemi aziendali di riferimento in funzione alle razze allevate, ai sistemi di alimentazione e alla localizzazione geografica.

La prima tipologia è rappresentata dalle aziende che allevano vitelli a carne bianca di razze da latte, ingrassati prevalentemente con polvere di latte (ma anche integrativi e surrogati di origine animale e vegetale) fino a un peso di circa 250 kg e a un'età di 6-7 mesi. La produzione avviene nelle zone dedite all'allevamento di vacche da latte, quindi essenzialmente in Lombardia e in Veneto.

La seconda tipologia può essere individuata nelle aziende che praticano sistemi intensivi, finalizzati all'allevamento di vitelloni in ambiente confinato alla Pianura Padana, distinto a sua volta in:

- vitellone leggero, alimentato con insilato di mais e concentrati, proveniente da incroci da carne, macellato a un'età di circa 14-16 mesi a 450-500 kg di peso;
- vitellone pesante, alimentato con insilato di mais e concentrati, a partire da razze francesi importate o da razze italiane, macellato a un'età massima di 20 mesi e a un peso tra i 600 e i 650 kg (Cozzi et al., 2009).

I vitelloni pesanti vengono importati prevalentemente da aziende francesi che mediante la linea vacca-vitello producono ristalli e raggiungono l'Italia con un peso compreso tra i 300 e i 450 Kg. Le razze principalmente allevate sono Charolais e Limousine: la prima viene generalmente macellata ad un peso corporeo elevato (oltre i 700 Kg) grazie al suo noto potenziale di crescita, all'efficienza alimentare e alla qualità della carcassa, mentre la seconda viene macellata ad un peso finale inferiore di circa 590 Kg. Entrambe le razze sono caratterizzate da elevate performance produttive che rispondono con successo all'alimentazione tipica della Pianura Padana, ovvero un programma di alimentazione standardizzato, al fine di promuovere un adeguato accrescimento giornaliero e una corretta funzionalità del ruminante (Magrin et al., 2019).

Di fondamentale importanza è la presenza di una robusta organizzazione commerciale che garantisce forniture costanti, sia dal punto di vista qualitativo che quantitativo: la raccolta dei capi e la selezione di partite omogenee per taglia, razza e sesso avviene generalmente ad opera di società di intermediazione commerciale, che fungono da collettore tra le numerose aziende agricole francesi e si occupano anche del trasporto fino ai centri di ingrasso italiani.

La terza tipologia di allevamento è finalizzata a soddisfare la richiesta da parte del mercato di carne di scottona, che deriva da una manza non ingravidata, ma sottoposta all'ingrasso per 3-4 mesi con le stesse tecniche dei vitelloni pesanti, fino a un'età di 20-22 mesi e un peso di 350-500 kg.

L'ultima categoria è ascrivibile al vitellone in allevamenti estensivi, realizzato in ambienti non confinati in Piemonte, nell'Appennino centro-meridionale e nelle isole, generalmente attraverso la

linea vacca-vitello. Si tratta, in genere, di animali appartenenti a razze da carne autoctone o incroci francesi, alimentati sia attraverso il pascolo che con mangimi concentrati, e avviati alla macellazione a un peso finale di circa 650 kg.

Tra i precedenti sistemi di allevamento, l'ingrasso intensivo di razze a maturazione tardiva è il sistema di produzione bovina predominante (Cozzi et al., 2009).

## 2. ODIERNE PROBLEMATICHE DEI BOVINI DA CARNE

### 2.1 Sistema di stabulazione

Lo spazio a disposizione e il tipo di pavimentazione sono due dei principali fattori che influenzano le prestazioni e il benessere degli animali: i sistemi di gestione che limitano fortemente il normale comportamento di specie sono associati a risposte comportamentali e fisiologiche indicative di stress acuto e cronico (Endres e Schwartzkopf-Genswein, 2018)

In molti paesi europei il sistema di stabulazione convenzionale per i bovini da carne è rappresentato da recinti collettivi con pavimentazione costituita da doghe in calcestruzzo, che richiedono una scarsa manodopera per la rimozione delle deiezioni rispetto ai pavimenti con lettiera di paglia (Keane et al., 2017). Generalmente, gli allevatori che adottano questo tipo di pavimentazione sfruttano il minimo spazio disponibile aumentando la densità di allevamento (Cozzi et al., 2013).

Lo spazio disponibile per ciascun bovino stabulato in gruppo dovrebbe essere calcolato in base all'ambiente complessivo, ai fabbisogni comportamentali, all'età, al sesso, al peso vivo, alla razza e alla condizione fisiologica, tenendo conto delle dimensioni complessive del gruppo. Tale spazio dovrebbe almeno consentire a tutti i bovini di sdraiarsi contemporaneamente, riposare e alzarsi normalmente, girarsi e camminare liberamente. I tori da ingrasso allevati in gruppo dovrebbero avere a disposizione uno spazio di almeno 2,5 m<sup>2</sup> per animale di 400 kg e ulteriori 0,5 m<sup>2</sup> ogni 100 kg di peso fino a 800 kg. Può essere necessario aumentare tali superfici in funzione del terreno per i capi allevati estensivamente e del tipo di pavimentazione per quelli allevati intensivamente (Bertocchi et al., 2018).

La pavimentazione, invece, deve fornire una superficie di calpestio sicura e confortevole: possono essere utilizzati sistemi con caratteristiche diverse in termini di ruvidità, abrasione, materiale di lettiera e facilità di pulizia, che influenzano lo sviluppo di tecnopatie, la produzione e la qualità dei prodotti animali.

Confrontando diversi tipi di pavimentazioni, in particolare pavimenti in cemento e pavimenti a doghe completamente rivestiti in gomma si evidenzia il fatto che il peso corporeo e l'accrescimento medio giornaliero degli animali sono significativamente maggiori per tori alloggiati su pavimenti gommati. Allo stesso modo si registrano maggiori eventi di monta e comportamenti tipici di specie per gli animali stabulati in pavimentazioni rivestite di gomma (Magrin et al., 2019). La monta è un comportamento sessuale che i tori da ingrasso mettono in atto per stabilire la gerarchia interna al box di stabulazione: questa e le altre interazioni sociali attive si riducono quando la superficie del pavimento non garantisce un'adeguata stabilità (Cozzi et al., 2013).

Il coefficiente di attrito della pavimentazione influenza la locomozione dei bovini: un pavimento di doghe in cemento risulta essere scivoloso rispetto ad un pavimento rivestito di gomma, determinando passi più corti e una velocità di movimento inferiore (Leskovec et al., 2022).

L'aspetto negativo della pavimentazione gommata è dovuto alla bassa abrasività che determina un eccessivo accrescimento degli unghioni, e il pareggio funzionale non è una pratica di routine per i bovini da carne a causa del breve ciclo di ingrasso.

## **2.2 Problemi respiratori**

La malattia respiratoria del bovino (BRD o *bovine respiratory disease*) è una malattia virale e batterica del tratto respiratorio che ha un notevole impatto sulla redditività dell'allevamento, per i costi diretti conseguenti alla perdita di produzione e per quelli indiretti dovuti a vaccinazioni, cure veterinarie e tempo di lavoro del personale (Wilson et al., 2017).

Tale sindrome deriva da una serie di fattori legati all'animale (ad esempio età, stato di salute, stato immunitario), all'ambiente in cui vive (variazione nell'alimentazione, temperatura e umidità) e alla presenza di agenti infettivi (come batteri, virus e micoplasmi) (Pierre Lekeux, 1995).

I fattori di rischio della BRD, dunque, comprendono un complesso insieme di cause che favoriscono la trasmissione dei patogeni e la suscettibilità dell'individuo. La fase di trasporto degli animali e i primi giorni di allevamento possono provocare un accumulo di eventi stressanti che aumentano notevolmente il rischio di BRD: la maggior parte della morbilità si verifica nei primi 21 giorni dopo l'arrivo nell'allevamento (Smith, 2020).

La selezione sempre più spinta, per migliorare le prestazioni, ha inoltre determinato delle particolarità anatomiche e fisiologiche, quali la ridotta dimensione polmonare rispetto alla massa corporea, che si traducono in un'attività respiratorio basale più alta, con conseguente maggior probabilità di inalare agenti infettivi ed allergenici (Barberio e Schiavon, 2021).

Il controllo delle malattie respiratorie dei bovini richiede un approccio finalizzato alla prevenzione e alla terapia mediante procedure di profilassi. Data la notevole incidenza di questa malattia è necessario adottare misure preventive in funzione al tipo di produzione, alle caratteristiche del singolo animale, all'ambiente e agli agenti patogeni coinvolti (Pierre Lekeux, 1995).

## **2.3 Condizione climatica**

I bovini sono animali omeotermi in grado di mantenere la temperatura corporea relativamente costante anche in condizioni di variazione climatica. La termoregolazione rappresenta l'equilibrio tra i meccanismi di produzione e perdita di calore che si verificano per mantenere una temperatura

corporea relativamente costante, dunque, i bovini da carne possono tollerare e adattarsi ad un ampio range di temperature (Renaudeau et al., 2011).

Gli animali, tuttavia, in condizioni di stress termico (caldo o freddo) mettono in atto una serie di risposte fisiologiche di adattamento con ripercussioni negative sull'ingestione di sostanza secca e sulle difese immunitarie, favorendo l'insorgenza di malattie (Bertocchi et al., 2018). Questi cambiamenti determinano una riduzione del tasso di crescita, della produzione e delle capacità riproduttive dell'animale (Endres e Schwartzkopf-Genswein, 2018).

I bovini si trovano in uno stato di comfort termico quando le condizioni climatiche sono tali da consentire loro di mantenere, senza un notevole sforzo fisico, un equilibrio tra la produzione di calore metabolico e la perdita di calore nell'ambiente, mediante conduzione, convezione, irraggiamento ed evaporazione. La temperatura dell'aria eccessivamente elevata riduce la perdita di calore sensibile per convezione e conduzione determinando una incapacità nel mantenere l'omeostasi da parte dei bovini causando una condizione di stress termico (EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW), 2012).

Al fine di valutare il rischio di stress da calore si calcola il THI o Temperature Humidity Index, ovvero una misurazione che analizza gli effetti combinati della temperatura ambientale e dell'umidità relativa.

Esistono diverse formule per calcolare il THI, ma una delle più semplici è la seguente:

$$\text{THI} = 0.8 * T + \text{RH} * (T - 14.4) + 46.4$$

Dove T è la temperatura dell'ambiente e RH è l'umidità relativa espressa come proporzione.

La classificazione utilizzata per stimare i differenti livelli di disagio prevede diverse classi di stress per il bestiame (**Figura 5**) e comporta una maggiore condizione di rischio per valori crescenti dell'indice:

- $\text{THI} \leq 72$  nullo
- $72 \leq \text{THI} < 78$  minimo
- $78 \leq \text{THI} < 84$  allerta
- $\text{THI} \geq 84$  emergenza

		Umidità relativa (%)																				
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
Temperatura (°C)	22	64	65	65	66	66	66	67	67	67	68	68	69	69	70	70	70	71	71	72	72	
	23	65	66	66	67	67	67	68	68	69	69	70	70	70	71	71	72	72	73	73	73	73
	24	66	67	67	68	68	68	69	69	70	70	71	71	72	72	73	73	74	74	75	75	75
	25	67	67	68	69	69	70	70	71	71	72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77
	26	68	68	69	70	70	71	71	72	72	73	74	74	75	75	76	76	77	77	78	78	79
	27	69	69	70	71	71	72	72	73	74	74	75	75	76	76	77	77	78	79	79	80	81
	28	69	70	71	72	72	73	74	74	75	76	76	77	78	78	79	80	80	81	82	82	82
	29	70	71	72	73	73	74	75	75	76	77	78	78	79	80	81	81	82	83	83	84	84
	30	71	72	73	74	74	75	76	77	77	78	79	80	81	81	82	83	84	84	85	85	86
	31	72	73	74	75	75	76	77	78	79	80	80	81	82	83	84	84	85	86	87	87	88
	32	73	74	75	76	76	77	78	79	80	81	82	83	83	84	85	86	87	88	89	90	90
	33	74	75	76	77	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	90	91	91
	34	75	76	77	78	79	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	92	93
	35	75	76	77	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	94	95
	36	76	77	78	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	94	95	96	97	97
	37	77	78	79	81	82	83	84	85	86	87	88	90	91	92	93	94	95	96	97	99	99
	38	78	79	80	82	83	84	85	86	87	89	90	91	92	93	95	96	97	98	99	100	100
	39	79	80	81	83	84	85	86	87	89	90	91	92	94	95	96	97	99	100	101	102	102
	40	80	81	82	84	85	86	87	89	90	91	92	94	95	96	98	99	100	101	103	104	104
	41	81	82	83	85	86	87	89	90	91	93	94	95	96	98	99	100	102	103	104	106	106
	42	81	83	84	86	87	88	90	91	92	94	95	97	98	99	101	102	103	105	106	108	108
43	82	84	85	87	88	89	91	92	94	95	97	98	99	101	102	104	105	107	108	109	109	
44	83	85	86	88	89	90	92	93	95	96	98	99	101	102	104	105	107	108	110	111	111	

**Figura 5 - Grafico indice THI**

La suscettibilità allo stress termico dei bovini da carne dipende principalmente dall'intensità, dalla durata della sfida termica e da fattori legati all'animale (razza, peso corporeo, fase di crescita, stato sanitario e nutrizionale) (Renaudeau et al., 2011).

L'adattamento dell'animale alla condizione di stress prevedere una riduzione del consumo di alimento al fine di ridurre la produzione di calore metabolico (compromettendo la capacità di crescita dell'animale) e una modificazione della respirazione per aumentare la perdita di calore mediante evapotraspirazione. Altri fattori che possono influenzare la tolleranza al caldo dei bovini sono il temperamento (gli animali più calmi sono più tolleranti) e precedenti malattie respiratorie (EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW), 2012).

Un'adeguata ventilazione, dunque, è cruciale per i bovini allevati all'interno di capannoni, soprattutto quando fa caldo o la densità è alta e può essere raggiunta sia con la ventilazione forzata sia con una buona circolazione naturale passiva dell'aria.

Un altro aspetto estremamente importante è rappresentato dai gas nocivi, che in elevate concentrazioni possono causare problematiche respiratorie.

I gas ritenuti maggiormente nocivi per la salute e il benessere degli animali in allevamento sono l'ammoniaca (NH<sub>3</sub>), l'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) e l'acido solfidrico (H<sub>2</sub>S) e sono numerosi i fattori gestionali o strutturali che possono influenzare il livello di questi gas (es. la taglia degli animali, la densità degli animali, la pavimentazione, la lettiera). Una gestione scorretta della lettiera e delle deiezioni, ad esempio, può portare ad un aumento del livello di emissioni di gas con peggioramento della qualità dell'aria. I reflui devono essere gestiti adeguatamente, ovvero rimossi frequentemente e stoccati in modo tale che i gas prodotti dalla loro fermentazione non possano venire a contatto con gli animali o restare nell'aria circolante negli edifici di allevamento. Anche la ventilazione gioca un ruolo fondamentale nel mantenimento di un buon livello di qualità dell'aria: un corretto ricambio di

aria previene l'aumento dei livelli di questi gas nocivi e favorisce anche la rimozione di polveri ed agenti patogeni.

Sono considerati accettabili tenori di ammoniaca inferiori a 20 ppm, tenori di anidride carbonica inferiori a 3.000 ppm e tenori di acido solfidrico inferiori a 0,5 ppm (Bertocchi et al., 2018).

## **2.4 Disordini metabolici-nutrizionali**

La dieta somministrata agli animali deve fornire energia sufficiente, nutrienti e fibra tali da rispettarne la fisiologia digestiva e metabolica. Per poter soddisfare le esigenze nutrizionali dei bovini da carne è indispensabile che l'alimentazione sia adeguata allo sviluppo corporeo, all'età e al peso dell'animale; pertanto, dovrà essere presente una razione specificatamente calcolata. (Bertocchi et al., 2018).

La corretta alimentazione degli animali è collegata inoltre, alla qualità degli alimenti che la compongono: devono essere di origine conosciuta e conservanti in ambienti idonei per evitare alterazioni e contaminazione con sostanze tossico-nocive.

Nel caso specifico di bovini da carne immessi nella fase di ingrasso è fondamentale adottare almeno due fasi alimentari al fine di garantire un corretto passaggio tra la precedente alimentazione e il nuovo regime alimentare. Durante il periodo di condizionamento, l'alimento dovrebbe essere somministrato *ad libitum* per garantire ad ogni bovino di alimentarsi secondo le sue esigenze durante le 24 ore della giornata, inserendo alimenti con una maggiore percentuale di fibra rispetto alle miscele utilizzate nel corso della fase di ingrasso (Bertocchi, 2017). La particolare attenzione posta durante questa fase di adattamento è dovuta al fatto che l'alimentazione può essere associata a disordini metabolici. I disturbi dell'apparato digerente rappresentano la seconda causa di mortalità e morbilità in allevamento, in particolare a causa dell'acidosi (Renaudeau et al., 2011). Questa si verifica quando vengono somministrate diete con un eccessivo contenuto di cereali altamente lavorati e bassi livelli di foraggio grezzo in brevi periodi di tempo che causano un aumento dell'acido lattico nel rumine e un abbassamento del pH (Endres e Schwartzkopf-Genswein, 2018). La gravità dell'acidosi, generalmente legata alla quantità, alla frequenza e alla durata della somministrazione dei cereali, varia da acuta a subacuta. Nel primo caso la sintomatologia si verifica in concomitanza con il consumo eccessivo di carboidrati facilmente fermentescibili che aumentano la produzione di acido lattico nel rumine e la concentrazione degli acidi grassi volatili. L'effetto principale è rappresentato da una rapida diminuzione del pH ruminale a 5,2 (da valori standard di 6,2-7) con successiva acidosi sistemica, laminite, stati ruminale ed ipercheratosi. Nel secondo caso, invece, l'animale non dimostra segni di malattia ma riduce il consumo di alimento e il pH ruminale diminuisce a 5,6 (Galyean e Rivera, 2003).

Al fine di evitare questo tipo di problematica è necessario somministrare giornalmente agli animali una sufficiente quantità di fibra lunga per garantire una corretta funzionalità ruminale ed evitare il rischio di acidosi, inoltre, la percentuale di concentrati non deve superare il 70% della sostanza secca della razione (Bertocchi, 2017).

## 2.5 Trasporto

Nel corso della loro vita gli animali possono essere trasferiti da una azienda all'altra per allevamento o ingrasso, oppure condotti agli impianti di macellazione per essere macellati. Nella maggior parte dei casi, rimangono nello stesso Stato, ma potrebbero anche viaggiare verso un altro Stato membro o verso un altro Stato non UE (Corte dei Conti Europea, 2023).

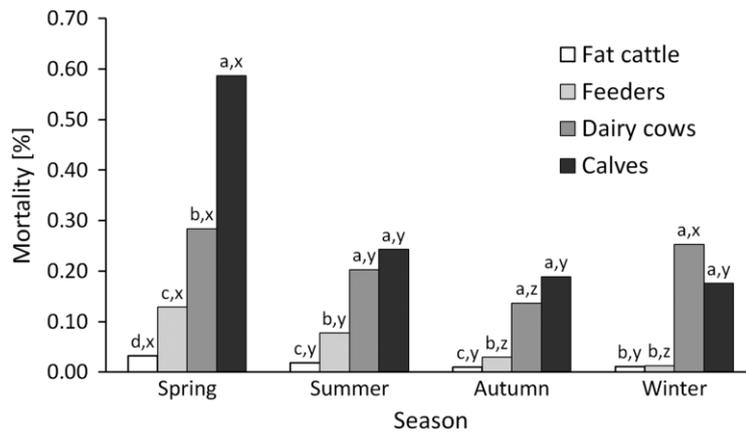
Il trasporto di bovini da carne in Europa, come il trasporto di bestiame in altre regioni, è soggetto a varie normative e pratiche volte a garantire il benessere degli animali, nonché la sicurezza della catena di approvvigionamento alimentare: il regolamento principale dell'UE che disciplina il trasporto di animali, compresi i bovini da carne, è il Regolamento (CE) n. 1/2005 del Consiglio.

Il trasporto rappresenta un fattore di stress che provoca una perturbazione dell'omeostasi dell'animale tale da aumentarne l'esposizione agli agenti patogeni e alle malattie (Bršćić et al., 2018).

Durante il trasporto, l'animale modifica la sua risposta fisiologica aumentando la temperatura corporea, la frequenza cardiaca e respiratoria, ma anche incrementando le concentrazioni di glucosio, cortisolo e NEFA nel sangue a seguito dell'attivazione dell'asse ipotalamo-ipofisi-surrene (Swanson e Morrow-Tesch, 2001).

La densità durante il trasporto rappresenta un fattore importante da considerare: densità minori migliorano lo stato di benessere degli animali, poiché permettono di mantenere comportamenti attivi ed interazioni sociali. Nel caso in cui siano presenti bovini con le corna lo spazio deve essere aumentato di almeno 5-7%, ma solo con un surplus del 10% si ottengono delle condizioni di benessere ottimali (EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW), 2011).

Un ulteriore aspetto da considerare è la temperatura ambientale, che influisce sulle condizioni del microclima interno al rimorchio. Il tasso di mortalità risulta essere più alto durante i mesi primaverili, questo perché gli animali hanno maggiori problemi respiratori e una riduzione delle difese immunitarie (Simova et al., 2017). Nella **Figura 6** sono riportati i tassi di mortalità per diverse categorie di bovini durante le stagioni: tutte le categorie hanno dimostrato una mortalità maggiore durante i mesi primaverili rispetto a quelli invernali ed estivi.



**Figura 6** - Mortalità legata al trasporto di singoli bovini in relazione alla stagione dell'anno nel periodo dal 2009 al 2014 (Simova et al., 2017)

In generale, quindi, non è la durata del trasporto in sé a determinare una riduzione del benessere degli animali ma l'insieme degli aspetti negativi ad esso associati, come le variazioni di temperatura, le condizioni alimentari, la densità degli animali e la loro manipolazione al carico e allo scarico. È necessario, dunque, prestare un'attenzione adeguata al benessere degli animali durante il trasporto monitorandone le condizioni di salute, anche per le brevi distanze, riducendo al minimo lo stress (Simova et al., 2017).

### 3. PROTOCOLI DI VALUTAZIONE DEL BENESSERE DEL BOVINO DA CARNE

Il mancato rispetto del benessere degli animali porta spesso ad una compromissione della loro salute, determinando una maggiore suscettibilità alle malattie con conseguenti perdite produttive ed economiche. Il benessere animale è quindi intrinsecamente legato alla salute pubblica, alla sicurezza alimentare e allo sviluppo economico (Vapnek and Chapman, 2010).

La definizione di benessere animale è complessa perché riguarda un gran numero di aspetti che devono essere presi in considerazione. Ad esempio, Hughes (1976) lo ha definito come uno stato di completa salute fisica e mentale, in cui l'animale è in armonia con il suo ambiente, mentre Fraser (2003) ha riconosciuto tre contesti concettuali per la valutazione del benessere degli animali: funzionamento biologico, stato affettivo e vita naturale. Per questo motivo, considerare solo parametri produttivi non garantiscono buoni livelli di benessere animale ma, allo stesso tempo, un'insufficiente performance produttiva evidenzia problemi che sono probabilmente legati al benessere stesso (Mariottini et al., 2022).

Ad oggi, possiamo definire il benessere come un elenco di esigenze o libertà che dovrebbero essere fornite all'animale e che devono rispettare le Cinque Libertà enunciate nel 1965 all'interno del Brambell report (**Tabella 1**). Secondo queste libertà, la garanzia del benessere animale può essere raggiunta solo attraverso pratiche di produzione adeguate, specifiche non solo per la specie animale, ma anche per i sistemi di produzione e allevamento, le condizioni climatiche, i metodi di stabulazione e l'alimentazione (Ostojic-Andric et al., 2015).

**Tabella 1** - Cinque Libertà

1. Libertà dalla fame e dalla sete	Accesso all'acqua dolce e all'alimentazione per mantenere la piena salute e il vigore
2. Libertà dai disagi ambientali	Offerta di un ambiente appropriato che comprenda un riparo e un'area di riposo confortevole
3. Libertà dalle malattie e dalle ferite	Prevenzione o diagnosi e trattamento rapidi
4. Libertà di esprimere un comportamento normale	Fornitura di spazio sufficiente, strutture adeguate e compagnia di animali della sua stessa specie
5. Libertà dalla paura e dall'angoscia	Garantire condizioni e gestione che prevengano la sofferenza mentale

Le Cinque Libertà sono state ampiamente accettate come dichiarazione dei principi fondamentali del benessere animale. Sebbene non forniscano una guida dettagliata sul trattamento e la cura degli animali, servono come utile quadro di riferimento per valutare se le esigenze di benessere di base sono soddisfatte negli allevamenti, durante il trasporto e durante la macellazione.

Come complemento alle Cinque Libertà, sono stati identificati 12 criteri per la valutazione del benessere dal Welfare Quality Project (WQP), una partnership di ricerca di scienziati provenienti da Europa e America Latina finanziata dalla Commissione Europea. Il WQP mira a sviluppare un sistema standardizzato per la valutazione del benessere animale e più in generale a sviluppare strategie e misure pratiche per migliorarlo. Rispetto alle Cinque Libertà, i criteri del WQP sono più concreti e specifici e possono quindi essere più facilmente misurati nella pratica (Vapnek e Chapman, 2010).

Gli animali differiscono per genetica, temperamento ed esperienze, quindi possono vivere lo stesso ambiente in modi diversi: per tale motivo, il nuovo metodo sviluppato nell'ambito del Welfare Quality Project per la valutazione del benessere dei bovini da carne utilizza le misure riportate nella **Tabella 2** relative ad aspetti produttivi, fisiologici, comportamentali e sanitari.

**Tabella 2** - Raccolta di dati per i bovini da ingrasso in azienda (Vapnek e Chapman, 2010)

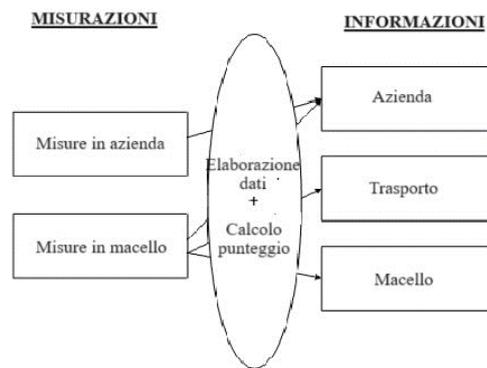
<b>Principi</b>	<b>Criteri</b>		<b>Misure</b>
Buona alimentazione	1	Assenza di fame prolungata	Body condition score
	2	Assenza di sete prolungata	Fornitura di acqua, pulizia dei punti d'acqua, numero di animali che utilizzano i punti d'acqua
Buona stabulazione	3	Confort durante il riposo	Tempo necessario per sdraiarsi, pulizia del animali
	4	Confort termico	Per ora, non è stata sviluppata alcuna misura
	5	Facilità di movimento	Caratteristiche del recinto in base al peso vivo, accesso all'area di ozio all'aperto o al pascolo
Buona salute	6	Assenza di lesioni	Zoppia

	7	Assenza di malattie	Tosse, scolo nasale, scolo oculare, respirazione ostacolata, diarrea, gonfiore del rumine, mortalità
	8	Assenza di dolore indotto dalle procedure di gestione	Decornazione, taglio della coda, castrazione
Comportamento adeguato	9	Espressione di comportamenti sociali	Comportamenti agonistici, comportamenti coesivi
	10	Espressione di altri comportamenti	Accesso al pascolo
	11	Buon rapporto uomo-animale	Interazione uomo-animale
	12	Stato emotivo positivo	Valutazione qualitativa del comportamento

Il progetto Welfare Quality si propone, dunque, di sviluppare strumenti basati su dati scientifici per valutare il benessere degli animali: i dati acquisiti forniscono un feedback ai responsabili delle unità animali sullo stato di benessere e si traducono in informazioni accessibili e comprensibili per i consumatori e altri soggetti. Welfare Quality genera anche conoscenze su strategie pratiche per migliorare il benessere degli animali in azienda e al momento della macellazione

La valutazione avviene essenzialmente su misure basate sull'animale definite “*Animal Based Measures*” come salute e comportamento, poiché le misure basate sulle risorse (come la densità di allevamento o la stabulazione) e le misure basate sulla gestione (ad esempio i piani sanitari) sono degli indicatori dubbi di benessere animale.

La raccolta di tali misure avviene in allevamento o in macello e in seguito vengono convertite in informazioni sintetiche sullo stato di benessere generale (**Figura 7**); successivamente vengono rese disponibili anche ai consumatori, ai consulenti e ai rivenditori dell'industria della carne bovina (Ostojic-Andric et al., 2015).



**Figura 7-** Dalle misure alle informazioni (Ostojic-Andric et al.,2015)

I protocolli di specie contengono tutte le misure rilevanti per la specie e la spiegazione di quali dati devono essere raccolti e in che modo, ma anche misure riguardanti animali in diversi stadi fisiologici e/o in diversi sistemi di stabulazione.

Le misure produttive hanno una certa utilità per analizzare il benessere, in particolare morbilità e mortalità, distinguendo tra malattie cliniche e sub-cliniche, acute e croniche. Uno stato di malessere può essere misurato osservando il comportamento dell'animale, ad esempio la perdita di appetito e la conseguente perdita di peso corporeo, oppure la postura anormale, l'attività motoria ridotta e la riduzione della reattività.

Anche le misure fisiologiche rappresentano degli utili strumenti, in particolare la misurazione neuro-endocrina: il rilascio di adrenalina nel sangue indica che l'animale percepisce un problema che lo porta a adattarsi ad eventi stressanti. La corteccia ipotalamo-ipofisi-surrene e i sistemi simpatici sono coinvolti nella maggior parte delle risposte. Per analizzare questi meccanismi si studiano i loro effetti sui tessuti bersaglio, in particolare sull'attività cardiaca e sui processi metabolici, ad esempio mediante l'analisi delle urine.

Un ulteriore strumento che ci consente di valutare non solo l'impatto negativo dei vincoli imposti in allevamento, ma anche gli effetti positivi delle caratteristiche ambientali, è il comportamento.

Alcuni bovini presentano anomalie comportamentali quando uno stimolo stressante minaccia l'omeostasi metabolica determinando comportamenti stereotipati o aggressivi (Scientific Committee on Animal Health and Animal Welfare, 2011).

Non esiste una misura gold standard per la valutazione del benessere animale complessivo e la classificazione avviene in categorie illustrate da immagini o video (Welfare Quality, 2009).

Il benessere dei bovini può essere valutato in modo scientifico utilizzando una combinazione di metodi, che includono misurazioni della salute, della fisiologia, delle prestazioni e del comportamento, nonché test di preferenza, test di avversione, misure della motivazione e delle

anomalie comportamentali. Un buon benessere non si riferisce solo alla salute degli animali, ma anche alla capacità di gestire le interazioni con l'ambiente (Scientific Committee on Animal Health and Animal Welfare, 2011).

Dal punto di vista medico-scientifico, la “diagnosi del livello di benessere” di un animale allevato deve necessariamente basarsi sull’analisi di molti fattori connessi con le condizioni di vita dell’animale, il rispetto dei suoi fabbisogni e la sua capacità di adattamento all’ambiente. Tutte queste condizioni devono essere registrate e valutate attraverso specifici indicatori e i risultati devono essere analizzati attraverso un metodo il più possibile obiettivo e scientifico. In definitiva, la valutazione del benessere animale è un difficile esercizio di astrazione dal consueto e quotidiano approccio sanitario, zootecnico o affettivo che ogni persona può mettere in atto quando a vario titolo si relaziona con gli animali da reddito (Bertocchi et al., 2018).

## 4. CONSUMO D'ACQUA E COMPORTAMENTO DI ABBEVERATA DEL BOVINO DA CARNE

### 4.1 Fabbisogno idrico dei bovini

L'acqua costituisce circa il 98% di tutte le molecole del corpo e rappresenta quindi una componente importante per l'animale (National Academy Press, 2000).

Le sue proprietà fisiche la rendono fondamentale in numerose funzioni metaboliche dell'organismo, quali la circolazione delle molecole, tra cui nutrienti, ormoni e minerali ma anche l'eliminazione delle sostanze tossiche.

Il fabbisogno idrico dei bovini da carne è definito come la quantità di acqua necessaria per svolgere tutti i processi metabolici, digestivi e fisiologici ed è soddisfatto da tre fonti principali: l'acqua potabile, l'acqua introdotta mediante il consumo di mangimi e l'acqua metabolica, prodotta dalle reazioni chimiche nell'organismo durante la digestione e il metabolismo dei nutrienti (Wagner e Engle, 2021). I bovini consumano proporzionalmente più acqua per unità di peso corporeo rispetto ai monogastrici perché il corretto funzionamento del rumine dipende da una notevole quantità di acqua. Il consumo di acqua può essere influenzato dalle dimensioni dell'animale, dalla fase di produzione, dalla genetica, dall'attività motoria, dall'assunzione giornaliera di mangime e dalla composizione del mangime stesso. Anche le condizioni ambientali, come la temperatura, l'umidità, le precipitazioni, il vento e la radiazione solare, influiscono sulla quantità di acqua richiesta dalla mandria. Generalmente i bovini da carne consumano 0,06-0,20 L/kg, ossia 15-300 L per capo al giorno.<sup>2</sup>

Al fine di valutare l'assunzione di acqua da parte dei bovini da carne sono state sviluppate, negli Stati Uniti, numerose equazioni di previsione: i dati sono stati raccolti in stagioni diverse e gli autori hanno esaminato l'impatto di un numero elevato di variabili predittive. In particolare, i bovini da carne considerati per i seguenti studi venivano allevati nei cosiddetti *feedlots*: tali condizioni di allevamento non rispecchiano i nostri attuali sistemi intensivi, rendendo difficile il paragone e l'analisi.

La prima equazione per la previsione del WI (*water intake*) fu sviluppata nel 1956 da Winchester e Morris e si basava sul DMI (*dry matter intake*) entro determinati intervalli di temperatura. Hanno creato una tabella che associa il consumo giornaliero previsto di acqua in galloni per le categorie di individui sulla base del peso corporeo, del consumo di sostanza secca e della temperatura ambientale.

Equazione 1:  $WI (L/d) = -6,0716 + 0,70866*MT + 2,432*DMI - 3,87*PP - 4,437*DS$

---

<sup>2</sup> Source: <https://www.msdsvetmanual.com/management-and-nutrition/nutrition-beef-cattle/nutrient-requirements-of-beef-cattle>

L'equazione 1 è un adattamento dell'equazione sviluppata da Hicks et al. (1988): è stata sviluppata utilizzando i dati di WI medio raccolti da 47 bovini di un anno. WI rappresenta l'assunzione di acqua (L/d), MT (*maximum daily temperature*) è la temperatura massima (°C), DMI (*dry matter intake*) è l'assunzione di sostanza secca (kg/d), PP (*daily precipitation*) rappresenta le precipitazioni (cm) e DS è il sale nella dieta (%). In questa equazione la temperatura massima giornaliera e il DMI sono correlati positivamente con il WI, mentre le precipitazioni giornaliere e la percentuale di sale nella dieta sono correlate negativamente (Hicks et al., 1988).

Equazione 2a  $WI (L/d) = 5,92 + 1,03*DMI + 0,04*SR + 0,45*TMIN$

Equazione 2b  $WI (L/d) = -7,31 + 1,00*DMI + 0,04*SR + 0,30*THI$

Le equazioni 2a e 2b sono state sviluppate da Arias e Mader (2011) per distinguere la previsione estiva da quella invernale utilizzando i dati di assunzione d'acqua raccolti da 1.278 bovini da carne da finissaggio. La radiazione solare totale giornaliera (W/m<sup>2</sup>) è SR, TMIN è la temperatura ambientale minima giornaliera (°C) e THI è l'indice di temperatura-umidità. L'assunzione di sostanza secca, la radiazione solare e la temperatura minima predicono in maniera ottimale il consumo di acqua per il modello estivo, mentre per il modello invernale si aggiungono anche la velocità del vento, l'umidità relativa e le precipitazioni (Arias e Mader, 2011).

Poco dopo, Sexson et al. (2012) hanno sviluppato un'equazione per prevedere il WI medio giornaliero di manzi in accrescimento utilizzando l'assunzione di acqua dal recinto (n = 8.209) raccolta in 4 anni. Sexson et al. (2012) hanno utilizzato più variabili meteorologiche nella loro equazione di previsione e l'equazione risultante ha spiegato una maggiore variazione rispetto ai modelli estivi e invernali sviluppati da Arias e Mader (Sexson et al., 2012).

L'assunzione di sostanza secca e il peso corporeo sono due variabili che influenzano l'assunzione di acqua giornaliera: durante l'inverno, i bovini tendono ad avere un DMI più elevato e un WI giornaliero ridotto mentre durante l'estate tende a verificarsi il contrario. Anche il peso corporeo e il peso corporeo metabolico sono importanti predittori della WI: per i bovini che hanno un peso corporeo inferiore a 500 kg, il consumo di acqua aumenta da 22 a 38 litri per animale al giorno con l'aumentare del peso corporeo. I bovini che pesano più di 500 kg, invece, presentano una diminuzione della WI all'aumentare del peso corporeo, dovuto al fatto che all'aumentare della proporzione di grasso, diminuisce la proporzione di proteine e acqua. <sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Source: book "Nutrient Requirements of Beef Cattle"

[https://books.google.it/books?hl=it&lr=&id=EgWw2Kd9mb4C&oi=fnd&pg=PT16&dq=NRC.+2000.+Nutrient+Requirements+of+Beef+Cattle.+7th+rev.+ed.+Natl.+Acad.+Press.+Washington,+DC&ots=pQJUMpaVrh&sig=UCuEs1p5CB00G-UuvDjrumZv5HA&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.it/books?hl=it&lr=&id=EgWw2Kd9mb4C&oi=fnd&pg=PT16&dq=NRC.+2000.+Nutrient+Requirements+of+Beef+Cattle.+7th+rev.+ed.+Natl.+Acad.+Press.+Washington,+DC&ots=pQJUMpaVrh&sig=UCuEs1p5CB00G-UuvDjrumZv5HA&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)

$$\text{Equazione 3 WI (L/d)} = 7,3 + 0,0805*SBW - 0,00008*SBW^2 - 1,225*CETI + 0,0411*CETI^2 + 0,0023268*SBW*CETI$$

$$\text{Equazione 4 WI (L/d)} = 6,336 + 0,1057*SBW - 0,0000963*SBW^2 - 1,6*CETI + 0,056*CETI^2 + 0,00226*SBW*CETI$$

Le equazioni 3 e 4 sono state riportate in NASEM (2016) e sono state sviluppate utilizzando i dati di *water intake* riportati in Winchester e Morris (1956), che includono la quota di acqua assunta mediante l'alimentazione. L'equazione 3 viene utilizzata per predire l'assunzione di acqua in bovini giovani, mentre la numero 4 permette di predire l'assunzione nei bovini durante la fase di finissaggio. SBW (kg) rappresenta il peso corporeo ridotto mentre CETI è l'indice di temperatura effettiva attuale (°C) calcolato come:

$$CETI = 27,88 - (0,456*T_c) + (0,010754*T_c^2) - (0,4905*RH_c) + (0,00088*RH_c^2) + (1,1507*(WS/3,6)) - (0,126447*(WS/3,6)^2) + (0,019867*T_c*RH_c) - (0,046313*T_c*(WS/3,6)) + (0,41267*HRS)$$

dove  $T_c$  è la temperatura attuale (°C),  $RH_c$  è l'umidità relativa attuale (%),  $WS$  è la velocità del vento (km/h) ed  $HRS$  sono le ore di luce solare. Le equazioni 3 e 4 sono le uniche equazioni che tengono conto dell'acqua assunta con l'alimentazione (Winchester and Morris, 1956).

$$\text{Equazione 5 WI (L/d)} = -4,18 + 2,00*DMI + 0,22*MWTS + 0,57*TAVG - 0,15*HAVG - 0,16*WSPD + 0,14*SRAD$$

$$\text{Equazione 6 WI (L/d)} = -4,24 + 1,76*DMI + 0,22*MWTS + 0,26*TAVG - 0,09*HAVG - 0,06*WSPD + 0,13*SRAD$$

$$\text{Equazione 7 WI (L/d)} = 0,71 + 2,63*DMI - 0,009*MWTS + 0,76*TAVG - 0,06*HAVG - 0,11*WSPD + 0,23*SRAD$$

Le equazioni 5, 6, e 7 sono state sviluppate da Ahlberg et al. (2018a) utilizzando i dati di assunzione d'acqua di 579 manzi su base individuale. L'equazione 5 è stata sviluppata utilizzando i dati di manzi durante la fase di crescita alimentati con un regime *ad libitum* e stabulati in cuccetta durante il periodo estivo ed invernale, mentre l'equazione 6 è stata sviluppata per i manzi in crescita con le medesime strategie di gestione ma solo durante l'inverno. Infine, l'equazione 7 è stata sviluppata per manzi durante la fase di crescita gestendo solo l'alimentazione durante entrambe le stagioni.

In queste equazioni, WI è l'assunzione giornaliera di acqua (L/d), DMI è l'assunzione di sostanza secca (kg/d), MWTS è il peso corporeo medio metabolico (kg), TMI è il peso corporeo medio metabolizzato (kg), TAVG è la temperatura media giornaliera (°C), HAVG è l'umidità relativa media

giornaliera (%), WSPD è la velocità media giornaliera del vento (km/h) e SRAD è la radiazione solare media giornaliera (MJ/m<sup>2</sup>) (Ahlberg et al., 2018).

Gli studi condotti sul consumo di acqua nei bovini da carne sono limitati: misurare l'assunzione individuale di acqua durante la stabulazione in gruppo contribuirebbe a una maggiore comprensione della WI e del suo effetto sulle prestazioni e sull'efficienza.

Come riportato, sono numerose le variabili ambientali e animali che influenzano in modo significativo l'assunzione di acqua dei bovini, pertanto, potrebbe essere difficile sviluppare un'unica equazione che preveda il WI per tutti gli scenari produttivi. Sono necessarie ricerche più approfondite per valutare la precisione e l'accuratezza delle attuali equazioni per prevedere il consumo di acqua dei manzi in accrescimento e in fase di finissaggio, inoltre, non sono state sviluppate equazioni basate su dati di *water intake* individuali. Le equazioni attuali, inoltre, includono in genere l'assunzione di sostanza secca e la radiazione solare totale giornaliera come variabili predittive, ma queste variabili non sono sempre prontamente disponibili per i produttori. Sono necessarie ulteriori ricerche per valutare l'impatto dell'eliminazione del DMI, del SR o di entrambi dai dati di previsione della WI dei bovini in finissaggio (Meador, 2019).

## **4.2 Metodi e strumenti di misurazione**

La produzione di bestiame da carne genera impatti positivi e negativi a livello ambientale, economico e sociale, che devono essere misurati accuratamente per sostenere le migliori pratiche, le politiche e le normative che migliorano l'efficienza dell'uso dell'acqua e la conservazione dell'acqua in quantità e qualità. L'installazione di apparecchiature per misurare il consumo di acqua potabile da parte degli animali è obbligatoria per identificare i motivi dell'uso improprio, proporre azioni correttive, monitorare queste azioni e apportare le modifiche necessarie (Palhares et al., 2021).

La relazione tra la disponibilità di acqua e la frequenza di abbeverata dei bovini da carne risulta essere importante poiché l'assunzione di acqua è correlata positivamente al numero di eventi di abbeveraggio e al tempo trascorso a bere (Williams et al., 2020).

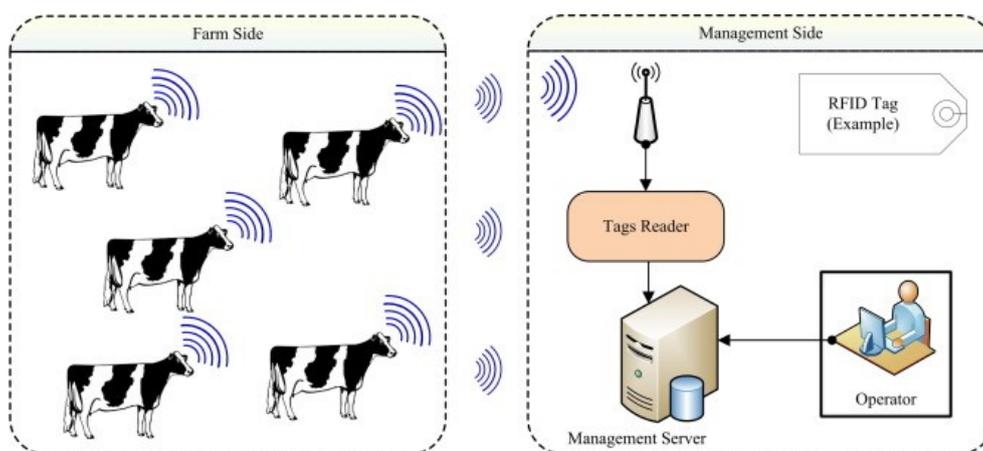
Queste misure comportamentali possono essere misurate utilizzando delle tecnologie digitali che consentono di ridurre la manodopera: tali tecnologie permettono agli allevatori di monitorare e gestire gli animali in maniera più efficiente, con un minore impatto ambientale e un migliore benessere animale.

Gli sviluppi degli ultimi decenni hanno portato a diverse applicazioni digitali nel settore zootecnico: i sensori registrano più o meno continuamente, circa 24 ore su 24, e le informazioni acquisite possono essere molto più dettagliate rispetto ad una singola ispezione manuale, tuttavia, sebbene i sensori

forniscano delle informazioni oggettive sulle condizioni dell'animale è spesso necessario il giudizio umano per interpretare i dati.

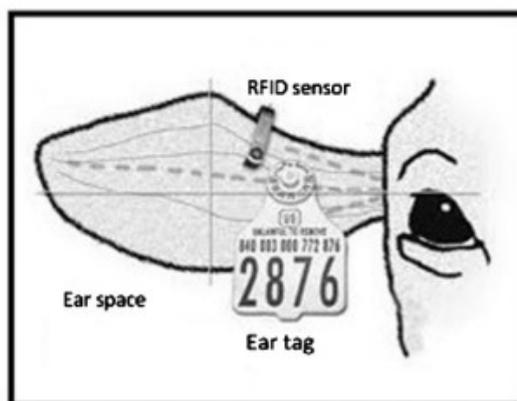
L'utilizzo delle tecnologie nella produzione zootecnica, chiamato *Precision Livestock Farming* è un fenomeno relativamente nuovo ed è definito come un sistema di gestione che offre un monitoraggio e un controllo continuo ed automatico del comportamento degli animali, della salute e del benessere (Herlin et al., 2021).

Per valutare il consumo di acqua da parte dei bovini da carne possono essere impiegati dei sensori che si distinguono in sensori stazionari e sensori di tracciamento (o attaccati all'animale). I primi sono delle unità fisse che vengono posizionate nell'ambiente, come telecamere remote e lettori di identificazione a radiofrequenza (RFID) che forniscono dati individuali dell'animale, come l'ora della visita, l'assunzione di acqua e il tasso di abbeveraggio. Un semplice sistema RFID a bassa frequenza è composto da un lettore, da un transponder (tag) e da un software che converte i dati presenti sul tag in utili informazioni (**Figura 8**).



**Figura 8** - La figura illustra i tag RFID in un'azienda agricola, un lettore di tag e la posizione del server di gestione. Il lettore di tag può essere portatile o fisso (Ismail, 04/2016)

I secondi, invece, sono dei piccoli dispositivi che vengono fissati agli animali (**Figura 9**) e che possono continuamente monitorare il loro comportamento come marche auricolari o collari.



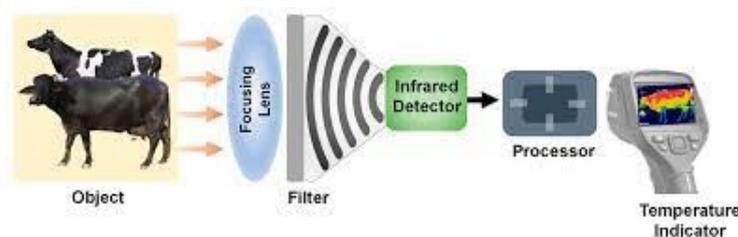
*Figura 9 - Etichetta auricolare con sensore di identificazione a radiofrequenza (RFID)*

Informazioni comportamentali, come l'ora del giorno e la frequenza con cui i bovini visitano gli abbeveratoi possono essere calcolate dai dati RFID e consentono di identificare le differenze nel comportamento in funzione al clima e alla disponibilità dell'acqua. Talvolta può verificarsi la mancata lettura di un marchio auricolare RFID da parte dell'antenna, in particolare quando un animale passa davanti l'antenna con il marchio auricolare al di fuori del raggio di lettura dell'antenna o con una velocità eccessiva (Williams et al., 2020).

Esistono anche altri tipi di apparecchiature che possono essere installate in un'azienda agricola per misurare il consumo di acqua da parte della mandria. I più semplici sono i contatori d'acqua, che risultano essere facili da monitorare da parte dell'operatore, possono essere acquistati sul mercato locale e i costi di acquisizione, installazione e manutenzione sono bassi. Questi impianti rappresentano degli svantaggi, dati dal fatto che il risultato rappresenta il consumo medio giornaliero degli animali e richiedono manodopera per il monitoraggio. D'altro canto, esistono apparecchiature elettroniche, come quelle precedentemente citate, che misurano il consumo giornaliero individuale degli animali, oltre a produrre indicatori di comportamento come la frequenza delle visite all'abbeveratoio e il tempo trascorso in ogni visita. Questi risultati sono disponibili online, consentendo all'operatore di intervenire in tempo reale, ma tutta questa tecnologia ha un costo elevato di acquisizione e manutenzione, dipende dalla disponibilità di energia dell'allevamento ed è offerta da pochi produttori. Nello studio condotto da Pahlares et al. nel 2021 con l'obiettivo di confrontare il consumo di acqua potabile da parte dei bovini da carne raccolto elettronicamente rispetto a quello derivante dall'osservazione diretta da parte dell'uomo attraverso i contatori dell'acqua risulta che il sistema elettronico ha fornito delle misure di assunzione di acqua simili a quelle registrate dall'osservazione diretta. I risultati, quindi, hanno indicato che i contatori d'acqua possono avere le stesse prestazioni dell'alta tecnologia a un costo molto più basso, con una minore richiesta di energia

e di formazione dei lavoratori. L'utilizzo di sistemi individuali per la misurazione dei parametri zootecnici è però un aspetto importante dell'allevamento di precisione, inoltre, queste tecnologie presentano diversi vantaggi, come l'enorme quantità di informazioni fornite per il processo decisionale e la bassa intensità di lavoro. Uno dei principali svantaggi è il costo elevato della tecnologia, che ne impedisce l'acquisizione da parte dei piccoli e medi allevatori, che però dovrebbero anche apprezzare un uso efficiente dell'acqua, per obbligo di legge o per richiesta della società. Se un sistema più semplificato per misurare il consumo di acqua ha le stesse prestazioni di un sistema automatizzato, questo giustificherebbe il suo utilizzo con vantaggi ambientali ed economici (Palhares et al., 2021).

Al fine di valutare il consumo di acqua in funzione della temperatura esterna può risultare utile l'utilizzo di termocamere che misurano la quantità di radiazione infrarossa emessa dalla superficie corporea dell'animale (**Figura 10**). Questi sistemi possono avere delle difficoltà a fornire dati accurati se la differenza di temperatura tra l'animale e l'ambiente circostante non è sufficientemente grande, inoltre, la radiazione emessa dagli animali non è direttamente correlata alla temperatura corporea effettiva dell'animale, in quanto il calore riflesso dipende, tra l'altro, dagli effetti isolanti di pelle, pelliccia ed altro (Herlin et al., 2021).



**Figura 10** - Schema illustrativo del principio di funzionamento di una telecamera termografica a infrarossi

Oggi esistono anche tecnologie che consentono di monitorare l'assunzione individuale in contesti di gestione tradizionali. I sistemi elettronici di assunzione di mangime e acqua, come il sistema di assunzione dell'acqua GrowSafe (**Figura 11**) e il sistema Insentec, consentono di raccogliere dati in modo continuo senza sottoporre l'animale a una stabulazione individuale o senza richiedere un apporto intensivo di manodopera. In particolare, il sistema elettronico Insentec Roughage Intake Control (RIC) è stato convalidato da Chapinal et al. (2007) utilizzando osservazioni dirette e dati video time-lapse di assunzione di mangime e acqua *ad libitum* per confermare l'identificazione della vacca, la presenza all'abbeveratoio e i valori di assunzione per visita rispetto ai dati registrati dal sistema. Il sistema Insentec si è rivelato uno strumento utile per monitorare l'assunzione individuale

di bovini alloggiati in gruppo, grazie alla forte correlazione tra le osservazioni dirette e i dati automatizzati (Chapinal et al., 2007).



*Figura 11 - Sistema di rilevazione dell'assunzione d'acqua [GrowSafe](#)*

Si tratta, dunque, di strumenti utili per la raccolta dei dati dei bovini stabulati in gruppo: i sistemi elettronici forniscono assunzioni precise e personalizzate che consentono lo studio dell'assunzione di mangime e acqua e dei comportamenti associati.

## **5. FATTORI CHE INFLUENZANO IL CONSUMO D'ACQUA E CONSEGUENZE SULLO STATO DI SALUTE DEL BOVINO**

### **5.1 Qualità e disponibilità dell'acqua**

Comprendere come la qualità dell'acqua disponibile per l'abbeveraggio possa influire sul consumo di acqua e sull'efficienza della produzione zootecnica è fondamentale per le imprese attuali e future, oltre che per la sicurezza dell'approvvigionamento alimentare (Moehlenpah et al., 2021).

L'acqua è necessaria per la regolazione della temperatura corporea e per la digestione, l'assorbimento e l'utilizzo di tutti gli altri nutrienti, svolgendo un ruolo essenziale in tutti i processi vitali. I bovini da carne hanno bisogno di un accesso regolare all'acqua potabile e pulita per godere di una salute ottimale: la ricerca ha dimostrato una relazione positiva tra l'accesso all'acqua potabile e i fattori di performance. Gli animali che bevono acqua pulita e priva di contaminanti sono generalmente meno inclini a malattie ed hanno un ottimale aumento di peso. I produttori devono monitorare sia la quantità che la qualità dell'acqua che viene fornita agli animali ed introdurre le migliori pratiche agricole di gestione per migliorarne le prestazioni generali.

Alcuni contaminanti possono avere un impatto diretto sulla salute degli animali causando malattie ed infezioni; altri hanno un effetto indiretto e possono indurre il bestiame a diminuire l'assunzione complessiva di acqua. Quando l'assunzione di acqua viene soppressa, anche l'assunzione di mangime diminuisce e, di conseguenza, gli animali ingrassano meno (Brew et al., 2008).

Gli allevatori hanno l'opportunità di migliorare la salute e le prestazioni della mandria migliorando la qualità dell'acqua offerta: il primo passo nel processo di gestione degli abbeveratoi è quello di misurare le concentrazioni di contaminanti organici e minerali presenti, ma anche verificare la contaminazione di microorganismi.

#### **5.1.1 pH dell'acqua**

Un intervallo di pH accettabile per l'acqua consumata dal bestiame è da 6,5 a 8,0. Il pH dell'acqua ne influenza l'appetibilità e la corrosività. L'acqua con un pH inferiore a 5,5 può causare acidosi nei bovini e portare a una riduzione dell'assunzione di mangime e delle prestazioni, mentre l'acqua eccessivamente alcalina può causare disturbi digestivi nel bestiame (Karisch, 2008).

#### **5.1.2 Solidi totali disciolti e salinità**

I solidi totali disciolti (TDS) sono una misura di tutti i costituenti disciolti nell'acqua. L'acqua che contiene livelli di TDS superiori a 4.000 parti per milione (ppm) può ridurre l'assunzione di mangime

e l'accrescimento giornaliero dei bovini da carne. L'acqua utilizzata non deve mai avere livelli di solidi totali disciolti superiori a 10.000 ppm, ma il livello raccomandato è uguale o inferiore a 3.000 ppm (la ricerca suggerisce che l'acqua contenente un TDS di 5.000 ppm comporta una riduzione del 10% circa delle prestazioni) (Karisch, 2008).

Gli ioni che si trovano più comunemente nelle acque altamente saline sono calcio, magnesio, sodio, bicarbonato, cloruro, e solfato. Spesso la salinità dell'acqua viene confusa con la durezza: la durezza si riferisce principalmente al contenuto di calcio e magnesio, mentre la salinità si riferisce alla concentrazione totale di sali disciolti: salinità e durezza non sono necessariamente correlate (Wright, 2007).

Il livello di tolleranza per i bovini da carne che consumano sale (cloruro di sodio) nell'acqua potabile è compreso tra l'1 e il 2 %, ma tale sensibilità aumenta in estate rispetto all'inverno.

I segni della tossicità da sale sono simili a quelli della disidratazione o della mancanza d'acqua con grave anoressia, diarrea e perdita di peso evidente, come riportato nella **Tabella 3**. I segni di disidratazione comprendono anche l'essiccazione delle membrane mucose e degli occhi (Karisch, 2008).

**Tabella 3** - Contenuto di solidi totali disciolti nell'acqua di bevanda e possibile impiego per l'abbeverata degli animali ([La qualità dell'acqua di bevanda](#))

Solidi totali disciolti (mg/l)	Impiego per l'abbeverata
< 1.000	ottimo (nessun rischio per gli animali)
da 1.000 a 2.999	buono (possibili sporadici casi di diarrea nei soggetti più giovani)
da 3.000 a 4.999	sufficiente (diarrea e possibile rifiuto degli animali non abituati a berla)
da 5.000 a 6.999	insufficiente (da non utilizzare per animali in gravidanza, in produzione e per i soggetti più giovani)
da 7.000 a 10.000	pericoloso (non adatta per l'abbeverata)
> 10.000	altamente pericoloso (possibili danni al cervello con esito mortale)

### 5.1.3 Nitrati

I nitrati provenienti dal letame o dai fertilizzanti possono entrare nelle riserve idriche e creare problemi di qualità dell'acqua: un livello sicuro di azoto nitrico (NO<sub>3</sub>) nell'acqua per il bestiame è inferiore a 100 ppm, mentre i livelli superiori a 300 ppm sono generalmente considerati non sicuri (Karisch, 2008).

I nitrati in sé non sono velenosi per il bestiame; tuttavia, nel ruminante, vengono convertiti in nitriti e i nitriti vengono assorbiti nel flusso sanguigno e convertono l'emoglobina in metaemoglobina. La

metaemoglobina non si lega all'ossigeno e la capacità di trasporto dell'ossigeno nel sangue si riduce (Rasby, 2011).

**Tabella 4** - Livelli di nitrati nell'acqua di bevanda e possibile impiego per l'abbeverata dei bovini ([La qualità dell'acqua di bevanda](#))

NO <sub>3</sub> (mg/l)	Impiego per l'abbeverata
0-44	ottimo
45-132	buono (nessun effetto nocivo, se la dieta è bilanciata)
133-220	insufficiente soltanto se l'acqua viene consumata per un periodo prolungato
221-660	pericoloso (non adatta per l'abbeverata)
> 660	altamente pericoloso (possibile esito mortale)

#### 5.1.4 Solfati

Lo zolfo è un componente importante per molte funzioni dell'organismo ed è un nutriente essenziale per i bovini da carne, poiché rappresenta una rilevante componente strutturale degli amminoacidi quali metionina, cisteina e cistina, ma anche della tiamina e della biotina. I microbi del rumine hanno bisogno di zolfo per la loro normale crescita e il metabolismo (Wagner e Engle, 2021).

Per i bovini adulti, il limite superiore è inferiore a 1.000 ppm. La cautela è necessaria quando si valutano i livelli di solfato a causa delle interazioni con il rame e il molibdeno, e dell'effetto inibitorio che composti come il fluoruro di sodio hanno sull'assorbimento del solfato da parte del tratto digestivo (Rasby, 2011).

Lo zolfo elementare è considerato uno dei minerali meno tossici; tuttavia, l'idrogeno solforato, un prodotto del metabolismo dei solfati nel rumine, è tossico quanto il cianuro. La manifestazione della tossicità da zolfo nei bovini è una condizione chiamata polioencefalomalacia (PEM), che è caratterizzata dalla necrosi della corteccia cerebrale. I sintomi della condizione comprendono cecità, scarsa coordinazione, letargia e convulsioni (Wagner and Engle, 2021).

Risulta essere necessario valutare l'assunzione totale di zolfo mediante il mangime, l'acqua e l'ambiente al fine di evitare il rischio di intossicazione. La concentrazione massima di zolfo tollerabile per i bovini che consumano una dieta a base di foraggio è lo 0,5% della sostanza secca della dieta, mentre per i bovini con diete ad alto contenuto di concentrati la concentrazione massima tollerabile è dello 0,3% della sostanza secca della dieta (Wright, 2007).

### 5.1.5 Alghe blu-verdi

Le alghe sono piante microscopiche che crescono nell'acqua in relazione alle condizioni e alla quantità di nutrienti disponibili. La crescita eccessiva di alghe riduce il contenuto di ossigeno disciolto in acqua e quando sono presenti le alghe blu-verdi vengono introdotte delle tossine (Wright, 2007).

Le alghe blu-verdi sono dei cianobatteri che, in determinate condizioni possono produrre tossine nervine e tossine epatiche che possono uccidere rapidamente i bovini. Segnali come tremori muscolari, respirazione difficoltosa e collasso indicano la presenza di tossine a livello del sistema nervoso, mentre la debolezza, il pallore delle mucose e il digiuno indicano la presenza di tossine nel fegato. Le tossine prodotte dalle alghe blu-verdi appaiono come una sostanza oleosa sulla superficie dell'acqua (Karisch, 2008).

### 5.1.6 Microrganismi

Una fonte d'acqua contaminata può diffondere un agente patogeno in tutta la mandria. La leptospirosi, ad esempio, è una malattia che colpisce i bovini e che può diffondersi attraverso le fonti d'acqua. Come questa, anche i coliformi, batteri che normalmente abitano il tratto digestivo dei bovini, non devono superare determinati valori all'interno dell'acqua di abbeverata.

Essendo i bovini sensibili al sapore e all'odore dell'acqua risulta essere importante anche evitare la contaminazione fecale delle fonti d'acqua poiché questo può deprimerne l'assunzione (Wright, 2007). Tutti gli animali devono sempre avere accesso ad acqua fresca, di buona qualità, in quantità sufficiente ad impedire la disidratazione, libera da odori e sapori repellenti, agenti infettivi, sostanze tossiche e contaminanti che potrebbero accumularsi nei tessuti corporei ed essere dannosi per la salute ed il benessere.

Le attrezzature per la somministrazione dell'acqua devono essere concepite, costruite, installate e mantenute in modo da ridurre al minimo la rivalità tra gli animali e consentire a tutti i soggetti, anche a quelli subordinati, di bere secondo le loro necessità.

La pulizia ed il controllo degli abbeveratoi a disposizione di ciascun gruppo di animali dovrebbero essere eseguiti giornalmente in modo da rimuovere sia la sporcizia (causa di incontrollate proliferazioni batteriche e possibili disordini metabolici), sia le eventuali ostruzioni al normale flusso idrico.

Pertanto, per quanto riguarda la pulizia degli abbeveratoi, è accettabile la presenza di alimento o altro materiale sulla superficie o sul fondo ma l'acqua deve essere limpida (**Figura 12**) (Bertocchi et al., 2018).



**Figura 12** - Esempio di abbeveratoio a livello, accettabile per pulizia (Bertocchi et al., 2018)

## 5.2 Stagione, umidità e temperatura

L'assunzione di acqua varia in funzione della stagione: è massima in estate, intermedia in primavera ed autunno e più bassa in inverno. Passando infatti da una temperatura ambientale di 10°C a 30°C, il fabbisogno idrico giornaliero può aumentare di due volte e mezzo (Karisch, 2008).

Ad influenzare l'assunzione non è solo la temperatura ambientale, ma anche la temperatura dell'acqua stessa. L'acqua fresca aiuta gli animali a mantenere una temperatura corporea adeguata e ad aumentarne l'assunzione (Karisch, 2008).

Winchester e Morris nel 1956 hanno documentato i tassi di assunzione di acqua dei bovini in base alle temperature ambientali, alle dimensioni corporee e al livello di assunzione di mangime. Da allora si sono verificati enormi cambiamenti grazie alla ricerca sulla nutrizione dei bovini e allo sviluppo di nuovi approcci sul modo in cui vengono gestiti per una produzione ottimale.

Gli effetti della temperatura dell'acqua, della temperatura dell'aria e del THI sui tassi di assunzione dell'acqua di bovini da carne al pascolo sono stati studiati nel 2002 da Bicudo et al. e risultano essere significativi: i tassi di assunzione dell'acqua a temperature dell'aria o dell'acqua superiori a 30 °C risultano essere da due a tre volte superiori ai tassi di assunzione a temperature inferiori a 30 °C. Risultati simili sono stati ottenuti per l'effetto del THI sul tasso di assunzione dell'acqua: l'assunzione con THI superiore a 75 era circa due volte superiore all'assunzione con THI inferiore a 75 (Bicudo e Gates, 2002).

La regolazione della temperatura dell'acqua in ambienti caldi può alleviare lo stress da calore e avere un impatto positivo sulle prestazioni degli animali, mentre la regolazione della temperatura dell'acqua in ambienti con clima freddo comporta un aumento del consumo di acqua da parte degli animali, ma senza influenzare il consumo di sostanza secca e l'accrescimento medio giornaliero (Allwardt, 2016).

### 5.3 Stress da trasporto

Il trasporto è uno degli eventi più stressanti per i bovini da carne che ne compromette la salute e la produttività. Le risposte immunitarie indotte dallo stress possono essere provocate da diversi fattori a cui gli animali vengono esposti, in particolare la privazione di mangime e di acqua. Queste mancanze perturbano l'ecosistema ruminale causando l'inattivazione microbica con un conseguente rilascio di endotossine microbiche (Marques et al., 2012).

La somministrazione di cibo e acqua viene quasi sempre soppressa durante il trasporto ma anche un paio di ore prima, con l'obiettivo di ridurre il carico digestivo del tratto gastrointestinale (al fine di diminuire l'imbrattamento di altri animali o del camion) e consentire una previsione più accurata del peso della carcassa.

L'interruzione a breve termine dell'apporto di nutrienti influenzerà in particolare il funzionamento del rumine e del resto del tratto digestivo, l'omeostasi dei tessuti e il controllo dei batteri enteropatogeni da parte dei microbi. L'entità del cambiamento nella funzione del rumine dipende dalla quantità e dalla composizione della digesta inizialmente presente, ciò che rimane costante è il fatto che l'assunzione di acqua sarà comunque ridotta se l'assunzione di mangime è limitata e viceversa.

In modo particolare, la privazione di acqua, sfida la capacità dell'animale di regolare l'omeostasi, determinando una rapida perdita di acqua dal corpo che implica la disidratazione dell'animale. Quando gli animali sono sottoposti a restrizioni, inoltre, si riduce notevolmente la ruminazione che cessa entro le 24 ore. La deprivazione da cibo ed acqua, quindi, non elimina solo lo stimolo a bere indotto dall'alimentazione, ma anche quello salivare associato alla ruminazione.

Nel momento in cui l'animale raggiunge il luogo di destinazione ha bisogno di riprendersi dalla fatica del trasporto e di adattarsi al nuovo ambiente e alla nuova alimentazione, anche di reidratare i tessuti, ricostituire le popolazioni microbiche nel rumine, ripristinare eventuali perdite di elettroliti e di enzimi e di garantire il ripristino della funzionalità renale (Hogan et al., 2007).

La capacità di fermentazione del rumine, infatti, viene ridotta fino al 75% durante il periodo di privazione e rimane depressa per 5 o più giorni a seguito del trasporto (Hutcheson and Cole, 1986).

In conclusione, la privazione di mangime ed acqua sono i principali fattori che contribuiscono alla riduzione delle prestazioni rilevate nei bovini da ristallo trasportati per lunghe distanze.

## **6. OBIETTIVI DELLA RICERCA**

Lo scopo della ricerca bibliografica è stato quello di investigare gli studi esistenti a livello internazionale sul consumo di acqua di abbeverata dei bovini allevati per la produzione di carne. Contestualmente, sono stati analizzati anche studi inerenti al comportamento di abbeverata e ai fattori che lo modificano negativamente. Le pubblicazioni analizzate sono state condotte, nella maggior parte dei casi, in allevamenti americani, che prevedono delle tecniche di gestione diverse rispetto a quelle europee, inoltre, tali studi valutavano il consumo di acqua di abbeverata complessivo del box di allevamento, e non quello individuale.

Lo scopo della prova sperimentale è stato quello di studiare e misurare l'assunzione individuale di acqua di abbeverata di bovini da carne di razza Limousine in seguito al loro arrivo dalla Francia, relazionandola con la frequenza dei trattamenti sanitari a cui sono stati sottoposti gli animali e la distanza dall'inizio del trattamento. L'obiettivo è stato quello di investigare se la variazione nel consumo individuale di acqua o la registrazione di cambiamenti specifici del comportamento di abbeverata potessero indicare precocemente uno scarso stato di benessere e salute degli animali, permettendo all'allevatore di intervenire anticipatamente. Lo studio ha testato un prototipo di stazione individuale di abbeverata ideato dall'allevatore che permetteva ad un singolo animale di entrare e monitorarne così il suo consumo d'acqua e il suo comportamento di abbeveraggio.

## 7. MATERIALI E METODI

### 7.1 Animali e gestione dell'azienda

Lo studio è stato condotto su 6 diverse partite di bovini da carne importati dalla Francia tra maggio 2021 e dicembre 2022 in un allevamento commerciale situato nella regione Veneto, nel nord-est dell'Italia. Sono stati valutati un totale di 93 bovini di razza Limousine, rispettivamente 65 giovani tori e 28 giovenche.

All'arrivo in azienda, per un periodo di adattamento di 40 giorni circa, gli animali sono stati stabulati in un unico grande box composto da lettiera permanente in paglia, situato all'esterno della stalla da ingrasso. Le dimensioni del box sono state adattate ad ogni partita per garantire uno spazio minimo di 4,0 m<sup>2</sup> per capo, poiché il numero di animali per partita variava tra 10 e 18 capi.

I bovini dei differenti lotti sono stati alimentati con la medesima dieta a secco mediante una singola somministrazione giornaliera. La razione era costituita prevalentemente da mais farina (22.3%), polpe di bietola (16.2%), e crusca di frumento (13.2%).



*Figura 13 – Box di adattamento in cui venivano stabulate le partite importate dalla Francia*

### 7.2 Prototipo di stazione individuale di abbeveraggio

Ai fini della ricerca è stato installato un prototipo di stazione di abbeveraggio individuale all'interno del box sperimentale di adattamento, progettato per garantire l'accesso di un singolo animale alla volta.

L'identificazione degli animali all'interno della stazione di abbeveraggio avveniva mediante etichette auricolari RFID (Radio-Frequency ID), mentre l'assunzione individuale di acqua è stata misurata mediante un flussometro installato all'interno dell'abbeveratoio. La registrazione del tempo trascorso dagli animali a bere durante ogni visita è stata rilevata automaticamente, dunque, è stato possibile registrare anche la frequenza delle visite alla stazione di abbeveraggio da parte degli animali.



**Figura 14** - Prototipo di stazione individuale di abbeveraggio installato all'interno del box di adattamento

Quotidianamente sono stati registrati i valori massimi di temperatura ambientale ed umidità relativa, rilevati mediante l'azienda metereologica regionale ARPAV (Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto) considerando i dati della stazione della provincia di Padova più vicina all'allevamento.

I dati atmosferici raccolti hanno consentito di calcolare il valore di THI massimo (*Temperature Humidity Index*) utilizzando la seguente formula proposta da Kelly e Bond (1971) (Kelly and Bond, 1971):

$$THI\ massimo = (1.8 * T + 32) - \{(0.55 - 0.55 * RH/100) * [(1.8 * T + 32) - 58]\}$$

I valori di THI ottenuti sono stati successivamente classificati in 4 livelli che permettono di prevedere diverse classi di stress da caldo per il bestiame: una maggiore condizione di rischio si presenta per valori crescenti dell'indice di temperatura e umidità. I 4 livelli di classificazione sono i seguenti:

- $THI \leq 73$  rischio nullo o classe 0
- $73 < THI \leq 78$  rischio minimo o classe 1
- $79 < THI < 83$  allerta o classe 2
- $THI > 84$  emergenza o classe 3

Tutti questi dati sono stati salvati automaticamente in formati validi per essere successivamente analizzati con altri software statistici e archiviati su cloud utilizzando connessioni WiFi o Ethernet. Questo sistema ha permesso di accedere ai dati da qualsiasi luogo con una connessione Internet. I dati raccolti ed importati nei fogli di calcolo di Excel sono stati, prima di iniziare l'analisi, ripuliti al fine di escludere eventuali problematiche. In particolare, nel dataset originale sono state eliminate le visite

all'abbeveratoio con ingestione pari a 0, al fine di analizzare esclusivamente il numero di visite con effettivo consumo di acqua. I consumi di acqua pari a 0 o 0,25 sono stati eliminati, perché irrilevanti a fini statistici e correlati presumibilmente ad un errore di sistema. Infine, sono state eliminate anche le date sospette, relative alle prime giornate dall'arrivo (quando l'animale presentava delle difficoltà ad adattarsi al nuovo sistema di abbeverata), oppure giornate in cui l'allevatore ha notato dei dati irrealistici.



*Figura 15 - Ingresso di un bovino all'interno della stazione individuale di abbeveraggio*

### **7.3 Stato di salute**

Il controllo sanitario individuale degli animali è stato effettuato quotidianamente dall'allevatore, che ha registrato i segni clinici di salute compromessa e i trattamenti medici effettuati agli animali in prova durante l'intero periodo di adattamento.

### **7.4 Analisi statistica**

Tutti i dati sono stati calcolati come media giornaliera per animale e l'individuo è stato utilizzato come unità sperimentale per tutte le variabili comportamentali. Gli animali sono stati distribuiti in 3 classi in base alla frequenza dei trattamenti medici ricevuti durante il periodo di adattamento, come segue: 0, quando l'animale non ha ricevuto alcun trattamento medico; 1, quando l'animale ha ricevuto un solo trattamento medico; 2+, quando l'animale ha ricevuto da 2 a 5 trattamenti medici. Successivamente solo gli animali trattati per specifici problemi di salute sono stati classificati in base alla distanza dal trattamento: d 0 (giorno del trattamento), d -1 (il giorno prima del trattamento), d -2 (due giorni prima del trattamento), d -3 (tre giorni prima del trattamento), d -4 (quattro giorni prima

del trattamento) e giorni sani (tutti gli altri giorni in cui gli animali non sono stati trattati, quindi considerati sani dall'allevatore).

I dati sul comportamento di abbeverata registrati durante l'intero periodo di adattamento sono stati analizzati con un modello misto che considerava gli effetti fissi della classe di trattamento (0, 1 e 2+), della settimana di adattamento e della loro interazione. Solo per gli animali trattati per alcuni problemi di salute, i dati relativi al comportamento di abbeverata sono stati analizzati con un modello statistico che considerava l'effetto fisso del tempo di trattamento (d 0, d -1, d -2, d -3, d -4 e giorni sani). Entrambi i modelli includevano gli effetti ripetuti del periodo dell'anno, dell'animale *nested* all'interno della partita, e l'opzione di aggiustamento di Bonferroni. Inoltre, sono state considerate come covariate sia la partita che il periodo dell'anno. Per quanto riguarda la normalità e l'omoschedasticità degli errori, il soddisfacimento delle assunzioni per i modelli lineari è stato valutato visivamente attraverso i grafici dei residui. Concentrandosi in particolare sui primi 14 giorni di adattamento a seguito dell'arrivo dalla Francia, la prevalenza di animali non trattati e trattati per specifici problemi di salute è stata analizzata utilizzando la procedura GLIMMIX (Proc GLIMMIX di SAS 9.3; SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). Il modello includeva gli effetti fissi della stagione di arrivo della partita (gennaio, maggio, luglio, settembre, novembre), il livello di assunzione giornaliera di acqua (basso, medio, alto), la classe di THI massimo (0, 1, 2 e 3) e la settimana di adattamento (1° e 2°), considerando come effetti casuali la settimana e l'animale. Sono stati calcolati anche le medie (L-means) e il rischio relativo (RR) con intervallo di confidenza al 95%. In particolare, RR maggiore di 1 indica che la presenza di una determinata classe di fattori (per esempio, la stagione di arrivo) è una condizione predisponente alla malattia, mentre RR minore di 1 indica che una determinata classe di fattori è preventiva rispetto alla malattia. I livelli di assunzione giornaliera di acqua sono stati ottenuti in base alla distribuzione in terzili: basso  $\leq 23$  L/giorno; medio  $> 23$  e  $< 29$  L/giorno; alto  $\geq 29$  L/giorno. Tutti i dati sono stati elaborati con SAS 9.3 (S.A.S. Institute Inc., Cary, NC, USA). La soglia minima di significatività statistica è stata fissata a  $p < 0,05$ .

## 8. RISULTATI E DISCUSSIONE

I bovini da carne monitorati durante il periodo di adattamento, soggetti al controllo sanitario individuale dell'allevatore, che presentavano segni clinici riconducibili ad uno stato di salute compromesso sono stati sottoposti a trattamenti terapeutici. Nello specifico, tutti i trattamenti medici sono stati eseguiti per problemi respiratori, ad esclusione di un caso isolato legato al sistema locomotorio. Come riportato nella **Tabella 5**, su un totale di 93 animali, 50 sono stati trattati almeno una volta durante il periodo di adattamento. L'incidenza dei soggetti trattati variava notevolmente tra le 6 diverse partite: dal 20% della partita numero 1 fino al 94% della partita numero 3.

**Tabella 5** - Numero di partite e di bovini da carne monitorati e incidenza dei trattamenti sanitari per patologie respiratorie effettuati durante il periodo di adattamento.

Partita	Data di arrivo in azienda	Sesso	Totale animali, n	Animali trattati, n	Animali trattati, %
1	11 maggio 2021	F	10	2	20
2	11 luglio 2021	F	18	4	22
3	02 settembre 2021	M	16	15	94
4	18 gennaio 2022	M	16	10	63
5	06 settembre 2022	M	18	10	56
6	02 novembre 2022	M	15	9	60

### 8.1 Comportamento di abbeverata e frequenza dei trattamenti

La frequenza dei trattamenti medici (FT), come riportato nella **Tabella 6**, non ha influenzato in modo significativo il numero di visite giornaliere all'abbeveratoio, ma esiste una riduzione tendenziale all'aumentare della FT. Il consumo giornaliero di acqua, invece, differisce in maniera significativa negli animali trattati due o più volte durante il periodo di adattamento rispetto a quelli non trattati o sottoposti ad un singolo trattamento. Esso infatti cala progressivamente all'aumento della FT (**Tabella 6**). L'effetto sull'assunzione totale di acqua risente, inoltre, dell'interazione tra la frequenza del trattamento medico e la settimana di adattamento (wk), rimanendo considerevolmente inferiore per gli animali trattati due o più volte durante l'intero periodo di prova, dalla 1° alla 15° settimana di adattamento (**Figura 16**). Tuttavia, da un confronto a coppie tra animali non trattati e animali 2+, si evince che questa differenza nel loro consumo d'acqua giornaliero risulta essere statisticamente significativa per le prime due settimane e nella 5° settimana di adattamento.

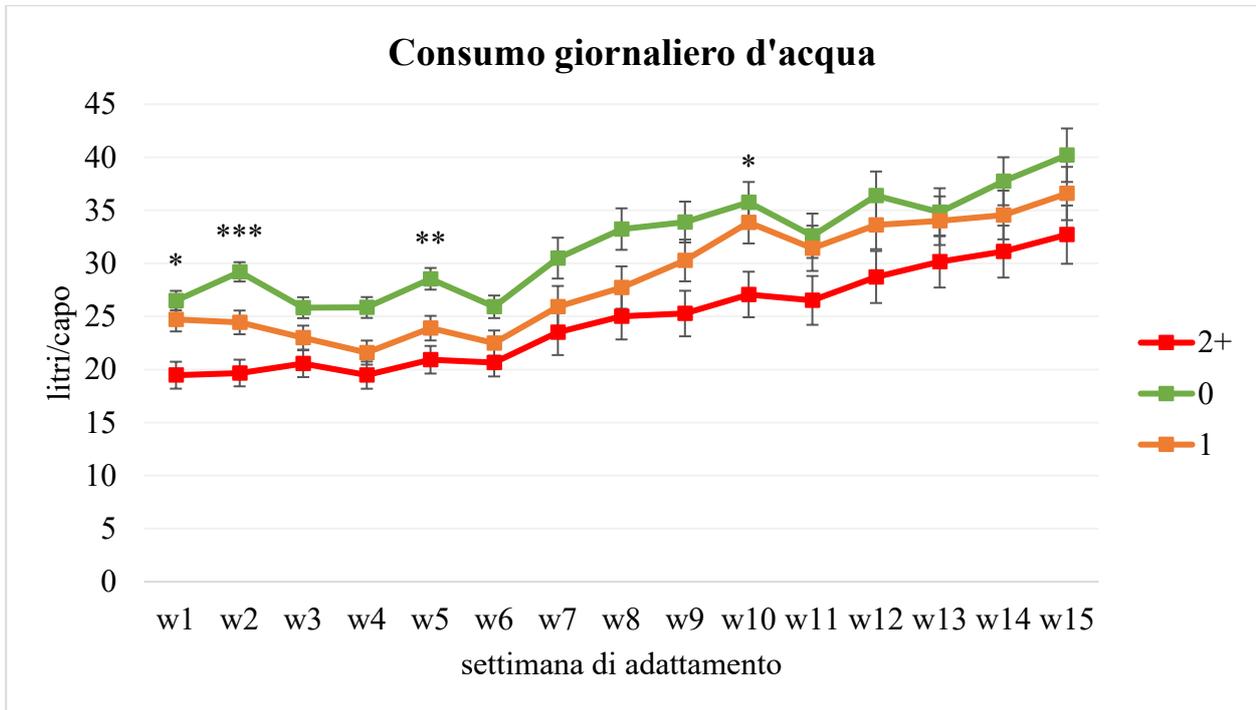
**Tabella 6** - Effetto della frequenza di trattamento (FT), della settimana di adattamento (wk), e della loro interazione sul consumo individuale di acqua e il comportamento di abbeverata di bovini da carne.

Parametro	Frequenza di trattamento (FT) <sup>1</sup>			SEM	Significatività <sup>2</sup>		
	0	1	2+		FT	wk	FT × wk
Animali, n	43	26	24				
Visite all'abbeveratoio, n/d	8.32	7.87	6.99	0.58	ns	***	ns
Consumo totale di acqua, L/d	31.8 <sup>a</sup>	28.5 <sup>a</sup>	24.7 <sup>b</sup>	1.36	***	***	***
Tempo totale di abbeverata, sec/d	1176.4	1108.1	993.3	84.4	ns	***	*
Consumo di acqua per visita, L	4.43	4.54	4.52	0.32	ns	*	***
Tempo di abbeverata per visita, sec	167.3	177.5	171.2	13.0	ns	***	†
Velocità di abbeverata, L/sec	0.031	0.029	0.030	0.002	ns	***	***

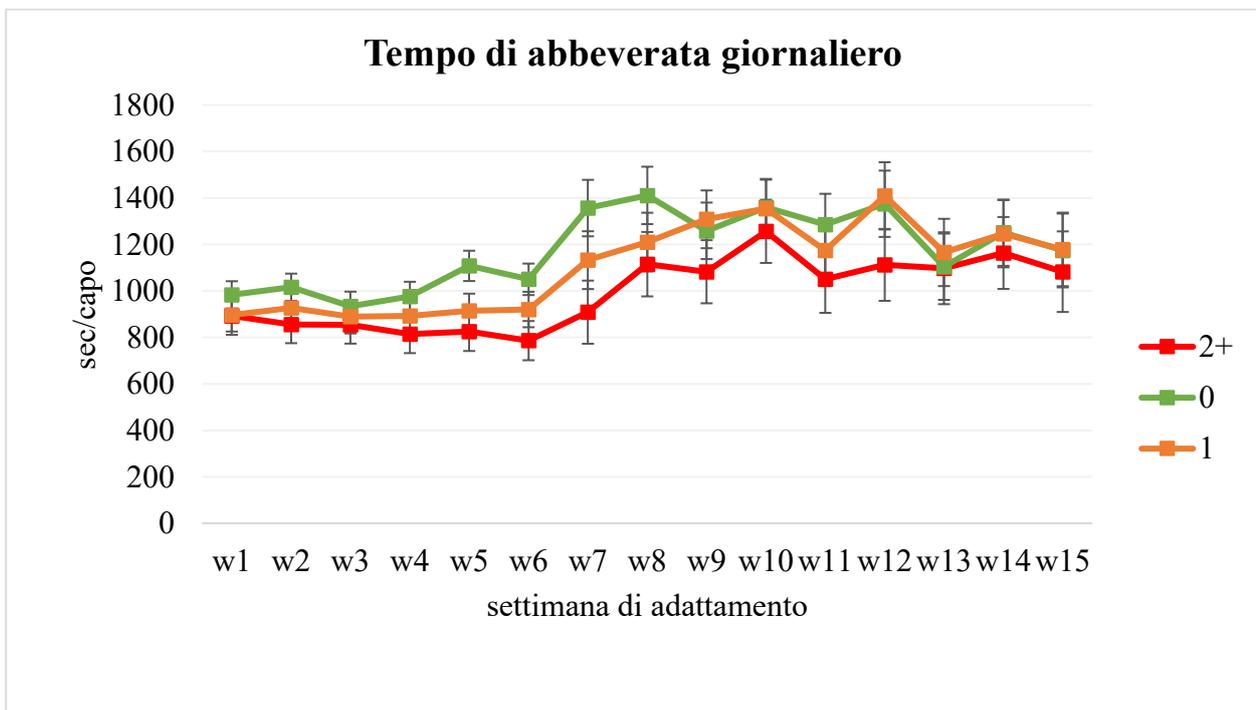
<sup>1</sup>Frequenza di trattamento = 0, bovini mai trattati; 1, bovini trattati una sola volta durante il periodo di adattamento; 2, bovini trattati da 2 a 5 volte durante il periodo di adattamento. <sup>2</sup>P>0.10 = ns; P<0.10 = †; P<0.05 = \*; P<0.01 = \*\*; P<0.001 = \*\*\*.

Il tempo totale che gli animali spendono al giorno per abbeverarsi è stato, durante tutte le 15 settimane di adattamento, costantemente inferiore per quelli trattati due o più volte rispetto agli altri animali (**Tabella 6**), inoltre, il tempo speso a bere risente in maniera significativa dell'effetto della settimana di adattamento. Come riportato nella **Figura 17**, infatti, nelle settimane successive all'arrivo dalla Francia il tempo di abbeverata dei bovini 2+ incrementa gradualmente, ma si mantiene sempre inferiore rispetto al tempo che impiegano gli animali non trattati o trattati solo una volta.

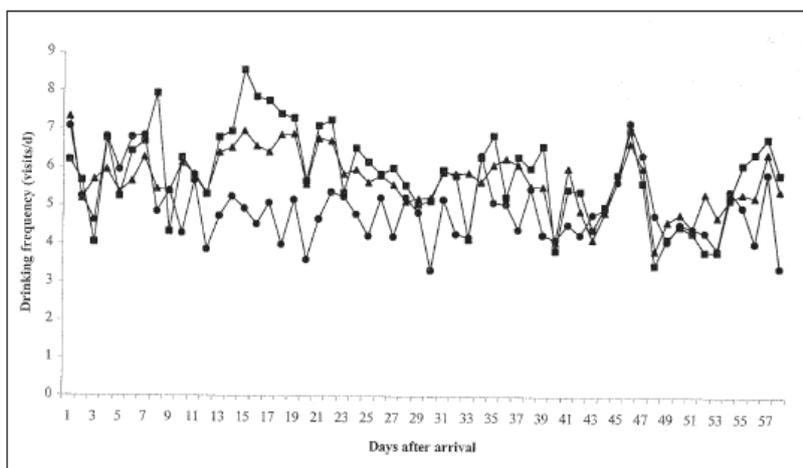
**Figura 16** - Consumo di acqua giornaliero in funzione della settimana di adattamento considerando l'effetto della frequenza dei trattamenti medici ricevuti.



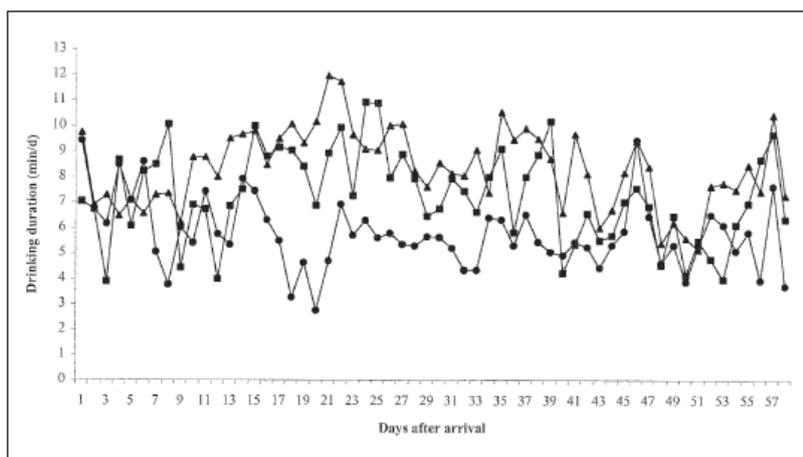
**Figura 17** - Tempo di abbeverata giornaliero in funzione della settimana di adattamento considerando l'effetto della frequenza dei trattamenti medici ricevuti.



Secondo uno studio condotto da Buhman et al. (2000) su due gruppi di vitelli (per un totale di 170 animali) osservati rispettivamente per 57 e 62 giorni dall'arrivo nel feedlots, il numero di visite giornaliere all'abbeveratoio (visite/d) e il tempo di abbeverata (min/d) erano più alte dopo i primi 4/5 giorni dall'arrivo per i vitelli malati rispetto a quelli sani. Solo successivamente, dal giorno 11 al giorno 27 il numero di visite giornaliere all'abbeveratoio e il tempo di abbeverata erano significativamente inferiori per i vitelli malati (**Figura 18 e 19**) (Buhman et al., 2000).



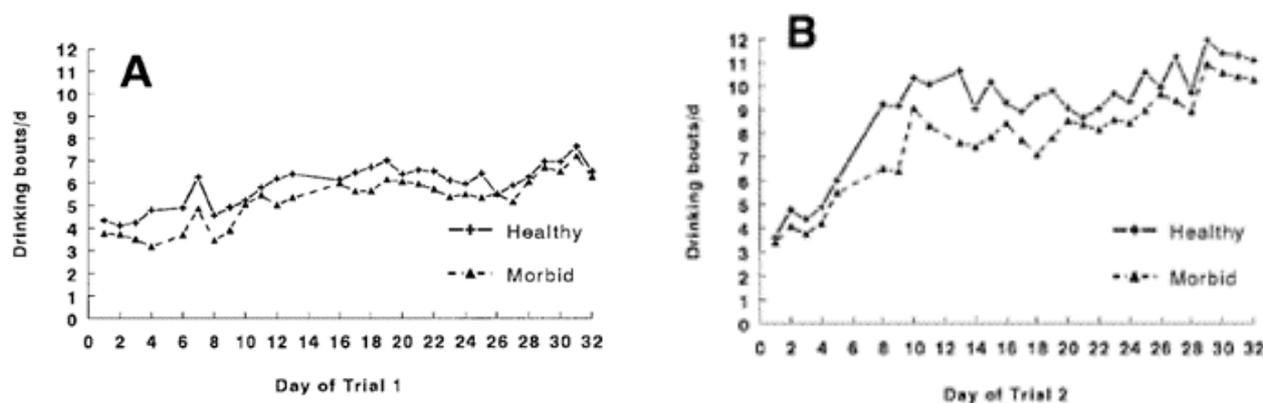
**Figura 18** - Frequenza di abbeveraggio per i vitelli malati (cerchio) non malati (quadrato), e non rimossi dal recinto (triangolo). La frequenza è stata definita come la presenza di un vitello all'abbeveratoio per  $\geq 5,25$  secondi. (Buhman et al., 2000)



**Figura 19** - Durata dell'abbeveraggio per i vitelli malati (cerchio), non malati (quadrato) e non rimossi dal recinto (triangolo) (Buhman et al., 2000)

In uno studio condotto su due partite di bovini da carne esaminati per i primi 32 giorni a seguito dell'arrivo nel feedlot, Sowell et al. (1999) riporta che nella prima prova gli animali sani hanno avuto un numero di visite all'abbeveratoio tra le ore 06.00 e le ore 18.00 di 0,7 episodi superiori rispetto

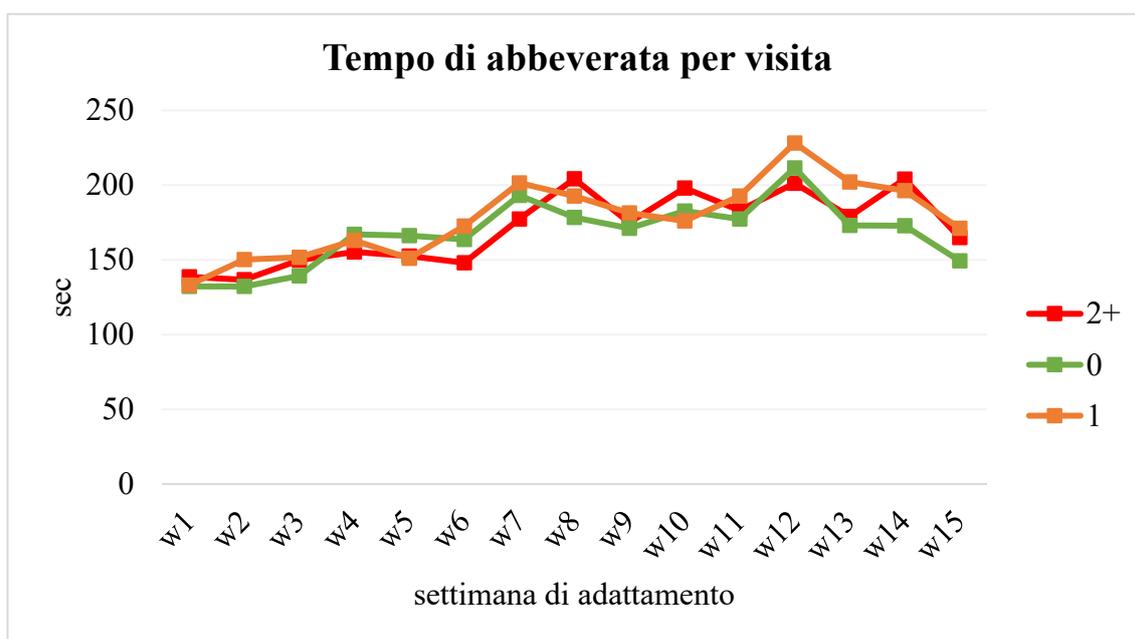
agli animali malati, mentre nella seconda prova gli episodi di abbeverata sono aumentati per i vitelli sani di 1,5 volte nell'intero periodo delle 24 ore (**Figura 20**) (Sowell et al., 1999).



**Figura 20** - Media del numero di abbeveraggi giornalieri per manzi sani (+) e malati (triangolo) in un allevamento commerciale di Wellton, in Arizona durante la Prova 1 (A) (da luglio ad agosto 1996) e la Prova 2 (B) (da novembre al dicembre 1996) (Sowell et al. (1999)).

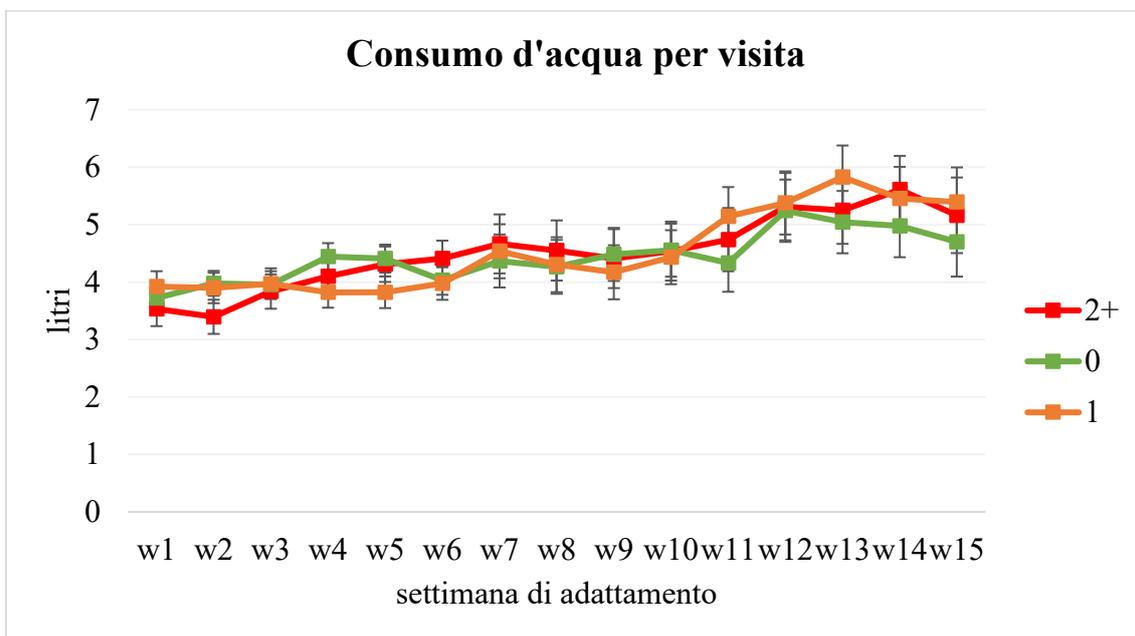
Come indicato nella **Tabella 6** il consumo di acqua per visita, il tempo di abbeverata per visita e la velocità di bevuta non risentono del singolo effetto della frequenza di trattamento. Il tempo trascorso a bere non risente dell'effetto FT x wk: nella **Figura 21** si può notare come per tutte e tre le classi le curve siano allineate e con un andamento simile.

**Figura 21** - Tempo di abbeverata per visita in funzione alla settimana di adattamento considerando l'effetto della frequenza dei trattamenti medici ricevuti.

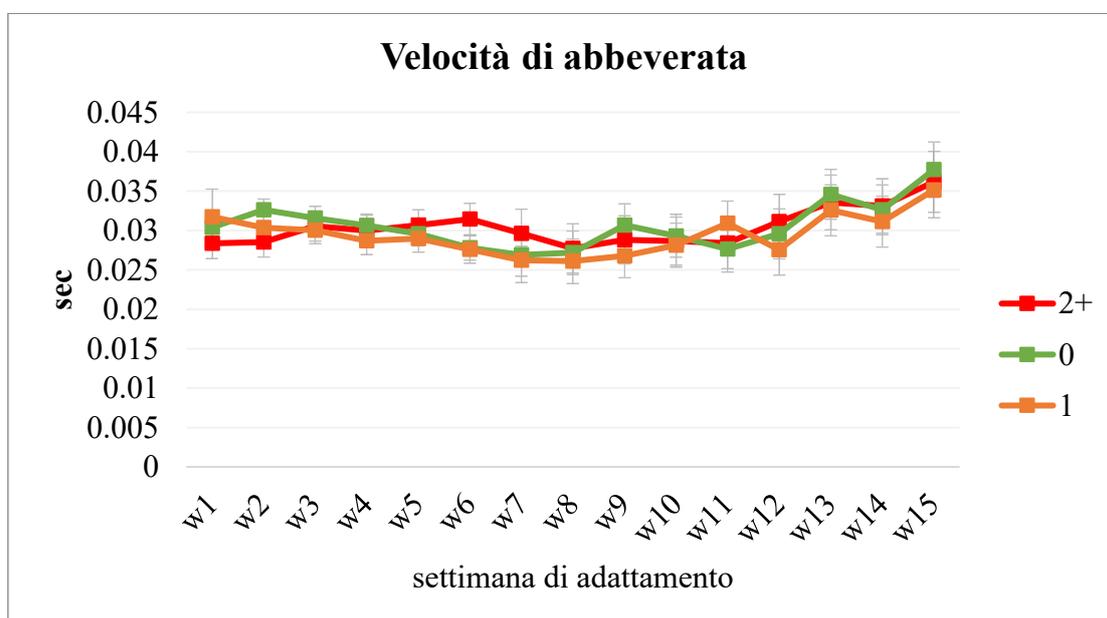


Tuttavia l'effetto dell'interazione FT x wk è risultato essere significativo per il consumo di acqua per visita e la velocità di abbeverata (**Tabella 6**). Gli animali 2+ presentano dei valori inferiori per questi due comportamenti durante le prime tre settimane di adattamento, per poi aumentare e stabilizzarsi nelle settimane successive rispetto a quelli degli animali non trattati o sottoposti ad un singolo trattamento medico (**Figura 22, 23**).

**Figura 22** - Consumo di acqua per visita per effetto dell'interazione tra la frequenza dei trattamenti medici e la settimana di adattamento.



**Figura 23** - Velocità di abbeverata per effetto dell'interazione tra la frequenza dei trattamenti e la settimana di adattamento.



## 8.2 Comportamento di abbeverata e distanza dal giorno del trattamento

Come riportato nel paragrafo “Materiali e Metodi” gli animali trattati per alcuni problemi di salute sono stati classificati in base alla distanza dal giorno del trattamento, prendendo in considerazione il loro comportamento di abbeverata fino a quattro giorni prima del trattamento e di quando non erano trattati.

Il numero giornaliero di visite all’abbeveratoio, come riportato nella **Tabella 7** varia significativamente il giorno che precede il trattamento (**Figura 24**). La ricerca condotta da Basarab et al. (1996) riporta che i vitelli malati trattati per la BRD hanno trascorso il 23,7% in meno di tempo alla vasca dell’acqua rispetto ai vitelli sani, confermando i risultati ottenuti dal presente studio (Basarab et al., 1996).

Contestualmente, il consumo totale d’acqua giornaliero diminuisce gradualmente nei quattro giorni che precedono il trattamento, in particolare il giorno prima, che rappresenta il momento di minimo consumo rispetto ai giorni in cui gli animali erano sani (**Figura 25**). Risultati simili sono riportati in uno studio di Borderas et al. (2009) su vitelli da latte alimentati in gruppo: ha evidenziato che i vitelli alimentati con più di 8 litri/d di latte diminuivano l’assunzione media giornaliera di latte (L/d) lo stesso giorno in cui sono stati rilevati malati da un osservatore esperto (Borderas et al., 2009).

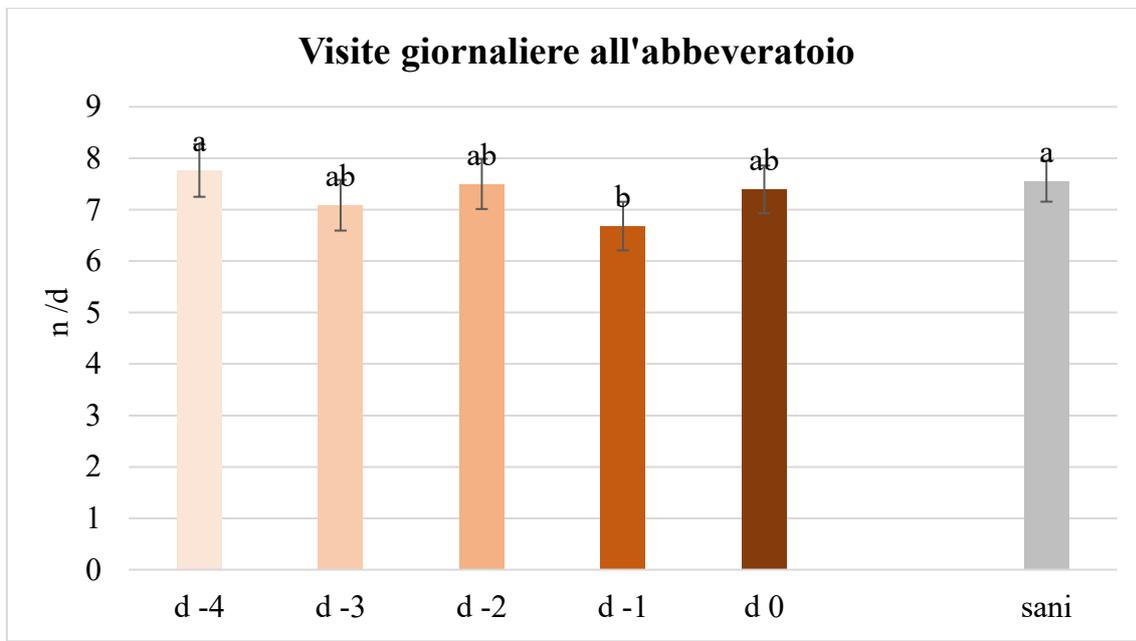
**Tabella 7** - Consumo d’acqua individuale e comportamento di abbeverata di bovini da carne che hanno subito un trattamento in relazione alla distanza dal trattamento e allo stato sanitario.

parametro	Distanza dal trattamento					Sani	SEM	Significatività <sup>1</sup>
	Day -4	Day -3	Day -2	Day -1	Day 0			
Visite all’abbeveratoio, n/d	7.76	7.09	7.50	6.68	7.39	7.55	0.47	*
Consumo totale di acqua, L/d	22.7	22.2	21.1	20.6	19.8	22.5	1.16	***
Tempo totale di abbeverata, sec/d	991.2	993.2	986.0	907.0	927.6	910.2	73.4	ns
Consumo di acqua per visita, L	3.49	4.20	3.83	3.39	3.47	3.82	0.28	***
Tempo di abbeverata per visita, sec	152.8	168.7	161.2	174.0	160.9	145.8	11.6	**

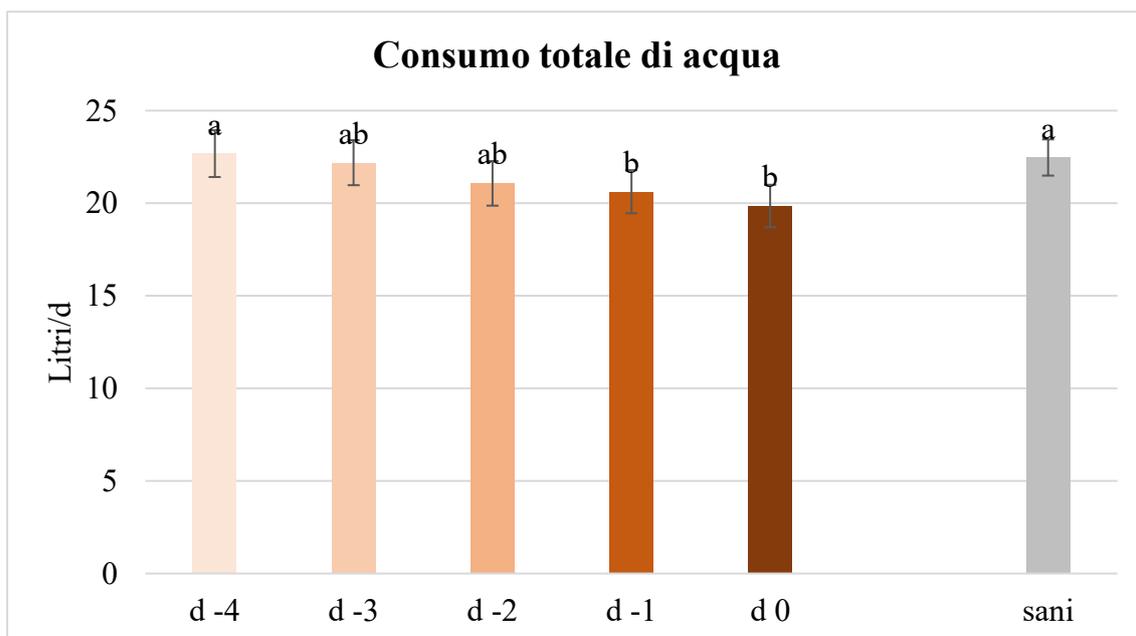
Velocità di                    0.027   0.028   0.027   0.028   0.026   0.030   0.002                    \*\*\*  
 abbeverata, L/sec

<sup>1</sup> P>0.10 = ns; P<0.10 = †; P<0.05 = \*; P<0.01 = \*\*; P<0.001 = \*\*\*.

**Figura 24** - Variazione delle visite giornaliere all'abbeveratoio in funzione ai giorni di distanza dal trattamento.

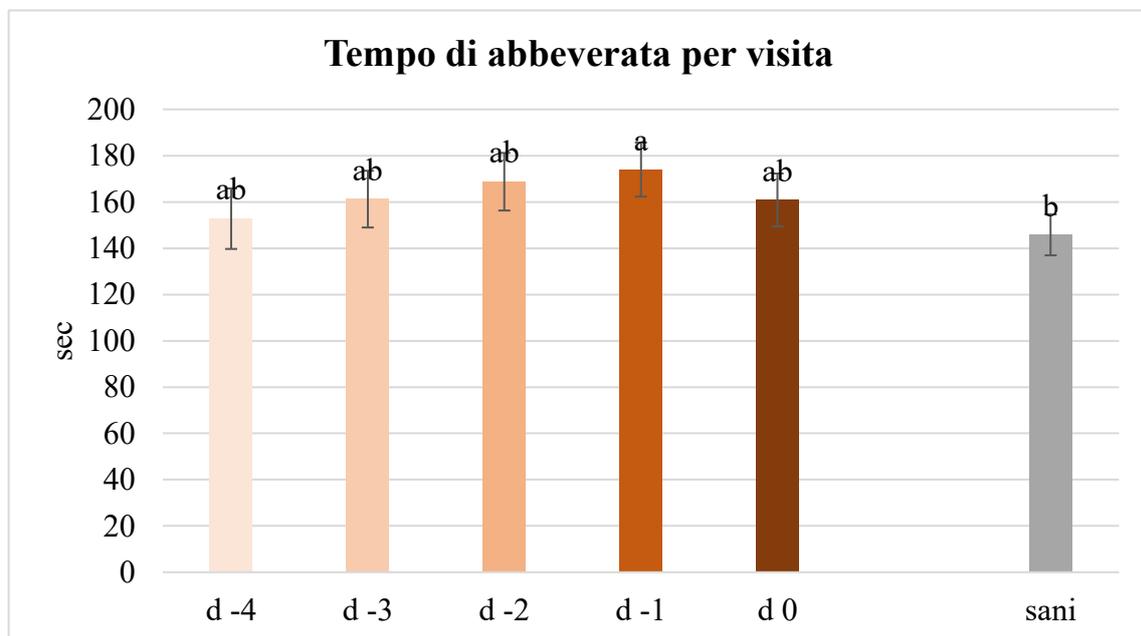


**Figura 25** -Variazione del consumo totale di acqua in funzione ai giorni di distanza dal trattamento.

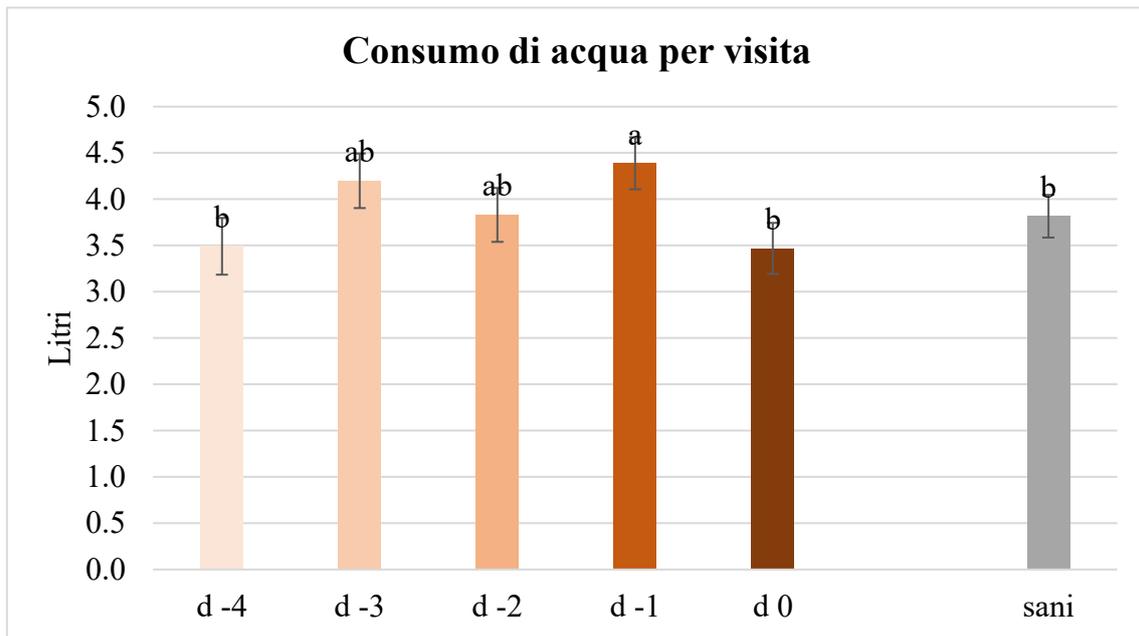


Questi cambiamenti significativi non avvengono per il tempo totale di abbeverata, che non variava né i giorni precedenti al trattamento né il giorno del trattamento stesso rispetto ai giorni in cui gli animali si presentavano sani (**Tabella 7**). Nello studio condotto da Basarab et al. (1996), contrariamente a quanto affermato, è stata rilevata una diminuzione del tempo giornaliero di abbeverata tra i 3 e i 4 giorni che precedevano la diagnosi dell'animale malato (Sowell et al., 1999). Inoltre, il tempo che l'animale impiega per abbeverarsi per singola visita e contestualmente la quantità di acqua che consuma raggiungono il picco massimo il giorno precedente il trattamento (**Figura 26, 27**), risultando statisticamente significativi rispetto a quando l'animale non era trattato.

**Figura 26** - Tempo di abbeverata per visita in funzione ai giorni di distanza dal trattamento.

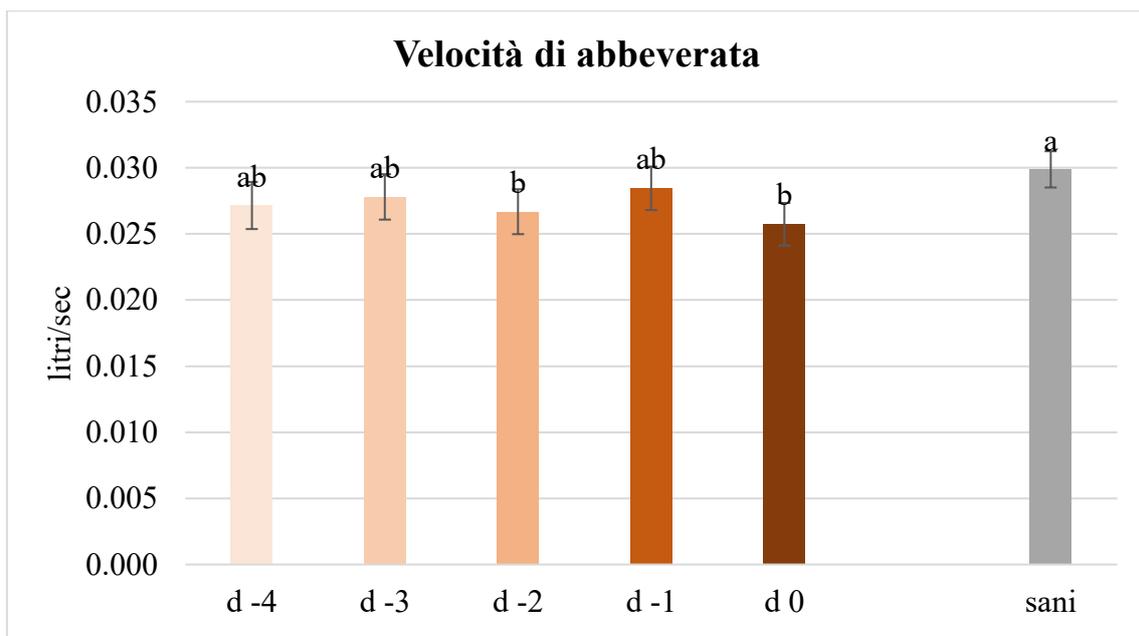


**Figura 27** - Consumo di acqua per visita in funzione ai giorni di distanza dal trattamento.



Infine, la velocità di abbeverata degli animali trattati era significativamente più bassa due giorni prima del trattamento e il giorno del trattamento stesso rispetto a quando erano sani (**Figura 28**).

**Figura 28** -Velocità di abbeverata in funzione ai giorni di distanza dal trattamento.



### 8.3 Primi 14 giorni dopo l'arrivo dalla Francia

Alla luce dei risultati precedentemente ottenuti, è stata effettuata un'analisi del rischio considerando i primi 14 giorni dall'arrivo dalla Francia, poiché queste prime due settimane hanno evidenziato una maggiore variabilità del comportamento di abbeverata degli animali e sono risultate quindi le più rischiose per quanto riguarda nello specifico le patologie respiratorie. La maggior parte dei casi di BRD, infatti, si verifica nei bovini nelle prime tre settimane dopo l'arrivo (Schneider et al., 2009) rappresentando il 75-80% dei casi di malattia durante questo periodo (Edwards, 2010).

**Tabella 8** - Potenziali fattori di rischio per la prevalenza di disturbi respiratori nei primi 14 giorni dopo l'arrivo dalla Francia.

Variabile indipendente (fattore)	Livelli del fattore	Ls-means (%)	Risultato statistico <sup>1</sup>			Significatività <sup>3</sup>
			RR	95% CI	P-value	
Livello giornalieri di assunzione di acqua	Basso	64.6	4.09	2.77 – 6.04	<0.001	***
	Medio	37.9	1.37	0.95 – 1.97	0.28	
	Alto <sup>4</sup>	30.9	-	-	-	
Stagione di arrivo	Gennaio	65.3	13.0	6.81 – 24.8	<0.001	***
	Maggio <sup>4</sup>	12.6	-	-	-	
	Luglio	19.5	1.68	0.70 – 4.00	1.00	
Classi di THI massimo	Settembre <sup>2</sup>	75.1	20.8	9.67 – 44.8	<0.001	†
	Novembre	61.2	10.9	5.76 – 20.6	<0.001	
	0	35.3	1.19	0.78 – 1.82	0.16	
Settimana di adattamento	1°	43.7	0.96	0.71 – 1.30	0.79	ns
	2° <sup>4</sup>	44.7	-	-	-	

<sup>1</sup>RR = rischio relativo; 95 % CI = 95 % intervallo di confidenza. <sup>2</sup>Settembre considera due partite di animali del 2021 e del 2022. <sup>3</sup>P>0.05 = †; P<0.05 = \*; P<0.01 = \*\*; P<0.001 = \*\*\*. <sup>4</sup>Termine di confronto entro variabile indipendente considerata.

L'analisi è stata effettuata con un termine di confronto al fine di sottolineare la differenza statistica tra i livelli dei diversi fattori. In merito al consumo di acqua è stato rilevato che la percentuale di animali con disordini respiratori era significativamente maggiore per animali che avevano un livello di consumo d'acqua giornaliero basso rispetto agli animali che avevano un livello di consumo d'acqua

giornaliero alto. Il rischio relativo (RR) di incorrere in patologie respiratorie era quattro volte maggiore per gli animali che bevevano meno acqua rispetto a quelli che bevevano più acqua (**Tabella 8**). Nei vitelli ad alto rischio di BRD all'arrivo nel feedlot, Daniels et al., (2000) ha scoperto che gli animali diagnosticati e trattati per BRD trascorrevano dal 23 al 42% in meno di tempo nella cuccetta di alimentazione e avevano dal 10 al 36% in meno di comportamenti alimentari e di abbeveraggio rispetto ai vitelli non trattati che non mostravano segni clinici di BRD (Daniels et al., 2000).

Risultati significativi sono stati ottenuti anche per la stagione di arrivo in azienda: le partite di animali che arrivavano a gennaio, settembre e novembre avevano una percentuale maggiore di problemi respiratori e il RR, di conseguenza, era maggiore in queste stagioni rispetto a maggio, quale termine di confronto, che mostrava una prevalenza minore (**Tabella 8**). A confermare questi risultati è lo studio di Puig et al., (2022) che analizza gli strumenti tecnologici per l'individuazione precoce della BRD negli allevamenti di bovini. Secondo quanto riportato, la BRD si verifica più frequentemente durante l'autunno e l'inverno, a causa di una serie di fattori di rischio (Puig et al., 2022). Anche Ackermann et al. (2010) afferma che la fine dell'autunno e l'inverno sono le stagioni più rischiose per la BRD poiché i bovini da carne risentono in modo particolare delle basse temperature e degli alti livelli di umidità, reagendo con difficoltà ai patogeni responsabili della malattia (Ackermann et al., 2010). Per il THI massimo, così come per la settimana di adattamento, i risultati ottenuti dal modello sono poco significativi. In particolare, per la classe di THI si è riscontrato che la percentuale di animali affetti da problemi respiratori era tendenzialmente inferiore nelle giornate aventi THI di classe 0 ed 1 rispetto alle giornate con una classe di THI alta, tuttavia la differenza rimane comunque molto sottile. Nello studio condotto da Rouda et al., (1994), la correlazione tra il consumo di acqua e la temperatura ambientale è bassa, suggerendo che l'assunzione di acqua non è stata influenzata dalla temperatura media giornaliera o da quella del giorno precedente. Solo a temperature superiori a 30C° l'assunzione di acqua iniziava a variare tra gli animali, in risposta al comportamento individuale dei bovini (Rouda et al., 1994).

## CONCLUSIONI

Le problematiche che possono interessare i bovini da carne durante la fase di adattamento sono molteplici e la loro causa è da riscontrarsi in una serie di fattori di stress per l'animale, quali il trasporto, il cambio di alimentazione e il rimescolamento dei gruppi nella nuova azienda. In modo particolare le malattie respiratorie rappresentano per gli allevamenti da carne un impatto economico e gestionale non indifferente. I bovini affetti da BRD, infatti, vengono spesso individuati in una fase avanzata del processo patologico o non vengono rilevati affatto. Per tale motivo aumenta sempre di più la necessità di monitorare in maniera continua e non invasiva il comportamento dei bovini, utilizzando una serie di tecnologie che consentono una diagnosi precoce delle malattie rispetto ai metodi di valutazione clinica convenzionali. La valutazione del comportamento degli animali da parte di professionisti, tecnici e allevatori per diagnosticare gli animali malati in condizioni di campo rappresenta oggi una sfida, poiché altre patologie o fattori ambientali, come l'acidosi metabolica, la zoppia o lo stress da caldo, possono risultare fattori confondenti. Tuttavia, questi strumenti tecnologici hanno anche degli aspetti negativi, in particolare il costo e l'investimento dell'impianto. Un'altra importante sfida riguarda la gestione del flusso continuo di dati e la progettazione di algoritmi matematici che permettano di individuare i soggetti non sani.

Da questo studio possiamo dedurre che la fase di adattamento per i bovini da carne rappresenta un momento di riduzione di benessere soprattutto nei primi 14 giorni dopo l'arrivo nel nuovo allevamento. Secondo quanto riscontrato, i bovini risentono dell'effetto della stagione di arrivo e i livelli giornalieri del consumo totale di acqua ci permettono di individuare i soggetti maggiormente a rischio, poiché un consumo basso di acqua predispone l'animale alle patologie respiratorie.

Per tutta la durata complessiva del periodo di adattamento abbiamo potuto riscontrare che gli animali trattati due o più volte per problemi respiratori avevano un consumo di acqua giornaliero nettamente inferiore rispetto agli animali trattati una sola volta o agli animali sani. Siamo giunti alle medesime conclusioni anche per quanto riguarda il tempo di abbeverata giornaliero. In relazione, invece, ai giorni che precedono il trattamento, è interessante notare come il giorno prima della diagnosi dell'animale come malato da parte dell'allevatore il numero di visite all'abbeveratoio decresca. Inoltre, si è potuto osservare un calo progressivo del consumo totale di acqua da parte degli animali nei quattro giorni precedenti al trattamento.

Questi risultati ci suggeriscono che i sistemi di rilevazione del comportamento di abbeverata dei bovini da carne potrebbero permetterci di diagnosticare precocemente le malattie respiratorie, perché rilevano i bovini malati prima che presentino sintomi clinici, consentendo un aumento delle prestazioni produttive. Quindi il monitoraggio individuale del comportamento di abbeverata può rappresentare uno

strumento utile per prevenire una riduzione dello stato di benessere dei bovini da carne durante la fase di adattamento a seguito del loro arrivo dalla Francia.

## **BIBLIOGRAFIA**

- Ackermann, M. R., Derscheid, R., Roth, J. A. (2010). Innate Immunology of Bovine Respiratory Disease. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 26(2), 215–228.  
<https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2010.03.001>
- Ahlberg, C. M., Allwardt, K., Broocks, A., Bruno, K., McPhillips, L., Taylor, A., ... Rolf, M. M. (2018). Environmental effects on water intake and water intake prediction in growing beef cattle<sup>1,2</sup>. *Journal of Animal Science*, 96(10), 4368–4384.  
<https://doi.org/10.1093/jas/sky267>
- Allwardt, K. L. (2016). VALIDATION OF A SYSTEM FOR MONITORING WATER INTAKE AND RESTRICTING WATER INTAKE IN GROUP-HOUSED STEERS.
- Antonio Barberio, Eliana Schiavon. (2021). Diagnostica delle patologie respiratorie del bovino (BRD). Retrieved from  
<https://www.izsvenezie.it/documenti/comunicazione/materiale-editoriale/2-manuali/veterinaria/lg-vet8-BRD.pdf>
- Arias, R. A., Mader, T. L. (2011). Environmental factors affecting daily water intake on cattle finished in feedlots. *Journal of Animal Science*, 89(1), 245–251.  
<https://doi.org/10.2527/jas.2010-3014>
- Basarab, Milligan, D., Hand, R., Huisma, C. (1996). Automatic monitoring of watering behaviour in feedlot steers: Potential use in early detection of respiratory disease and in predicting growth performance., *Can J Anim Sci*, 554.
- Bertocchi, L. (2017). MANUALE / PROCEDURE PER LA VALUTAZIONE DEL BENESSERE E DELLA BIOSICUREZZA NELL'ALLEVAMENTO BOVINO DA CARNE.
- Bertocchi, L., Fusi, F., Angelucci, A., Lorenzi, V. (2018). BENESSERE ANIMALE: LINEE GUIDA PER LA CATEGORIZZAZIONE DEL RISCHIO NELL'ALLEVAMENTO BOVINO DA CARNE.

- Borderas, T. F., Rushen, J., von Keyserlingk, M. A. G., de Passillé, A. M. B. (2009). Automated measurement of changes in feeding behavior of milk-fed calves associated with illness. *Journal of Dairy Science*, 92(9), 4549–4554. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2109>
- Brew, M. N., Carter, J., Maddox, M. K. (2008). The Impact of Water Quality on Beef Cattle Health and Performance, 4. [https://doi.org/Beef cattle water requirements and source management](https://doi.org/Beef%20cattle%20water%20requirements%20and%20source%20management)
- Scientific Committee on Animal Health and Animal Welfare. (2011). *The Welfare of Cattle kept for Beef Production*.
- Brščić, M., Kirchner, M. K., Knierim, U., Contiero, B., Gottardo, F., Winckler, C., Cozzi, G. (2018). Risk factors associated with beef cattle losses on intensive fattening farms in Austria, Germany and Italy. *The Veterinary Journal*, 239, 48–53. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2018.08.002>
- Buhman, M. J., Perino, L. J., Galyean, M. L., Wittum, T. E., Montgomery, T. H., Swingle, R. S. (2000). Association between changes in eating and drinking behaviors and respiratory tract disease in newly arrived calves at a feedlot. *American Journal of Veterinary Research*, 61(10), 1163–1168. <https://doi.org/10.2460/ajvr.2000.61.1163>
- Chapinal, N., Veira, D. M., Weary, D. M., Von Keyserlingk, M. A. G. (2007). Technical Note: Validation of a System for Monitoring Individual Feeding and Drinking Behavior and Intake in Group-Housed Cattle. *Journal of Dairy Science*, 90(12), 5732–5736. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0331>
- Corte dei Conti Europea. (2023). Il trasporto di animali vivi nell'UE: sfide e opportunità. Retrieved from [https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/RV-2023-03/RV-2023-03\\_IT.pdf](https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/RV-2023-03/RV-2023-03_IT.pdf)
- 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(2), 211–215. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2013.03.001>
- Cozzi, Giulio, Brscic, M., Gottardo, F. (2009). Main critical factors affecting the welfare of beef cattle and veal calves raised under intensive rearing systems in Italy: a review. *Italian Journal of Animal Science*, 8(sup1), 67–80. <https://doi.org/10.4081/ijas.2009.s1.67>
- D. Renaudeau, A. Collin, S. Yahav, V. de Basilio, J. L. Gourdine, R. J. Collier. (2011, December 8). Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production | animal | Cambridge Core. Retrieved October 6, 2023, from <https://www.cambridge.org/core/journals/animal/article/adaptation-to-hot-climate-and-strategies-to-alleviate-heat-stress-in-livestock-production/45CDE339A49147C69DBF0D3EB438EB75>
- Daniels, T., Bowman, J., Sowell, B., Branine, M., Hubbert, M. (2000). Effects of Metaphylactic Antibiotics on Behavior of Feedlot Calves. *The Professional Animal Scientist*, 16. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)31707-1](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)31707-1)
- Edwards, T. A. (2010). Control Methods for Bovine Respiratory Disease for Feedlot Cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 26(2), 273–284. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2010.03.005>
- EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW). (2011). Scientific Opinion Concerning the Welfare of Animals during Transport. *EFSA Journal*, 9(1), 1966. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2011.1966>
- EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW). (2012). Scientific Opinion on the welfare of cattle kept for beef production and the welfare in intensive calf farming systems. *EFSA Journal*, 10(5), 2669. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2669>

- Endres, M. I., Schwartzkopf-Genswein, K. (2018). Overview of cattle production systems. In *Advances in Cattle Welfare* (pp. 1–26). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100938-3.00001-2>
- Galyean, M. L., Rivera, J. D. (2003). Nutritionally related disorders affecting feedlot cattle. *Canadian Journal of Animal Science*, *83*(1), 13–20. <https://doi.org/10.4141/A02-061>
- Herlin, A., Brunberg, E., Hultgren, J., Högberg, N., Rydberg, A., Skarin, A. (2021). Animal Welfare Implications of Digital Tools for Monitoring and Management of Cattle and Sheep on Pasture. *Animals*, *11*(3), 829. <https://doi.org/10.3390/ani11030829>
- Hocquette, J.-F., Ellies-Oury, M.-P., Lherm, M., Pineau, C., Deblitz, C., Farmer, L. (2018). Current situation and future prospects for beef production in Europe — A review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, *31*(7), 1017–1035. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0196>
- Hogan, J. P., Petherick, J. C., Phillips, C. J. C. (2007). The physiological and metabolic impacts on sheep and cattle of feed and water deprivation before and during transport. *Nutrition Research Reviews*, *20*(1), 17–28. <https://doi.org/10.1017/S0954422407745006>
- Hutcheson, D. P., Cole, N. A. (1986). Management of Transit-Stress Syndrome in Cattle: Nutritional and Environmental Effects. *Journal of Animal Science*, *62*(2), 555–560. <https://doi.org/10.2527/jas1986.622555x>
- ISMEA. (2017, March). LA COMPETITIVITÀ DELL'ALLEVAMENTO BOVINO DA CARNE IN ITALIA - Sistemi aziendali a confronto - Ismea. Retrieved October 6, 2023, from <https://it.readkong.com/page/la-competitivit-dell-allevamento-bovino-da-carne-in-italia-9508777>
- José R. Bicudo, Richard S. Gates. (2002). Water Consumption, Air and Water Temperature Issues Related to Portable Water Systems for Grazing Cattle. In *2002 Chicago, IL July*

28-31, 2002. American Society of Agricultural and Biological Engineers.

<https://doi.org/10.13031/2013.12628>

Karisch, B. (2008). Beef Cattle Water Requirements and Source Management.

Keane, M. P., McGee, M., O’Riordan, E. G., Kelly, A. K., Earley, B. (2017). Effect of space

allowance and floor type on performance, welfare and physiological measurements of finishing beef heifers. *Animal*, 11(12), 2285–2294.

<https://doi.org/10.1017/S1751731117001288>

Kelly, Bond. (1971). Bioclimatic factors and their measurement. In *A guide to environmental research on animals* (pp. 7–92). National Academy of Sciences, Washington, USA.

Leskovec, J., Voljč, M., Žgur, S. (2022). Effect of a High Welfare Floor and a Concrete Slatted Floor on the Growth Performance, Behavior and Cleanliness of Charolais and Limousin Heifers: A Case Study. *Animals*, 12(7), 859. <https://doi.org/10.3390/ani12070859>

Magrin, L., Gottardo, F., Brscic, M., Contiero, B., Cozzi, G. (2019). Health, behaviour and growth performance of Charolais and Limousin bulls fattened on different types of flooring. *Animal*, 13(11), 2603–2611. <https://doi.org/10.1017/S175173111900106X>

Mariottini, F., Giuliotti, L., Gracci, M., Benvenuti, M. N., Salari, F., Arzilli, L., ... Brajon, G. (2022). The ClassyFarm System in Tuscan Beef Cattle Farms and the Association between Animal Welfare Level and Productive Performance. *Animals*, 12(15), 1924.

<https://doi.org/10.3390/ani12151924>

Marques, R. S., Cooke, R. F., Francisco, C. L., Bohnert, D. W. (2012). Effects of twenty-four hour transport or twenty-four hour feed and water deprivation on physiologic and performance responses of feeder cattle<sup>1</sup>. *Journal of Animal Science*, 90(13), 5040–5046.

<https://doi.org/10.2527/jas.2012-5425>

Meador, H. N. (2019). EVALUATING AND DEVELOPING WATER INTAKE PREDICTION EQUATIONS FOR GROWING AND FINISHING FEEDLOT STEERS.

- Moehlenpah, A. N., Ribeiro, L. P. S., Puchala, R., Goetsch, A. L., Beck, P., Pezeshki, A., ... Lalman, D. L. (2021). Water and forage intake, diet digestibility, and blood parameters of beef cows and heifers consuming water with varying concentrations of total dissolved salts. *Journal of Animal Science*, 99(10), skab282. <https://doi.org/10.1093/jas/skab282>
- Nalon, E., Contiero, B., Gottardo, F., Cozzi, G. (2021). The Welfare of Beef Cattle in the Scientific Literature From 1990 to 2019: A Text Mining Approach. *Frontiers in Veterinary Science*, 7. Retrieved from <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fvets.2020.588749>
- National Academy Press. (2000). *Nutrient Requirements of Beef Cattle: Seventh Revised Edition: Update 2000* (p. 9791). Washington, D.C.: National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/9791>
- Ostojic-Andric, D., Aleksic, S., Petrovic, M. M., Pantelic, V., Stanisic, N., Caro-Petrovic, V., ... Petricevic, M. (2015). Beef cattle welfare - risks and assurance. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 31(3), 313–326. <https://doi.org/10.2298/BAH15033130>
- Palhares, J. C. P., Morelli, M., Novelli, T. I., Méo Filho, P. D., Hisatugu, M. T. (2021). Comparison of two water measurement systems for feedlot beef cattle. *Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 16(4), 1. <https://doi.org/10.4136/ambiente-agua.2729>
- Pierre Lekeux. (1995, September). Bovine respiratory disease complex: A European perspective | The Bovine Practitioner. Retrieved October 2, 2023, from <https://bovine-ojs-tamu.tdl.org/bovine/article/view/2415>
- Puig, A., Ruiz, M., Bassols, M., Fraile, L., Armengol, R. (2022). Technological Tools for the Early Detection of Bovine Respiratory Disease in Farms. *Animals*, 12(19), 2623. <https://doi.org/10.3390/ani12192623>
- Rasby, R. J. (2011). Water Requirements for Beef Cattle.

- R.B. Hicks, F.N. Owens, D.R. Gill, J.J. Martin, C.A. Strasia. (1988). Water intake by feedlot steers. Animal Science Research Report.
- Rouda, R. R., Anderson, D. M., Wallace, J. D., Murray, L. W. (1994). Free-ranging cattle water consumption in southcentral New Mexico. *Applied Animal Behaviour Science*, 39(1), 29–38. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(94\)90013-2](https://doi.org/10.1016/0168-1591(94)90013-2)
- Schneider, M. J., Tait, R. G., Busby, W. D., Reecy, J. M. (2009). An evaluation of bovine respiratory disease complex in feedlot cattle: Impact on performance and carcass traits using treatment records and lung lesion scores. *Journal of Animal Science*, 87(5), 1821–1827. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1283>
- Sexson, J. L., Wagner, J. J., Engle, T. E., Eickhoff, J. (2012). Predicting water intake by yearling feedlot steers. *Journal of Animal Science*, 90(6), 1920–1928. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4307>
- Simova, V., Voslarova, E., Vecerek, V., Passantino, A., Bedanova, I. (2017). Effects of travel distance and season of the year on transport-related mortality in cattle. *Animal Science Journal*, 88(3), 526–532. <https://doi.org/10.1111/asj.12658>
- Smith, D. R. (2020). Risk factors for bovine respiratory disease in beef cattle. *Animal Health Research Reviews*, 21(2), 149–152. <https://doi.org/10.1017/S1466252320000110>
- Smith, S. B., Gotoh, T., Greenwood, P. L. (2018). Current situation and future prospects for global beef production: overview of special issue. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 31(7), 927–932. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0405>
- Sowell, B. F., Branine, M. E., Bowman, J. G., Hubbert, M. E., Sherwood, H. E., Quimby, W. (1999). Feeding and watering behavior of healthy and morbid steers in a commercial feedlot. *Journal of Animal Science*, 77(5), 1105. <https://doi.org/10.2527/1999.7751105x>

- Swanson, J. C., Morrow-Tesch, J. (2001). Cattle transport: Historical, research, and future perspectives. *Journal of Animal Science*, 79(E-Suppl), E102.  
<https://doi.org/10.2527/jas2001.79E-SupplE102x>
- Thornton, P. K. (2010). Livestock production: recent trends, future prospects. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1554), 2853–2867.  
<https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0134>
- Vapnek, J., Chapman, M. S. (2010, December 31). Legislative and Regulatory Options for Animal Welfare. SSRN Scholarly Paper, Rochester, NY. Retrieved from  
<https://papers.ssrn.com/abstract=2898362>
- 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(4), 418–435.  
<https://doi.org/10.15232/aas.2021-02136>
- Welfare Quality. (2009, October 1). Assessment protocol for cattle. Retrieved from  
[http://www.welfarequalitynetwork.net/media/1088/cattle\\_protocol\\_without\\_veal\\_calves.pdf](http://www.welfarequalitynetwork.net/media/1088/cattle_protocol_without_veal_calves.pdf)
- Williams, L. R., Moore, S. T., Bishop-Hurley, G. J., Swain, D. L. (2020). A sensor-based solution to monitor grazing cattle drinking behaviour and water intake. *Computers and Electronics in Agriculture*, 168, 105141.  
<https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.105141>
- Wilson, B. K., Richards, C. J., Step, D. L., Krehbiel, C. R. (2017). Best management practices for newly weaned calves for improved health and well-being. *Journal of Animal Science*, 95(5), 2170. <https://doi.org/10.2527/jas2016.1006>
- Winchester, C. F., Morris, M. J. (1956). Water Intake Rates of Cattle. *Journal of Animal Science*, 15(3), 722–740. <https://doi.org/10.2527/jas1956.153722x>

Wright, C. L. (2007). Management of Water Quality for Beef Cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 23(1), 91–103.

<https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2006.12.002>

## LISTA DELLE FIGURE

Figura 1 – Produzione Mondiale di carne bovina e bufalina

Figura 2 – Distribuzione della produzione di carne bovina e bufalina nel Mondo

Figura 3 – Produzione di carne bovina per classe di bovini

Figura 4 – La rilevanza della filiera della carne bovina nel sistema agroalimentare nazionale

Figura 5 – Grafico indice THI

Figura 6 – Mortalità legata al trasporto di singoli bovini in relazione alla stagione dell'anno nel periodo dal 2009 al 2014

Figura 7 – Dalle misure alle informazioni

Figura 8 – La figura illustra i tag RFID in un'azienda agricola, un lettore di tag e la posizione del server di gestione. Il lettore di tag può essere portatile o fisso.

Figura 9 – Etichetta auricolare con sensore di identificazione a radiofrequenza (RFID)

Figura 10 – Schema illustrativo del principio di funzionamento di una telecamera termografica a infrarossi

Figura 11 – Sistema di rilevazione dell'assunzione d'acqua GrowSafe

Figura 12 – Esempio di abbeveratoio a livello, accettabile per pulizia

Figura 13 – Box di adattamento in cui venivano stabulate le partite importate dalla Francia

Figura 14 – Prototipo di stazione individuale di abbeveraggio installato all'interno del box di adattamento

Figura 15 – Ingresso di un bovino all'interno della stazione individuale di abbeveraggio

Figura 16 – Consumo di acqua giornaliero in funzione della settimana di adattamento considerando l'effetto della frequenza dei trattamenti medici ricevuti

Figura 17 – Tempo di abbeverata giornaliero in funzione della settimana di adattamento considerando l'effetto della frequenza dei trattamenti medici ricevuti

Figura 18 – Frequenza di abbeveraggio per i vitelli malati (cerchio) non malati (quadrato), e non rimossi dal recinto (triangolo). La frequenza è stata definita come la presenza di un vitello all'abbeveratoio per  $\geq 5,25$  secondi

Figura 19 – Durata dell'abbeveraggio per i vitelli malati (cerchio), non malati (quadrato) e non rimossi dal recinto (triangolo)

Figura 20 – Media del numero di abbeveraggi giornalieri per manzi sani (+) e malati (triangolo) in un allevamento commerciale di Wellton, in Arizona durante la Prova 1 (**A**) (da luglio ad agosto 1996) e la Prova 2 (**B**) (da novembre al dicembre 1996)

Figura 21 – Tempo di abbeverata per visita in funzione alla settimana di adattamento considerando l'effetto della frequenza dei trattamenti medici ricevuti

Figura 22 – Consumo di acqua per visita per effetto dell'interazione tra la frequenza dei trattamenti medici e la settimana di adattamento

Figura 23 – Velocità di abbeverata per effetto dell'interazione tra la frequenza dei trattamenti e la settimana di adattamento

Figura 24 – Variazione delle visite giornaliere all'abbeveratoio in funzione ai giorni di distanza dal trattamento

Figura 25 – Variazione del consumo totale di acqua in funzione ai giorni di distanza dal trattamento

Figura 26 – Tempo di abbeverata per visita in funzione ai giorni di distanza dal trattamento

Figura 27 – Consumo di acqua per visita in funzione ai giorni di distanza dal trattamento

Figura 28 – Velocità di abbeverata in funzione ai giorni di distanza dal trattamento