

# **UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA**

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

Corso di Laurea Magistrale in Scienze e Tecnologie Animali

## **Analisi della curva di lattazione nella bufala di razza Mediterranea Italiana e dei principali fattori che la condizionano.**

**Relatore**

Prof. Giulio Cozzi

Laureanda:

Zampieri Lucrezia

Matricola n. 2097544

ANNO ACCADEMICO 2023/2024



## Sommario

<b>RIASSUNTO</b> .....	3
<b>ABSTRACT</b> .....	4
<b>1. INTRODUZIONE</b> .....	5
<b>1.1 Storia evolutiva della specie bufalina</b> .....	5
<b>1.2 Le razze</b> .....	12
<b>1.3 La razza di Bufala Mediterranea Italiana</b> .....	21
<b>1.3.1 Caratteristiche riproduttive e produttive</b> .....	25
<b>1.3.2 La lattazione</b> .....	27
<b>1.3.3 La curva di lattazione</b> .....	32
<b>2. OBIETTIVO DELLA TESI</b> .....	35
<b>3. MATERIALI E METODI</b> .....	36
<b>4. RISULTATI E DISCUSSIONE</b> .....	44
<b>4.1 Data screening</b> .....	45
<b>4.2 Curva media generale</b> .....	51
<b>4.3 Effetto dell'ordine di parto</b> .....	54
<b>4.4 Effetto della stagione di parto</b> .....	57
<b>5. CONCLUSIONI</b> .....	61
<b>BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA</b> .....	62

## RIASSUNTO

Il presente lavoro di tesi affronta il tema della curva di lattazione nella bufala di razza Mediterranea Italiana. Nella prima parte vengono analizzate l'origine della specie, le caratteristiche morfologiche, riproduttive e produttive, le pratiche gestionali di allevamento e le principali razze nel mondo, con un particolare *focus* sulla bufala Mediterranea Italiana. Le banche dati generalmente utilizzate per il calcolo delle curve di lattazione nella specie bufalina utilizzano i dati produttivi derivanti dai controlli funzionali, realizzati con frequenza mensile. Questo studio ha invece voluto calcolare e analizzare la curva di lattazione della bufala utilizzando le produzioni giornaliere, raccolte mediante sensori applicati in sala di mungitura in un allevamento commerciale. La raccolta dati realizzata in uno specifico caso aziendale del Veneto in un arco temporale compreso tra 01/01/2023 e 31/07/2024 ha permesso di disporre di 175 curve individuali di lattazione che sono state sottoposte ad una procedura di *fitting* utilizzando il modello matematico di Wood, già testato sulla vacca da latte.

Una procedura di *screening* si è resa necessaria per eliminare curve anomale a causa di dati limitati o fortemente incompleti riducendo il *dataset* definitivo a 160 curve. L'analisi di queste curve ha permesso il calcolo di un valore medio descrittivo dell'andamento della produzione di latte da cui sono stati derivati parametri come i giorni al picco di lattazione e la relativa produzione al picco.

Una successiva analisi statistica ha permesso di valutare l'effetto dell'ordine di parto e della stagione in cui ha inizio la lattazione. Nel caso dell'ordine di parto non sono state ottenute variazioni molto rilevanti, anche se tendenzialmente la curva delle primipare è stata inferiore a quelle di bufale al secondo e terzo parto. Molto più evidente è stato l'effetto della stagione che ha visto i risultati più favorevoli per bufale che partoriscono in inverno e in primavera.

Alla luce di questo risultato e del fenomeno del *global warming*, anche negli allevamenti di bufale appare corretto suggerire l'introduzione di soluzioni strutturali e gestionali in grado di mitigare lo stress da caldo.

In conclusione, si segnala l'importanza dei sensori che rilevano i dati produttivi in sala mungitura: grazie ad essi è possibile ricavare i dati necessari per l'analisi delle curve di lattazione, strumento utile per verificare la qualità della gestione aziendale.

## ABSTRACT

This thesis has aimed to address the issue of the lactation curve in the Mediterranean Italian buffalo breed. The first part analyzes the origin of the species, its morphological, reproductive, and productive characteristics, the management practices in buffalo breeding and the main breeds worldwide, with a particular focus on the Mediterranean Italian buffalo.

The databases generally used for calculating lactation curves in the buffalo species employ production data derived from functional controls, which are conducted on a monthly basis. Instead, this study aimed to calculate and analyze the lactation curve of buffaloes using daily production data, collected through sensors installed in the milking parlor of a commercial breeding. The data collection was conducted in a specific case study in Veneto over a period between 01/01/2023 and 31/07/2024, which allowed for obtaining 175 individual lactation curves that were subjected to a fitting procedure using the Wood mathematical model, previously tested on dairy cows.

A screening procedure was necessary to eliminate anomalous curves due to limited or highly incomplete data, reducing the final *dataset* to 160 curves. The analysis of these curves enabled the calculation of an average descriptive value for the trend in milk production, from which parameters such as days to peak lactation and relative peak production were derived.

A subsequent statistical analysis allowed the evaluation of the effect of parity and the season in which lactation begins. In the case of parity, no significant variations were observed, although the lactation curve for first-calf heifers was generally lower than that of buffaloes in their second and third lactations. The effect of the season was much more evident, with more favorable results for buffaloes that calved in winter and spring.

In light of this result and the phenomenon of global warming, it also seems appropriate to suggest the introduction of structural and management solutions to mitigate heat stress in buffalo farms.

In conclusion, the importance of sensors that detect production data in the milking parlor should be highlighted: thanks to them, it is possible to obtain the necessary data for the analysis of lactation curves, a useful tool for verifying the quality of farm management.

# 1. INTRODUZIONE

## 1.1 Storia evolutiva della specie bufalina

I bufali, dal latino parlato *bufalum*, appartengono alla classe Mammiferi, ordine Artiodattili, sottordine Ruminanti, famiglia Bovidi, sottofamiglia Bovini, genere *Bubalus*, specie *bubalus*. La specie si suddivide in: Bufalo Africano (*Bubalus syncerus*) (Figura 1) (Figura 2), tipo selvatico e Bufalo Asiatico (*Bubalus bubalis*) (Figura 3), tipo domestico, a cui appartengono le principali razze a triplice attitudine. Quest'ultimo si distingue in *Swamp*, bufalo da palude predisposto a vivere in ambienti paludosi ed acquitrinosi e *River*, bufalo di fiume che predilige le zone fluviali (Zhang *et al.*, 2020). Successivamente l'addomesticazione, occupano regioni geografiche distinte: il bufalo da palude la zona dell'Asia sud-orientale, estendendosi fino alla valle cinese del fiume Yangtze; e il *River* la parte occidentale, fino ad Egitto, Balcani ed Italia (Figura 4) (Figura 5). La penisola italiana rappresenterà inoltre la culla d'origine della razza di Bufala Mediterranea Italiana, riconosciuta ufficialmente dal MIPAAF nel 2000.

Questa distribuzione geografica porta ad uno sviluppo che si differenzia dal punto di vista evolutivo, morfologico, produttivo e genetico. I tratti generali di questo animale sono: forma tozza, pelame scarso, statura variabile, coda di media lunghezza con ciuffo terminale, fronte più o meno convessa, muso largo, arti corti e robusti, zoccoli larghi, corna a sezione più o meno triangolare e rugose nei due terzi basali a sezione tondeggianti e lisce nel terzo distale (Enciclopedia Treccani).

Il bufalo palustre può raggiungere un peso massimo di 650 kg, con una produzione annua di latte fino a 600 kg. È caratterizzato da una forma tozza e pesante, un mantello grigio scuro con "chevrons" bianchi, ovvero una o due strisce bianche sulla gola, calzini e punta della coda bianchi e corna che crescono lateralmente ed orizzontalmente curvandosi a semiluna. È utilizzato nelle attività agricole, di pesca e nella coltivazione del riso, secondariamente per la produzione di carne. Questa sottospecie rappresenta il 19% dell'intera popolazione bufalina ed è presente per il 63% in Cina (Borghese e Moioli, 2011).

Il tipo fluviale può pesare fino a 1000 kg con una produzione annua di latte che può arrivare attorno ai 3000 kg. Ha forme più armoniche e un mantello nero con corna brevi che crescono ricurve all'indietro e verso l'alto. L'obiettivo di questo allevamento è la produzione di latte destinato interamente alla caseificazione. Questo tipo costituisce l'81% della popolazione mondiale della specie e l'India rappresenta l'area con il maggior numero di capi con il 69% (Zhang *et al.*, 2020) (Borghese e Moioli, 2011). Il bufalo possiede ghiandole sebacee che

rendono la pelle untuosa, il sebo svolge una funzione protettiva, mentre la pelle stessa è pigmentata con melanina, che protegge dai raggi ultravioletti. Tuttavia, la scarsità di ghiandole sudoripare rende difficile la dissipazione del calore. La respirazione e l'evaporazione cutanea sono meno efficaci a causa dell'alcalosi, conseguenza di un rapido aumento del pH del sangue caratteristico di questo animale, che complica il mantenimento di una temperatura corporea stabile; motivo per cui il bufalo nutre un forte interesse per sguazzare nelle pozze d'acqua (19, Koga,1991) (De Rosa *et al.*, 2009).

I due tipi sono inoltre geneticamente distinti,  $2n=48$  per il bufalo da palude e  $2n=50$  per il tipo di fiume. Di conseguenza, l'incrocio tra di loro determina ipofertilità.

La crescente meccanizzazione agricola ha portato ad una diminuzione della densità di popolazione impiegata come animale da lavoro e per la produzione di carne, mentre si registra un aumento significativo del numero del tipo *River* (Zhang *et al.*, 2020).



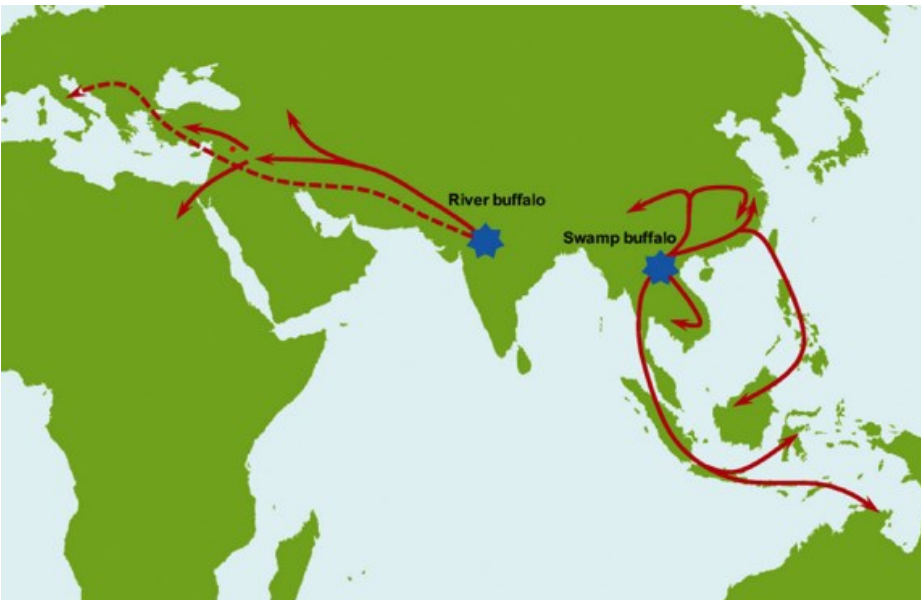
**Figura 1** A raffigura bufalo asiatico, B quello africano (Enciclopedia Treccani).



**Figura 2** Bufalo Africano (Pikbest).

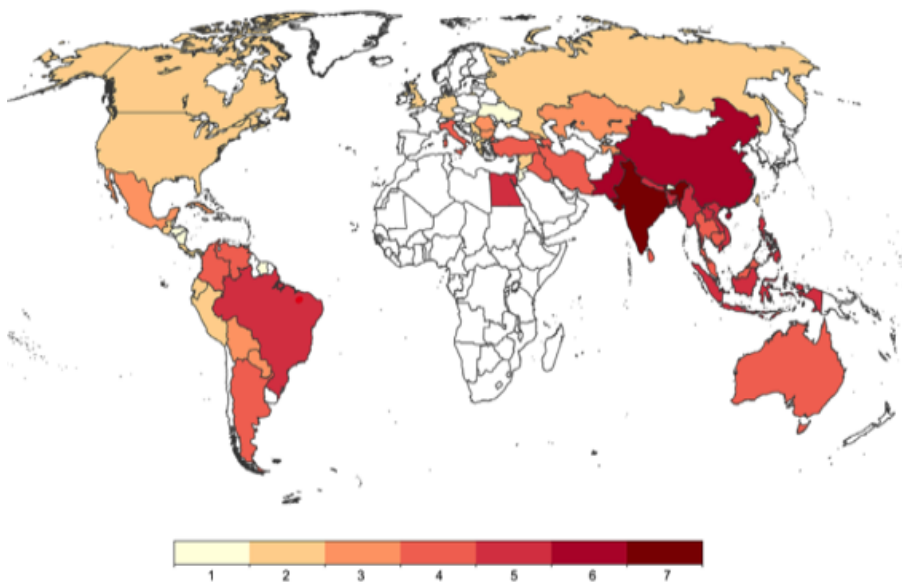


**Figura 3** Bufalo d'acqua asiatico (*Bubalus bubalis*), (Adobe Stock).



**Figura 4** Rotte migratorie “water buffalo” e “swamp buffalo” proposte da Colli et al. nel 2018 (Zhang et al., 2020).





**Figura 5** Distribuzione globale del bufalo d'acqua asiatico. (Zhang et al., 2020).

Ad oggi non si dispongono di prove certe riguardo l'introduzione del bufalo asiatico nella nostra penisola a causa dell'assenza di documenti attendibili. Esistono però tre teorie principali. La prima sostiene che i bufali fossero già presenti ai tempi dei romani, segue una teoria che attribuisce la loro introduzione ai Longobardi, l'ultima agli Arabi. Non ci sono dubbi sulla provenienza di questo animale dalla regione indiana, dove sono allevati i bufali *River*, considerando che in Mongolia sono presenti i bufali *Swamp* con un corredo cromosomico che differisce dalla specie mediterranea. Probabilmente i bufali asiatici seguirono le vie fluviali diffondendosi in Europa e soprattutto nell'Italia meridionale.

Il primo documento ufficiale risale al XII secolo trovato all'Abbazia di Farpa, in Lazio, e il successivo è datato al XIII secolo, in epoca angioina, in un decreto di re Carlo I d'Angiò, in cui si ordina di restituire un bufalo da lavoro. In questo periodo i monaci del Monastero di San Lorenzo in Capua in occasione del Santo Patrono ai componenti del Capitolo si offriva una mozza o provatura.

Il bufalo, adattato al clima tropicale caldo e umido, veniva allevato nelle aree paludose e marginali della Piana del Sele, mantenendo la presenza umana in queste zone, poiché nessun'altra attività zootecnica avrebbe potuto sopravvivere a condizioni così estreme. Grazie alla sua capacità di adattamento, presenta un'elevata efficienza di utilizzazione dei foraggi tipici degli ambienti acquitrinosi.

Grazie alle caratteristiche dell'allevamento, i prodotti bufalini acquistarono un ruolo importante nei mercati di Napoli, Salerno e zone limitrofe dal 1300. Nacque una vera e

propria rete commerciale e i grandi mercati di Napoli, Salerno, Caserta e varie zone del salernitano divennero centri di distribuzione dei prodotti provenienti dai principali luoghi di allevamento, come la Piana del Sele e le aree circostanti. Per ottimizzare la lavorazione del latte, sorsero numerose masserie con l'obiettivo di centralizzare operazioni di trasformazione facilitando la vendita nei mercati più importanti.

Nonostante il crescente interesse per questo settore, la sua filiera produttiva risultava frammentata a causa della distanza tra i mercati di riferimento e le piccole aziende, oltre alla scarsa viabilità, che complicava il commercio e la conservazione del latte. Molte aziende, infatti, continuarono ad allevare specie zootecniche con un mercato già consolidato.

Durante l'occupazione spagnola veniva praticata la "caccia alla bufala", durante la quale la corte si recava nelle aree di allevamento del Volturno e del Sele per assistere all'evento. Qui esistono ancora le vecchie bufalare, alloggi notturni destinati ai guardiani delle bufale. Nel XIX secolo, in piena crisi zootecnica, il mercato bufalino riuscì a sopravvivere grazie alle caratteristiche che lo distinguevano dagli altri animali allevati quali la mole, l'adattabilità e la rusticità. Fu impiegato nel lavoro agricolo, nel trasporto e nella pulizia dei fiumi e di aree paludose. Inoltre, dallo scarto della macellazione, come pelli e corna, venivano creati oggetti ambiti.

Nel secolo successivo, gli allevamenti hanno conosciuto una notevole espansione nonostante una malattia, la brucellosi, che colpiva la specie provocando aborti spontanei, con conseguenze critiche per la salute dell'animale e per l'economia aziendale. Il fenomeno è diminuito notevolmente grazie a programmi di controllo ed eradicazione con abbattimento degli animali infetti. Nel 1947 infatti, la popolazione bufalina ammontava già a 12.000 capi, concentrati soprattutto nel salernitano.

In passato, la bufala veniva utilizzata prevalentemente nelle aree depresse del Meridione, ma recentemente, grazie al crescente interesse del mercato, è stata posta maggiore attenzione sui metodi di allevamento. Si è passati da un sistema estensivo, con accesso al pascolo e pozze di fango, a mungitura manuale, ad un sistema semi-libero o stallino con la sala di mungitura. Oggi possono essere allevate secondo un sistema intensivo tradizionale o con un approccio che prevede l'uscita nei paddock durante il giorno e stabulazione notturna in stalla.

La somiglianza attuale del sistema di stabulazione del bufalo a quello bovino è dovuta alla sostituzione del precedente allevamento bovino in queste strutture, come conseguenza delle quote latte imposte dall'Unione Europea. L'interesse crescente dei consumatori per i prodotti di bufala ha inciso notevolmente nella decisione degli allevatori di avviare questo

tipo di allevamento, nonostante le radici ancora instabili, approfittando anche del vantaggio economico dato dai prezzi dei prodotti più elevati rispetto a quelli della filiera bovina.

Il passaggio ad un sistema intensivo migliorò la resistenza degli animali, in particolare dei più giovani ed ha aumentato le rese produttive, trascurando però il benessere animale (Bufalo Quality Italia).

A sostegno di quanto detto, l'articolo di De Rosa *et al.* (2009) confronta due realtà di allevamento differenti: 45 bufale con 10 m<sup>2</sup>/capo, stabulati liberamente in una struttura a lati aperti e pavimento in cemento, e 43 animali con 36 m<sup>2</sup>/capo in una stalla simile con accesso ad un paddock esterno a pavimentazione naturale ed un'ampia piscina (Figura 6) (Figura 7) (Figura 8).

Durante il periodo di osservazione, da giugno a settembre, sono stati analizzati i vari comportamenti dalla mandria e la produzione di latte in relazione alla temperatura ambientale.

È emerso che nel primo caso si osservava una percentuale maggiore di animali inattivi ma un tasso più alto di prestazione riproduttiva; mentre nel secondo caso si sono registrati più episodi di comportamenti sociali positivi, *self-grooming* e comportamenti curiosi, ma anche un tasso maggiore di interazioni agonistiche, sebbene complessivamente non significative, considerando l'ampio spazio a disposizione. Per quanto riguarda la produzione di latte, si è registrato un quantitativo maggiore nel secondo caso.

Dunque, i risultati ottenuti suggeriscono che le bufale preferiscono un sistema di allevamento che prevede ampi spazi esterni e piscine. Esiste una relazione positiva tra la temperatura ambientale e il tempo trascorso in acqua, poiché l'immersione rappresenta il metodo più efficace per la termoregolazione contro il caldo estivo, e così facendo si supporta la produzione e si favorisce il loro benessere. È consigliabile allevare i bufali all'aperto, in presenza di paddock e zone d'ombra, dando la possibilità di proteggersi dalle radiazioni solari intense e piscine d'acqua, per permettere loro di trascorrere del tempo in un ambiente umido, secondo il loro adattamento (De Rosa *et al.*, 2009).



**Figura 6** Bufala che nuota (ecoo, 2023).



**Figura 7** Paddock esterno con piscina (Consorzio Mozzarella di Bufala Campana, 2017).



**Figura 8** Allevamento confinato in stalla senza possibilità di uscire all'aperto.

## 1.2 Le razze

La distribuzione della popolazione bufalina a livello globale è influenzata da vari fattori, tra cui caratteristiche geografiche, economiche e culturali di ogni Paese. Secondo un documento della FAO, la popolazione mondiale bufalina può essere suddivisa in cinque principali gruppi fluviali presenti soprattutto nel continente asiatico; alcune razze sono state importate in altre aree come Africa, Vicino Oriente, America Latina, Europa orientale.

Gruppo "*Murrah*", che include le razze: *Murrah*, *Nili-Ravi* e *Kundi*;

gruppo "*Gujarat*", con: *Surti*, *Mehsana* e *Jaffarabadi*;

gruppo "*Uttar Pradesh*", che comprende *Bhadawari* e *Tarai*;

gruppo "*Central Indian*": *Nagpuri*, *Pandharpuri*, *Manda*, *Jerangi*, *Kalahandi* e *Sambalpuri*;

gruppo "*South Indian*", con *Toda* e *South Kanara* (FAO, 2018).

A livello mondiale la popolazione bufalina è di circa 205 milioni di capi, con oltre il 98% concentrato in Asia, lo 0,7% in Africa (principalmente in Egitto) l'1% in Sud America e lo 0,2% in Europa.

L'India ospita il maggior numero di bufali e presenta una distribuzione di razze come segue: 40% *Murrah*, 15% *Nili-Ravi*, 10% *Surti*, 9% *Jafarabadi*, 5% *Pandharpuri*, 20% altre (A.N.A.S.B.). Nel continente asiatico rappresenta il Paese che più investe in questa specie, puntando su innovazioni scientifiche e tecnologiche per migliorare la nutrizione e di conseguenza produzione e riproduzione dei bufali. Nel settore zootecnico, in particolare nella filiera bufalina, ha agito con la *green revolution* con lo scopo di espandere l'agricoltura per sostenere le produzioni animali; la *white revolution* per incrementare la produttività di latte e soddisfare il fabbisogno umano e la *red revolution* per aumentare la produzione di carne (Borghese, 2009).

Di seguito sono riportate alcune delle principali razze di bufalo specializzate nella produzione di latte:

- *Murrah*: originaria dell'India, è una delle razze più diffuse ed importanti al mondo. È stata selezionata a lungo per aumentare la produzione di latte. È allevata anche in altri Paesi quali Bulgaria, Egitto, Brasile e in Asia orientale. Ha un mantello nero, corna corte e ricurve. La durata della lattazione è di circa 305 giorni, con una produzione media di 1800 kg (Figura 9);
- *Nili-Ravi*: originaria del Pakistan e presente anche in India e nel Punjab. Nonostante in passato fosse utilizzata come animale da tiro, attualmente è una razza molto produttiva ed è il risultato di incroci tra due razze *Nili* e *Ravi*, poiché non erano più distinguibili singolarmente. Presenta caratteristiche simili alla *Murrah* ma è più robusta e ha corna a forma di falce. La lattazione dura 305 giorni con 2000 kg di latte (Figura 10);
- *Kundi*, seconda razza più importante del Pakistan, apprezzata per la produzione di latte e carne. È nera con le corna corte (Figura 11);
- *Surti*, originaria di Gujarat e Rajasthan, regioni indiane. È apprezzata per l'alto contenuto di grasso nel latte. Con una lattazione di 350 giorni e una produzione media di 2090 kg di latte. Ha un mantello grigio con corna corte e curve (Figura 12);
- *Mehsana*: razza intermedia tra *Murrah* e *Surti*, presente maggiormente nel Gujarat, India. La lattazione è di 305 giorni, con una produzione media che può arrivare a 2700 kg di latte. È soggetta ad un piano di miglioramento genetico grazie alla buona capacità produttiva (Figura 13);
- *Jafarabadi*: indiana, riconoscibile per la grande mole e le corna lunghe e ricurve verso il basso. Si stima una produzione di 2000 kg in 350 giorni di lattazione (Figura 14);

- *Bhadawari*: risultato di programmi di miglioramento genetico, è considerata la migliore razza locale nell'Uttar Pradesh. Un animale dal mantello ramato con l'anello bianco al collo e la coda bianca o accompagnata dal nero, corna corte e ricurve all'indietro (Figura 15);
- *Tarai*: dal mantello scuro e possibile macchia bianca sulla fronte e coda e corna spiralizzate all'indietro. È possibile l'incrocio con la razza *Murrah*. Il periodo di lattazione è di 250 giorni con una produzione di 450 kg (Figura 16);
- *Nagpuri*: razza indiana locale migliorata, nera con alcune macchie bianche e corna lunghe e ricurve all'indietro. La sua produzione di latte è moderata con un buon contenuto di grasso e una lattazione che dura 240 giorni (Figura 17);
- *Pandharpuri*: dall'origine indiana, presenta un mantello grigio o nero e corna lunghe a spirale, caratteristica che la distingue dalle altre razze. Nonostante la scarsa produzione, il latte ha un'elevata quantità di grasso (Figura 18);
- *Manda*: grigia o marrone; la produzione è limitata e una resa di latte di 4 kg al giorno (Figura 19);
- *Jerangi*: caratterizzata da una mole piccola, mantello nero con piccole corna all'indietro. Trova una grande utilizzazione nel lavoro da tiro.
- *Kalahandi*: grigia scura o nera, con corna curve rivolte all'indietro. Grazie alla sua resistenza, è usata nei terreni agricoli e risaie. Produce poco latte ma di buona qualità (Figura 20);
- *Sambalpuri*: con un corpo nero e coda bianca, corna incurvate all'indietro a forma di semicerchio e punta rivolta in avanti. È la più produttiva nell'area nello stato di Madhya Pradesh, nell'India centrale; produce fino a 2500 kg di latte in 340 giorni di lattazione, ed è utilizzata anche nel lavoro agricolo (Figura 21);
- *Toda*: dal mantello grigio e corna ricurve all'indietro. L'allevamento è tipico delle colline sud-occidentali dell'India, quindi segue un sistema estensivo e semi-selvatico. La resa media di latte è di 500 kg di latte con una lattazione di 200 giorni (Figura 22);
- *South Kanara*: con mantello scuro e corna all'indietro. Grazie alla sua resistenza al clima caldo e umido è adatta ai lavori nei terreni e nelle risaie. Nonostante la produzione scarsa, il latte prodotto è sufficiente per la popolazione locale (Figura 23);
- *Egyptian Buffalo*: introdotti in Egitto dai Paesi asiatici, successivamente si sono distinti in base alla condizione ambientale. Ha un mantello scuro con corna corte e leggermente ricurve. È la razza più importante per la produzione di latte di questo

Paese, con una produzione media di 1200-2000 kg e 250 giorni di lattazione (Figura 24);

- *Carabao*: utilizzata come triplice attitudine nelle Filippine. Il latte contiene un buon quantitativo di grasso, anche se la produzione è limitata (Figura 25);
- *Anatolian Buffalo*: presente in Turchia da secoli, è il risultato della migrazione indiana e dell'espansione dell'Islam. È nera a pelo lungo, la lattazione dura mediamente 250 giorni con una produzione di 1000 kg di latte (Figura 26).

La maggior parte di queste razze viene allevata seguendo metodi tradizionali domestici; allevamento della bufala con il vitello, con mungitura manuale, alimentazione basata in prevalenza su concentrati e accoppiamento naturale (Moioli e Borghese, 2005).



**Figura 9** Murrah buffalo.



**Figura 10** Nili-Ravi buffalo (Nerus, A. 2022).





**Figura 11** Kundi buffalo (Santos, A., 2023).



**Figura 12** Surti buffalo (Buffalopedia, 2024).



**Figura 13** Mehsana buffalo (Exporters India).



**Figura 14** Jafarabadi (Nakamura, 2023).



**Figura 15** Bhadawari buffalo (Pashudhan Praharee).



**Figura 16** Tarai buffalo (GenPI Riau, 2023).



**Figura 17** Nagpuri buffalo (Buffalopedia).



**Figura 18** Pandharpuri buffalo (Dairy Knowledge Portal).



**Figura 19** Manda buffalo (Telegraph India).



**Figura 20** Kalahandi buffalo (Dairy Knowledge Portal).



**Figura 21** Sambalpuri buffalo (Buffalopedia).



**Figura 22** Toda buffalo (Buffalopedia).



**Figura 23** South Kanara (Vermeer, 2008).



**Figura 24** Egyptian buffalo (Agroberichten Buitenland).



**Figura 25** Carabao buffalo (Shutterstock).



**Figura 26** Anatolian water buffalo (Wayer Buffaloes).

Gli animali abituati a condizioni di gestione con bassi input nutrizionali e ambientali, vengono allevati principalmente in Paesi poveri o in via di sviluppo che non dispongono di sufficienti risorse. Ne deriva una buona resistenza, infatti per questo motivo gli allevatori utilizzano questa specie non solo per la produzione di latte, carne e fertilizzante organico, ma anche per il lavoro nelle aree agricole o nelle risaie, dove nessun altro animale potrebbe essere impiegato.

Nonostante il bufalo sia originario dell'Estremo Oriente, oggi assume una posizione rilevante nel settore zootecnico a livello globale. L'Asia è stato il continente promotore della diffusione di questa specie, importandola poi in America, dove si è ben adattata; in Africa, dove hanno trovato un ambiente favorevole soprattutto nella fascia del Maghreb; in Europa, in cui l'allevamento è in continua crescita grazie all'interesse dei consumatori che richiedono dal mercato prodotti di alta qualità attribuibili principalmente alla razza Mediterranea Italiana.

### **1.3 La razza di Bufala Mediterranea Italiana**

Nel 1979 in Italia viene istituita l'Associazione Nazionale della Specie Bufalina (A.N.A.S.B.) e nel 1994 ottiene il riconoscimento dal Ministero delle Politiche Agricole e Forestali. Nel 2000 viene consegnato ad A.N.A.S.B. il Libro Genealogico della Specie Bufalina con il D.M. 20154; nello stesso anno la Bufala Mediterranea Italiana viene riconosciuta come una vera e propria razza con il D.M. 201992, grazie al lungo isolamento e all'assenza di incroci con altre bufale (A.N.A.S.B.).

Attualmente, con il 95% è la razza più allevata in Europa (Zicarelli, 2021). In Italia gli allevamenti presenti sono 2.313 con 439.933 capi. Il Veneto conta 86 allevamenti bufalini

con un totale di 1.978 capi. Mentre la Campania, regione d'origine della Bufala Mediterranea Italiana, ospita la maggior parte di questi allevamenti, 1.182 allevamenti e 307.297 animali. La suddivisione in Italia della popolazione bufalina considerando l'orientamento produttivo è la seguente: 400.215 capi destinati alla produzione di latte per l'industria della trasformazione casearia, 3.782 capi con lo scopo di produrre carne per il consumo e i rimanenti 34.602 con destinazione mista (Sistema Informativo Veterinario, Ministero della Salute, 2024).

L'incremento della popolazione bufalina durante gli anni è attribuibile alla crescente domanda di prodotti caseari da parte dei consumatori. Dal punto di vista economico, in presenza di una materia prima insufficiente e di un'elevata richiesta del bene in esame, il prezzo che ne deriva sarà più alto rispetto alla media. Per citare un esempio, il prezzo medio del latte alla stalla per la Mozzarella di Bufala Campana DOP nel 2021 era di 1,65 €/L, nettamente superiore rispetto al latte bovino, che è disponibile in maggiore quantità (CLAL, 2021) (Ruminantia, 2021).

I fenomeni dell'aumento della qualità e la diminuzione delle frodi sono riconducibili all'unione di alcuni produttori della filiera bufalina, da cui è originato nel 1981 il Consorzio di tutela. Negli anni a seguire, richiede per La Mozzarella di Bufala Campana il riconoscimento di Denominazione di Origine Protetta, ottenendola nel 1996. Oggi, questo prodotto si classifica al quarto posto nei formaggi DOP più importanti nel nostro Paese (A.N.A.S.B.).

Con questo metodo si garantisce per la produzione l'utilizzo esclusivo di latte di bufala fresco. In passato, per opporsi alla carente disponibilità di latte bufalino venivano aggiunti latte congelato spesso venduto come fresco o latte bovino. Per contrastare tali frodi, è stata introdotta nel 2014 la tracciabilità, che prevede settimanalmente la registrazione da parte dell'azienda del latte prodotto e la sua destinazione. Di conseguenza, la materia prima risulta essere di qualità superiore grazie all'utilizzo di latte fresco: questo porta ad un miglioramento qualitativo delle mozzarelle prodotte e ad un aumentato valore di mercato (Zicarelli, 2019). Il suo successo è attribuibile alle spiccate proprietà organolettiche e sensoriali.

La filiera è focalizzata quasi esclusivamente sulla trasformazione casearia, mentre il mercato della carne è poco conosciuto. L'assenza di politiche di tutela adeguate complica la commercializzazione e la diffusione delle informazioni nella società. Rispetto alla carne bovina presenta notevoli pregi nutrizionali, contiene infatti meno grasso e più proteina, meno acidi grassi saturi rispetto agli insaturi, un contenuto maggiore degli acidi grassi neutri nella colesterolemia dell'uomo, e quindi è una valida alternativa per chi dovrebbe evitare il

consumo di alimenti di origine animale. Il contenuto vitaminico-minerale è da considerarsi migliore rispetto al bovino (A.N.A.S.B.). L'interesse da parte dei consumatori è in crescita soprattutto per le sue qualità nutrizionali e la sua unicità.

La Bufala Mediterranea Italiana è una razza che appartiene al gruppo del bufalo asiatico ed al sottogruppo fluviale. Le sue caratteristiche principali sono:

- Mantello: dal bruno chiaro al marrone bruciato quasi nero. Possono esserci peli bianchi sulla fronte e sulla parte terminale del ciuffo della coda;
- Pelle: color ardesia o grigio scuro che può essere tendente al rosso in corrispondenza delle pliche cutanee;
- Testa: nelle femmine è armonica, leggermente allungata; nel maschio la fronte è breve e larga, con profilo convesso molto accentuato;
- Musello: ampio;
- Occhi: neri, grandi e vivaci;
- Bocca: larga con mascelle forti;
- Orecchie: con padiglioni larghi e spessi, rivestiti di peli corti e radi all'esterno e lunghi ed abbondanti all'interno;
- Corna: di color bruno, ruvide, simmetriche, dirette lateralmente e all'indietro, a sezione triangolare alla base, con solchi e rilievi trasversali sulla faccia craniale, più accentuati nel maschio;
- Collo: sufficientemente lungo e armonicamente inserito nelle spalle, poco voluminoso nelle femmine, ricco di pliche verticali;
- Petto: forte e ampio nella regione sternale per aumentare la cavità toracica, con plica cutanea a forma di borsa cadente in entrambi i sessi;
- Garrese: sufficientemente affilato ed evidente, lungo e ben arcuato;
- Torace: largo e profondo, in armonia con le regioni adiacenti;
- Groppa: lunga e larga, lievemente inclinata verso il posteriore; con vertebre sacrali e coccigee leggermente rilevate; attacco di coda non rientrato;
- Arti: in appiombato ben distanziati, forti ed asciutti;
- Piedi: forti, con unghioni ben serrati e compatti, suola alta;
- Coda: larga alla base, giustamente lunga, ben rastremata;
- Mammella: la parte anteriore è estesa in avanti e saldamente attaccata, lateralmente arrotondata, vene addominali prominenti; la parte posteriore è saldamente attaccata, alta e larga, quarti regolari suddivisi dal legamento sospensorio centrale, con vene mammarie ramificate (Figura 27) (A.N.A.S.B., 2023).





**Figura 27** Bufala Mediterranea Italiana (A.N.A.S.B., 2021).

Alla nascita i vitelli pesano 30-35 kg le femmine e 35-38 kg i maschi; il peso medio delle femmine adulte è di 650 kg, mentre i maschi possono raggiungere un peso di 800 kg.

La bufala è un animale estremamente tardivo, raggiunge la maturità sessuale a 16-36 mesi con un intervallo di peso che varia dai 200 ai 350 kg (Sandrucci *et al.*, 2022); incidono notevolmente il livello nutrizionale, infatti una gestione attenta e corretta dell'alimentazione può contribuire ad anticipare il raggiungimento della maturità sessuale, il management aziendale, la genetica e l'ambiente circostante (Figura 28) (Borghese, 2005).



**Figura 28** Vitello con poche ore di vita.

### 1.3.1 Caratteristiche riproduttive e produttive

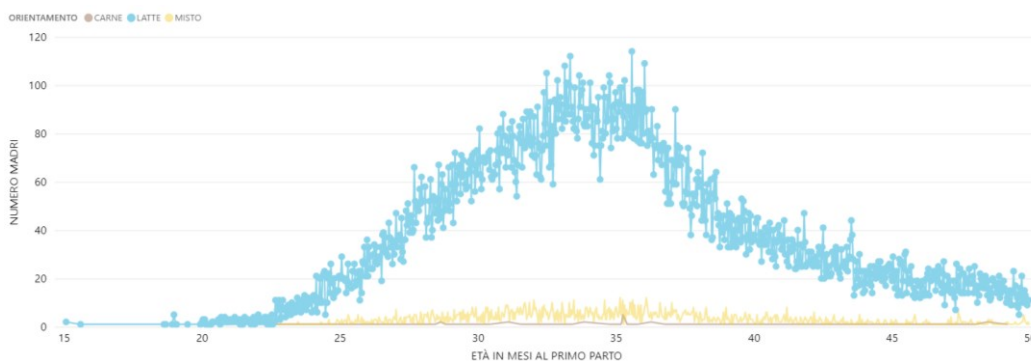
La Bufala Mediterranea Italiana è caratterizzata da una scarsa manifestazione estrale. Talvolta possono esserci segni visibili come muggiti frequenti, irrequietezza, emissione di piccole quantità di urina ed assenza di secrezioni vaginali visibili. Questa specie è caratterizzata da un'ampia variabilità del ciclo estrale e della durata del calore.

Il ciclo estrale dura mediamente dai 21 ai 24 giorni ed è suddiviso in: proestro, durante il quale si assiste allo sviluppo follicolare; estro, ovvero la fase di ovulazione, con una durata variabile tra le 10 e le 20 ore (risulta quindi complesso intervenire con la fecondazione artificiale durante il picco riproduttivo); e metaestro, che porta alla formazione del corpo luteo, il quale produrrà progesterone nella successiva fase di diestro. Il periodo che intercorre fra l'inizio dell'estro e il picco dell'ormone luteinizzante (LH) può variare da 1 a 12 ore, mentre l'ovulazione avviene generalmente dopo 18-40 ore dopo l'aumento di LH (Pirondi *et al.*, 2019).

La durata della gestazione è di 300-320 giorni e generalmente si ha un parto singolo. La diagnosi di gravidanza può essere effettuata grazie ad un'ecografia transrettale a partire dal 27° giorno, o attraverso la palpazione rettale dopo 45 giorni. Un ulteriore strumento di analisi è la rilevazione di progesterone nel sangue o nel latte, eseguita dopo 20 giorni.

L'anaestro *post partum* è spesso prolungato, e varia tra i 30 e i 90 giorni. Tuttavia, è suggerita la presenza nella mandria di tori bufalini, perché possono favorire una ripresa più celere dell'attività ovarica (Sandrucci *et al.*, 2022) (Borghese, 2005).

Generalmente la bufala ha un'età media compresa tra 24 e 27 mesi al primo concepimento. In Italia, nel 2023 il Sistema Informativo Veterinario ha rilevato che l'età al primo parto è compresa tra 32 e 36 mesi. Questo indica che la specie ha una bassa efficienza produttiva, poiché l'allevatore deve sostenere la crescita degli animali per un periodo prolungato prima di ottenere un ritorno economico (Grafico 1) (Sistema informativo Veterinario, 2023).

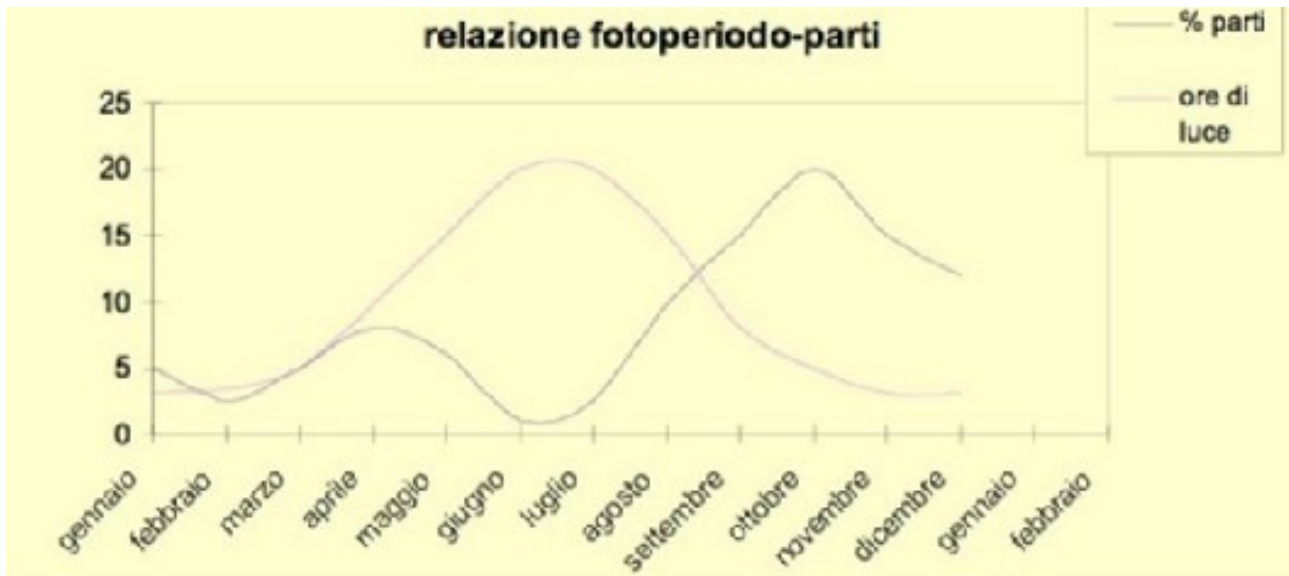


**Grafico 1** Età delle bufale al primo parto (Sistema informativo Veterinario, 2023).

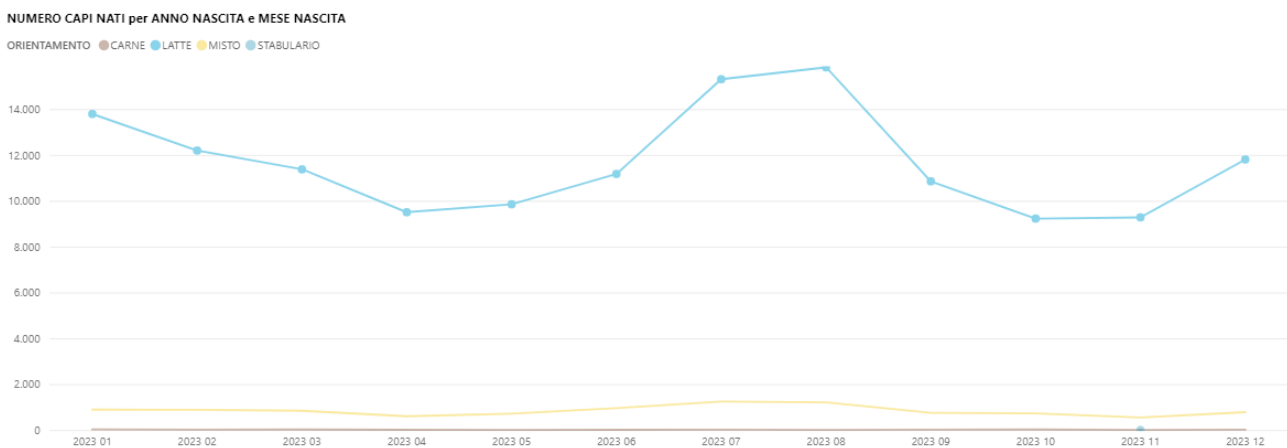
L'intervallo tra il parto e il successivo estro è prolungato: l'animale riprende l'attività ciclica dopo 30- 90 giorni se allevato in condizioni ottimali. La durata dell'interparto, che varia tra 340 e 400 giorni, include il periodo che intercorre dall'inizio della gestazione fino al periodo di attesa-volontario, ovvero il tempo tra il parto e il concepimento successivo.

La bufala in natura è una specie poliestrale stagionale a fotoperiodo negativo, questo implica che, nonostante possa presentare cicli riproduttivi durante tutto l'anno, la sua fertilità aumenta quando le ore di luce diminuiscono. Questo fenomeno è riconducibile alla trasformazione da parte della ghiandola pineale di un amminoacido, il triptofano, in melatonina, che avviene quando le ore diurne si riducono. La melatonina stimola l'ipotalamo a rilasciare LH (ormone luteinizzante) e FSH (ormone follicolo stimolante), indispensabile per la regolazione del ciclo ovarico (Grafico 2) (Grafico 3).

Pertanto, i bufali selvatici, essendo originari delle zone tropicali a nord dell'equatore, tendono ad essere recettivi durante il periodo decrescente e concentrano i parti nei mesi a fine estate dell'anno successivo passata la stagione delle piogge, dunque quando la disponibilità alimentare e le temperature sono più favorevoli per la sopravvivenza della prole. Questo comportamento rimane invariato anche quando sono importati in altre zone. Questa caratteristica è in contrasto con le esigenze del mercato, che richiede una maggiore disponibilità di latte per la caseificazione nei mesi primaverili ed estivi. Per ovviare la problematica il 60% degli allevamenti italiani ricorre alla destagionalizzazione, che consiste nel ridurre l'effetto stagionale nella regolazione della riproduzione con l'utilizzo di piani di sincronizzazione dell'estro (Sandrucci *et al.*, 2022). Il protocollo prevede la somministrazione di prostaglandine per indurre la regressione del corpo luteo e facilitare l'estro, e/o gonadotropine per stimolare l'ovulazione, procedendo successivamente con l'inseminazione artificiale nel momento ottimale. L'obiettivo è concentrare i parti nei primi mesi dell'anno, per garantire la produzione di latte in corrispondenza dell'aumento della domanda di prodotti caseari e dal prezzo d'acquisto del latte alla stalla rispetto al periodo invernale.



**Grafico 2** Relazione fotoperiodo-parti.



**Grafico 3** Ripartizione mensile dei parti nell'anno 2023 (Sistema Informativo Veterinario, 2023).

### 1.3.2 La lattazione

La lattazione della bufala dura mediamente 270 giorni con una produzione giornaliera di 9 l/capo. Entro 3-5 giorni dal parto il colostro si trasforma in latte che, essendo una fonte di energia e nutrienti, rappresenta il sostentamento per il vitello durante i primi giorni di vita. Il latte di bufala è caratterizzato da: 81,5% acqua, 3,6% caseina, 4,67% proteine, 7-9,6% grasso, 5% lattosio, 180-240 mg/100g calcio, 120-140 mg/100g fosforo, 6,6 pH. Questi parametri determinano una resa media di caseificazione pari al 24,6%, quindi con 100 kg di latte è possibile ottenere 24,6 kg di mozzarella (Sandrucci *et al.*, 2022). La produzione

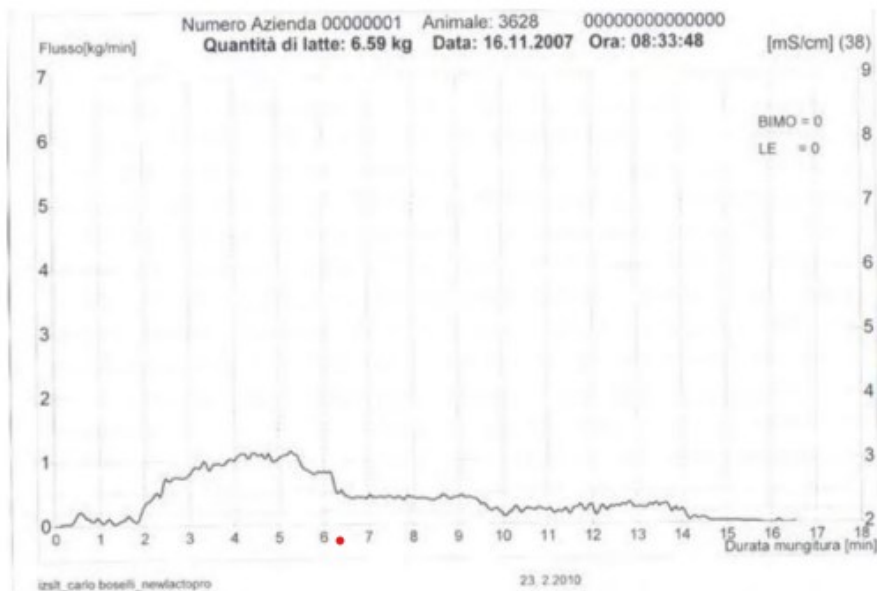
stimata nel 2023 in Italia conta 48.449 lattazioni con una quantità totale di 2.361 kg, caratterizzato da 7,66% grasso e 4,63 proteina (Bollettino AIA, 2023).

Generalmente, in Italia le bufale vengono munte una volta, con una conseguente perdita del 30% del latte prodotto da ciascun animale, o due volte al giorno rispettando un intervallo di 12 ore, mentre nessun allevamento pratica la mungitura tre volte al giorno, a causa dei costi di gestione elevati. Questi animali richiedono una notevole pressione del vuoto in quanto hanno capezzoli più lunghi e una muscolatura più resistente. Il latte è immagazzinato per il 95% negli alveoli mammari, e il suo rilascio dipende dall'azione dell'ormone ossitocina, che contrae le cellule mioepiteliali e spinge il latte nei dotti. La rimanente parte del latte è contenuta nella cisterna mammaria, ed è immediatamente disponibile ad inizio mungitura. Per contrastare la lenta o assente espulsione del latte, viene suggerito di effettuare una pre-stimolazione manuale dei capezzoli per un periodo di 2-10 minuti, favorendo così il rilascio di ossitocina e prolattina. Tuttavia, poiché nelle aziende la stimolazione manuale è raramente praticata e in assenza di ossitocina l'eiezione del latte non si verifica, si ricorre frequentemente all'iniezione di ossitocina esogena. La presenza di ossitocina nel flusso sanguigno è una condizione necessaria affinché la ghiandola mammaria venga completamente svuotata. I livelli basali di ossitocina variano da 4,8 a 6,7 ng/L, con picchi fino a 90 ng/L; durante la mungitura se ne considerano circa 30 ng/L. Esiste il rischio che gli animali diventino dipendenti dall'ossitocina esogena, riducendo la capacità di rispondere agli stimoli naturali. Inoltre, in condizioni di stress, il corpo rilascia adrenalina, che oltre a bloccare in modo diretto i recettori dell'ossitocina, provoca una vasocostrizione mammaria che impedisce il rilascio del latte.

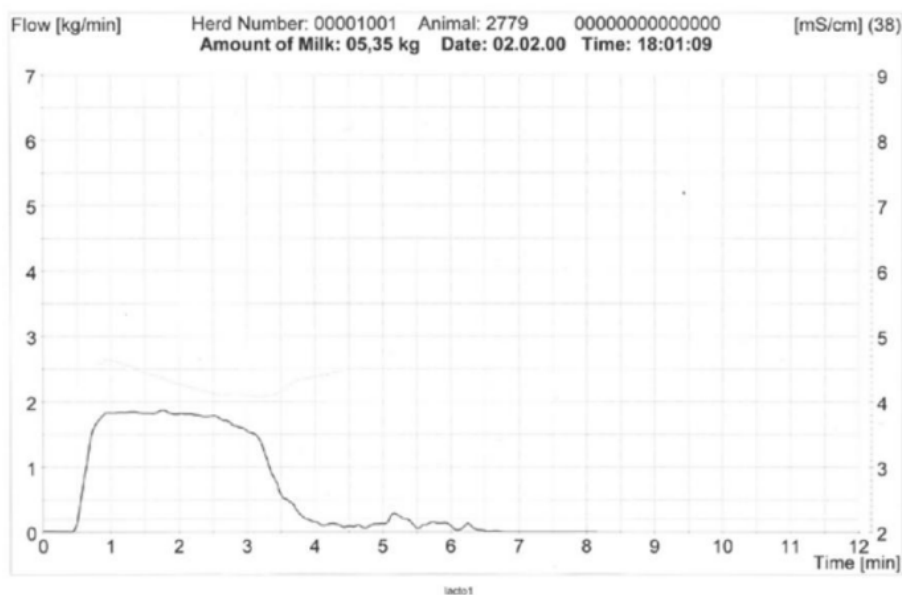
La prolattina, invece, è un ormone lattogeno necessario per la secrezione del latte: infatti, essa stimola la galattogenesi subito dopo il parto, quando si interrompe la produzione di progesterone ed estrogeni (Borghese *et al.*, 2007).

È possibile osservare graficamente in modo più preciso l'andamento dell'eiezione del latte in mungitura. Nella fase iniziale, si nota una pendenza ripida crescente, che indica il tempo che intercorre tra l'attacco dei gruppi mungitori al raggiungimento di un flusso di latte costante. Da questo momento inizia la fase di *plateau*, caratterizzata da una stabilizzazione della quantità di latte emessa; in questo arco temporale avviene il picco, ovvero il massimo della produzione. Segue poi un andamento decrescente, dal *plateau* al distacco del gruppo mungitore. Successivamente si assiste ad un'assenza di flusso del latte e infine può esserci una quarta fase, nella quale viene rilasciato il latte durante lo *stripping* (Grafico 4) (Grafico 5).

Nelle bufale il tempo medio necessario per l'eiezione completa del latte è 8 minuti (Borghese *et al.*, 2013). Si può osservare un flusso di latte normale, simile a quello della bovina, oppure una curva denominata "bifasica", in cui viene rilasciato il latte cisternale prima e alveolare poi. Questo fenomeno avviene quando la bufala risponde in ritardo all'iniezione di ossitocina (Sandrucci *et al.*, 2022).

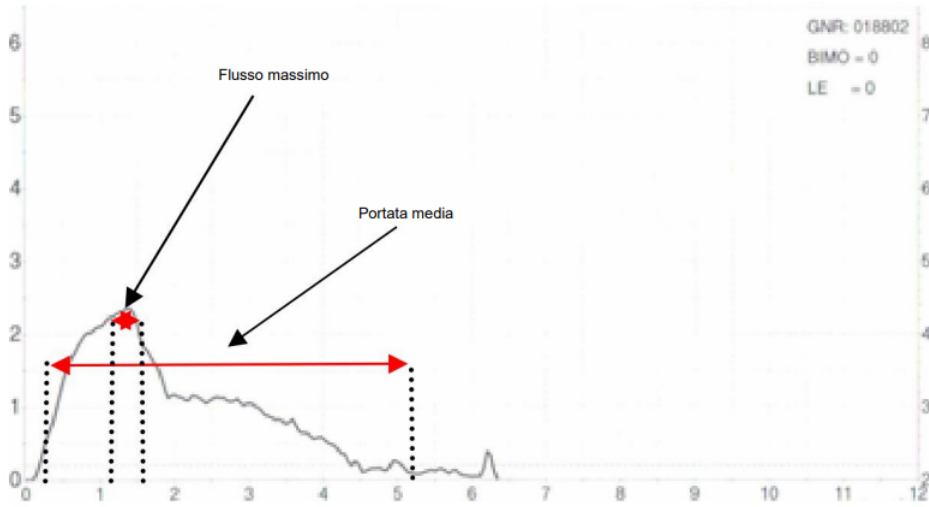


**Grafico 4** Curva tipica del flusso del latte di Bufala Mediterranea Italiana (Borghese *et al.*, 2013).

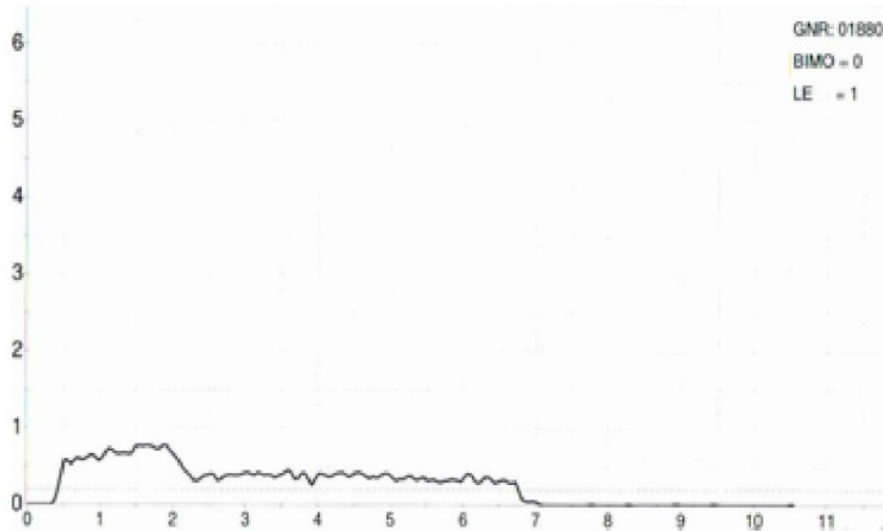


**Grafico 5** Curva del flusso normale del latte, inclusa la sovrampungitura (Borghese *et al.*, 2013).

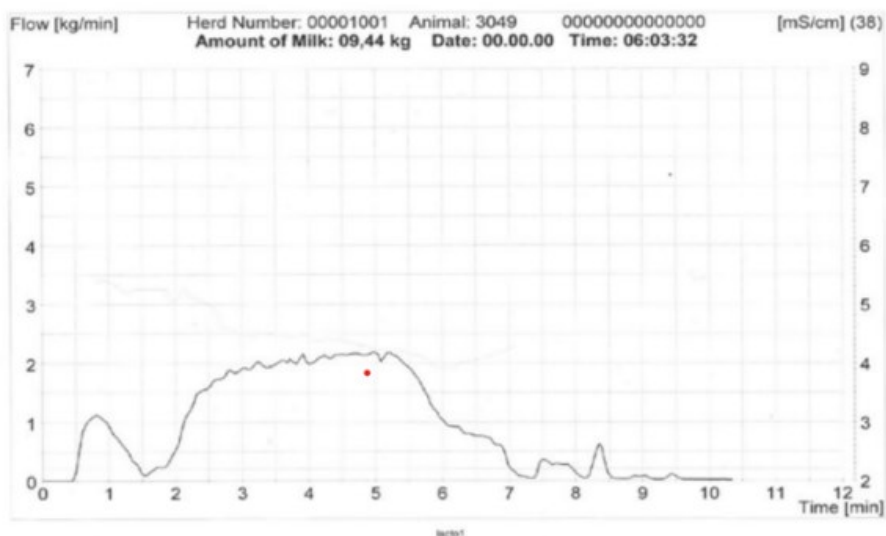
Figura 3. Curva del flusso del latte in bufali con canale mammario corto (media complessiva 1,91 cm) e flusso massimo e flusso medio più elevati.



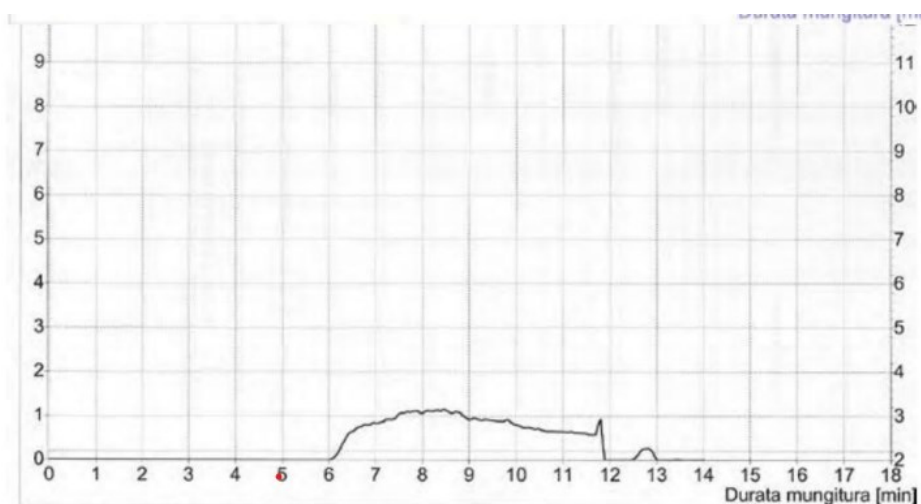
**Grafico 6** Flusso di lattazione della bufala con canale mammario corto media 1,91 cm e flusso massimo e flusso medio più alti (Boselli *et al.*, 2020).



**Grafico 7** Flusso di lattazione della bufala con canale mammario lungo in media 3,91 cm (Boselli *et al.*, 2020).



**Grafico 8** Curva bimodale con frazione cisternale in una bufala ad alta produzione (Borghese *et al.*, 2007).



**Grafico 9** Bufala senza eiezione di latte fino all'iniezione di ossitocina (Borghese *et al.*, 2013).

Il canale dei capezzoli delle bufale è più lungo rispetto al resto dei bovini, questo può incorrere nel rischio della sovramungitura (Grafico 6) (Grafico 7) (Grafico 8) (Grafico 9) (Sandrucci *et al.*, 2022). Questo può avere effetti negativi sulla salute della mammella, portando alla manifestazione clinica della mastite, e con conseguenti ripercussioni anche sull'economia dell'azienda. Per mitigare questa minaccia viene suggerito di organizzare le bufale in gruppi con tempi di mungitura simili e, soprattutto, installare lo stacco automatico dei gruppi mungitori (Borghese *et al.*, 2013).



### 1.3.3 La curva di lattazione

La curva di lattazione rappresenta l'andamento della produzione di latte a partire dal parto e si estende per l'intera lattazione, mostrando come varia la quantità di latte prodotto nel corso del tempo considerato. Attraverso un preciso monitoraggio, l'azienda è in grado di conoscere perfettamente la produzione di ogni singolo animale e fornire gli strumenti per intervenire, migliorando la gestione. I fattori che possono influenzarla sono: genetica, razza, età, stagione di parto, ambiente di allevamento e salute dell'animale. La curva è caratterizzata da un rapido aumento della produzione di latte dal parto fino a raggiungere il picco, successivamente si assiste ad una discesa graduale fino ad interrompersi al termine della lattazione. Si stima che il picco di lattazione delle bufale avvenga generalmente al 40° giorno, 50° per quanto riguarda le primipare.

La persistenza è il parametro che assume molta importanza nello studio della curva di lattazione. Misura la capacità dell'animale di mantenere una produzione di latte costante dopo il raggiungimento del picco. Si riferisce al tasso di declino della resa giornaliera, ovvero quanto rapidamente scende la produzione dopo il picco. Un'elevata persistenza indica che la fase decrescente procede lentamente, quindi l'animale sta sostenendo una buona produzione di latte anche dopo il momento di massima resa.

Per analizzare le curve di lattazione vengono utilizzati modelli matematici differenti, scelti in base a: scopo dello studio, specie, durata della lattazione e grado di bontà della stima di cui si necessita. Questi modelli si suddividono in empirici e meccanici. La curva di lattazione è il risultato dell'interazione di vari fattori, tra cui la genetica dell'animale, l'ambiente, la gestione, la nutrizione e una componente casuale, ovvero quella legata all'individuo stesso. I modelli empirici studiano separatamente le due componenti, mentre i meccanici pongono maggiore attenzione sulla caratteristica individuale. Si ricorre all'utilizzo dei modelli matematici per studiare con precisione la lattazione, con lo scopo di intervenire nei piani di miglioramento genetico, ottenendo una previsione globale e individuale sulla produzione di latte e ottimizzare la gestione.

Il modello più diffuso è quello di Wood, introdotto da questo studioso nel 1966 (Wood, 1966). Viene utilizzato principalmente per lo studio della curva di lattazione nella specie bovina, ma trova applicazione anche in altre specie da latte come la bufala: questo perché la curva è simile a quella bovina, anche se differisce da quest'ultima in alcune variabili significative come periodo di lattazione maggiore, produzione al picco più bassa e maggiore persistenza (Tolone, 2008).

È un modello empirico e di conseguenza presenta alcuni limiti in situazioni più complesse; in questi casi si prediligono modelli più evoluti.

La formula utilizzata nella curva di Wood è espressa come:

$$Y(t) = at^b e^{-ct}$$

dove

- $Y(t)$ : si riferisce alla quantità di latte prodotta in un determinato momento  $t$  dal parto in poi;
- $a$ : è il livello iniziale di produzione. Assume un valore maggiore di 0;
- $b$ : è il tasso di crescita della produzione nella fase crescente. Il valore è compreso tra 0 e 1. Nel caso in cui  $b$  sia vicino a 0 la curva assumerà una forma più piatta, mentre se è vicino a 1 sarà più alta;
- $e$ : è la base del logaritmo naturale ed elevato ad una potenza negativa indica la fase decrescente della curva;
- $c$ : è il tasso di declino successivo al picco. Solitamente è maggiore di 0; non deve essere troppo basso poiché potrebbe indicare una fase decrescente troppo ripida, un valore invece troppo alto indica una fase di decrescita estremamente lenta fino al picco, spostandolo verso destra;
- $t$ : è il tempo trascorso dal parto, sempre maggiore di 0 (Grafico 10).

Ranzato *et al.* (2024) indicano la possibilità di utilizzare altri tipi di modelli matematici per descrivere la curva di lattazione suggerendo che la scelta dovrebbe premiare l'equazione più appropriata alle finalità che lo studio intende analizzare.

Rispetto all'andamento teorico della produzione di latte nel corso della lattazione esistono nella realtà le così dette "perturbazioni" ovvero qualsiasi criticità che possa influenzare la curva di lattazione, quali possibili malattie, condizioni climatiche estreme o modifiche nella qualità dell'alimentazione.

Se l'obiettivo dello studio è stimare la resa nella fase discendente della curva in assenza di perturbazioni, viene utilizzato il modello iterativo di Wood che ottimizza l'accuratezza del risultato finale basandosi sull'utilizzo di dati iterativi (reali).

Il modello di lattazione perturbato è più complesso ed avanzato, perciò richiede più tempo di analisi considerando che combina una curva di lattazione normale come quella di Wood con un modello che prevede nella resa le possibili perturbazioni esterne che possono influenzare la resa. Valuta variabili importanti come la razza, l'ordine di parto e la stagione di parto. L'equazione di questo modello è:

$$Y(t)=f(t;a,b,c)+P(t)$$

dove:

- $Y(t)$ : rappresenta sempre la produzione al tempo  $t$ ;
- $f(t;a,b,c)$ : funzione della curva di lattazione standard (es. modello di Wood) con  $a,b,c$ ;
- $P(t)$ : è la fine delle perturbazioni.

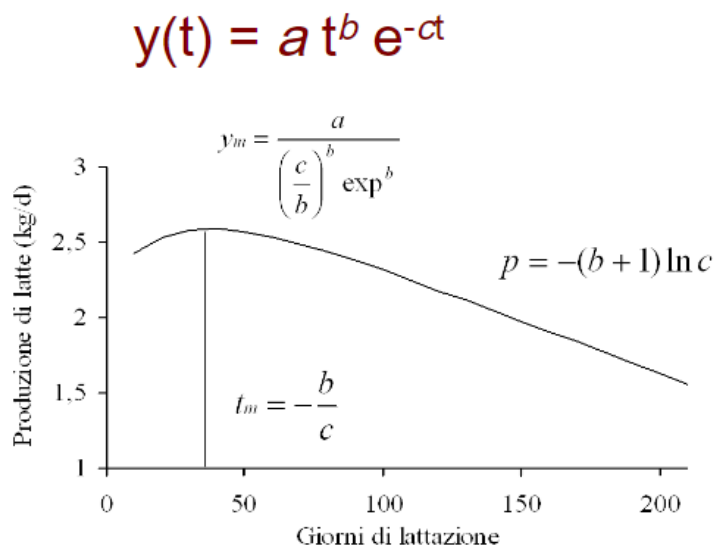
Invece, quando si dispone di un ampio numero di dati, è possibile ricorrere alla regressione al quantile di quarto ordine. È efficace quando è necessaria una stima rapida e dettagliata, poiché consente di analizzare le differenze di produzione tra i vari quantili, dando una valutazione più completa (Ranzato *et al.*, 2024).

Il modello di Wilmink (1987) è un'equazione semplice con pochi parametri da stimare e viene utilizzato se nel caso in cui si disponga di pochi dati; l'equazione è simile a quella di Wood, ovvero:

$$Y(t) = a + bt + ce^{-kt}$$

$Y(t)$  rappresenta sempre la produzione al tempo  $t$ ; i parametri da stimare legati alla produzione sono  $a, b, c$ ;  $k$  è una costante correlato al picco che assume il valore di 0,093 (Abdel-Salam *et al.*, 2011).

La scelta del modello adeguato alla stima della lattazione richiesta è fondamentale per avere una visione chiara dell'analisi, ottenendo stime più accurate e precise. Questo consente di ottenere una visione ampia sulle dinamiche della produzione.



**Grafico 10** Funzione di Wood (Ruminantia, 2021).

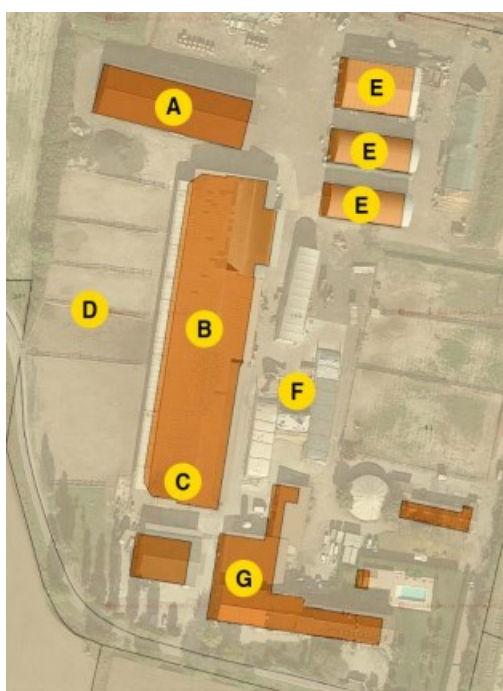
## 2. OBIETTIVO DELLA TESI

Il presente lavoro di tesi ha avuto come obiettivo la descrizione della curva di lattazione di bufale di razza Mediterranea Italiana. Ad oggi, in letteratura tale esercizio è stato realizzato utilizzando i dati produttivi ottenuti dai controlli funzionali raccolti con frequenza mensile dall'Associazione Italiana Allevatori (Catillo *et al.*, 2002; Macciotta *et al.*, 2006). A partire dagli anni '80 sono stati sviluppati ed introdotti, nelle aziende che producono latte, sensori per il rilevamento automatico della produzione individuale di latte in sala di mungitura che permettono ad oggi di poter disporre di dati produttivi quotidiani da utilizzare per poter descrivere in modo più preciso l'andamento della curva di lattazione (Lora *et al.*, JDS 2020). Questo studio ha considerato un allevamento commerciale di bufale da latte del Veneto, in provincia di Padova nel quale sono stati recuperati i dati produttivi giornalieri degli animali in lattazione in un periodo compreso tra 01/01/2023 e 31/08/2023. I dati produttivi giornalieri di ciascuna bufala sono stati sottoposti ad una procedura di *fitting* applicando il modello matematico di Wood per stimare graficamente l'andamento della lattazione. In questo modo oltre ad ottenere i valori per i diversi parametri inseriti nell'equazione è stato anche possibile stimare altri parametri come i giorni di lattazione al picco e la relativa produzione, la produzione globale stimata rispetto a quella reale. Una volta ottenuta una curva generale descrittiva della produzione di latte, l'analisi ha considerato l'effetto di alcuni potenziali fattori che influenzano la curva di produzione, come l'ordine di parto e la stagione di parto.

### 3. MATERIALI E METODI

Lo studio è stato condotto presso un allevamento di bufale di razza Mediterranea Italiana localizzato in provincia di Padova con 70 ettari di superficie agricola. L'azienda è specializzata in allevamento, produzione casearia e di prodotti carnei ottenuti da bufali maschi, e nella vendita.

L'ente comprende due ambienti adibiti all'allevamento. Una prima struttura, chiusa e di 672 m<sup>2</sup>, ospita gli animali dalla nascita fino ad un anno di età. Per i primi sei giorni, i vitelli ricevono il colostro della madre. L'alimentazione che segue è basata su latte in polvere miscelato con acqua calda, somministrato due volte al giorno fino ai 90 giorni di vita, termine dello svezzamento. Raggiunto l'anno, le manze vengono spostate nella seconda stalla, di 2200 m<sup>2</sup> e in parte aperta, dove le bufale sono suddivise in base all'asciutta, alla prossimità del parto e alla produzione (Figura 29).



<b>A</b>	Stalla giovani animali da rimonta
<b>B</b>	Stalle bufale adulte
<b>C</b>	Sala di mungitura
<b>D</b>	Paddock esterni
<b>E</b>	Fienili
<b>F</b>	Sili
<b>G</b>	Laboratori di produzione e spaccio

**Figura 29** Planimetria azienda considerata.

Gli animali sono stabulati su lettiera permanente rinnovata ogni 15 giorni, ad ogni sostituzione vengono fatti uscire nel paddock esterno in terra battuta. In ogni box sono presenti quattro abbeveratoi a tazza. L'alimentazione è basata sull'*unifeed*, suddiviso tra foraggi e concentrati. In media i valori della razione sono: proteina al 15,19%/SS (SS di 57,6%), NDF di 31%/SS, NDF del foraggio di 68,62%/SS, peNDF al 19,38%/SS, amido al

25%/SS, zuccheri al 4,55%/SS, 0,940 UFL/kg/SS, grassi al 4,41%/SS e ceneri al 7,35%/SS. La proteina è mantenuta elevata per supportare quantità e qualità del latte. Il raggiungimento della maturità sessuale avviene intorno ai 20 mesi d'età. Nonostante siano presenti in ogni box dei tori bufalini per la stimolazione del calore e per coprire le femmine non gravide, viene adottato un piano di sincronizzazione degli estri e la successiva fecondazione artificiale. La gravidanza dura mediamente 9-10 mesi, e la nuova fecondazione viene eseguita 40 giorni dopo il parto. La lattazione ha una durata media di 270 giorni. I box per le bufale in produzione sono in continuità con la sala d'attesa, antecedente alla sala di mungitura. Vengono munte due volte al giorno, con una produzione media di 8-9 l/capo/giorno. La sala di mungitura ha 7 postazioni in entrambi i lati, organizzata a spina di pesce. *Pre e post-dipping* non vengono eseguiti, questo potrebbe esporre i capezzoli ad infezioni batteriche. La pre-stimolazione manuale non viene praticata, dunque si assiste frequentemente ad un'assenza di eiezione di latte, di conseguenza gli operatori ricorrono all'iniezione di ossitocina. Inoltre, i gruppi mungitori sono caratterizzati da uno stacco manuale, con il rischio di sovrampungitura e conseguenti danni ai capezzoli. Dopo la mungitura gli animali percorrono un corridoio per tornare al box (Figura 30).



**Figura 30** Sala di mungitura dell'azienda

A differenza alla maggior parte degli studi sulla lattazione, che si basano su dati acquisiti dai *test day* (Catillo *et al.*, 2002; Macciotta *et al.*, 2006), l'analisi corrente ha utilizzato i dati produttivi giornalieri di ciascuna bufala in lattazione, ottenuti mediante il sistema di lettura dei chip installato nella sala di mungitura aziendale. Questo meccanismo identifica ogni animale e registra la relativa produzione di latte quotidiana. L'analisi prende in

considerazione i parti compresi tra il 01/01/2023 e 31/07/2024, e comprende in totale 175 lattazioni complete. Considerando che alcuni capi hanno continuato a produrre latte per un periodo prolungato, In linea con le indicazioni dei controlli sulla produttività del latte dell'Associazione Italiana Allevatori (AIA, 2024) la durata standard della lattazione di ogni capo è stata fissata a 270 giorni.

Per la creazione del *dataset* utilizzato per la procedura di *fitting* è stato utilizzato *QlikView*, programma di Business Intelligence & Dashboards che, con un'accurata manipolazione e formattazione dei dati, permette di creare: tabelle, tabelle Pivot, grafici e dashboards o esportarli direttamente in Excel per ulteriori analisi.

Analizzando i record disponibili nel Programma di Mungitura, AfiFarm, sono stati individuati N.3 report contenenti le informazioni necessarie; queste vengono analizzate mediante la lettura di tutti i file .csv presenti nella cartella di deposito a partire dal 15/09/2023; nel periodo antecedente sono stati estratti manualmente nel dettaglio di ogni bufala in produzione. Il periodo di registrazione dei dati si estende da gennaio 2023 a luglio 2024.

Il punto di partenza è costituito dalle informazioni contenute nelle seguenti sezioni:

- Report Tabellato della Produzione Latte Giornaliero;
- Report Tabellato di Vacche/Bufale Asciutte;
- Report Tabellato Anagrafica Animali;
- Report Tabellato Globale;
- Report Produzione Latte per Vacca/Bufala.

Considerando che i report sono stati generati-scaricati in automatico quotidianamente mediante l'utilizzo di *query* precompilate, i dati necessari sono contenuti in numerose tabelle che verranno successivamente interpolate tra loro. Questo meccanismo comporta un'assenza di storicità: infatti, al termine di ogni lattazione non saranno più visibili le produzioni giornaliere, ma sarà possibile avere solamente la produzione media dell'intera lattazione. Con l'aiuto del tecnico del software, è stata creata una schedulazione serale che crea quotidianamente i N.3 report con nome e *data file* in una cartella di deposito con estensione .csv.

Un'attenta analisi dei file generati, ha riscontrato una problematica per quanto riguarda la formattazione dei dati con numeri in formato americano, che prevede il punto (.) come separatore decimale e virgola (,) come separatore di migliaia. Dunque, utilizzando il programma *QlikView* si ottengono dati dinamici in tempo reale con la possibilità di comprendere i dati storici, senza necessariamente ricorrere all'estrazione manuale.

Nel software *QlikView* di *data analysis*, sono stati importati dei file .csv generati con schedulazione (n.1455 file-n.105.555 righe) mediante la condizione di “data creazione file”. Sono state incorporate le seguenti tabelle: “Numero Vacca/Bufala”, “Data creazione File” e “Data” per lo storico.

Per l’analisi la lettura dei dati comprende un totale di righe:

- N. righe – Report Tabellato della Produzione Latte Giornaliero;
- N. righe – Report Tabellato di Vacche Asciutte;
- N. righe – Report Tabellato Anagrafica Animali;
- N. righe – Report Tabellato Globale;
- N. righe – Report Produzione Latte per Vacca.

Successivamente sono stati creati dashboards, strumenti efficaci per convertire i dati in valore aziendale. All’interno sono presenti tabelle dati con campi e colonne calcolate per ottenere risultati precisi (Figura 31) (Figura 32.1) (Figura 32.2) (Figura 33.1) (Figura 33.2) (Figura 33.3) (Figura 33.4).

In conclusione *QlikView* ha consentito la libera esplorazione dei dati, combinandoli da più sorgenti indipendentemente dal loro peso e suggerendo agli utenti, mediante l’utilizzo di visualizzazioni interattive, una lettura più concisa ed intuitiva.

Con questo programma è stato possibile l’esportazione dei dati produttivi in formato Excel per interpolarli con l’equazione di Wood, ottenendo un *fitting* preciso delle curve di lattazione in un periodo compreso tra 01/01/2023 e 31/08/2023.

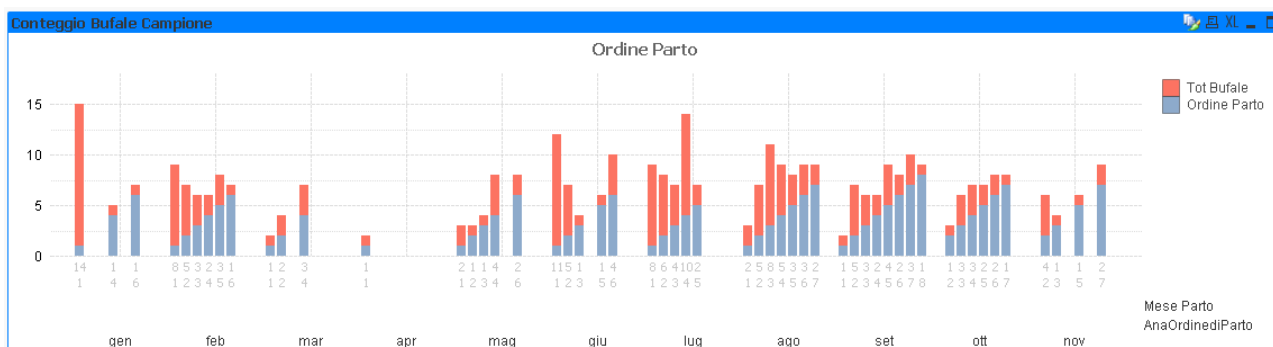
Per il *fitting* è stato scelto il modello di Wood grazie alla sua applicazione per lo studio della lattazione nella specie bovina. L’obiettivo è fornire una stima delle curve di lattazione. Inoltre i parametri che vengono identificati sono: i momenti di inizio e fine produzione, il punto del picco con la relativa produzione, la produzione globale osservata (ottenuta sommando i record giornalieri), e la produzione globale stimata. La qualità della procedura di interpolazione è stata valutata attraverso il valore di  $R^2$  che identifica l’accuratezza del *fitting* della curva. Valori di  $R^2$  molto vicini all’unità rivelano una ottima precisione del *fitting*.

Ciascuna lattazione è stata identificata in base all’ordine di parto della bufala e alla stagione di parto. L’ordine di parto viene preso in considerazione per analizzare come varia la produzione in funzione dell’età dell’animale al momento del parto. Gli animali sono stati suddivisi in: primipare, secondipare, terzipare ed un ultimo gruppo che include l’ordine superiore al terzo fino all’ottavo.



Per quanto riguarda la stagione di parto, sulla base della data di inizio di ciascuna lattazione, il *dataset* è stato ripartito nei seguenti 4 sottogruppi: 1-Winter (Gen-Mar); 2-Spring (Apr-Giu); 3-Summer (Lug-Set) e 4-Autumn (Ott-Dic).

I dati di ogni lattazione sono stati interpolati utilizzando il modello non lineare di Woods. Questa procedura ha utilizzato la PROC NLIN del software SAS (© 2023, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). I 3 parametri stimati dal processo iterativo dei valori produttivi di ciascuna lattazione (*a*; *b* e *c*) e gli altri parametri descrittivi di ogni curva di lattazione (giorni al picco, produzione al picco e produzione globale stimata) sono stati sottoposti ad analisi della varianza (ANOVA) considerando gli effetti fissi dell'ordine di parto (4 livelli) e della stagione di parto (4 livelli). I confronti a coppie tra i diversi livelli dei 2 fattori di classificazione sono stati effettuati utilizzando la correzione di Bonferroni. È stata utilizzata in questo caso la PROC GLM del SAS. Il livello minimo di significatività statistica è stato fissato a  $P < 0,05$ .



**Figura 31** Conteggio bufale in base all'ordine di parto sul totale bufale (schermata QlikView).

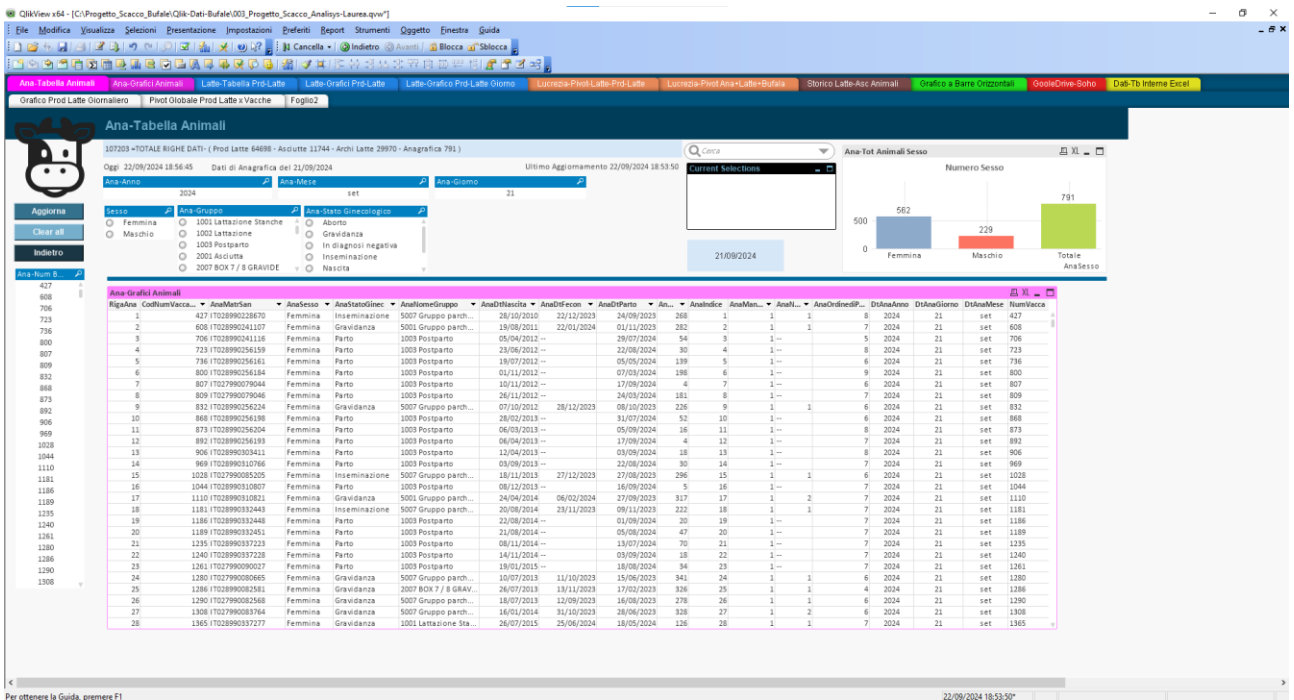


Figura 32.1 QlikView Dashboard Anagrafica.

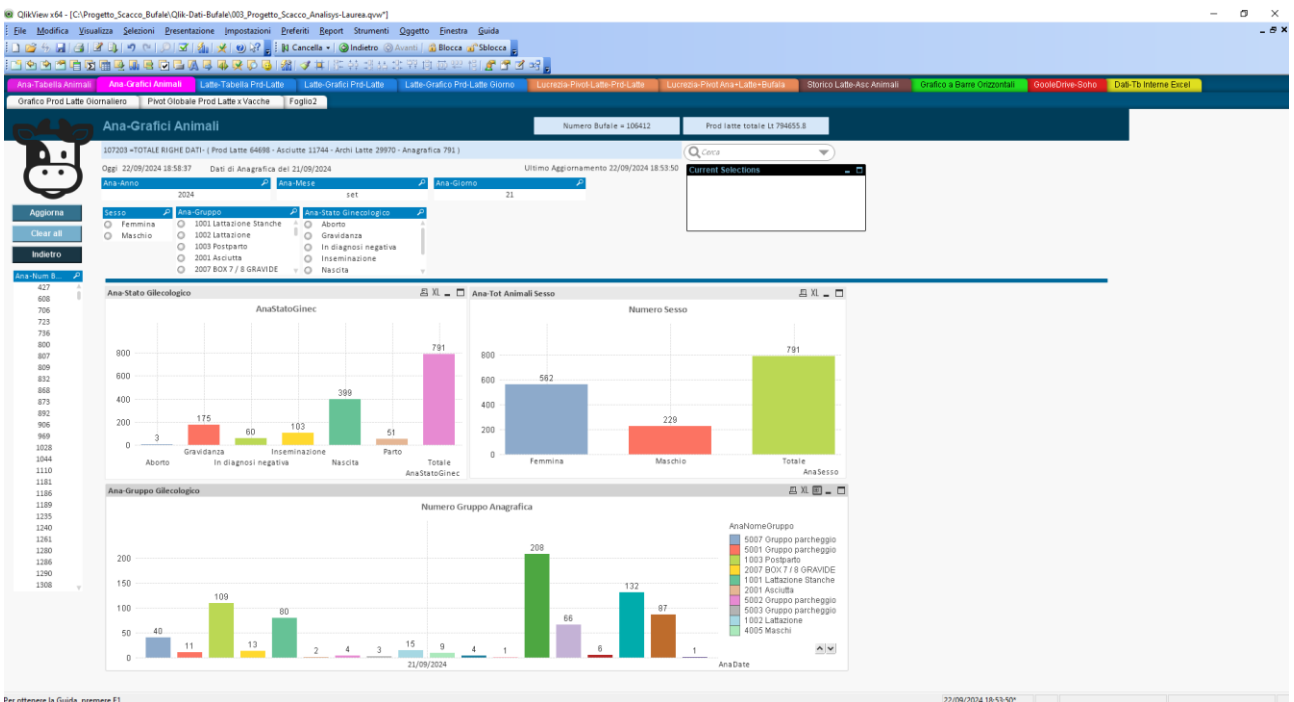


Figura 32.2 QlikView Dashboard Anagrafica.

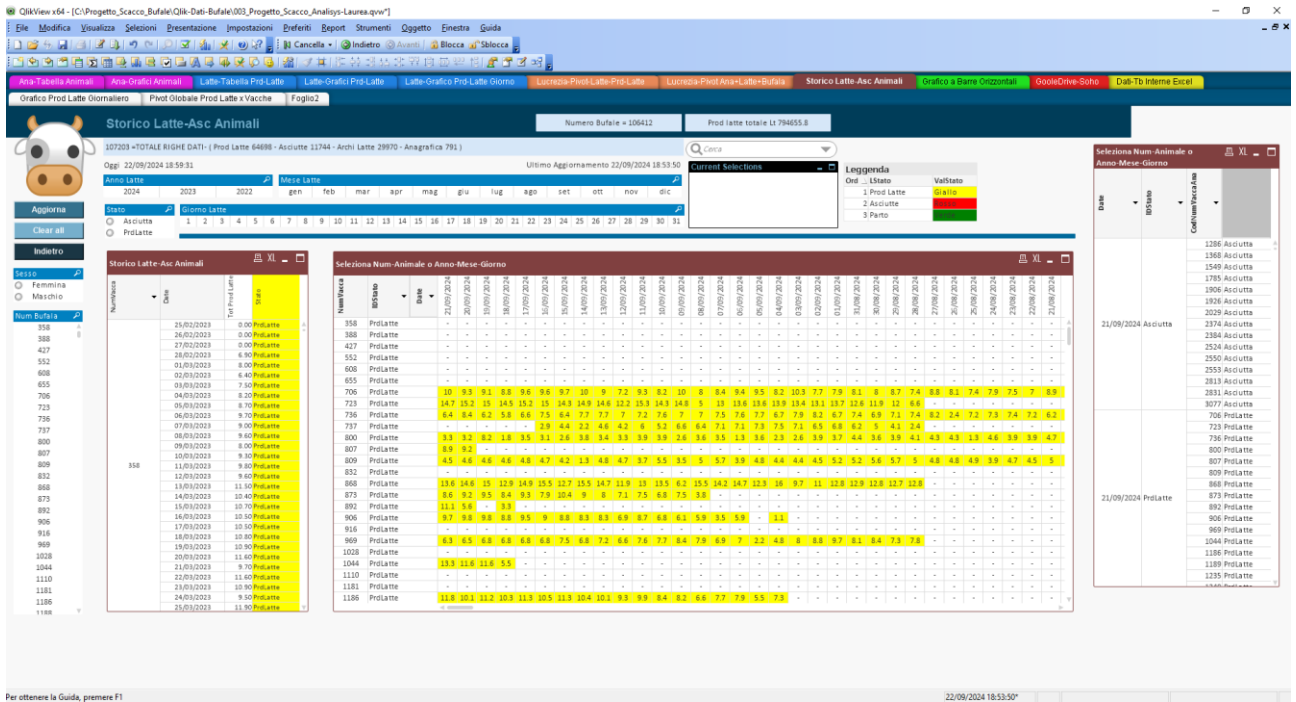


Figura 33.1 QlikView Dashboard Produzione Latte Giornaliera.

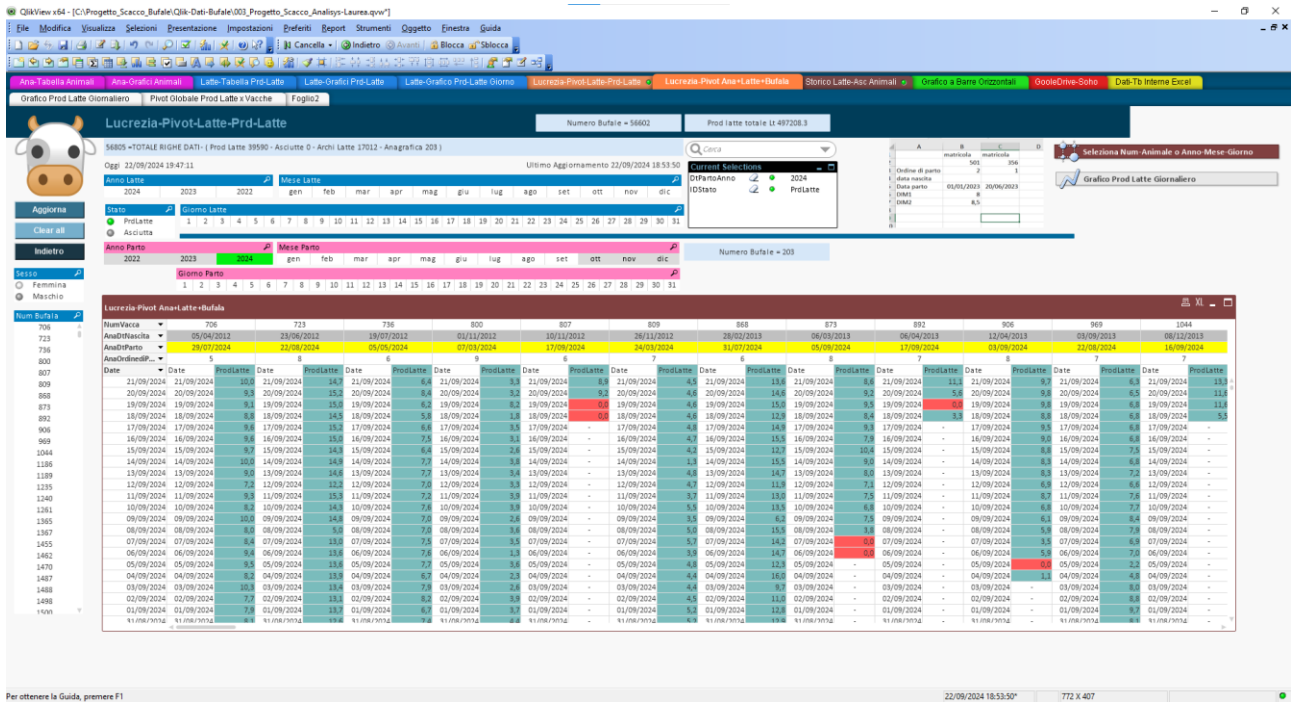


Figura 33.2 QlikView Dashboard Produzione Latte Giornaliera.

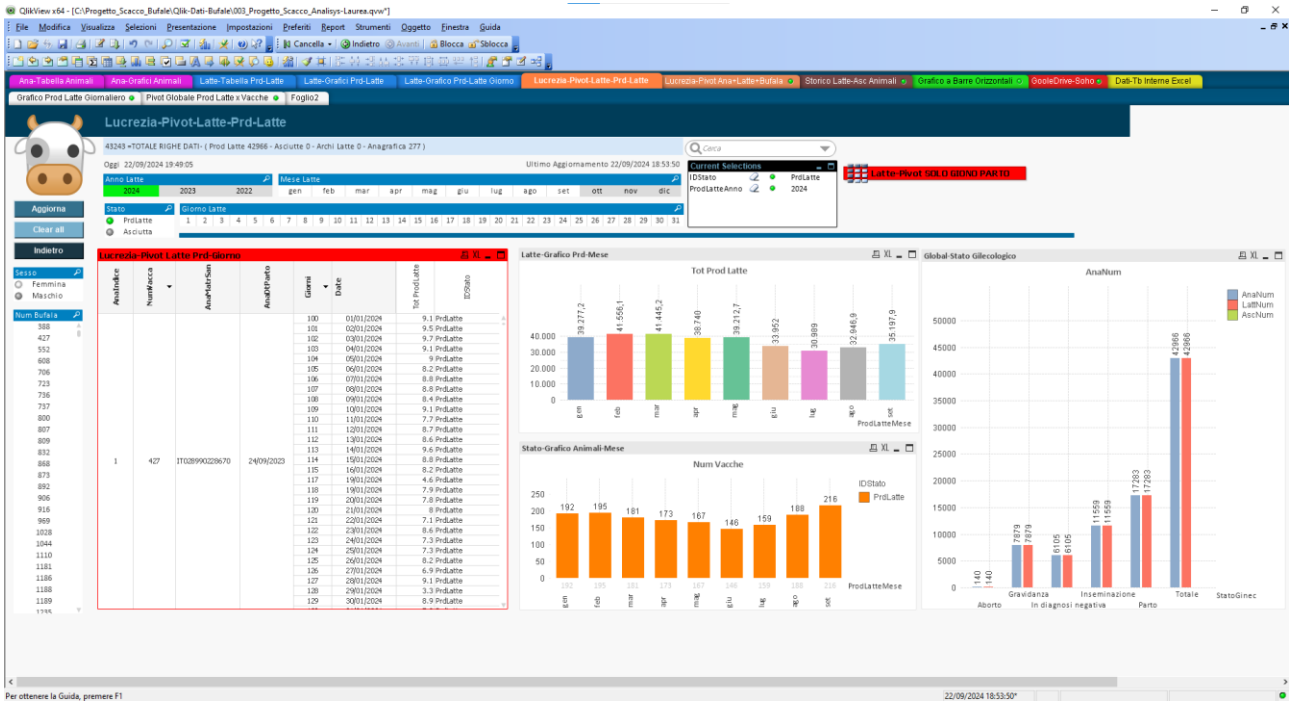


Figura 33.3 QlikView Dashboard Produzione Latte Giornaliera.

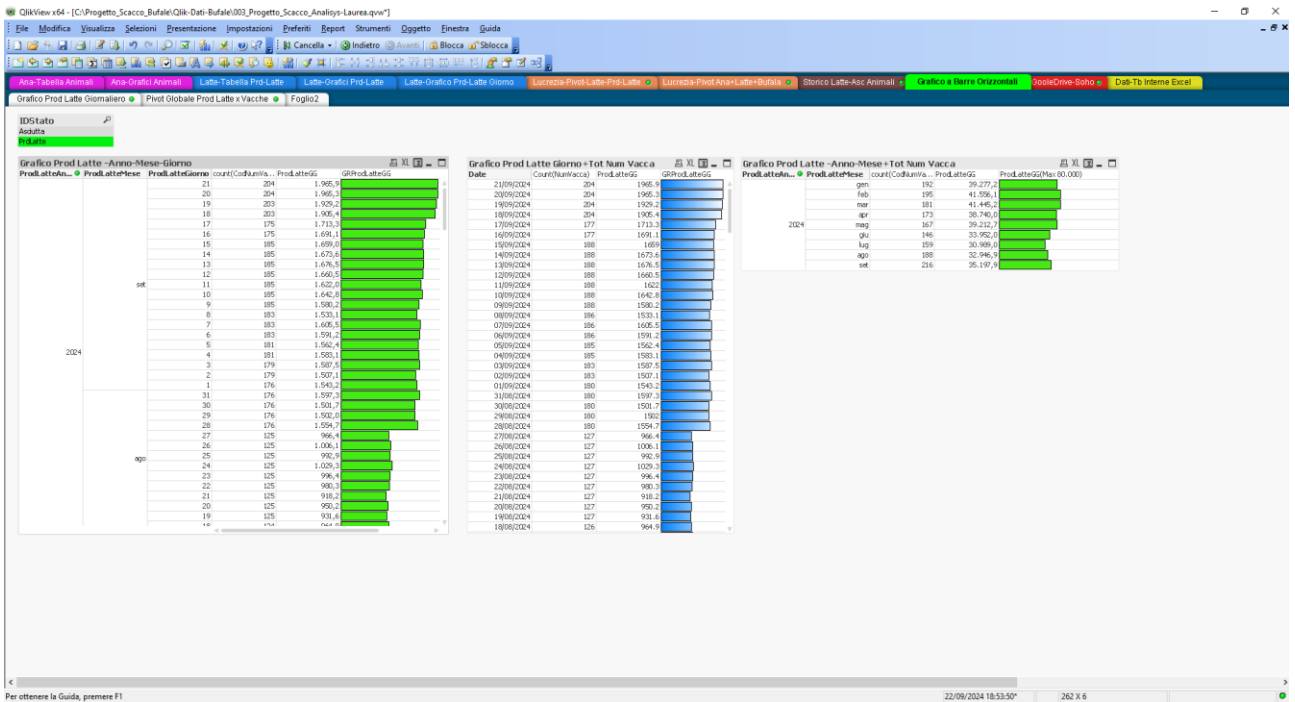


Figura 33.4 QlikView Dashboard Produzione Latte Giornaliera.

## 4. RISULTATI E DISCUSSIONE

L'Associazione Italiana Allevatori (AIA) è nata a Roma il 20 agosto 1944 con l'obiettivo di incentivare la zootecnia nazionale nel periodo del dopoguerra. Mira ad incentivare il settore zootecnico intervenendo nei controlli e nel miglioramento genetico (AVA).

Negli anni '80-'90 ebbe origine il “*Test Day*”, un sistema innovativo che misurava la produzione di latte individuale in un giorno preciso durante la lattazione, piuttosto che basarsi su stime mensili e cumulative come avveniva in passato. Con l'introduzione nel corso degli anni dei sistemi di mungitura automatizzata e dei sensori, i *test day* si sono evoluti ulteriormente. Negli ultimi anni, sono stati integrati i *big data*, i quali creano modelli di previsione, diventando ancora più precisi, ottimizzando così la gestione e la produttività. I controlli funzionali si basano sulla raccolta di dati riproduttivi e produttivi, rilevati sugli animali che producono carne, quindi bovini e ovini, e latte come bovini, bufalini, ovicapri. L'Ufficio Centrale per il Controllo delle Produzioni Animali (UCCPA) è incaricato di organizzare i controlli a livello nazionale, supervisionato dal Ministero dell'Agricoltura e della Sovranità Alimentare e delle Foreste. La legge 30/1991 e le relative modifiche affidano la gestione locale di raccolta dati ad organi coordinati all'AIA, denominati Uffici periferici dei controlli della produttività Animale (UPCPA). Una volta raccolti i dati, l'UCCPA procede al loro inserimento in una banca dati unica nazionale e inclusi in un rapporto annuale ovvero il “Bollettino dei controlli della produttività del latte”. Queste informazioni sono recapitate agli allevatori, che analizzando le produzioni della propria azienda, procederanno con interventi di ottimizzazione aziendale e contribuiranno ai piani di miglioramento genetico.

Dai *test day* è possibile ottenere mensilmente le misurazioni riguardo alla produzione di latte individuale, attraverso il prelievo di campioni di latte per ciascuna bufala. Si procede con le analisi per valutare i parametri qualitativi quali il tenore proteico, il grasso e la conta delle cellule somatiche, che sono indicatori di qualità e salute della mammella. Inoltre, forniscono informazioni genetiche utili per individuare gli animali più produttivi e migliorare i piani di accoppiamenti (AIA).

Nel 2023 in Italia sono stati effettuati i controlli funzionali in 1.166 mandrie, con un totale di 288.136 bufale da latte. Sono state esaminate 48.449 lattazioni, per le quali è stata definita una durata standard pari a 270 giorni, con una produzione media di latte per bufala mediterranea italiana di 2.361 kg/lattazione (ICAR, 2023).

## 4.1 Data screening

L'azienda presa in esame è dotata di una sala di mungitura con sensori che rilevano il chip di identificazione della bufala quando l'animale entra nella sala di mungitura. Il sistema consente poi di registrare i dati relativi alla produzione di latte per ciascuna munta e di calcolare la produzione giornaliera individuale durante l'intera lattazione. Con questo sistema l'allevatore ha la possibilità di monitorare le rese e lo stato di salute degli animali, intervenendo quanto prima in caso di irregolarità.

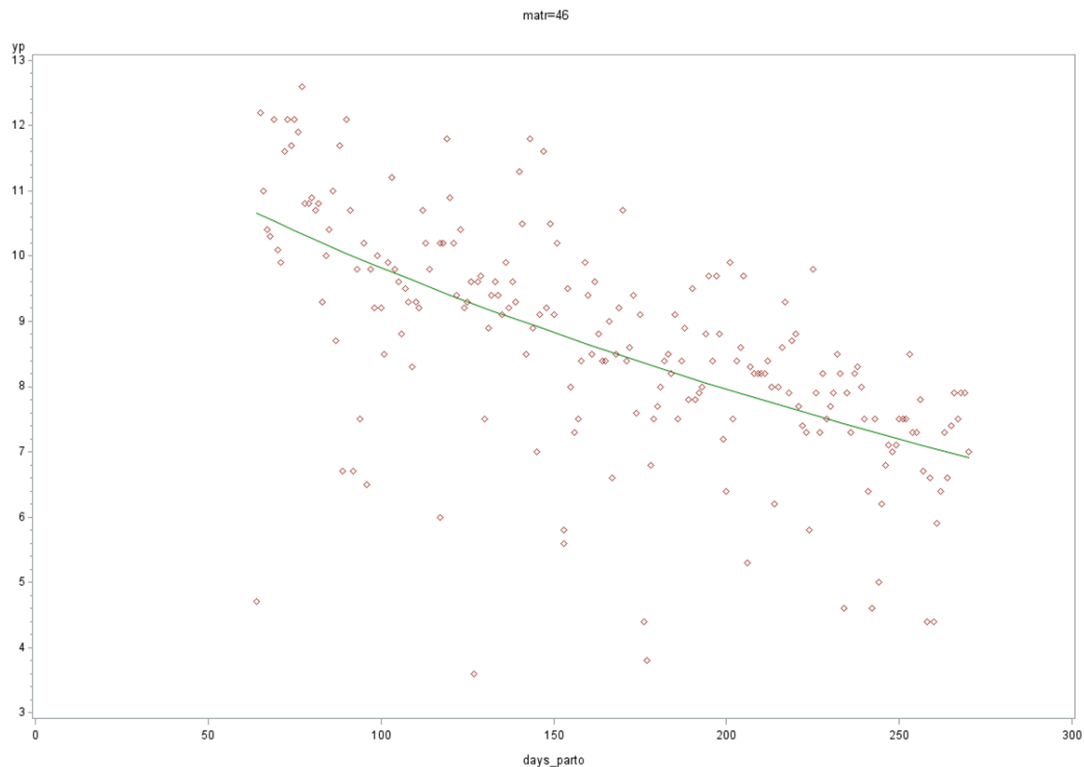
Il software del sistema permette di disporre dei dati produttivi che possono essere successivamente scaricati per eventuali elaborazioni. Nel caso della presente tesi, erano disponibili dati di 175 lattazioni individuali che in Tabella 1 vengono redistribuite in funzione dell'ordine di parto e dell'età delle bufale.

**Tabella 1** *Dataset* complessivo delle lattazioni utilizzate nello studio.

Ordine parto	N. capi pre screening	Età al parto considerato (in mesi)
1	50	31,2
2	32	49,1
3	24	62,6
4	30	82,7
5	16	101,0
6	14	113,2
7	8	132,7
8	1	157,1

I dati produttivi individuali di ciascuna lattazione sono stati sottoposti ad una procedura di *screening* per individuare eventuali situazioni anomale che avrebbero potuto inficiare negativamente la qualità del processo di *fitting* finale.

Di seguito vengono riportati alcuni esempi di curve di lattazione anomale ottenute fittando con l'equazione di Wood i dati produttivi di alcune bufale presenti nel *dataset* originale. Un primo caso riguarda curve che presentano un valore anomalo per il parametro  $b$  (Grafico 11).

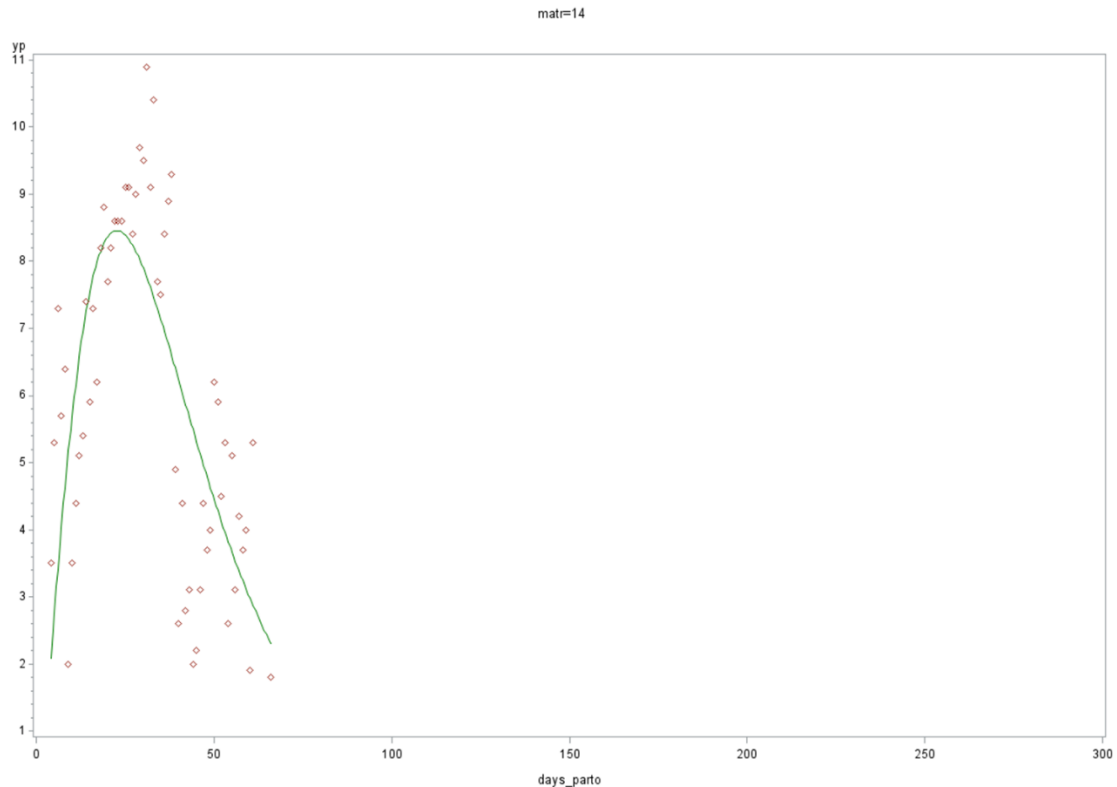


**Grafico 11** Curva di lattazione con  $b < 1$ .

Come spiegato al capitolo 1.3.3, il parametro  $b$  nell'equazione di Wood che rappresenta la pendenza della curva di lattazione nella fase ascendente successiva al parto deve assumere un valore compreso tra 0 e 1. Una curva di lattazione normale è caratterizzata da una produzione progressivamente crescente fino al picco. Il Grafico 11 invece, rivela una chiara anomalia causata da un'indisponibilità di informazioni relative alla produzione nei primi 60 giorni dopo il parto. La mancanza di un numero consistente di dati nella prima fase di lattazione non permette all'algoritmo di stimare il picco di produzione e per questo motivo i dati di questa lattazione sono stati eliminati. È probabile che questo tipo di anomalia derivi dal malfunzionamento del collare con il codice identificativo, per cui il programma ha fittato solo una parte di curva. Tuttavia, il sistema di rilevamento non ha segnalato l'inconveniente all'allevatore, rendendo impossibile l'acquisizione della produzione media di questa bufala durante il periodo considerato.

Un altro andamento anomalo viene presentato nel Grafico 12 che è relativo ad una curva di lattazione con  $b > 1$ . In questo caso la curva cresce molto rapidamente post parto per poi precipitare dopo il picco di produzione che risulta molto anticipato (a circa 30 giorni) quando in una lattazione normale esso generalmente si manifesta tra i 40-50 giorni di lattazione (Catillo *et al.*, 2002). In questa curva anche la persistenza è molto scarsa: dopo il picco, infatti, si nota un calo altrettanto rapido e marcato, con la produzione che si interrompe

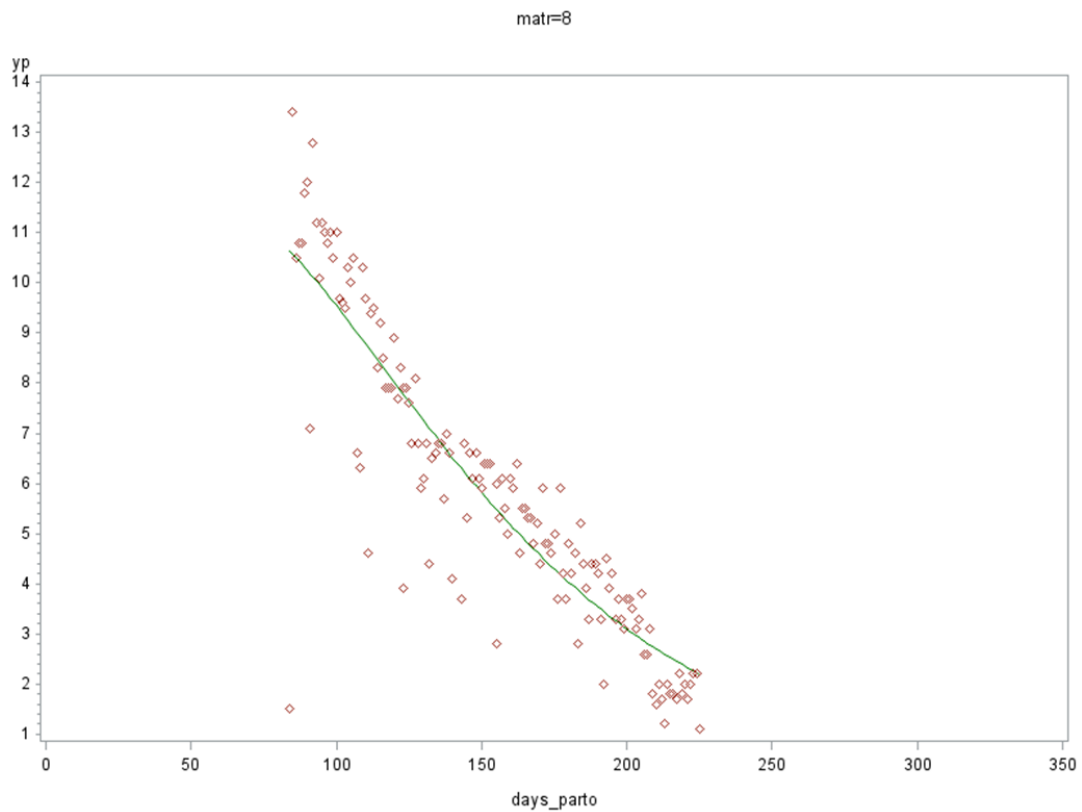
bruscamente intorno ai 70 giorni anziché mostrare una fase decrescente graduale fino ai 200-300 giorni. Questo problema potrebbe essere legato a disfunzioni fisiologiche dell'animale in questione che non possono rientrare nella normalità.



**Grafico 12** Curva di lattazione con  $b > 1$ .

Il Grafico 13 rappresenta un'altra situazione che è stata considerata non conforme ed eliminata combinando i due esempi precedenti. Essa è caratterizzata da un'assenza di dati raccolti nella prima parte della lattazione, e da un valore di  $b > 1$ , che rende l'andamento decrescente piuttosto rapido fino all'interruzione anticipata della produzione a circa 230 giorni.

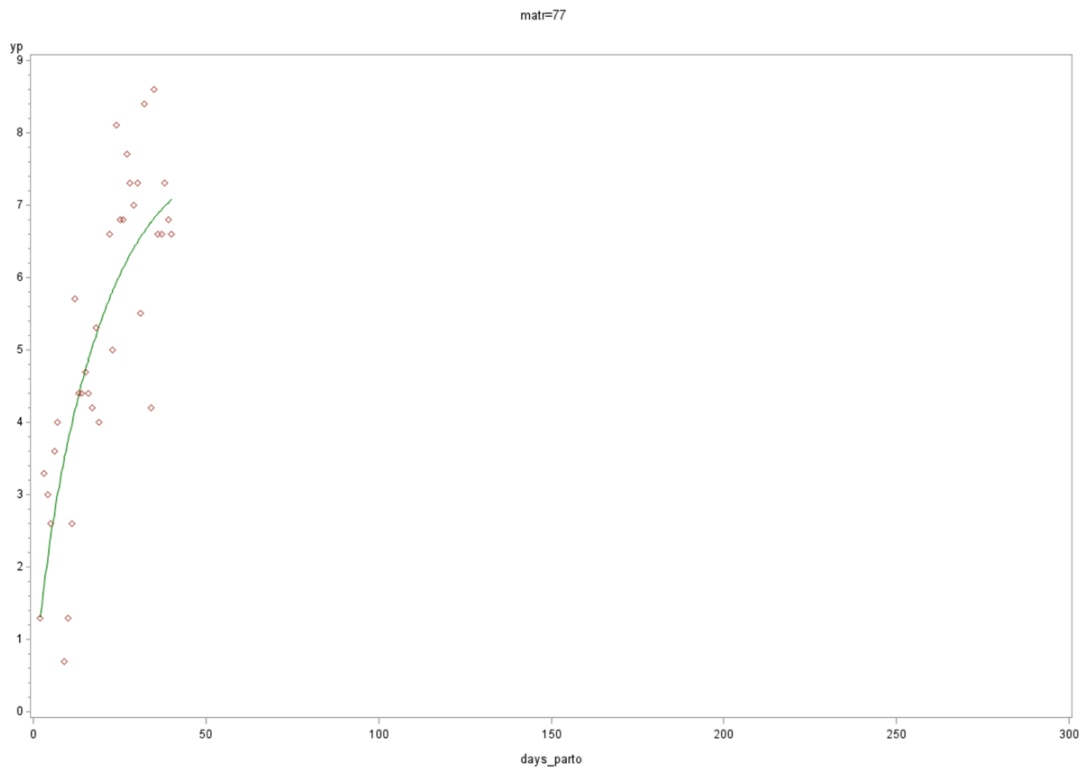




**Grafico 13** Curva di lattazione con  $b > 1$  ed insufficiente numero di dati.

Il Grafico 14 rappresenta un caso in cui i dati raccolti risultano insufficienti per consentire una corretta procedura di *fitting* da parte dell'algoritmo. La curva inizia a crescere dopo il parto con una produzione non molto elevata: la registrazione però è limitata ai primi 34 giorni prima di raggiungere il picco di produzione. Sembrerebbe che il picco sia raggiunto intorno ai 50 giorni ma non è possibile dirlo con certezza; la fase decrescente invece è totalmente assente.

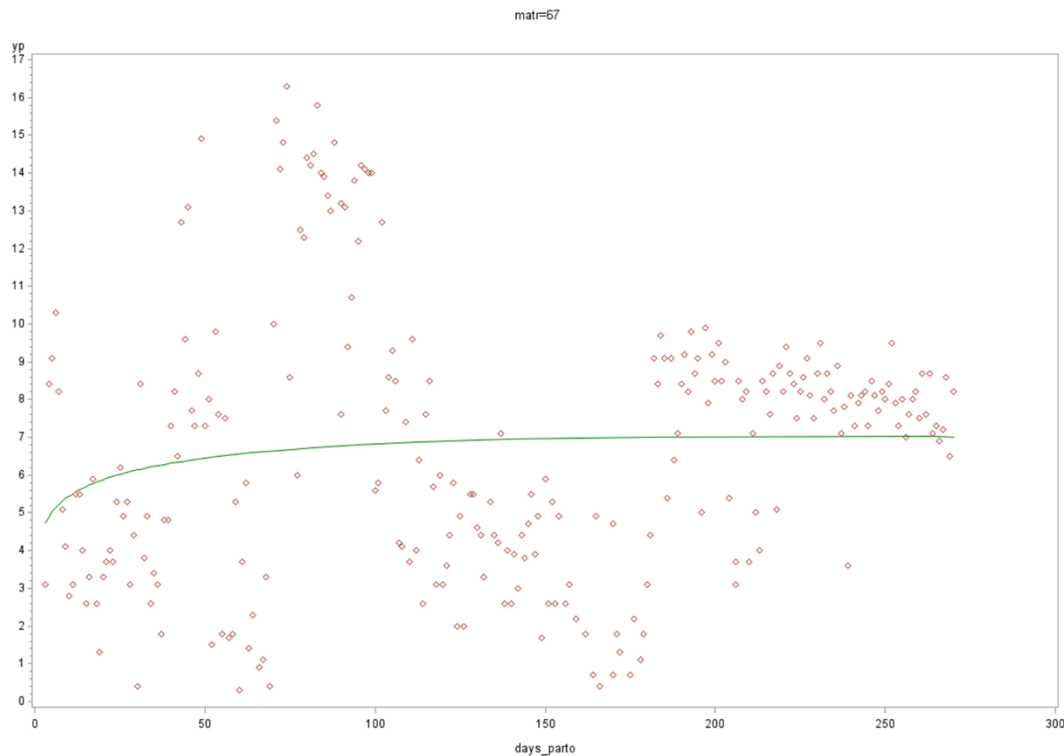
Le possibili cause sono attribuibili alla perdita del collare con chip identificativo oppure ad un malfunzionamento del collare stesso. È fondamentale quindi per migliorare la gestione aziendale un controllo più accurato dei dati registrati ed una maggiore attenzione alla manutenzione dei collari, ottenendo una visione più completa degli animali in lattazione.



**Grafico 14** Dati insufficienti.

Un ulteriore esempio di *fitting* anomalo viene presentato nel Grafico 15 che mostra una curva di lattazione molto lontana dal normale andamento. A causa della notevole variabilità dei dati produttivi, la curva inizia con un lento aumento fino al raggiungimento di un certo livello, per poi rimanere costante per tutto il periodo considerato. È caratterizzata da un andamento anomalo anche nella fase post picco, perché la produzione non diminuisce fino a 270 giorni, quando viene interrotta la lattazione. L'analisi dei punti suggerisce un'anomalia circa a 160 giorni, poiché la produzione subisce un brusco calo, seguito poi da una ripresa. Questa curva potrebbe essere ricondotta ad un problema di salute dell'animale.

Nell'equazione di Wood, il parametro  $c$  assume un valore inferiore a 0,001: questo significa che il declino della produzione dopo il picco è molto lento. Inoltre, il coefficiente  $R^2$  è 0,78, valore basso che indica un adattamento impreciso del modello ai dati. Considerando questi elementi, è probabile che la bufala non goda di buona salute; la curva, infatti, si discosta molto da una normale curva di lattazione.



**Grafico 15** Curva di lattazione con  $c < 0,001$ ,  $R^2 = 0,78$ .

Gli esempi sopra citati suggeriscono, soprattutto nel caso di *dataset* aziendali con un numero limitato di lattazioni individuali, la necessità di controllare la qualità dei dati raccolti per evitare di considerare nello studio lattazioni che si allontanano in modo marcato dalla normale fisiologia produttiva della specie bufalina. Questa pulizia dei dati, che può essere realizzata parzialmente in modo automatico mediante filtri come ad esempio l'esclusione di tutte le curve che hanno valori di  $b > 1$  o  $< 0$  oppure valori di  $R^2$  al di sotto di una certa soglia ( $< 0,90?$ ), permette di migliorare l'accuratezza e l'affidabilità dei risultati.

Come descritto in precedenza, le curve anomale potrebbero derivare da errori di registrazione, malfunzionamenti o perdite che riguardano il collare o il sistema di rilevamento della sala di mungitura, ma anche bufale che manifestano gravi problemi fisiologici e/o patologici. Un ultimo fattore importante per quanto riguarda la robustezza del processo di calcolo della curva di lattazione riguarda la presenza di un adeguato numero di dati produttivi giornalieri che nel nostro caso è stato fissato a 140.

La procedura di *screening* precedentemente illustrata ha determinato l'eliminazione di 15 lattazioni individuali, pari all'8,6% del *dataset* originale. Quest'ultimo viene presentato nella Tabella 2, ripartendo le lattazioni in funzione dell'ordine di parto delle bufale. Come si può notare, la procedura di "pulizia" del *dataset* ha riguardato principalmente bufale in prima lattazione oppure lattazioni di animali con più di 3 parti.

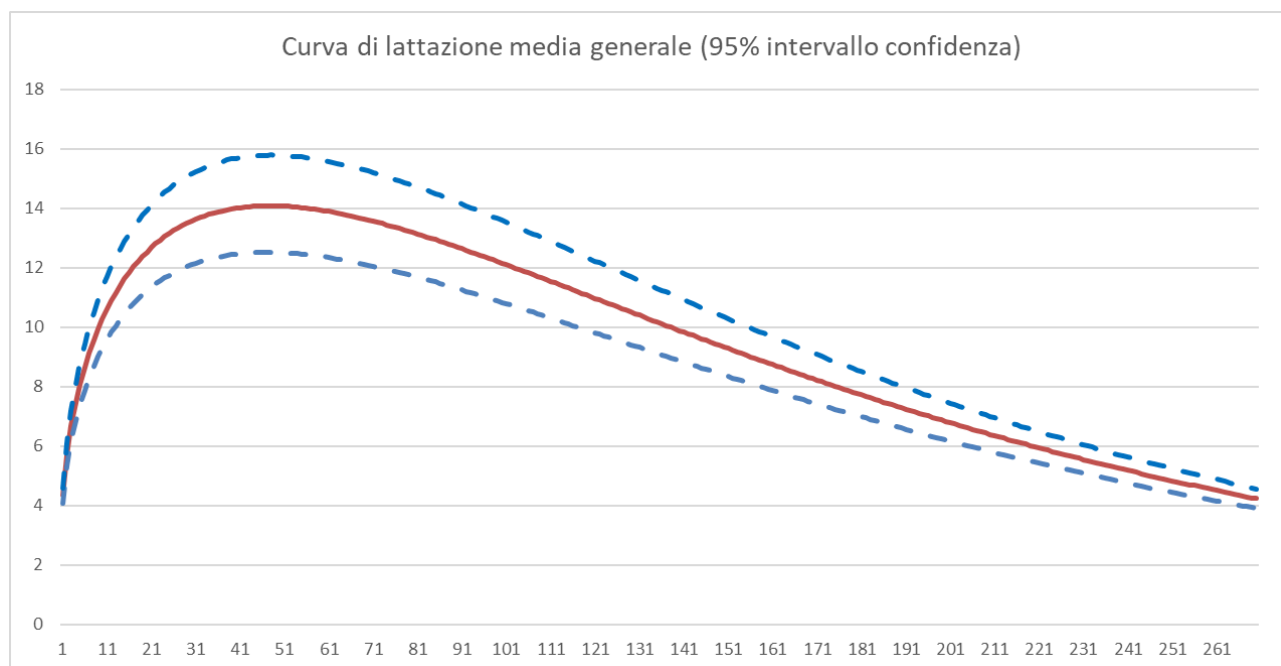
**Tabella 2** Le lattazioni post screening.

Ordine parto	N. capi pre screening	N. capi post screening	N. esclusi
1	50	44	-6
2	32	29	-3
3	24	23	-1
≥4	69	64	-5

## 4.2 Curva media generale

Attraverso il calcolo della media ottenuta per i parametri  $a$ ,  $b$  e  $c$  di tutte le curve individuali, è stata calcolata una curva media generale descrittiva della produzione di latte nell'azienda considerata. Accanto al dato medio è anche stato calcolato un intervallo di confidenza di +/- 95%.

L'andamento di questa curva viene illustrato nel Grafico 16.



**Grafico 16** Curva di lattazione media generale.

Pur con evidenti differenze dal punto di vista produttivo, l'andamento della curva richiama in modo abbastanza fedele quello della specie bovina (Sandrucci, 2022).

Nella Tabella 3 vengono riportati i valori medi e la relativa deviazione standard dei tre parametri dell'equazione di Wood utilizzati per descriverne l'andamento medio e l'intervallo di confidenza illustrati nel Grafico 16.

**Tabella 3** I parametri medi della curva e relativo intervallo di confidenza.

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
Media $\pm$ DS	4,37 $\pm$ 2,07	0,41 $\pm$ 0,16	0,0086 $\pm$ 0,0026
Intervallo di confidenza 95%			
• inferiore	4,12	0,39	0,0083
• superiore	4,63	0,43	0,0089

Esaminando i risultati ottenuti, si può intuire che il parametro *a* rappresenta il livello di produzione iniziale, ovvero  $\approx 4,4$  kg. Questo indica una produzione moderata, considerando che l'animale in questione non è altamente produttivo come una bovina da latte, ed è riferita alla quantità media prodotta nel primo giorno di lattazione. Tuttavia, è caratterizzato da un'elevata variabilità, infatti la produzione individuale può variare da 2,3 a 6,4 kg; questo può essere attribuito al fatto che vengono considerate tutte le bufale in produzione, indipendentemente dall'età o dall'ordine di parto.

Procedendo con l'analisi della curva media generale, si identifica il valore *b*, che indica la pendenza, e che è pari a  $\approx 0,41$  (il valore è compreso tra 0 e 1); questo suggerisce che la parte crescente della curva non è né ripida e né troppo piatta. Ciò implica che la produzione aumenta in modo relativamente proporzionale ed equilibrato. La deviazione standard è moderata, alcuni capi raggiungeranno il picco di produzione più rapidamente o più lentamente rispetto alla media calcolata.

Il parametro *c* pari a  $\approx 0,0086$  descrive soprattutto la fase discendente della curva; significa che la produzione post picco diminuisce in modo lento e graduale, e rappresenta un punto a favore per l'azienda. Ad esempio, considerando la produzione al 100° giorno, si registrano 12,2 kg; al 140° giorno scende a 9,9 kg, in un periodo prolungato la resa è calata di poco. Inoltre, la variabilità di *c* è estremamente ridotta, quindi la forma della curva della fase discendente è abbastanza omogenea.

L'algoritmo permette di identificare alcuni parametri produttivi di un certo interesse dal punto di vista pratico come ad esempio il picco di lattazione, ovvero il giorno dal parto in cui si registra la massima produzione di latte. In media nel caso del nostro *dataset*, il picco di

produzione viene raggiunto 48 giorni *post partum* con una variabilità del 27%. La quantità media di latte prodotta al picco è di 14 kg, con una deviazione standard di 2,5 kg.

**Tabella 4** I parametri produttivi medi.

	Media	Deviazione Standard
Giorno al picco	48	13
Produzione al picco (kg)	14,0	2,5
Produzione globale (kg):		
• osservata	2301	537
• stimata	2303	536

Dallo studio di Dimauro *et al.* (2005), condotto su un campione di dimensione significativa e utilizzando l'equazione di Wood, è emerso che il picco si verifica al 33° giorno con una produzione media di 10,9 kg. Considerando che  $R^2$  assume un valore di 0,937, indicando una buona bontà di stima, si osserva che il picco di produzione viene raggiunto anticipatamente rispetto ai risultati del mio studio, ma con una produzione media inferiore. Invece, considerando un'ulteriore analisi di Borghese *et al.* (2013), la resa massima durante il periodo produttivo avviene intorno al 40° giorno per le secondipare e terzipare e al 50° giorno per la prima lattazione, dunque risultati più in linea con lo studio effettuato per la discussione.

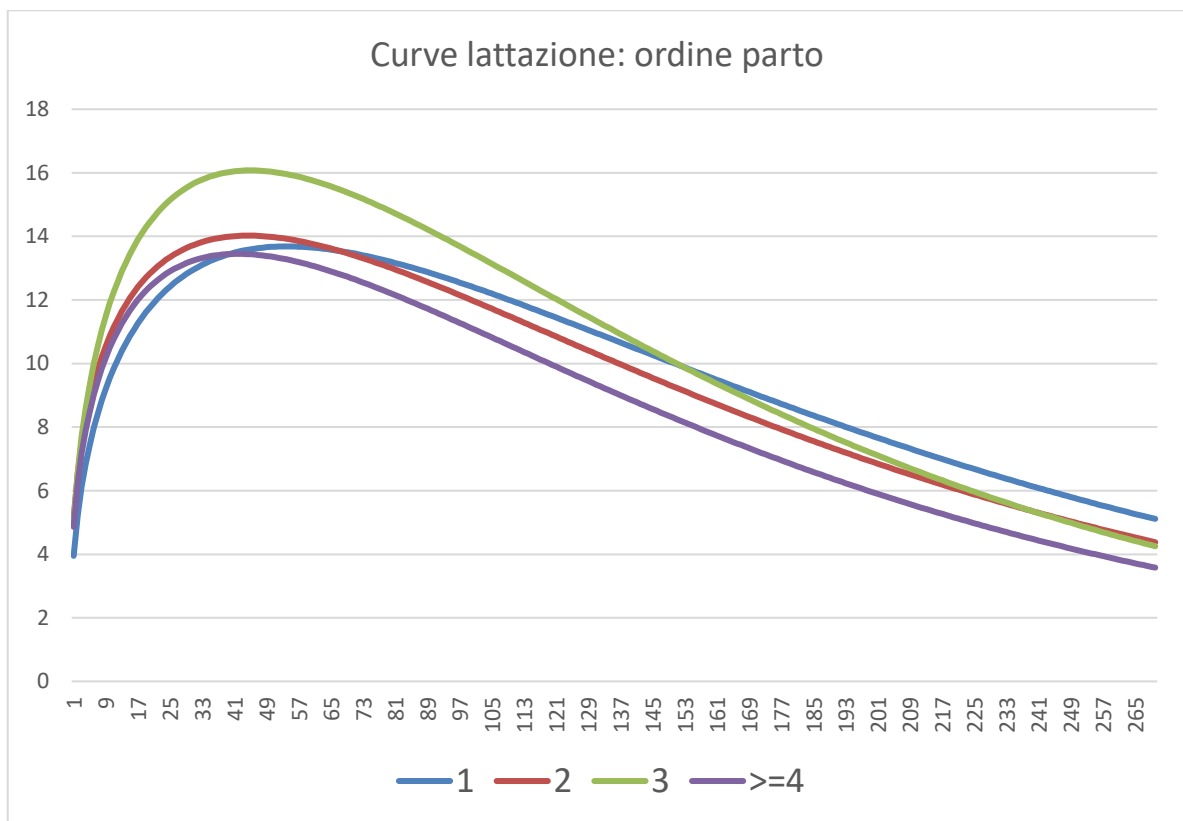
Un altro parametro ottenuto dalla procedura di *fitting* dei dati produttivi riguarda la produzione totale stimata, che nel caso del presente studio è stata in media pari a 2303 kg. Questo valore è risultato molto simile alla produzione totale osservata, calcolata come somma della media di tutti i dati produttivi nei 270 di lattazione che ha visto un valore di 2301 kg con una deviazione standard di 537 kg. È possibile dedurre che il *fitting* è molto buono anche considerando il coefficiente di determinazione  $R^2$ , che misura la differenza tra valori reali e valori stimati. Più questo scarto è ridotto, migliore sarà l'interpolazione della curva; infatti tutte le curve considerate nello studio presentano un  $R^2$  di 0,97-0,98, che indica una buona accuratezza.

Se si divide la produzione globale osservata (2301 kg) per i giorni di lattazione (270), si ottiene una produzione media di 8,5 kg/capo/giorno: un valore che risulta nella media giornaliera della bufala da latte secondo quanto riportato da Catillo *et al.* (2002).

### 4.3 Effetto dell'ordine di parto

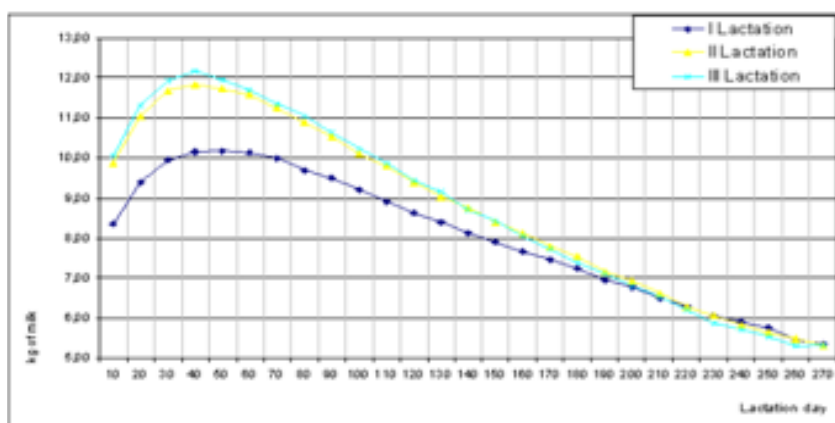
Le bufale sono state suddivise in base all'ordine di parto per confrontare le lattazioni e le diverse caratteristiche correlate secondo quanto illustrato nella Tabella 2. Questa pratica è utile per ottimizzare le strategie di gestione manageriale aziendale, facilitando la valutazione dal punto di vista riproduttivo e produttivo. Inoltre, permette di valutare l'efficacia del processo di selezione genetica aziendale volto ad implementare la capacità produttiva dell'allevamento.

In questo studio le curve di lattazione sono state calcolate per: primipare, secondipare, terzipare ed un livello che raggruppa i parti dal quarto all'ottavo (Grafico 17).



**Grafico 17** Curva di lattazione: effetto dell'ordine di parto.

L'andamento delle curve registrato in questo studio è stato posto a confronto con quanto riportato nel Grafico 18 in uno studio di Coletta e Caso (2008).



**Grafico 18** Curve di lattazione per bufale primipare, secondipare e terzipare.

Il confronto rivela in modo evidente le ottime performance registrate per le bufale al primo parto nel presente studio, che manifestano una curva decisamente molto più prossima a quella ottenuta da animali in seconda e terza lattazione.

I risultati dell'analisi statistica dei parametri descrittivi della curva di lattazione in funzione dell'ordine di parto vengono riportati nella Tabella 5. Nessuno dei tre parametri ha risentito in modo significativo dell'effetto dell'ordine di parto anche se il valore del parametro *a* nel caso delle curve di prima lattazione è risultato tendenzialmente inferiore a quelle osservato in animali più maturi e di ordine di parto superiore. Il parametro *b* assume un valore simile per le curve delle primipare e terzipare, assumendo un tasso di crescita maggiore e dunque una forma della curva più alta. Il parametro *c* invece raggiunge un valore alto nel caso delle terzipare, infatti la curva precipita rapidamente rispetto agli altri ordini di parto.

**Tabella 5** I parametri medi della curva considerando l'ordine di parto.

	Ordine di parto				Significatività <i>p</i>
	1	2	3	≥4	
	Media ± ES	X ± ES	X ± ES	X ± ES	
<b>a</b>	3,98 ± 0,32	5,19 ± 0,36	5,02 ± 0,42	4,91 ± 0,26	0,051
<b>b</b>	0,41 ± 0,03	0,36 ± 0,03	0,41 ± 0,03	0,37 ± 0,02	0,263
<b>c</b>	0,0076 ± 0,0004	0,0080 ± 0,0005	0,0092 ± 0,0006	0,0088 ± 0,0003	0,065

Catillo *et al.* (2002) per condurre il loro studio, hanno considerato un campione di bufale molto sostanzioso, circa 500 animali in lattazione. Dai loro risultati è emerso che le bufale



con età compresa tra 2 e 3 anni, che coincidono con le primipare della mia analisi, sono quelle che mostrano una maggiore persistenza. Questo loro risultato è coerente con il mio grafico, infatti si nota che la curva del primo parto, dopo aver raggiunto il picco di lattazione, scende molto più lentamente rispetto alle altre.

I dati relativi ai parametri produttivi stimati in funzione dell'ordine di parto delle bufale vengono riportati nella Tabella 6. Per quanto riguarda il picco di lattazione si nota come bufale primipare risultino lente, raggiungendo il picco a 54° giorno di lattazione, circa 10/12 dopo rispetto ad animali di ordine superiore di parto.

La produzione al picco è più elevata nel caso di bufale in seconda/terza lattazione rispetto alle primipare e ad animali più maturi ( $P=0,031$ ).

**Tabella 6** I parametri produttivi medi considerando l'ordine di parto.

	Ordine di parto				Significatività
	1	2	3	≥4	
	Media ± ES	X ± ES	X ± ES	X ± ES	p
<b>Giorno al picco</b>	54,3 a ± 1,7	44,4 b ± 1,9	45,2 b ± 2,3	41,7 b ± 1,4	0,001
<b>Produzione al picco</b>	13,7 b ± 0,42	14 ab ± 0,47	16,1 a ± 0,54	13,5 b ± 0,33	0,031
<b>Prod. globale osservata</b>	2289 ± 82	2439 ± 92	2396 ± 107	2207 ± 66	0,14
<b>Prod. globale stimata</b>	2291 ± 82	2439 ± 92	2399 ± 107	2209 ± 66	0,141

a,b = medie stimate con lettere diverse sono diverse per  $p<0,05$

È possibile osservare una certa corrispondenza dei vari parametri produttivi con altre analisi condotte sul campo. Borghese *et al.* (2019) hanno riscontrato che le primipare producono mediamente 10 kg/capo nel giorno di massima resa, registrato a 50 giorni. Nonostante il picco si verifichi in un periodo simile rispetto alla mia analisi, la quantità prodotta per capo risulta significativamente inferiore a quanto calcolato nel presente lavoro. Questo potrebbe essere attribuito sia ad aspetti genetici che ad una migliore gestione delle manze nel corso della loro fase di crescita.

Per quanto riguarda le secondipare e le terzipare, sempre Borghese *et al.* (2019) riferiscono che le bufale raggiungono il picco a 40 giorni, rispettivamente con produzioni massime di 12 e 13 kg/capo. Questi risultati indicano che, nello studio citato, il picco viene raggiunto anticipatamente, ma con una quantità di latte prodotta che si discosta dai valori ottenuti nella presente ricerca ove comunque si conferma che le terzipare sono quelle che hanno una produzione al picco più elevata. Inoltre, Penclev *et al.* (2011) suggeriscono che la resa

massima al picco può incrementare di 0,72 kg nelle bufale, passando dalla prima alla terza lattazione. Nella Tabella 6 si osserva infatti un aumento progressivo della produzione al picco dal primo al terzo parto, seguito da un calo importante.

Borghese *et al.* (2019), riportano che la produzione media delle primipare è di 2160 kg, delle secondipare di 2348 kg e delle terzipare di 2356 kg; è evidente che la resa potenziale si osserva principalmente nella terza lattazione. In linea con questi dati, nella mia analisi il dato produttivo complessivo è stato numericamente più elevato nel caso delle bufale in terza lattazione, ma per questo parametro non è stato osservato un effetto significativo da parte dell'ordine di parto (Tabella 6).

Le curve di flusso di latte sono quindi influenzate da diversi fattori, anatomici e fisiologici. Infatti le terzipare hanno ormai concluso lo sviluppo mammario e morfologico, adattandosi meglio ai cambiamenti ormonali e fisiologici associati al parto.

Un ulteriore studio (Salari *et al.*, 2013) che considera la produzione quantitativa giornaliera in base all'ordine di parto, mostra che le primipare producono in media 8,47 kg/capo/giorno, circa il 12% in meno rispetto alle pluripare (secondipare 9,84 kg/capo/giorno; terzipare e quartipare 9,60 kg/capo/giorno). La produzione si stabilizza dal secondo all'ottavo parto, con una riduzione dovuta all'invecchiamento fisiologico dell'animale. Questi dati sono in linea con i risultati dell'analisi condotta nell'allevamento padovano per quanto riguarda le primipare, che producono 8,5 kg/capo/giorno di latte; mentre nel mio studio i parti dal secondo all'ottavo fanno osservare valori leggermente inferiori 9 kg per le secondipare; 8,8 kg per le terzipare; e 8,2 kg/capo/giorno quartipare e successive.

#### **4.4 Effetto della stagione di parto**

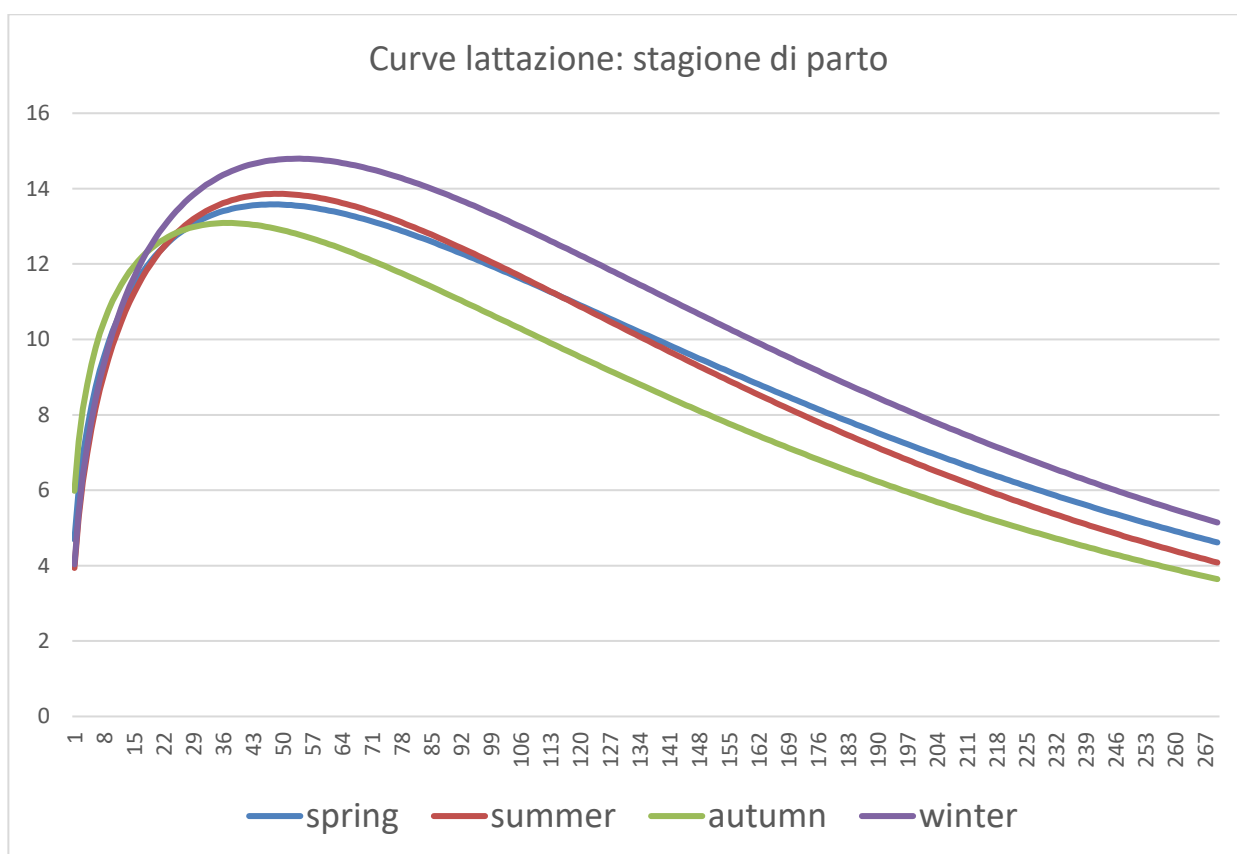
I parametri produttivi della bufala sono strettamente legati anche alla sua stagionalità riproduttiva; infatti, come spiegato al capitolo 1.3.1, il periodo dei parti è condizionato dall'entrata in calore delle bufale che viene promosso dalla presenza di un fotoperiodo decrescente.

Nel presente studio le curve di lattazione sono state ripartite in funzione della stagione in cui è avvenuto il parto da parte delle bufale: inverno (Gen-Mar), primavera (Apr-Giu); estate (Lug-Set) e autunno (Ott-Dic) ed in linea con la distribuzione mensile dei parti registrata dalla Sistema Informatico Nazionale (Grafico 3), le lattazioni analizzate nella presente ricerca hanno avuto inizio soprattutto nella stagione estiva ed in inverno (Tabella 7).

**Tabella 7** Ripartizione delle lattazioni in funzione alla stagione di parto delle bufale.

	Stagione di parto			
	Inverno	Primavera	Estate	Autunno
Numero di parti	42	27	73	18

Analizzando i dati, si osserva che il 45,6% dei parti si concentra principalmente a fine estate, confermando la naturale stagionalità della bufala. Con l'intervento della destagionalizzazione, i parti invernali rappresentano il 26,2% dei parti, seguiti dal 16,9% in primavera; questa pratica è vantaggiosa per gli allevatori, considerando che la massima produzione di latte si registra circa due mesi *post partum*, garantendo così un elevato quantitativo di latte nel momento di maggiore richiesta da parte del mercato, che richiede prodotti caseari a partire dalla primavera (Gómez-Carpio *et al.*, 2023).



**Grafico 19** Curva di lattazione: effetto della stagione di parto.

L'andamento delle curve di lattazione in funzione della stagione di parto delle bufale viene illustrato nel Grafico 19. Dal grafico si nota soprattutto una produzione al picco più elevata nel caso delle bufale che partoriscono d'inverno, mentre quelle che partoriscono in primavera manifestano una maggiore persistenza.

**Tabella 8** I parametri medi della curva considerando la stagione di parto.

	Stagione				
	Inverno	Primavera	Estate	Autunno	
	Media $\pm$ ES	X $\pm$ ES	X $\pm$ ES	X $\pm$ ES	p
<b>a</b>	4,06 $\pm$ 0,30 b	4,73 $\pm$ 0,37 ab	3,97 $\pm$ 0,25 b	6,03 $\pm$ 0,47 a	0,001
<b>b</b>	0,43 $\pm$ 0,02 a	0,37 $\pm$ 0,03 ab	0,43 $\pm$ 0,02 a	0,30 $\pm$ 0,04 b	0,003
<b>c</b>	0,0081 $\pm$ 0,0004	0,0077 $\pm$ 0,0005	0,0089 $\pm$ 0,0003	0,0080 $\pm$ 0,0006	0,178

Analizzando la curva di lattazione si osserva che il parametro *a* è nettamente più elevato nel periodo autunnale con  $\approx 6$  kg; si deduce quindi che le bufale che partoriscono nel periodo in cui le temperature calano, iniziano la lattazione con un quantitativo di latte maggiore rispetto alle altre stagioni, in cui producono in media 4 kg di latte.

Per quanto riguarda il tasso di crescita della curva, l'autunno ha un valore prossimo a 0: questo indica una crescita più lenta, e l'andamento assunto sarà più basso e di conseguenza la produzione al picco sarà minore. Al contrario, l'inverno e l'estate sembrerebbero le stagioni più favorevoli dal punto di vista del parametro considerato: infatti la curva assume un andamento più ripido con una conseguente resa al picco maggiore. Per quanto riguarda la persistenza, i valori osservati non sembrano risentire di un effetto significativo da parte delle diverse stagioni.

In Tabella 9 sono riportate le principali informazioni riguardo i parametri descrittivi della produzione.

**Tabella 9** I parametri produttivi medi considerando la stagione di parto.

	Stagione di parto				
	Inverno	Primavera	Estate	Autunno	
	X $\pm$ ES	X $\pm$ ES	X $\pm$ ES	X $\pm$ ES	p
<b>Giorno al picco</b>	53,2 $\pm$ 1,7 a	48,1 $\pm$ 2,0 a	49,4 $\pm$ 1,4 a	37,5 $\pm$ 2,6 b	0,001
<b>Produzione al picco</b>	14,7 $\pm$ 0,43	13,6 $\pm$ 0,48	13,9 $\pm$ 0,30	13,1 $\pm$ 0,60	0,202
<b>Prod. globale osservata</b>	2631 $\pm$ 79 a	2482 $\pm$ 95 a	2181 $\pm$ 64 b	2013 $\pm$ 121 b	0,001
<b>Prod. globale stimata</b>	2629 $\pm$ 79 a	2484 $\pm$ 96 a	2183 $\pm$ 64 b	2016 $\pm$ 121 b	0,001

Inverno e primavera si caratterizzano per il raggiungimento del picco di lattazione in una fase più tardiva rispetto ad estate e autunno. La produzione al picco di lattazione non varia in funzione della stagione di parto delle bufale.

Ai parti invernali e primaverili corrispondono le più favorevoli produzioni complessive di latte che superano di 3-4 quintali quanto prodotto a seguito di un parto estivo o autunnale (Tabella 9). Questo andamento trova probabile spiegazione nell'effetto negativo sulla produzione di latte della bufala da parte dello stress da caldo.

A sostegno di quanto detto, Dash *et al.* (2016) sostengono che i principali fattori riconducibili allo stress da caldo sono: la temperatura dell'aria, l'umidità relativa (THI), le radiazioni solari, la pressione atmosferica e la velocità del vento. Esiste una correlazione negativa tra il THI e le prestazioni riproduttive e produttive di bovine e bufale. Quando l'equilibrio di termoregolazione viene alterato, la temperatura interna all'animale aumenta, con ripercussioni negative sulle prestazioni. Secondo Dash *et al.* (2016), le bufale da latte percepiscono lo stress da caldo con un THI maggiore di 75, valore registrato solitamente tra aprile ed ottobre. Maggiore è l'esposizione e la durata ad un THI al di sopra della soglia massima, maggiore sarà lo stress da caldo percepito. Per contrastare il disagio percepito, possono essere adottati vari accorgimenti come: lasciare a disposizione acqua fresca, ventilare il ricovero degli animali o, se allevati nei paddock, disporre tettoie o arbusti per la riparazione dai raggi solari, e somministrare al mattino presto e alla sera una razione adeguata alle esigenze nutrizionali e metaboliche in linea con il periodo di stress intenso. Gli autori concludono dicendo che nonostante i tentativi di piani di selezione per la resistenza a temperature elevate, gli animali finalizzati alla produzione di latte dovrebbero essere allevati in aree con clima temperato, per non compromettere le prestazioni.

I dati del mio studio confermano come, in linea con quanto osservato per le vacche da latte, altresì nelle bufale gli effetti negativi dello stress da caldo si prolungano, anche per le lattazioni che hanno inizio nella stagione autunnale quando l'andamento termico ambientale è tornato entro un *range* accettabile per gli animali.

Catillo *et al.* (2002), nella loro ricerca hanno considerato 534 bufale allevate in un paddock esterno ed hanno suddiviso le bufale nelle quattro stagioni trimestrali per analizzare l'influenza della stagione di parto sulla produzione. I dati ottenuti nella loro ricerca hanno evidenziato produzioni medie giornaliere di 8,5 kg in inverno, 8,2 kg in primavera per scendere a 7,7 kg e 8,0 kg in estate e in autunno. Hanno perciò confermato che la stagione di parto influisce significativamente sulla produzione aziendale.

Un andamento abbastanza simile è emerso anche nello studio corrente, in cui le lattazioni dei parti nel periodo invernale hanno determinato una produzione di latte giornaliera di  $\approx 9,7$  kg, quelli primaverili di  $\approx 9,2$  kg, per calare rispettivamente a 8 e 7,5 kg in estate e in autunno.

## 5. CONCLUSIONI

La presente ricerca ha avuto come obiettivo lo studio della curva di lattazione della bufala di razza Mediterranea Italiana a partire dai dati produttivi giornalieri raccolti mediante sensori presenti in sala di mungitura. Attraverso una procedura di *fitting* e utilizzando il modello di Wood, è stato possibile stimare graficamente l'andamento della lattazione, valutando le influenze che l'ordine di parto e la stagione di parto hanno avuto sull'andamento della lattazione stessa.

La curva di lattazione media, calcolata utilizzando i dati di 160 lattazioni individuali, ha evidenziato un andamento molto simile a quello che caratterizza la specie bovina pur con valori produttivi molto più contenuti. L'andamento osservato rivela un aumento graduale della produzione dal parto fino al raggiungimento del picco che generalmente si manifesta intorno al 50° giorno di lattazione con una deviazione standard di circa 13 giorni. Dopo il picco la produzione decresce in modo graduale fino a circa 270-300 giorni.

Il parametro *a* che identifica la produzione nel primo giorno di lattazione è risultata pari a 4,37kg, quantitativo di latte moderato se confrontato con la produzione media giornaliera di una bufala che è di circa 8-9 kg. Il parametro *b*, che identifica la velocità di crescita della produzione dal parto al picco, assume per la bufala un andamento abbastanza moderato e pari a 0,41, considerando il suo *range* di variabilità che dovrebbe vederlo compreso tra 0 e 1. Dopo il picco la curva decresce in modo abbastanza sensibile con una perdita di circa 10 kg di latte al giorno dal picco fino al termine della lattazione standardizzata.

La produzione media stimata è risultata pari a circa 2300 kg ed è stata quasi sovrapponibile a quella ottenuta sommando i dati produttivi medi giornalieri delle bufale controllate.

Le curve di lattazione suddivise in funzione all'ordine di parto hanno fatto osservare andamenti differenti, ma sostanzialmente non diversi dal punto di vista della produzione totale di latte, anche se valori tendenzialmente più contenuti sono stati osservati per le bufale alla prima lattazione.

Un'ulteriore variabile presa in considerazione è stata la stagione di parto, evidenziando produzioni più favorevoli per le curve che hanno inizio nelle stagioni invernali e primaverili. Sulle più modeste performance emerse nel caso delle curve di lattazione che hanno avuto inizio nei mesi estivi e autunnali, ha sicuramente giocato un ruolo negativo il fattore di stress da caldo. Questo risultato suggerisce che di fronte al fenomeno del *global warming* anche negli allevamenti di bufale sia corretta ed auspicabile l'introduzione di soluzioni strutturali e gestionali in grado di mitigare questo problema.

## BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

Abdel-Salam, S. A. M., Mekkawy, W., Hafez, Y. M., Zaki, A. A., & Abou-Bakr, S. (2011). *Fitting lactation curve of Egyptian buffalo using three different models*. Egyptian Journal of Animal Production, 48(2), 119-133. Issued by The Egyptian Society of Animal Production.

Agroberichten Buitenland. (2023, July 3). *The Egyptian buffalo, bred for climate resilience*. Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality of the Netherlands. <https://www.agroberichtenbuitenland.nl/actueel/nieuws/2023/07/03/the-egyptian-buffalo-bred-for-climate-resilience>

Albenzio M., A. Santillo, Antonella, F. d'Angelo, M. di Corcia, M.G. Ciliberti, R. Marino, M. Caroprese, A. della Malva & A. Sevi (2024). *Milk quality of Italian Mediterranean buffalo as affected by temperature-humidity index during late spring and summer*. Journal of Dairy Science \*Volume\*(107), 5343-5352  
[https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(24\)00636-2/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(24)00636-2/fulltext)

Animal Behavior Corner. *Asian water buffalo*. from <https://animalbehaviorcorner.com/asian-water-buffalo/>

Associazione Italiana Allevatori. (2024). Ufficio Centrale dei Controlli sulla Produttività Animale. Recuperato da <https://www.aia.it/aia-website/it/settori/area-tecnica/ufficio-sviluppo/ufficio-centrale-dei-controlli-sulla-produttivita-animale>

Associazione Italiana Allevatori. *Statistiche per la specie bufalina*. AIA. [http://bollettino.aia.it/Contenuti.aspx?CD\\_GruppoStampe=TI&CD\\_Specie=C4](http://bollettino.aia.it/Contenuti.aspx?CD_GruppoStampe=TI&CD_Specie=C4)

Associazione Nazionale Allevatori Specie Bufalina. (2023). *Valutazione Lineare: La Bufala Mediterranea Italiana* [PDF]. [https://www.anasb.it/?jet\\_download=6082](https://www.anasb.it/?jet_download=6082)

Associazione Nazionale Allevatori Specie Bufalina. *Carne di bufala mediterranea italiana*. A.N.A.S.B. <https://www.anasb.it/bufala-mediterranea-italiana/carne/>

Associazione Nazionale Allevatori Specie Bufalina. Ente Selezionatore. A.N.A.S.B.  
<https://www.anasb.it/ente-selezionatore/>

Associazione Veneta Allevatori (2024). Le origini del sistema associativo zootecnico.  
<https://www.avaveneto.it/it/chisiamo/storia.html>

Borghese A., M. Rasmussen & C.S. Thomas (2007). *Milking management of dairy buffalo*. VIII World Buffalo congress. Ital.J.anIm.Scl., 6(2), 39-50.  
[https://www.researchgate.net/publication/41394243\\_Milking\\_management\\_of\\_dairy\\_buffalo/fulltext/56ebb69a08aec6b5001702ab/Milking-management-of-dairy-buffalo.pdf](https://www.researchgate.net/publication/41394243_Milking_management_of_dairy_buffalo/fulltext/56ebb69a08aec6b5001702ab/Milking-management-of-dairy-buffalo.pdf)

Borghese, A. (2007). *Buffalo Production and research*. Consiglio per la ricerca e la sperimentazione in agricoltura, 1(1), 1-321. <https://internationalbuffalofed.org/books/>  
(<https://www.fao.org/4/ah847e/ah847e.pdf>)

Borghese, A. (2011). *Situation and perspectives of buffalo in the world, Europe and Macedonia*. Macedonian Journal of Animal Science, 1(2), 281-296.  
<http://www.mjas.ukim.edu.mk/files/MJAS-01-02-2011-048-Borghese.pdf>

Borghese, A. (2013). *Buffalo Livestock and Products in Europe*. Buffalo Bulletin, 32(32), 50-74. <https://internationalbuffalofed.org/books/>

Borghese, A., Moioli, B. (2011). *Husbandry of dairy animals. Buffalo: Mediterranean region*. In Encyclopedia of Dairy Sciences, 780–784. PubMed Central.  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374407-4.00230-2>

Borghese, A., Boselli, C., & Rosati, R. (2013). *Lactation curve and milk flow*. Buffalo Bulletin, 32(Special Issue 1), 334-350.  
<https://www.researchgate.net/publication/286043086>

Buffalopedia. (2024). Buffalopedia Home Page. [www.buffalopedia.cirb.res.in/](http://www.buffalopedia.cirb.res.in/)

Buffalopedia. *Surti buffalo*. From <https://buffalopedianew.cirb.res.in/surti/>



Catillo, G., N. P. P. Macciotta, A. Carretta & A. Cappio-Borlino (2002). *Effects of Age and Calving Season on Lactation Curves of Milk Production Traits in Italian Water Buffaloes*. American Dairy Science Association, 85(5), 1299-1036. <https://pdf.sciencedirectassets.com>

Central Institute for Research on Buffaloes. (2019). Nagpuri. Buffalopedia. <https://buffalopedianew.cirb.res.in/nagpuri/>

Central Institute for Research on Buffaloes. (2019). *Sambalpuri*. Buffalopedia. <https://buffalopedianew.cirb.res.in/sambalpuri/>

Central Institute for Research on Buffaloes. (2019). *Toda*. Buffalopedia. <https://buffalopedianew.cirb.res.in/toda/>

CLAL. (2024). *Prezzo del latte di bufala idoneo*. Recuperato da [https://www.clal.it/mini\\_index.php?section=prezzo\\_latte\\_bufala\\_idoneo&mode=mini&h=800&w=600](https://www.clal.it/mini_index.php?section=prezzo_latte_bufala_idoneo&mode=mini&h=800&w=600)

CLAL. *Prezzo latte bufala idoneo*. CLAL. [https://www.clal.it/mini\\_index.php?section=prezzo\\_latte\\_bufala\\_idoneo&mode=mini&h=800&w=600](https://www.clal.it/mini_index.php?section=prezzo_latte_bufala_idoneo&mode=mini&h=800&w=600)

De Rosa G., F. Grasso, A. Braghieri, A. Bilancione, A. Di Francia & F. Napolitano (2009) *Journal of Dairy Science*, 92(3), 907-912. [\(https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030209703984\)](https://doi.org/10.3168/jds.2008-1157)

De Rosa, G., & Zicarelli, L. (2016). *The Mediterranean buffalo: A historical and cultural overview*. *Frontiers in Veterinary Science*, 3, Article 39. <https://doi.org/10.3389/fvets.2016.00039>

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2024). FAO Home Page. <https://www.fao.org/home/en/>

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2023). *Razze di bufali*. AGROVOC Multilingual Thesaurus. [http://aims.fao.org/aos/agrovoc/c\\_f4d3d459](http://aims.fao.org/aos/agrovoc/c_f4d3d459)

Freepik. Buffalo photograph: *Wildlife landscape during golden hour in the savanna*. from [https://www.freepik.com/premium-ai-image/buffalo-photograph-wildlife-landscape-golden-hour-savanna-animal\\_133372039.htm](https://www.freepik.com/premium-ai-image/buffalo-photograph-wildlife-landscape-golden-hour-savanna-animal_133372039.htm)

GenPI Riau. (2023, September 28). *Penyakit ngorok kembali melanda Kampar, puluhan kerbau mati*. from <https://riau.genpi.co/riau-terkini/1453/penyakit-ngorok-kembali-melanda-kampar-puluhan-kerbau-mati>

González, A., & Smith, J. (2023). *Animal Genetics*, 54(2), 123-135. <https://onlinelibrary.wiley.com/cms/asset/4c479126-05cb-4019-8a45-57b6aaf696b6/age12911-fig-0002-m.jpg>

Gómez-Carpio, M., A. Cesarani, G. Zullo, R. Cimmino, G. Neglia, G. Campanile, and S. Biffani. 2023. *Genetic parameters for reproductive traits in the Italian Mediterranean buffalo using milk yield as a correlated trait*. *J. Dairy Sci.* 106:9016–9025. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-23257>

International Committee for Animal Recording. (2024). *Statistics*. ICAR. <https://my.icar.org/stats/list>

International Livestock Research Institute (ILRI). 2024. *ILRI Home Page*. <http://www.ilri.org/>

Indian Council of Agricultural Research (ICAR). 2024. *ICAR Home Page*. <http://icar.org.in/>

Maharashtra Animal and Fishery Sciences University (MAFSU). <https://www.mafsu.in/>

Ministero della Salute. (2023). *Statistiche sulla BDN: Consistenze della specie bufalina*. Recuperato da [https://www.vetinfo.it/j6\\_statistiche/#/report-pbi/67](https://www.vetinfo.it/j6_statistiche/#/report-pbi/67)

Ministero della Salute. (2024). *Statistiche sugli animali: Banca dati nazionale zootecnica*. Recuperato da [https://www.vetinfo.it/j6\\_statistiche/#/report-pbi/1](https://www.vetinfo.it/j6_statistiche/#/report-pbi/1)

Mohanty, S. (2021, September 8). *Manda buffalo of Odisha gets national recognition as unique breed*. The Telegraph India. <https://www.telegraphindia.com/india/manda-buffalo-of-odisha-gets-national-recognition-as-unique-breed/cid/1829767>

Moioli, B., & Borghese, A. (2005). *Buffalo breeds and management systems*. In Buffalo production and research, 3, 56-76. Istituto Sperimentale per la Zootecnia. <https://www.fao.org/4/ah847e/ah847e00.pdf>

Mori, G., & Zicarelli, L. (2022). Buffalos and Health in Italy: Challenges and Perspectives. *Veterinary Sciences*, 9(10), Article 557. <https://doi.org/10.3390/vetsci9100557>

Murrah, R. A. A. Raa Murrah. Pinterest. from <https://in.pinterest.com/pin/raa-murrah--673358581773603058/>

Nakamura, K. (2023, May 15). *The behavior of water buffalo in the wild*. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=YvhZiFDHUzq>

National Dairy Development Board. *Kalahandi*. Dairy Knowledge Portal. <https://www.dairyknowledge.in/dkp/article/kalahandi>

National Dairy Development Board. *Pandharpuri*. Dairy Knowledge Portal. <https://www.dairyknowledge.in/dkp/article/pandharpuri>

Nereus, A. (2022, December 9). YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=LTdtHA6Es8w>

Pakistan Agricultural Research Council (PARC). 2024. PARC Home Page. <http://www.parc.gov.pk/>

Patel, S. (2023). *Homoeopathic treatment of pre-partum vaginal prolapse in Mehsani buffalo complicated with vaginitis and cystitis: A case report*. *Hpathy*.

<https://hpathy.com/veterinary-homeopathy/homoeopathic-treatment-of-pre-partum-vaginal-prolapse-in-mehsani-buffalo-complicated-with-vaginitis-and-cystitis-a-case-report/>

Philippine Carabao Center (PCC). 2024. PCC Home Page. <https://www.pcc.gov.ph/>

Pirondi N., A., Carpigiani Teixeira, M. C., Da Silva Lima, E., Pereira Valente, N. T., Borges Deminicis, B., De Campos Bezerra, F., Hurtado Nery, V. L. (2019). *Reproductive Characteristics of Buffaloes Review*. Journal of Agricultural Science, 11(13), 167-177. <https://doi.org/10.5539/jas.v11n13p167>

Pixabay. (2016). *Buffalo* [Photograph]. from <https://pixabay.com/photos/buffalo-water-buffalo-water-1060943/>

Praharee, P. *Bhdawari buffalo farming for highest ghee (clarified butter) fat production*. from <https://www.pashudhanpraharee.com/bhdawari-buffalo-farming-for-highest-ghee-clarified-butter-fat-production/>

PoweredTemplate. *Breeding of buffalo* [Webpage]. from <https://poweredtemplate.com/es/photos/breeding-of-bufale>

Ranzato, G., Aernouts, B., Lora, I., Adriaens, I., Ben Abdelkrim, A., ote, M.J. & Cozzi, G.(2024). *Comparison of 3 mathematical models to estimate lactation performance in dairy cows*. Journal of Dairy Science, 107(9), (688-6901). [https://doi.org/10.1016/S0022-0302\(24\)00777-](https://doi.org/10.1016/S0022-0302(24)00777-)

Ruminantia. (2021). *L'importanza di una diagnosi precoce di gravidanza nella bovina da latte*. Ruminantia. <https://archivio2021-2022.ruminantia.it/limportanza-di-una-diagnosi-precoce-di-gravidanza-nella-bovina-da-latte/>

Ruminantia. (2023, July 19). *La storia della bufala mediterranea italiana e della sua mozzarella raccontata dal prof. Zicarelli*. Ruminantia. <https://www.ruminantia.it/la-storia-della-bufala-mediterranea-italiana-e-della-sua-mozzarella-raccontata-dal-prof-zicarelli/>

Salari, F., Altomonte, I., & Martini, M. (2013). *Il latte di bufala: studio di alcuni parametri produttivi*. *Large Animal Review*, 19, 17-20.

[https://vetjournal.it/images/archive/pdf\\_riviste/4600.pdf](https://vetjournal.it/images/archive/pdf_riviste/4600.pdf)

Sandrucci, A. (2022). *Allevamento e alimentazione della bovina da latte* In: Sandrucci A. e Trevisi E. editori Produzioni Animali, 89-104, Edises edizioni, Napoli.

Sandrucci, A., Trevisi, P., Salzano, A., Campanile, G., & Di Palo, R. (2022). *Bufale*. In: Sandrucci A. e Trevisi E. editori Produzioni Animali, 281-301, Edises edizioni, Napoli.

Santos, A. (2023, September 12). *PURE KUNDI BUFFALOES || BANNI BUFFALOES || AHSAN BHURGARI FARM KUNRI* YouTube.

<https://www.youtube.com/watch?v=UwMJ6ti3yS8>

Shutterstock. *Carabao buffalo videos*. Shutterstock.

<https://www.shutterstock.com/it/video/search/carabao-buffalo>

R. J. M. D. Silva, P. S. A. M. De Almeida, et al (2017). *The behaviour and productivity of water buffalo in different breeding systems: a review*

<https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20143225853>

Tolone, M. (2020). *Parametri genetici e bio-economici per caratteri di interesse zootecnico nella razza ovina Valle del Belice S.S.D. AGR/17 IRIS*.

[https://iris.unipa.it/retrieve/handle/10447/208222/361387/Tolone\\_Tesi.pdf](https://iris.unipa.it/retrieve/handle/10447/208222/361387/Tolone_Tesi.pdf)

Treccani. *Bufalo indiano*. In *Enciclopedia Italiana*. Recuperato da

<https://www.treccani.it/enciclopedia/ricerca/Bufalo%20indiano/>

Vermeer, L. (2008, January 15). *Aurochs*. Flickr.

<https://www.flickr.com/photos/lukasvermeer/2775198142>

Waterbuffaloes.com. *Anatolian water buffalo*. Waterbuffaloes.com.

<https://waterbuffaloes.com/Water%20Buffalo%20Anatolian.htm>

Zaman, S. A., & Sarbini, S. R. (2016). *Resistant starch: Promise for improving human health. Nutrition and Metabolism*, 13(25), 1-10. <https://doi.org/10.1186/s12986-016-0087-3>

Zaman, S. A., & Sarbini, S. R. (2016). *Resistant starch: Promise for improving human health. Nutrition and Metabolism*, 13(25), 1-10. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4823282/>

Zhang, Y., L. Colli & J. & S. F. Barker (2020). *Asian water buffalo: domestication, history and genetics, Animal Genetics*, 51(2), [https://doi.org/10.1016/S0022-0302\(00\)75136-8](https://doi.org/10.1016/S0022-0302(00)75136-8)

Zicarelli, L. (2021). *La storia della bufala mediterranea italiana e della sua mozzarella. Ruminantia*. <https://www.ruminantia.it/la-storia-della-bufala-mediterranea-italiana-e-della-sua-mozzarella-raccontata-dal-prof-zicarelli/>