



UNIVERSITÀ DI PARMA

Dipartimento di Scienze Medico Veterinarie

CORSO DI LAUREA IN PRODUZIONI ANIMALI INNOVATIVE E SOSTENIBILI

LA RAZZA QUALE ELEMENTO DI SOSTENIBILITÀ NELLA PRODUZIONE DI LATTE: CONFRONTO TRA JERSEY E FRISONA

*BREED AS A FACTOR IN SUSTAINABILITY IN MILK PRODUCTION: A
COMPARISON BETWEEN JERSEY AND HOLSTEIN*

Relatore:

Chiar.mo Prof. Massimo MALACARNE

Correlatore:

Prof. Federico RIGHI

Dott.ssa Marica SIMONI

Laureando: Nicola RUBINO

ANNO ACCADEMICO 2025/2026

ABSTRACT

La continua e rapida evoluzione del settore lattiero caseario, e la volatilità dei mercati, associata ad un costante incremento della domanda di prodotti di origine animale hanno creato le condizioni ideali per la diffusione di razze cosmopolite specializzate nella la produzione di latte. L'implementazione di nuove conoscenze gestionali e alimentari e il miglioramento genetico degli animali ha reso i soggetti sempre più produttivi ed efficienti al fine di soddisfare le richieste dei mercati e i bisogni economici delle aziende. Tra le razze più diffuse a livello mondiale per la produzione di latte troviamo sicuramente la Frisone, la Jersey, la Bruna e la Ayrshire. Considerando questo scenario, il presente studio prende in esame un'azienda di vacche da latte che alleva Frisone e Jersey a parità di condizioni e in gruppi separati. All'inizio della prova è stata rilevata la razione somministrata, il BCS degli animali e la circonferenza toracica per stimare il peso corporeo. La prova è stata svolta in 12 giorni, suddivisi in 4 giorni per tre settimane; quotidianamente sono stati rilevati i parametri ambientali, ingestione e produzione delle rispettive razze. Ogni giorno sono stati prelevati campioni di unifeed e avanzo per caratterizzare chimicamente la razione; e campioni di latte per determinare la qualità prodotta dalle due razze. Lo scopo del lavoro è stato quello di valutare e confrontare le prestazioni produttive delle due razze allevate, nonché confrontare l'efficienza alimentare ed economica. Durante la prova le vacche di razza Frisone consumavano mediamente 26,97kg di SS e hanno prodotto 40,89 kg di latte con 4,36 % di grasso e 3,32 % di proteine, le Jersey mangiavano 20,75 kg di SS e avevano produzioni di 27,4 kg con 5,51 % di grasso e 3,69 % di proteine. I dati ottenuti evidenziano che le Frisone avevano una maggiore efficienza alimentare rispetto alle Jersey, tuttavia, il confronto dell'efficienza alimentare basata sulla produzione di ECM rende le due razze paragonabili. Nel caso in esame, il sistema di pagamento del latte previsto non valorizzava la qualità prodotta dalle Jersey, pertanto, produrre latte allevando vacche Frisone risulta economicamente più vantaggioso (+6,52 IOFC per capo). In conclusione, in base ai risultati dello studio, le Frisone risultano animali più efficienti che convertono meglio l'alimento ingerito sia in produzione di latte sia di ECM, e che meglio si adattano alle condizioni di mercato dell'azienda in esame.

The continuous and rapid evolution of the dairy sector, together with market volatility and the steadily increasing demand for animal-derived products, has favored the spread of specialized dairy breeds with a wide geographical distribution. Advances in herd management and feeding

strategies, along with genetic improvement, have progressively increased animal productivity and efficiency, with the aim of meeting market demand while improving the economic sustainability of dairy farms. Among the dairy breeds most widely distributed worldwide are Holstein, Jersey, Brown Swiss, and Ayrshire.

Against this background, the present study evaluated a dairy farm where Holstein and Jersey cows were reared in separate groups under the same environmental and management conditions. At the beginning of the trial, the diet administered to the animals was characterized, while body condition score (BCS) and thoracic circumference were recorded to estimate body weight. The trial was conducted over 12 days, comprising four observation days during each of three consecutive weeks. Environmental conditions, feed intake, and milk yield were recorded daily for both breeds. Samples of total mixed ration (TMR) and feed refusals were collected each day for chemical characterization of the diet, while milk samples were collected to assess the quality of the milk produced by the two breeds.

The aim of the study was to evaluate and compare the productive performance of Holstein and Jersey cows under the same rearing conditions, with particular emphasis on feed and economic efficiency. During the trial, Holstein cows had an average dry matter intake (DMI) of 26.97 kg and produced 40.89 kg of milk containing 4.36% fat and 3.32% protein. Jersey cows had an average DMI of 20.75 kg and produced 27.40 kg of milk containing 5.51% fat and 3.69% protein. The results indicated higher feed efficiency in Holstein cows when efficiency was expressed in relation to milk yield. However, when feed efficiency was evaluated based on energy-corrected milk (ECM) production, the two breeds showed comparable values.

Under the payment system applied on the farm, the higher milk fat and protein concentrations of Jersey milk were not sufficiently rewarded. As a result, milk production from Holstein cows was economically more advantageous, with an income over feed costs (IOFC) €6.52 higher per cow. Overall, the results indicate that, under the conditions of the present study, Holstein cows were more efficient in converting feed into both milk and ECM. Furthermore, their productive performance was more economically favorable within the market conditions and milk payment system adopted on the farm.

Sommario

ABSTRACT	2
CAPITOLO 1: LA PRODUZIONE ODIERNA DI LATTE	6
1.1 La produzione di latte nel contesto agroalimentare mondiale	6
1.2 Differenze tra i principali sistemi produttivi	7
1.3 La produzione di latte in Italia	8
1.4 Prospettive future del settore lattiero-caseario	8
CAPITOLO 2: IL RUMINE, FISIOLOGIA ED EFFICIENZA DEI RUMINANTI.....	10
2.1 Introduzione	10
2.2 Struttura e fisiologia del rumine	10
2.3 Il microbiota e le fermentazioni ruminali	12
2.4 Efficienza proteica e sintesi microbica	14
CAPITOLO 3: LE RAZZE BOVINE DA LATTE	15
CAPITOLO 4: LA RAZZA FRISONA.....	16
4.1 Origine e diffusione della razza Frisona	16
4.2 Caratteristiche morfo-funzionali.....	16
4.3 Caratteristiche produttive	18
CAPITOLO 5: LA RAZZA JERSEY.....	20
5.1 Origine ed evoluzione della razza Jersey.....	20
5.2 La razza Jersey in Italia	21
5.3 Caratteristiche morfo-funzionali.....	22
5.4 Caratteristiche produttive	23
CAPITOLO 6: ALIMENTAZIONE DELLA VACCA DA LATTE.....	26
6.1 Fabbisogni nutrizionali della vacca da latte	26
6.2 Differenze fisiologiche e metaboliche tra la razza Frisona e la razza Jersey: implicazioni nutrizionali ed efficienza di utilizzazione dei nutrienti.....	30
CAPITOLO 7: VALUTAZIONE DELL'EFFICIENZA DELLA VACCA DA LATTE.....	33
7.1 Concetto di efficienza nella bovina da latte	33
7.2 Indici di efficienza	34
7.3 Efficienza alimentare	34
7.4 Energy Corrected Milk e Fat and Protein Corrected Milk.....	36
7.5 Efficienza di utilizzazione dell'azoto	37
7.6 Efficienza economica della bovina da latte: indicatori economici nel confronto tra razze	39
7.7 Impatto ambientale della bovina da latte: Carbon Footprint, emissioni di gas serra e ruolo della razza	41
7.7.1 Metano enterico	42
7.7.2 Escrezioni azotate	43

CONTRIBUTO SPERIMENTALE	44
INTRODUZIONE	44
MATERIALI E METODI	44
RISULTATI E DISCUSSIONE	47
CONCLUSIONI	54
BIBLIOGRAFIA	56

CAPITOLO 1: LA PRODUZIONE ODIERNA DI LATTE

1.1 La produzione di latte nel contesto agroalimentare mondiale

La produzione di latte rappresenta uno dei comparti più rilevanti dell'agricoltura mondiale sia dal punto di vista economico sia sotto il profilo nutrizionale. Il latte costituisce infatti una fonte primaria di proteine ad elevato valore biologico, lipidi, vitamine e minerali (Mickiewicz & Volkava, 2022). Oltre 150 milioni di famiglie nel mondo sono coinvolte nella produzione di latte, prevalentemente in aziende agricole di piccole dimensioni (Knips, 2005). Negli ultimi decenni il settore lattiero-caseario ha attraversato una profonda trasformazione, supportata da una crescita costante della produzione mondiale e da una crescente interazione tra i mercati internazionali. In particolare negli ultimi dieci anni la produzione di latte è aumentata del 27% passando da 780 a 985 milioni di tonnellate (Food and Agriculture Organization, 2024) . Il fenomeno è stato favorito dalla crescita del reddito pro capite nei paesi emergenti, dai processi di urbanizzazione e dal miglioramento delle tecnologie di allevamento e di trasformazione industriale (Gerosa and Skoet, 2012).

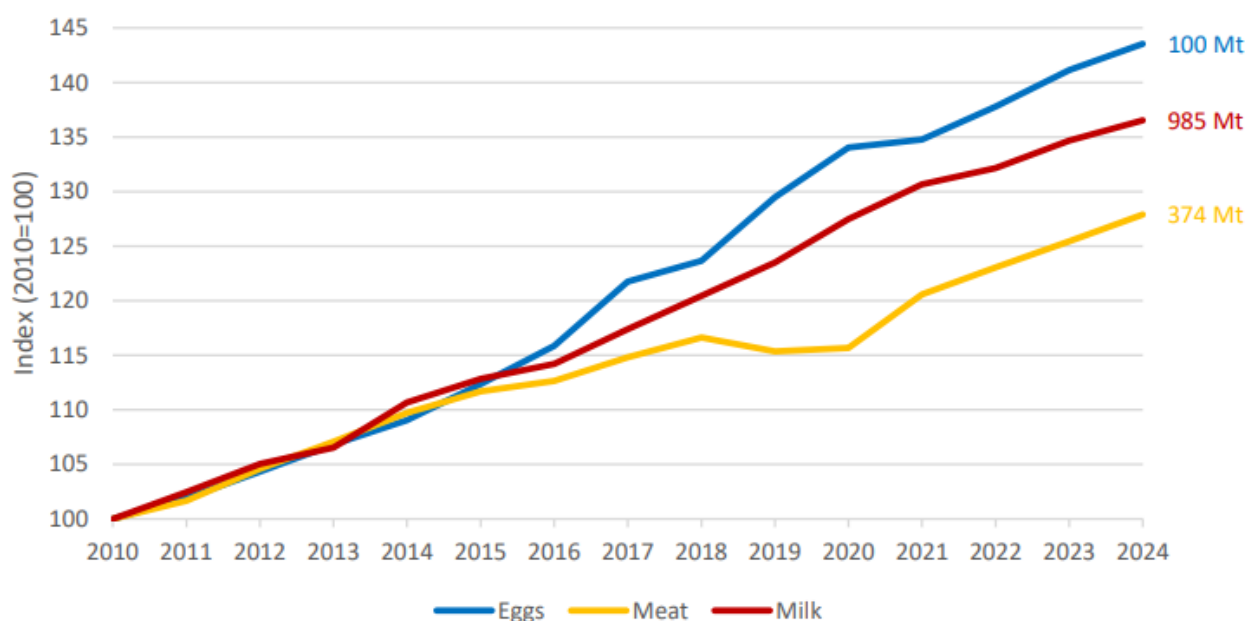


Figura 1. Produzione mondiale dei principali alimenti di origine animale, adattato da (Food and Agriculture Organization, 2024).

Oltre alla produzione di latte alimentare, il settore comprende infatti una vasta varietà di prodotti trasformati, tra cui formaggi, yogurt, burro e latte in polvere, che costituiscono una componente essenziale del commercio internazionale dei prodotti alimentari (Davis et al.,

2011). Sebbene meno del 7% del latte prodotto a livello globale venga commercializzato direttamente oltre i confini nazionali, una quota significativa viene trasformata in derivati destinati all'esportazione, determinando una forte interconnessione tra i principali paesi produttori e i mercati di consumo mondiali (Bojnec & Ferto, 2014). Negli ultimi anni la crescita della produzione è stata trainata soprattutto dall'Asia meridionale, l'India rappresenta oggi il principale produttore mondiale di latte, contribuendo per circa il 22% della produzione, seguita da Stati Uniti, Pakistan, Cina e Brasile (CLAL, 2026).

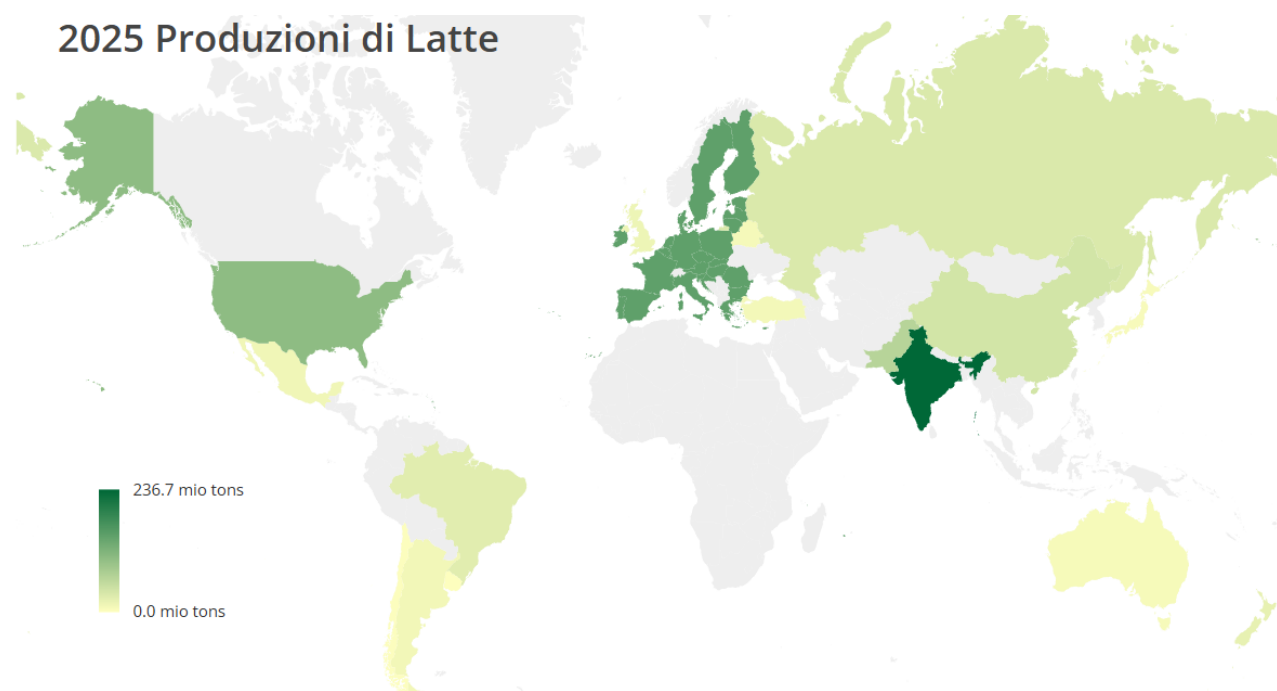


Figura 2. Mappa mondiale con produzioni di latte relative all'anno 2025, adattato da (CLAL, 2026).

1.2 Differenze tra i principali sistemi produttivi

La produzione mondiale di latte è caratterizzata da una marcata eterogeneità dei sistemi di allevamento. Nei Paesi sviluppati predominano sistemi intensivi altamente specializzati, caratterizzati da elevate produzioni, sviluppo e implementazione di nuove tecnologie, alimentazione di precisione e programmi avanzati di miglioramento genetico (Lyashenko et al., 2022). Negli Stati Uniti, ad esempio, la produzione è fortemente concentrata in aziende di grandi dimensioni, caratterizzate da elevate produzione per capo. Analogamente, nell'Europa occidentale la produttività è sostenuta da elevati standard tecnologici e sanitari, pur in presenza di normative ambientali sempre più stringenti (Khanal et al., 2010). Al contrario, in numerosi Paesi dell'Asia e dell'Africa la produzione è rappresentata da piccoli allevamenti a conduzione familiare, i quali destinano parte della produzione all'autoconsumo (Moll et al.,

2007). In tali contesti il latte svolge una funzione essenziale nel garantire l'approvvigionamento alimentare delle famiglie insediate nelle aree rurali, oltre a costituire una fonte di reddito (Hemme et al., 2014). Pur contribuendo alla produzione globale di latte, questi piccoli produttori, hanno spesso un accesso limitato alle innovazioni tecnologiche, ai servizi veterinari e ai mercati (Gerosa & Skoet, 2012). Un'ulteriore differenza riguarda la specie allevata. Sebbene il latte bovino rappresenti circa l'81% della produzione mondiale e il latte di bufala contribuisca per circa il 16%, il latte caprino, ovino e di camelidi rappresentano complessivamente una quota minoritaria ma di crescente interesse economico e nutrizionale, soprattutto nei Paesi aridi e semi-aridi (Faye & Konuspayeva, 2012).

1.3 La produzione di latte in Italia

La produzione di latte rappresenta uno dei comparti più rilevanti dell'agroalimentare italiano. L'Italia si colloca tra i principali produttori di latte bovino dell'Unione Europea e il settore è caratterizzato da un elevato livello di specializzazione produttiva. Una quota consistente del latte è destinato alla produzione di formaggi a Denominazione di Origine Protetta (DOP), quali Parmigiano Reggiano, Grana Padano, Gorgonzola e Mozzarella di Bufala Campana (Cassandro, 2003, Masi et al. 2021).

Dopo l'eliminazione delle quote, la produzione di latte vaccino in Italia è significativamente aumentata nell'ultimo quinquennio, superando i 12,6 milioni di tonnellate nel 2020 (+13,4% rispetto al 2015, + 4,4% tra il 2020 e il 2019). La maggior parte dell'incremento produttivo si è realizzato nelle regioni del Nord Italia (Lombardia +19%, Emilia-Romagna +15%, Veneto +6,0%, Piemonte +15%) le quali rappresentano il 79% della produzione nazionale (AGEA, 2026). Una peculiarità della filiera italiana consiste nell'elevata percentuale di latte destinata alla caseificazione, nettamente superiore rispetto ad altri Paesi europei. Poiché la maggior parte del latte prodotto è destinato a lavorazioni casearie, la qualità della materia prima assume un ruolo fondamentale, influenzando direttamente le caratteristiche tecnologiche e nutrizionali dei prodotti trasformati (Cassandro, 2003).

1.4 Prospettive future del settore lattiero-caseario

Le proiezioni elaborate dalla Food and Agriculture Organization (2024) indicano che la produzione mondiale di latte continuerà a crescere nel prossimo decennio, con un tasso medio annuo prossimo al 2%. L'incremento sarà sostenuto prevalentemente dal miglioramento della produttività per animale e alla massimizzazione dell'efficienza piuttosto che dall'espansione

numerica delle mandrie (Lyashenko et al., 2022). Oltre la metà della crescita prevista della produzione mondiale sarà attribuibile all'India, mentre nei Paesi europei la produzione tenderà a stabilizzarsi a causa delle restrizioni ambientali, dell'aumento dei costi di produzione e della riduzione del numero di allevamenti (Mickiewicz & Volkava, 2022). Contestualmente, il settore sarà chiamato ad affrontare sfide sempre più complesse legate alla sostenibilità ambientale, alla riduzione delle emissioni di gas a effetto serra e al miglioramento del benessere animale (Uddin et al., 2021). In questo contesto, l'innovazione tecnologica, l'impiego di sistemi di monitoraggio e l'applicazione delle tecnologie genomiche rappresenteranno strumenti fondamentali per incrementare l'efficienza produttiva riducendo al contempo l'impatto ambientale del settore (Simitzis et al., 2022).

CAPITOLO 2: IL RUMINE, FISIOLOGIA ED EFFICIENZA DEI RUMINANTI

2.1 Introduzione

L'elevata efficienza produttiva che caratterizza i ruminanti è strettamente legata alla particolare organizzazione anatomica e funzionale del loro apparato digerente. A differenza dei monogastrici, hanno sviluppato un sistema digestivo altamente specializzato che consente di valorizzare alimenti ricchi di polisaccaridi strutturali, come cellulosa ed emicellulosa, normalmente indigeribili (Cecava, 1995). Tale capacità deriva dall'instaurarsi di una complessa simbiosi con una comunità microbica che colonizza i prestomaci, e in particolare il rumine, sede principale delle reazioni fermentative digestive (Huws et al., 2018). Dalla fermentazione della sostanza organica vengono prodotti acidi grassi volatili (AGV) e proteina microbica ad elevato valore biologico, i quali vengono assorbiti e sfruttati per le normali funzioni biologiche (Millen et al., 2016). Circa l'80% dell'assunzione totale di sostanza organica digeribile viene fermentato nel rumine. Pertanto, la comprensione dei processi fermentativi e della funzione ruminale è fondamentale per ottimizzazione dell'utilizzo dei nutrienti (Oba, 2011).

2.2 Struttura e fisiologia del rumine

Lo stomaco dei ruminanti è composto da quattro compartimenti: reticolo, rumine, omaso e abomaso (Cecava, 1995). In una bovina adulta il volume del rumine può superare i 150–200 litri, rappresentando circa l'80% del volume complessivo dello stomaco (Huws et al., 2018). Internamente l'epitelio ruminale è caratterizzato dalla presenza di numerose papille deputate all'assorbimento di nutrienti e AGV (Baldwin & Connor, 2017).

Le fermentazioni ruminali, e lo sviluppo dei microrganismi anaerobi obbligati richiedono condizioni ben specifiche quali: il mantenimento costante di una temperatura intorno ai 38–39 °C (Millen et al., 2016), il potenziale redox fortemente negativo (–250/–450 mV) e la concentrazione di ossigeno pressoché nulla (Hutjens, 1996). Il pH ruminale varia generalmente tra 5,8 e 6,8 (Cecava, 1995), in funzione della dieta (Krause & Oetzel, 2006), mentre la continua produzione di saliva (100-200 litri al giorno) (Zebeli et al., 2012), ricca di bicarbonato (125 mEq/L) e fosfati (26mEq/L) (Martinez et al., 2009), contribuisce a tamponare gli acidi prodotti dalla fermentazione microbica, mantenendo un ambiente relativamente stabile e funzionale (Allen, 1997). Il materiale ingerito tende a disporsi in differenti strati in base alle dimensioni

delle particelle e alla loro densità, determinando una stratificazione che favorisce sia la ruminazione sia la progressiva degradazione dell'alimento (Kononoff & Heinrichs, 2003). Le particelle di maggiori dimensioni vengono trattenute nel sacco dorsale del rumine fino al raggiungimento, tramite la ruminazione, di una granulometria sufficientemente ridotta tale da consentirne il passaggio attraverso l'orifizio reticolo-omasale (J. Heinrichs, 2013). Questo meccanismo prolunga il tempo di permanenza degli alimenti fibrosi, aumentando l'esposizione all'attività enzimatica e migliorando la digeribilità della parete cellulare vegetale (Allison, 1985).

Alla comminuzione delle particelle ruminali partecipano: masticazione, contrazioni ruminali, attività degradativa enzimatica, e ruminazione; tali processi sono dunque fondamentali per raggiungere le dimensioni necessarie al passaggio attraverso l'orifizio reticolo-omasale (Yang & Beauchemin, 2009).

La masticazione rappresenta la prima fase della comminuzione degli alimenti. L'attività masticatoria danneggia la superficie degli alimenti, esponendo nuovi siti delle particelle alimentari all'attacco dei batteri (Carter & Grovum, 1990) e rende disponibili sostanze nutritive solubili alla fermentazione (K. A. Beauchemin et al. 1994).

La ruminazione è il processo fisiologico distintivo dei ruminanti, consiste nel rigurgito del bolo alimentare dal reticolo-rumene alla cavità orale, seguita dalla rimasticazione, dalla insalivazione e dalla deglutizione (Van Soest, 1994). L'attività ruminativa è influenzata da numerosi fattori, tra cui la composizione della razione (Beauchemin, 1991), contenuto di fibra fisicamente efficace (peNDF) (Yang & Beauchemin, 2006), dimensione delle particelle alimentari, livello produttivo, stato fisiologico e caratteristiche individuali dell'animale (Esmaeili et al., 2016). Generalmente una vacca da latte dedica 7–10 ore al giorno alla ruminazione, distribuite lungo la giornata in episodi della durata di 20–60 minuti, prevalentemente durante le ore notturne e nei periodi successivi all'assunzione dell'alimento (Van Soest, 1994). Diete ricche di foraggi lunghi e con elevata peNDF stimolano una maggiore attività ruminativa, mentre razioni molto concentrate riducono il tempo di ruminazione e aumentano il rischio di squilibri fermentativi (Bradford & Mullins, 2012). Negli ultimi anni il tempo di ruminazione è divenuto un importante indicatore gestionale negli allevamenti da latte grazie alla diffusione di sistemi automatici di monitoraggio basati su sensori accelerometrici (Simitzis et al., 2022). Numerosi studi hanno dimostrato come variazioni dell'attività ruminativa

possano precedere di diversi giorni la comparsa di patologie metaboliche quali acidosi ruminale subclinica (SARA), dislocazione dell'abomaso, chetosi e mastite (Dijkstra et al. 2012, Zebeli et al. 2012, Pereira et al. 1999), rendendo la ruminazione un parametro utile per la gestione sanitaria (Soriani et al., 2012).

La motilità ruminale riveste un ruolo essenziale nell'ottimizzazione della fermentazione. Le contrazioni primarie consentono il continuo rimescolamento del contenuto ruminale, favorendo il contatto tra substrati alimentari e popolazioni microbiche, mentre le contrazioni secondarie facilitano l'eruttazione dei gas prodotti dalla fermentazione, principalmente anidride carbonica e metano (Van Soest, 1994).

2.3 Il microbiota e le fermentazioni ruminali

La micropopolazione ruminale è composta da batteri, protozoi, funghi anaerobi ed archeobatteri metanogeni. Ad oggi sono conosciute più di 200 specie di batteri (flora microbica), e più di 20 specie di protozoi (fauna protozoaria); i funghi finora isolati appartengono alla classe dei Chytridiomycetes e vengono raggruppati in tre specie distinte *Neocallimastix*, *Piromonas*, *Sphaeromonas* (Millen et al., 2016). Il microbiota svolge funzioni che l'animale non potrebbe realizzare autonomamente, come la degradazione della cellulosa e dell'emicellulosa, la fermentazione degli amidi, la sintesi della proteina microbica e la produzione di vitamine del gruppo B (Van Soest, 1994). Le moderne analisi metagenomiche hanno dimostrato che il microbiota rappresenta un ecosistema dinamico, influenzato dalla dieta, dall'età, dalla genetica dell'ospite e dalle condizioni ambientali, e che la sua composizione è strettamente associata all'efficienza alimentare e alle emissioni enteriche di metano (Huws et al., 2018). Nel loro studio Islam et al. (2021) dimostrano come il microbiota sia dipendente dalla genetica dell'ospite, riportando le differenze osservate tra bovini di razza Jersey e di razza Frisona, come riportato in figura 3.

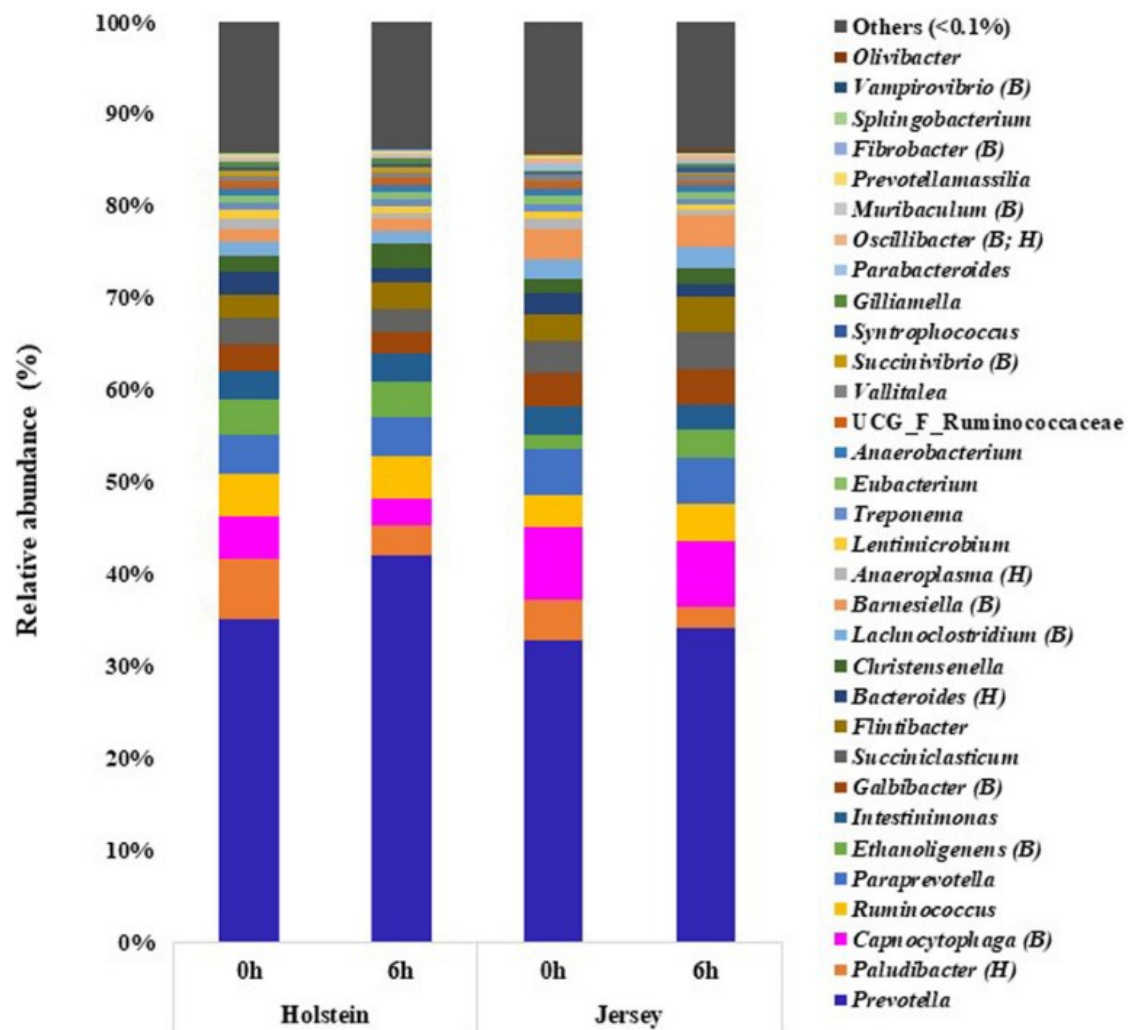


Figura 3. Principali generi di batteri identificati nel rumine di bovini di razza Frisone e Jersey, adattato da (Islam et al., 2021)

I batteri fibrolitici degradano la parete cellulare vegetale liberando zuccheri semplici che vengono fermentati principalmente ad acido acetico destinato prevalentemente alla lipogenesi e alla sintesi di acidi grassi del latte (Beckett et al., 2021). La fermentazione dell'amido coinvolge batteri amilolitici come *Streptococcus bovis*, *Ruminobacter amylophilus* e *Succinimonas amylolytica* e genera prevalentemente acido propionico destinato alla gluconeogenesi epatica (Li et al., 2026). Il butirrato viene in larga parte metabolizzato dall'epitelio ruminale a β -idrossibutirrato, utilizzato come fonte energetica da diversi tessuti (Aguerre et al., 2011). In condizioni fisiologiche, gli AGV hanno un rapporto ben determinato acetato 65%, propionato 22%, butirrato 13% (Beckett et al., 2021), ma la loro concentrazione e proporzione nel rumine è correlata strettamente alla dieta che l'animale assume (Dijkstra et al., 2012). Razioni ad elevato contenuto d'amido favoriscono la produzione di acido propionico e riducono la produzione di acetato (Cecava, 1995), e aumentano il rischio di acidosi subclinica (Zebeli et al., 2012). Durante la fermentazione vengono prodotti anche idrogeno molecolare e

anidride carbonica, che costituiscono il substrato metabolico degli archea metanogeni, i quali utilizzano l'idrogeno per ridurre l'anidride carbonica a metano, processo che contribuisce al mantenimento dell'equilibrio redox dell'ecosistema ruminale ma comporta una perdita di energia e rappresenta la principale fonte di emissioni di gas serra provenienti dagli allevamenti bovini (Millen et al., 2016).

2.4 Efficienza proteica e sintesi microbica

La sintesi della proteina microbica rappresenta uno dei processi metabolici più importanti che avvengono nel rumine ed è considerata il principale vantaggio nutrizionale dei ruminanti rispetto ai monogastrici (Van Soest, 1994). Grazie all'attività coordinata del microbiota ruminale, l'azoto proveniente dalla degradazione delle proteine alimentari e dalle fonti di azoto non proteico viene incorporato nella biomassa microbica, generando proteina ad elevato valore biologico che, una volta trasferita nell'intestino tenue, costituisce la principale fonte di aminoacidi assorbibili per l'animale (Clark et al., 1992). Gli enzimi dei batteri proteolitici idrolizzano le proteine in peptidi e successivamente in aminoacidi liberi, i quali possono seguire due principali vie metaboliche. Una quota viene destinata alla sintesi delle proteine cellulari dei microrganismi; mentre la parte eccedente viene deaminata con liberazione di ammoniaca (NH_3), acidi organici e scheletri carboniosi. L'ammoniaca rappresenta il principale substrato azotato utilizzato da numerose specie batteriche per sintetizzare nuovi aminoacidi attraverso processi di amminazione e transaminazione (Fox et al., 2004). D'altronde questo meccanismo rappresenta uno svantaggio poiché le proteine fermentate nel rumine non sono quindi fonti di aminoacidi, interferendo con il bilancio di aminoacidi essenziali, considerati limitanti per le produzioni (Chalupa & Sniffen, 1991). L'efficienza della sintesi microbica viene generalmente espressa come grammi di proteina microbica prodotti per chilogrammo di sostanza organica fermentata nel rumine. In condizioni ottimali essa può raggiungere valori compresi tra 130 e 170 g di proteina microbica per kg di sostanza organica fermentata, anche se tale parametro varia considerevolmente in funzione della dieta e delle condizioni ruminali (Bach et al., 2005). La quota di proteina microbica rappresenta normalmente dal 50 al 70% della proteina metabolizzabile disponibile per la vacca da latte, perciò oltre la metà degli aminoacidi utilizzati per la sintesi delle proteine del latte deriva indirettamente dall'attività del microbiota ruminale (Niazifar et al., 2024).

CAPITOLO 3: LE RAZZE BOVINE DA LATTE

L'evoluzione dell'allevamento della vacca da latte negli ultimi due secoli è stata caratterizzata da un progressivo miglioramento genetico orientato all'incremento dell'efficienza produttiva e della qualità del latte (FAO, 2015). In questo contesto, alcune popolazioni bovine originariamente sviluppatesi in specifiche aree geografiche hanno acquisito una distribuzione mondiale, le cosiddette razze cosmopolite. Con tale termine si identificano quelle razze allevate stabilmente in numerosi paesi appartenenti a differenti continenti, la cui diffusione è stata favorita dalla disponibilità di programmi di miglioramento genetico e dalla capacità di adattamento a sistemi produttivi estremamente eterogenei (Cassandro, 2020). La globalizzazione del patrimonio genetico bovino rappresenta uno dei fenomeni più rilevanti dell'evoluzione della zootecnia moderna. Fino alla prima metà del XX secolo, infatti, la maggior parte delle popolazioni bovine presentava una distribuzione prevalentemente regionale, fortemente influenzata dalle condizioni climatiche, dalle caratteristiche pedologiche e dalle tradizioni agricole locali (Porter, 1992). L'introduzione dell'inseminazione artificiale su larga scala, lo sviluppo delle valutazioni genetiche nazionali e internazionali e, successivamente, l'applicazione della selezione genomica hanno profondamente modificato questo scenario, consentendo la rapida diffusione di riproduttori geneticamente superiori in tutto il mondo (Schaeffer, 2006). Secondo la Food and Agriculture Organization (2015), oltre il 70% della produzione mondiale di latte bovino proviene oggi da un numero relativamente limitato di razze, quali Holstein o Frisona, Jersey, Bruna e Ayrshire. La diffusione delle razze cosmopolite è stata ulteriormente accelerata dallo sviluppo di allevamenti intensivi (Porter, 1992). L'aumento delle dimensioni aziendali, l'automazione della mungitura e la nutrizione di precisione hanno infatti favorito la selezione di soggetti più produttivi, longevi ed efficienti (Berry et al., 2014). Negli ultimi vent'anni, inoltre, gli obiettivi della selezione genetica si sono progressivamente ampliati. Se fino agli anni Novanta l'incremento della produzione di latte rappresentava il principale criterio selettivo, oggi gli indici genetici comprendono numerosi caratteri funzionali tra cui: fertilità, salute della mammella, resistenza alle malattie, ed efficienza alimentare (Miglior et al., 2017). L'ampia diffusione di tali razze ha tuttavia comportato una progressiva perdita della biodiversità zootecnica mondiale. La FAO (2015) afferma che circa il 20% delle razze bovine autoctone sia attualmente classificato come a rischio di estinzione.

CAPITOLO 4: LA RAZZA FRISONA

4.1 Origine e diffusione della razza Frisona

La Frisona rappresenta oggi la principale razza bovina allevata per la produzione di latte a livello mondiale. L'origine della razza risale alle province della Frisia Settentrionale e dell'Olanda Settentrionale, territori costieri dei Paesi Bassi caratterizzati da suoli ricchi di pascoli permanenti e da condizioni pedoclimatiche favorevoli all'allevamento bovino. In queste aree, già a partire dal Medioevo, le popolazioni locali selezionarono animali appartenenti prevalentemente ai ceppi frisone, privilegiando i soggetti più produttivi e dotati di buona adattabilità ai sistemi di pascolo tipici delle regioni costiere (Porter, 1992). Tra il 1852 e il 1905 migliaia di bovini provenienti dai Paesi Bassi furono importati negli Stati Uniti e in Canada, dove trovarono condizioni ambientali favorevoli alla loro diffusione. In questo nuovo contesto produttivo la selezione assunse un'impostazione fortemente quantitativa, con l'obiettivo prioritario di incrementare la produzione di latte, per vacca e per lattazione (Oltenacu & Broom, 2010). Nel corso del Novecento la selezione genetica della Frisona fu profondamente influenzata dall'introduzione dell'inseminazione artificiale, questa tecnologia rese possibili la distribuzione su larga scala del materiale seminale proveniente da tori geneticamente superiori, aumentando notevolmente l'intensità di selezione e riducendo l'intervallo generazionale. A partire dagli anni Duemila, la selezione genomica ha rappresentato un'ulteriore svolta, e consente oggi di stimare il valore genetico di un animale già nelle prime fasi della vita (Hayes et al., 2009).

4.2 Caratteristiche morfo-funzionali

Nel corso degli anni, l'intensa pressione selettiva, ha progressivamente favorito animali caratterizzati da elevata capacità corporea, solidi apparati mammari, e notevole sviluppo scheletrico; elementi che contribuiscono direttamente alla capacità di sostenere produzioni elevate per numerose lattazioni (Miglior et al., 2017).



Figura 4. Shkira and Footloose al World Dairy Expo 2024.

la Frisone presenta una conformazione tipicamente dolicomorfa, caratterizzata da un corpo lungo, profondo e relativamente angoloso, con una limitata deposizione di tessuto adiposo e muscolare. Queste caratteristiche morfologiche riflettono una spiccata specializzazione metabolica, per la quale una quota rilevante dei nutrienti ingeriti viene destinata alla sintesi del latte piuttosto che all'accumulo di riserve energetiche (Bauman & Currie, 1980). Gli animali adulti raggiungono un'altezza al garrese compresa tra 145 e 160 cm, con un peso vivo medio variabile tra 650 e 750 kg, e nelle aziende caratterizzate da elevata intensità selettiva non sono infrequenti soggetti che superano gli 800 kg (Porter, 1992). L'elevata taglia corporea consente una maggiore capacità di ingestione della sostanza secca, presupposto indispensabile per sostenere produzioni di latte superiori a 10.000 kg per lattazione (Martinez et al., 2009). Tuttavia, l'aumento della taglia corporea determina anche un incremento del fabbisogno energetico di mantenimento, ragion per cui una maggiore dimensione non corrisponda necessariamente a una migliore efficienza (Connor, 2015). La morfologia dell'apparato mammario è uno dei principali obiettivi della selezione morfo-funzionale. Una mammella ben conformata, caratterizzata da attacchi solidi, forza del legamento sospenditore mediano e corretta posizione e dimensione dei capezzoli, favorisce un'efficace mungitura meccanica, riduce il rischio di traumi e contribuisce a limitare l'incidenza delle mastiti (Miglior et al., 2017).

4.3 Caratteristiche produttive

Le review storiche pubblicate sul Journal of Dairy Science (Miglior et al., 2017) evidenziano come la produzione media a 305 giorni sia passata, nelle popolazioni nordamericane, da circa 2.000 kg di latte negli anni Venti del Novecento a oltre 10.000 kg nelle popolazioni moderne, mantenendo pressoché invariata la percentuale di grasso e proteina del latte. Negli allevamenti migliori non sono rari soggetti che eccedono i 14.000–15.000 kg per lattazione. In figura 5 si apprezza un andamento similare delle produzioni anche nella popolazione Italiana, che ad oggi produce mediamente 11115 kg in 305gg con 4,97% di grasso e 3,44% di proteine (ANAFIBJ, 2026).

NAZIONALI						
Anno	Allevamenti	Vacche	Latte Kg	Grasso %	Proteine %	Vacche/Allev.
2016	11.123	1.106.461	9.742	3,75	3,32	99
2017	10.629	1.091.652	9.980	3,73	3,33	103
2018	9.896	1.081.855	10.136	3,76	3,35	109
2019	9.769	1.079.338	10.097	3,81	3,36	110
2020	9.711	1.107.536	10.386	3,79	3,35	114
2021	9.552	1.130.734	10.710	3,89	3,37	118
2022	9.280	1.148.844	10.786	3,85	3,35	124
2023	8.903	1.136.874	10.802	3,86	3,38	128
2024	8.770	1.147.858	10.977	3,93	3,42	131
2025	8.592	1.156.584	11.115	3,97	3,44	135

Figura 5. Statistiche produttive 2016-2025 delle bovine di razza Frisone Italiana iscritte al libro genealogico, adattato da (ANAFIBJ, 2026).

Tali valori, tuttavia, sono fortemente influenzati dall'interazione tra genotipo e ambiente, comprendendo fattori quali alimentazione, comfort, benessere e condizioni climatiche. La sola espressione del potenziale genetico non è quindi sufficiente a garantire elevate prestazioni produttive in assenza di adeguate condizioni gestionali (Sabbadin et al., 2025). Dal punto di vista fisiologico, la produzione di latte segue un andamento caratteristico definito curva di lattazione, che descrive la variazione della produzione giornaliera dal parto fino all'asciutta (Simitzis et al., 2022). Dopo il parto, la produzione latte aumenta rapidamente raggiungendo il picco di lattazione tra la quarta e l'ottava settimana, successivamente diminuisce progressivamente fino al termine della lattazione, con una velocità di declino definita persistenza di lattazione, che varia in base al numero di parti (figura 6) e genetica dell'animale (Visentin, 2020).

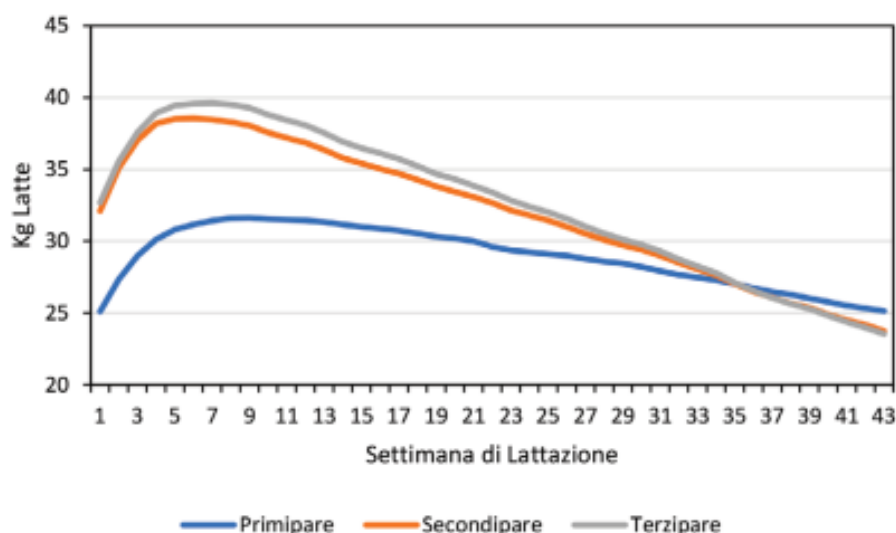


Figura 6. Curve di lattazione nelle bovine di razza Frisone Italiana per ordine di parto, adattato da (Visentin, 2020).

Aumentare la persistenza risulta un modo efficiente per incrementare la produzione lungo tutta la lattazione, infatti, una curva caratterizzata da un picco moderato ma da un lento decremento della produzione consente di distribuire il carico metabolico su un intervallo temporale più ampio, riducendo l'intensità del bilancio energetico negativo e migliorando la fertilità, la salute metabolica e la longevità (Miglior et al., 2017). Il latte prodotto da vacche frisone presenta generalmente una concentrazione di grasso compresa tra 3,6 e 4,2 g/100ml, un contenuto proteico variabile tra 3,1 e 3,5 g/100ml e una concentrazione di lattosio prossima al 4,9% (De Marchi et al., 2008). Le caratteristiche qualitative variano in funzione dello stadio di lattazione, della dieta, del numero di parto e della genetica (Cassandro et al. 2008, Simoni et al. 2024). La composizione del latte riveste un'importanza economica crescente, poiché numerosi sistemi di remunerazione prevedono pagamenti basati sulla quantità di grasso, proteina e caseina piuttosto che sul solo volume di latte (AGEA, 2026). Negli ultimi decenni gli obiettivi di selezione hanno pertanto incluso anche la produzione di materia utile, al fine di migliorare il valore tecnologico del latte destinato alla trasformazione casearia (Cassandro et al., 2008).

CAPITOLO 5: LA RAZZA JERSEY

5.1 Origine ed evoluzione della razza Jersey

Nel panorama delle razze cosmopolite da latte, la Jersey occupa una posizione di rilievo grazie alle peculiari caratteristiche genetiche, produttive e funzionali che la distinguono dalla razza Frisona, con particolare riferimento all'elevata concentrazione dei solidi del latte (Opoola et al., 2022). Tali caratteristiche hanno incrementato l'interesse del settore nei confronti della razza, sia per il miglioramento genetico sia per il miglioramento della sostenibilità.

La razza trae origine dall'isola di Jersey, la maggiore dell'arcipelago del Canale della Manica. Già nel 1771 tali animali erano allevati per la produzione di latte ricco in grasso, destinato prevalentemente alla produzione di burro (Porter, 1992). Nel 1866 fu istituito il primo libro genealogico della razza Jersey, uno dei più antichi libri genealogici bovini esistenti. L'iscrizione degli animali veniva subordinata al rispetto di rigorosi requisiti genealogici e morfologici (figura 7) (Gowen, 1933), consentendo la conservazione della purezza della razza e la registrazione sistematica delle linee di sangue.

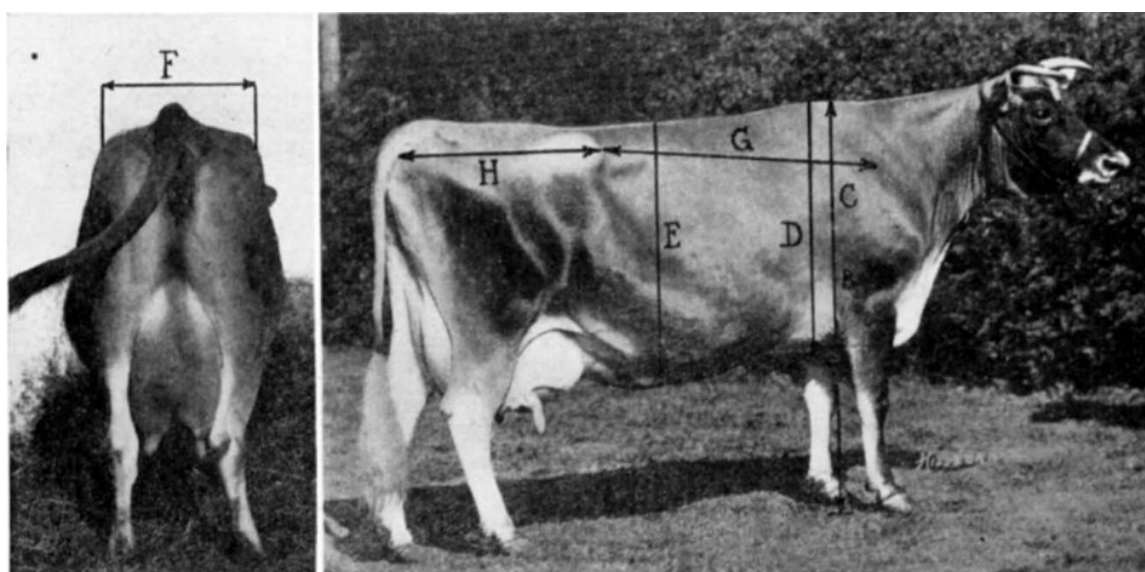


Figura 7. Principali riferimenti morfologici della Jersey del XIX secolo, adattato da (Gowen, 1933).

Parallelamente, gli allevatori iniziarono a selezionare gli animali non solo sulla base delle caratteristiche morfologiche, ma anche considerando capacità produttiva e qualità del latte, con particolare enfasi alla percentuale di grasso per la produzione di burro (Huson et al., 2020). Questa impostazione selettiva differisce profondamente da quella che, alcuni decenni dopo,

avrebbe caratterizzato la razza Frisona, indirizzata prevalentemente verso l'incremento della quantità di latte prodotto (Miglior et al., 2017).

A partire dalla seconda metà del XIX secolo la Jersey fu esportata in numerosi Paesi, dove dimostrò un'elevata capacità di adattamento a differenti condizioni climatiche e sistemi produttivi. Le prime esportazioni interessarono Regno Unito e Stati Uniti, seguite rapidamente da Canada, Australia, Nuova Zelanda e Sudafrica (Chikhi et al., 2004). Oggi la Jersey è allevata in oltre cento Paesi.

5.2 La razza Jersey in Italia

L'introduzione della razza Jersey in Italia è relativamente recente rispetto ad altre razze, quali la Frisona Italiana, la cui diffusione è iniziata già nella seconda metà del XIX secolo. Per molti decenni l'allevamento bovino nazionale è stato infatti orientato prevalentemente verso razze caratterizzate da elevate produzioni di latte, in grado di soddisfare le esigenze di un comparto lattiero-caseario in rapida espansione (Cassandro, 2003). In questo contesto, la Jersey ha rivestito un ruolo marginale, limitato principalmente ad allevamenti sperimentali o a piccole realtà aziendali interessate alla produzione di latte di maggior qualità (Yoo et al., 2019). A partire dagli anni Novanta, e con maggiore intensità nel corso degli ultimi vent'anni, l'interesse nei confronti della Jersey è progressivamente aumentato (Fabris et al., 2025). Probabilmente in conseguenza all'evoluzione dei sistemi di remunerazione del latte, sempre più orientati alla valorizzazione della qualità (AGEA, 2026). La crescente importanza attribuita al contenuto di materia utile, determinante la resa della trasformazione casearia, ha favorito la diffusione della razza. Un ulteriore impulso è attribuibile alla crescente attenzione rivolta alla sostenibilità economica e ambientale delle produzioni zootecniche (Berry et al., 2014). L'intensificazione della ricerca scientifica sull'efficienza alimentare, infatti ha evidenziato come la ridotta taglia corporea della Jersey comporti fabbisogni di mantenimento inferiori rispetto alle razze di maggiore mole, consentendo l'utilizzo di una quota maggiore di energia ai fini produttivi (NASEM, 2021).

Lo sviluppo di programmi di miglioramento genetico a livello globale ha consentito un rapido incremento del valore genetico degli animali allevati in Italia. Analogamente un ruolo fondamentale nello sviluppo della razza è svolto dall'Associazione Nazionale Allevatori Frisona, Bruna, Jersey Italiana (ANAFIBJ), che cura il Libro Genealogico nazionale, promuove i programmi di miglioramento genetico e coordina le attività di raccolta dei dati produttivi e

genealogici. Attraverso il controllo funzionale delle bovine in lattazione vengono registrati i principali parametri produttivi e qualitativi del latte, mentre le moderne tecnologie genomiche consentono di stimare con crescente accuratezza il valore genetico dei riproduttori fin dalle prime fasi di vita (Fabris et al., 2025).

5.3 Caratteristiche morfo-funzionali

Le caratteristiche morfologiche della razza Jersey rispecchiano il lungo processo di selezione artificiale orientato al miglioramento della funzionalità dell'animale piuttosto che al semplice incremento della produzione quantitativa di latte (Roveglia et al., 2019).



Figura 8. Joel Dixie al World Dairy Expo 2025

Diversamente da quanto avvenuto in altre razze, nelle quali l'incremento della produzione di latte ha comportato una progressiva crescita della taglia corporea, la selezione della Jersey ha privilegiato il mantenimento di una conformazione compatta, armonica e funzionale, capace di garantire elevate produzioni di grasso e proteine con un ridotto fabbisogno energetico di mantenimento (NASEM, 2021). Negli ultimi decenni, i programmi di miglioramento genetico hanno progressivamente spostato l'attenzione dalla sola valutazione estetica dei caratteri morfologici verso la selezione di caratteri direttamente associati alla longevità, alla salute della mammella, alla locomozione e all'efficienza, riconoscendo il ruolo della morfologia come indicatore della futura carriera produttiva dell'animale (Miglior et al., 2017).

Le vacche adulte presentano un'altezza al garrese compresa tra 120 e 125 cm e un peso vivo variabile tra 400 e 500 kg, i tori raggiungono mediamente 600–800 kg (Porter, 1992). Le vacche presentano il tipico biotipo dolicomorfo delle razze da latte, caratterizzato da una struttura corporea asciutta, con ampi diametri trasversi e relativamente angolosa. Il tronco presenta uno sviluppo proporzionato, con costole lunghe e ben cerchiato che conferiscono all'animale un'elevata profondità toracica e addominale, direttamente correlata alla capacità di ingestione e allo sviluppo dell'apparato ruminale (ANAFIBJ, 2026). Tra tutti gli elementi morfologici, l'apparato mammario costituisce senza dubbio il carattere maggiormente sottoposto a pressione selettiva. Nella Jersey la mammella presenta generalmente una conformazione globosa, e una notevole forza degli attacchi sia anteriori sia posteriori. Il legamento sospenditore mediano risulta ben sviluppato, garantendo un'efficace suddivisione dei quarti e una corretta sospensione della mammella anche nelle bovine pluripare (Miglior et al., 2017).

5.4 Caratteristiche produttive

L'attitudine produttiva della Jersey va analizzata considerando le caratteristiche tipiche della razza, quali maggior produzione di materia utile, taglia ridotta, e ingestione di SS contenuta (Yoo et al., 2019). Risulta pertanto inadeguato un confronto con altre razze basato esclusivamente sui kg di latte prodotti, difatti le prestazioni produttive vengono confrontate attraverso indicatori come la produzione di latte corretto per energia (Energy Corrected Milk, ECM) o la produzione di materia utile, parametri maggiormente rappresentativi dell'efficienza della razza (Olthof et al., 2023).

Nei moderni allevamenti le vacche Jersey presentano produzioni comprese mediamente tra 6.000 e oltre 8.000 kg di latte per lattazione in 305 giorni (figura 9), ma la produzione può variare in funzione del patrimonio genetico, della gestione aziendale, dell'alimentazione e delle condizioni ambientali (ANAFIBJ, 2026).

NAZIONALI						
Anno	Allevamenti	Vacche	Latte Kg	Grasso %	Proteine %	Vacche/Allev.
2016	751	7.009	6.521	4,93	3,94	9
2017	727	6.730	6.514	4,87	3,93	9
2018	725	6.695	6.623	4,93	3,94	9
2019	760	6.859	6.587	4,94	3,93	9
2020	773	6.701	6.794	4,86	3,91	9
2021	776	6.757	7.006	4,94	3,95	9
2022	795	7.025	7.050	4,91	3,92	9
2023	802	6.760	7.089	4,81	3,91	8
2024	840	6.917	7.211	4,89	3,92	8
2025	842	7.013	7.318	4,94	3,92	8

Figura 9. Medie produttive nazionali riferite agli anni 2016-2025 dei capi di razza jersey italiana iscritti al libro genealogico, adattato da (ANAFIBJ, 2026)

Nei sistemi estensivi tipici Neozelandesi e Irlandesi le produzioni risultano generalmente inferiori rispetto agli allevamenti nordamericani ed europei, d'altronde l'elevata qualità del latte consente di ottenere ricavi ugualmente soddisfacenti (Goni et al., 2015). Una recente metanalisi (Coffey et al., 2016) ha sintetizzato i risultati di 30 studi sperimentali nei quali le due razze erano allevate nelle medesime condizioni ambientali e alimentari, evidenziando una produzione giornaliera inferiore di circa 10,8 kg di latte nelle bovine Jersey rispetto alle Frisone, la differenza, tuttavia, si riduce quando la produzione viene confrontata in termini di ECM. Risultati analoghi sono riportati anche negli studi condotti in sistemi di allevamento estensivi (Goni et al., 2015). Coffey et al. (2016), analizzando oltre 24.000 lattazioni appartenenti a più di 11.800 bovine allevate in quaranta aziende irlandesi, ha riscontrato che nonostante le Jersey producano meno latte rispetto alle frisone (-987 kg), la produzione di kg di materia utile non presenta differenze significative. Ragion per cui la sua presenza negli allevamenti è sempre meno rara (Capper & Cady, 2012). In condizioni ordinarie di allevamento, il contenuto di grasso varia generalmente tra 4,8 e 5,8% (NASEM, 2021), mentre il tenore proteico si attesta tra 3,8 a e 4,2% (Roveglia, Niero, Penasa, et al., 2019), valori significativamente superiori rispetto a quelli osservati nella Frisone (Almeida et al., 2026).

Le caratteristiche qualitative sopra citate rendono il latte di razza Jersey particolarmente indicato per la trasformazione casearia e valorizzazione del prodotto. L'elevata concentrazione di materia utile determina infatti una maggiore resa della produzione di formaggi, burro e altri derivati lattiero-caseari (Cassandro et al., 2008). Dove vengono adottati sistemi di pagamento basati sulla qualità del latte, come avviene in Nuova Zelanda e paesi del nord Europa, la Jersey

risulta frequentemente più competitiva rispetto ad altre razze più produttive (Coffey et al., 2016).

CAPITOLO 6: ALIMENTAZIONE DELLA VACCA DA LATTE

6.1 Fabbisogni nutrizionali della vacca da latte

La nutrizione rappresenta uno dei principali fattori in grado di influenzare l'efficienza produttiva ed economica della vacca da latte. L'obiettivo della nutrizione di precisione non consiste esclusivamente nel massimizzare la produzione di latte, ma soprattutto nell'ottimizzare l'utilizzo dei nutrienti ingeriti, garantendo il mantenimento del benessere, della fertilità e della longevità (NASEM, 2021). Negli ultimi decenni i metodi di razionamento hanno subito un sostanziale cambiamento, se in passato la formulazione delle razioni era finalizzata prevalentemente a soddisfare i fabbisogni energetici e proteici minimi; oggi l'obiettivo è quello di sviluppare razioni, tramite le quali ogni nutriente viene fornito in quantità prossime al reale fabbisogno fisiologico dell'animale per ogni fase produttiva (Lapierre et al., 2006). Questo approccio consente di incrementare l'efficienza di conversione degli alimenti, ridurre gli sprechi, limitare le escrezioni di azoto e fosforo e diminuire l'impatto ambientale (Chase & Fortina, 2023).

Tabella 1. Fabbisogni delle vacche in lattazione di razza frisona, adattato da (NASEM, 2021)

Giorni in lattazione	Primipare		Pluripare		
	15	150	20	100	200
Latte, kg	33	39	53	55	43
Grasso, %	3,9	3,6	3,7	3,5	3,8
Proteine, %	3,1	3	2,8	2,8	3,3
Ingestione sostanza secca, kg/g	20,8	23,9	25,8	29,4	27,4
EM, Mcal/kg	2,39	2,61	2,58	2,73	2,60
EN _L , Mcal/kg	1,6	1,7	1,7	1,8	1,7
RDP, %	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
RUP, %	6,2	7,0	7,5	7,4	7,5
PG, %	16,2	17,0	17,5	17,4	17,5
PM, %	9,8	9,8	10,9	10,2	10,1
NDF, min %	25-33	25-33	25-34	25-35	25-36
fNDF, min %	19-25	19-25	19-26	19-27	19-28
Amido, %	22-30	22-30	22-31	22-32	22-33

La determinazione dei fabbisogni nutrizionali della bovina da latte è un processo complesso che integra conoscenze fisiologiche, metaboliche e produttive. I più diffusi sistemi internazionali di valutazione sono rappresentati dal NASEM (2021), evoluzione del precedente NRC (2001), e dal sistema francese INRA (Nozière et al., 2018). Entrambi descrivono i

fabbisogni dell'animale considerando separatamente le esigenze destinate al mantenimento, alla produzione di latte, alla crescita e alla gravidanza. Il fabbisogno di nutrienti non è pertanto un valore fisso, ma rappresenta la somma delle richieste metaboliche associate ai diversi processi fisiologici in atto. I fabbisogni variano continuamente durante la lattazione ed sono influenzati da numerosi fattori, tra cui razza, peso corporeo, età, livello produttivo, composizione del latte, stato sanitario, condizioni ambientali (NASEM, 2021). Il sistema metabolico della vacca da latte ripartisce i nutrienti assunti con la razione secondo una precisa gerarchia di priorità fisiologica. L'energia disponibile viene destinata innanzitutto al mantenimento delle funzioni vitali; la quota rimanente viene utilizzata per sostenere la lattazione, l'accrescimento corporeo, la gestazione e il ripristino delle riserve energetiche (Bauman & Currie, 1980). Durante le prime settimane di lattazione la produzione di latte aumenta molto più rapidamente rispetto alla capacità di ingestione della bovina, ne consegue l'instaurarsi di una condizione fisiologica di bilancio energetico negativo (Negative Energy Balance, NEB), nella quale il fabbisogno energetico supera l'energia introdotta con gli alimenti. Per compensare tale deficit l'animale mobilita i depositi adiposi e, in misura minore, quelli proteici, determinando una perdita di peso corporeo che può protrarsi per diverse settimane dopo il parto (Drackley, 1999). La capacità della bovina di superare questa delicata fase dipende strettamente dall'interazione tra ingestione di sostanza secca, densità energetica della razione e adattamenti metabolici coordinati dal sistema endocrino. Una gestione nutrizionale inadeguata durante il periodo di transizione aumenta significativamente il rischio di insorgenza di patologie metaboliche quali chetosi, steatosi epatica, acidosi ruminale, dislocazione dell'abomaso e patologie riproduttive (Leblanc, 2010; Overton & Waldron, 2004).

L'energia rappresenta il principale fattore limitante per la produzione di latte. Nei sistemi di razionamento essa viene espressa come Nutrienti Digeribili Totali (TDN) o Energia Netta di Lattazione (NE_L), parametro che rappresenta la quota di energia realmente disponibile per sostenere la produzione di latte dopo aver sottratto le perdite dovute a digestione, metabolismo e fermentazione (NASEM, 2021). Il fabbisogno energetico di mantenimento è strettamente correlato al peso metabolico dell'animale ($BW^{0.75}$), ed è influenzato dall'attività motoria, dalle condizioni climatiche e dallo stato fisiologico (NASEM, 2021). Vacche di taglia elevata, come la Frisona, presentano generalmente esigenze di mantenimento superiori rispetto a razze più leggere quali la Jersey, aspetto correlato direttamente alle differenze di efficienza tra le due razze bovine (Capper & Cady, 2020). L'energia destinata alla sintesi del latte

varia sia in funzione della quantità prodotta, sia in funzione della composizione, dunque, produrre latte caratterizzato da concentrazioni elevate di grasso e proteina richiede un maggiore investimento energetico (NRC, 2001).

Oltre l'energia, anche la proteina costituisce un nutriente di primaria importanza. Nei ruminanti il metabolismo proteico presenta caratteristiche peculiari rispetto ai monogastrici, poiché una quota consistente degli amminoacidi assorbiti deriva dalla sintesi di proteina microbica operata dai microrganismi ruminali (Oba, 2011). L'efficienza di tale processo dipende dalla sincronizzazione tra disponibilità di azoto degradabile ed energia fermentescibile nel rumine (Fox et al., 2004). Pertanto, i modelli dinamici di razionamento (CNCPS 6.56, Van Amburgh et al., 2015) non valutano semplicemente la proteina grezza della razione, bensì la quantità di proteina metabolizzabile (PM) realmente disponibile a livello intestinale. Quest'ultima è costituita dalla somma della proteina microbica e della quota di proteina alimentare non degradata nel rumine (RUP) che raggiunge l'intestino tenue, dove viene digerita e assorbita (NASEM, 2021). Storicamente, negli allevamenti di bovine da latte, la proteina grezza (PG) della dieta è stata somministrata in quantità superiori ai reali fabbisogni (Jonker et al., 2002). Diversi studi hanno valutato l'effetto della concentrazione proteica sulle prestazioni produttive. La riduzione di PG nella dieta dal 16,5% al 15,5% per vacche a inizio lattazione (Olmos Colmenero & Broderick, 2006) e a lattazione inoltrata (Barros et al., 2017), non ha determinato cali di produzione di latte; mentre ulteriori riduzioni hanno comportato effetti negativi. In uno studio condotto sull'intera durata della lattazione, la somministrazione di una dieta al 17,3% PG da 1 a 150 giorni di lattazione, seguita da una riduzione al 14,4% di PG dopo i 151 giorni, non ha influenzato la produzione latte rispetto alla somministrazione continua della dieta più proteica durante tutta la lattazione (Law et al., 2009). Tali studi suggeriscono la possibilità di ridurre il contenuto di proteina nelle fasi avanzate della lattazione senza compromettere le prestazioni delle bovine.

La fibra, considerata come fibra neutro detera (NDF) rappresenta l'elemento strutturale principale delle razioni per ruminanti (Van Soest, 1994). La fermentazione della cellulosa determina la produzione di acetato e butirato, AGV indispensabili per la sintesi degli acidi grassi *de novo* del latte (Loften et al., 2014), parallelamente l'azione fisica delle particelle fibrose stimola la masticazione, la ruminazione e la secrezione salivare, contribuendo a stabilizzare il pH ruminale (Zebeli et al., 2012). Per tale motivo i sistemi di formulazione

considerano non solo la concentrazione di NDF, ma anche la quota di peNDF, indispensabile per garantire una corretta funzionalità ruminale (Yang & Beauchemin, 2006). Dunque, una riduzione eccessiva della quota fibrosa della dieta aumenta il rischio di SARA, diminuzione del grasso del latte, e zoppie (Allen, 1997).

Il NASEM (2021) raccomanda, nelle vacche ad alta produzione, razioni contenenti mediamente:

- 25–34% di NDF sulla sostanza secca;
- almeno 19–27% di NDF proveniente dai foraggi;
- adeguati livelli peNDF.

Associati ai valori che quantificano la fibra, vengono usati parametri che ne caratterizzano la qualità, intesa come digeribilità ruminale, calcolata tramite incubazione in rumine artificiale a determinati intervalli di tempo (12, 30, 120, 240 ore) (Hoffman et al., 2003). Pertanto, è logico pensare che se questa componente viene degradata più velocemente, occuperà per meno tempo l'ambiente ruminale, diminuendo la sensazione di riempimento e stimolando ulteriore ingestione da parte degli animali (Kendall et al., 2009).

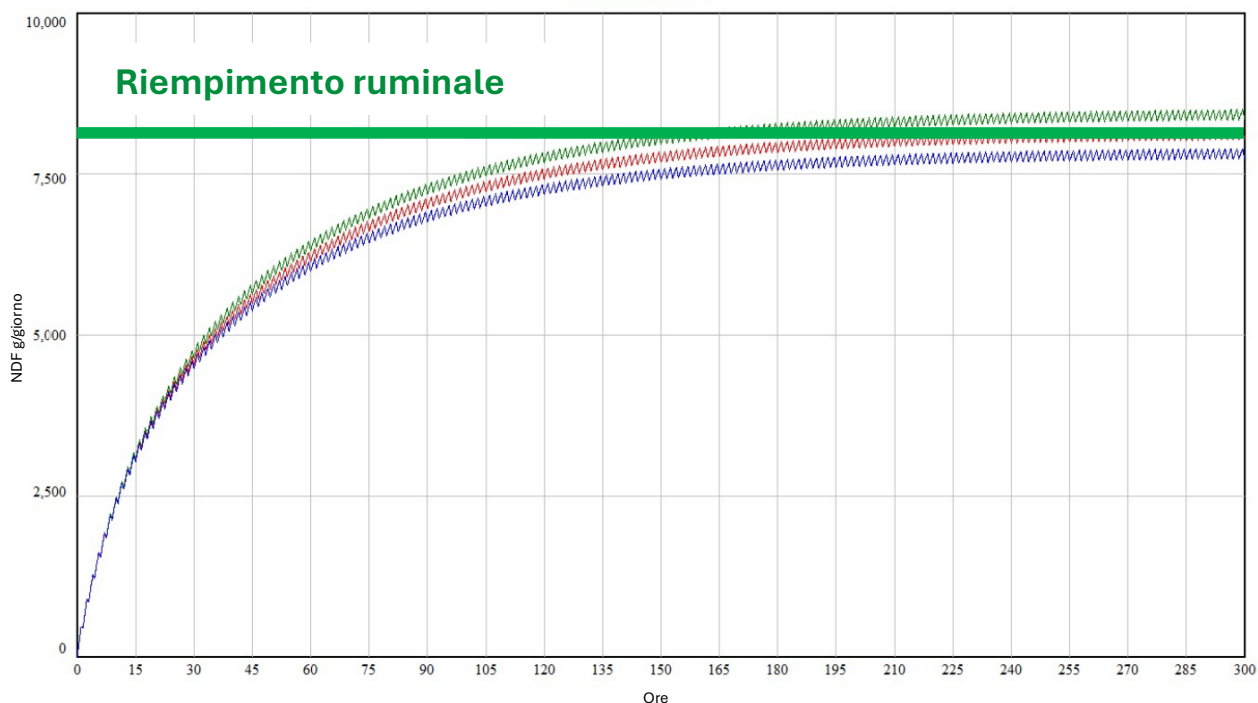


Figura 10. Riempimento ruminale da parte di NDF diversamente digeribili. Verde: elevata digeribilità, rossa: media digeribilità, blu: scarsa digeribilità, adattato da Van Amburgh et al. (2022).

Nella figura 10 si può apprezzare come foraggi caratterizzati da NDF più digeribile possano essere inclusi nella dieta in misura maggiore, senza incidere sulle capacità di ingestione per

eccessivo riempimento ruminale, questo approccio permette di formulare diete più energetiche seppur con un maggior contenuto di foraggi (M. Van Amburgh et al., 2022). Oba ed Allen (1999) stimano che ogni unità in più di digeribilità sia associata all'incremento di 0.17 kg di SS ingerita e all'aumento di 0.23 kg di latte prodotto. Diversi studi hanno osservato che le Jersey manifestano generalmente una maggiore capacità di digestione della fibra rispetto alle Frisone, probabilmente in relazione a una minore velocità di transito ruminale e a una diversità del microbiota (Islam et al., 2021). Tale caratteristica consente di valorizzare efficacemente foraggi di elevata qualità, aspetto vantaggioso nei sistemi alimentari basati su pascolo o diete ad alta inclusione di foraggi (Prendiville et al., 2010). Contrariamente, altri studi dimostrano che la digeribilità ruminale e intestinale della SS non viene influenzata dalla razza (Olijhoek et al., 2022).

6.2 Differenze fisiologiche e metaboliche tra la razza Frisona e la razza Jersey: implicazioni nutrizionali ed efficienza di utilizzazione dei nutrienti

Come già trattato nei precedenti capitoli, la razza rappresenta uno dei principali fattori biologici dell'efficienza della vacca da latte, influenzando il metabolismo energetico, la capacità di ingestione, l'utilizzazione dei nutrienti, la composizione corporea e la ripartizione dell'energia verso le diverse funzioni fisiologiche (NASEM, 2021). Sebbene Frisona e Jersey siano entrambe razze da latte, la selezione genetica a cui sono state sottoposte nel corso degli anni ha determinato profonde differenze morfologiche e metaboliche che si riflettono direttamente sull'efficienza degli animali (Capper & Cady, 2012).

Poiché il fabbisogno energetico di mantenimento è proporzionale al peso dell'animale ($BW^{0,75}$), la minore taglia della Jersey determina un costo energetico inferiore del circa 20-30% rispetto a quello della Frisona (NASEM, 2021). Come per il fabbisogno di mantenimento, la mole dell'animale è correlata anche con l'ingestione di SS, la quale costituisce spesso il fattore limitante al soddisfacimento dei fabbisogni energetici (Dado & Allen, 1996). Nella maggior parte degli studi sperimentali, vacche Frisone ad alta produzione consumano mediamente 24–28 kg di sostanza secca al giorno, mentre le Jersey assumono 18–22 kg (NASEM, 2021), tuttavia, il confronto basato esclusivamente sull'ingestione può risultare fuorviante. La recente metanalisi pubblicata sul Journal of Dairy Science nel 2026 (Almeida et al., 2026), comprendente 30 studi sperimentali nei quali Frisone e Jersey erano allevate nelle medesime condizioni, dimostra che le Jersey presentano un'ingestione significativamente

superiore quando questa viene rapportata al peso vivo (+0,44% del BW) e al peso metabolico (+0,64% del $BW^{0,75}$). Considerando questi dati, la Jersey possiede una notevole capacità di ingestione relativamente alla propria dimensione corporea, probabilmente questa caratteristica consente di sostenere produzioni elevate di grasso e proteina pur mantenendo una massa corporea contenuta (Prendiville et al., 2010).

Diversi studi hanno suggerito che la Jersey abbia una digestione della fibra più efficiente rispetto alla Frisona. Beecher et al. (2014) hanno constatato una maggiore digeribilità della sostanza organica e della NDF in vacche Jersey alimentate con razioni ad elevata inclusione di foraggi, attribuendo tale risultato a una minore velocità di transito ruminale. Un tasso di passaggio (kp) minore del contenuto ruminale prolunga l'attività dei batteri fibrolitici, incrementando la degradazione della parete cellulare vegetale e la produzione di acidi grassi volatili (Van Amburgh et al., 2015). Questo fenomeno fisiologico contribuisce a spiegare le elevate concentrazioni lipidiche tipiche del latte Jersey, che frequentemente superano il 5,0–5,5% (Ahlman et al., 2011).

Le differenze più importanti tra le due razze riguardano probabilmente la modalità con cui l'energia metabolizzabile viene distribuita tra mantenimento, deposito di riserve e sintesi del latte. Bauman e Currie (1980) definirono tale fenomeno come omeoresi, ovvero l'insieme dei meccanismi endocrini che dirigono i nutrienti verso la funzione fisiologica prioritaria. Nella Frisona la forte pressione selettiva esercitata sulla produzione di latte ha favorito una marcata priorità metabolica verso la secrezione latte a inizio lattazione favorendo l'instaurarsi di un bilancio energetico negativo più intenso, causa di una maggiore mobilitazione delle riserve adipose e concentrazioni plasmatiche più elevate di acidi grassi non esterificati (NEFA) e β -idrossibutirrato (BHBA), indicatori del grado di mobilitazione lipidica e chetosi (Drackley, 1999).

Secondo uno studio condotto da Thorup et al. (2023) su 97 vacche Holstein e 91 Jersey, monitorate mediante mangiatoie automatiche e sistemi elettronici di registrazione del comportamento, la relazione tra efficienza alimentare e modalità di assunzione dell'alimento differisce sensibilmente tra le due razze. I risultati indicano che la Jersey tende a consumare il pasto in maniera più graduale, favorendo una fermentazione ruminale più stabile e una migliore sincronizzazione tra disponibilità di carboidrati fermentescibili e azoto degradabile. Dati ulteriori sul comportamento alimentare provengono dal recente lavoro di Santana et al. (2025),

che hanno confrontato il comportamento delle due razze alla somministrazione di razioni a differenti livelli di NDF. Gli autori hanno osservato che le Jersey presentavano un tempo di ruminazione superiore rispetto alle Frisone (519 vs 465 minuti/giorno), e tempi maggiori di ruminazione ed alimentazione rapportati al peso e all'ingestione di NDF. Inoltre, le Jersey mostravano un comportamento di selezione delle particelle più marcato senza compromettere la stabilità della fermentazione ruminale.

Tabella 2. Principali differenze fisiologiche e produttive tra le razze Frisone e Jersey.

Parametro	Holstein	Jersey	Fonte
Peso vivo, kg	650-750	420-500	(NASEM, 2021)
ISS, kg/g	20,8-29,4	20,6	(NASEM, 2021)
ECM, kg/g	17,2-41,9	15,9-34,7	(Almeida et al., 2026)
ECM/ISS, kg/kg	1,00-1,91	1,09-1,94	(Almeida et al., 2026)
Latte, kg/g	16,9-44,9	12,8-29,7	(Almeida et al., 2026)
Grasso, %	2,45-5,67	3,73-7,69	(Almeida et al., 2026)
Proteine vere, %	2,74-3,79	3,26-4,77	(Almeida et al., 2026)
NDFd, %NDF ingerita	55,8	59,6	(Beecher et al., 2014)
Tempo di ruminazione, min/g	465	519	(Santana et al., 2025)

ISS: ingestione di sostanza secca; ECM: energy corrected milk; NDF: fibra insolubile al detergente neutro; NDFd: fibra insolubile al detergente neutro digerita.

CAPITOLO 7: VALUTAZIONE DELL'EFFICIENZA DELLA VACCA DA LATTE

7.1 Concetto di efficienza nella bovina da latte

Negli ultimi anni il concetto di efficienza nella bovina da latte ha subito una profonda evoluzione, passando da una valutazione esclusivamente produttiva, ad un approccio multidimensionale che integra aspetti biologici, nutrizionali, economici e ambientali. Il cambiamento è stato determinato dalla crescente necessità di migliorare la sostenibilità dei sistemi zootecnici, in risposta all'aumento della domanda mondiale di prodotti lattiero-caseari, alla progressiva riduzione delle risorse disponibili e al crescente interesse da parte dei consumatori (Capper & Cady, 2012).

Secondo Connor (2015), l'efficienza deve considerare l'intero bilancio energetico dell'animale, includendo i costi associati al mantenimento, alla crescita, alla gestazione, e alla lattazione. Perciò, due vacche che producono la medesima quantità di latte possono presentare livelli di efficienza profondamente differenti qualora differiscano per ingestione di sostanza secca, peso corporeo, composizione del latte e stato riproduttivo. L'introduzione dei sistemi nutrizionali basati sull'energia netta e sulla proteina metabolizzabile, confermata con l'ottava revisione del NASEM (2021), ha ulteriormente rafforzato questo approccio. Il modello considera infatti l'animale come un sistema biologico complesso, nel quale l'efficienza deriva dall'interazione tra input e output, superando definitivamente una valutazione limitata al semplice rapporto produzione/ingestione.

Il crescente impegno della comunità nel ridurre l'impatto delle attività antropiche ha spostato l'attenzione anche verso la sostenibilità ambientale, definita come la capacità di produrre alimenti di origine animale riducendo il consumo di risorse naturali e minimizzando le emissioni di gas ad effetto serra (Gerber et al., 2013). Ad oggi la valutazione dell'efficienza assume una valenza strategica, poiché rappresenta uno degli strumenti più efficaci per ridurre i costi di produzione e l'impatto ambientale degli allevamenti. Gli studi di Capper & Cady (2020), hanno dimostrato come il miglioramento dell'efficienza produttiva rappresenti uno dei principali fattori responsabili della riduzione dell'impronta ambientale del settore negli ultimi cinquant'anni. Secondo gli autori, incrementare l'efficienza significa diminuire la quantità di alimenti, acqua, energia e superficie agricola necessarie per produrre un kg di latte, con una

conseguente riduzione delle emissioni di metano enterico, anidride carbonica e protossido di azoto per unità di prodotto.

7.2 Indici di efficienza

Il crescente interesse nella valutazione dell'efficienza degli animali e degli allevamenti ha favorito lo sviluppo di numerosi indicatori, ciascuno per descrivere uno specifico aspetto dell'efficienza. Tra i più diffusi figurano l'efficienza alimentare o Feed Efficiency (FE), la produzione di ECM, la MNE, l'Income Over Feed Cost (IOFC) e gli indicatori ambientali derivati dalle metodologie di Life Cycle Assessment (LCA). Tuttavia nessun indice è in grado, da solo, di descrivere in maniera esaustiva il concetto di efficienza, rendendo necessario un approccio integrato che consideri simultaneamente gli aspetti produttivi, economici e ambientali (Connor, 2015; NASEM, 2021). Al fine di confrontare l'efficienza delle due razze, la scelta dell'indicatore assume un'importanza cruciale. Valutazioni basate esclusivamente sulla produzione di latte tendono infatti a favorire la Frisona, mentre l'impiego di parametri corretti per il contenuto energetico del latte evidenzia spesso prestazioni comparabili o, in alcuni contesti, un vantaggio della Jersey. Per tale motivo, negli studi più recenti il confronto tra razze viene generalmente effettuato utilizzando indicatori multipli di efficienza, in grado di descrivere in maniera più completa le caratteristiche degli animali (Almeida et al., 2026; Ahlman et al., 2011).

7.3 Efficienza alimentare

L'efficienza alimentare rappresenta uno dei principali indicatori utilizzati per valutare la capacità della vacca di convertire i nutrienti ingeriti in latte, e costituisce uno dei parametri maggiormente impiegati nella ricerca scientifica, nei programmi di selezione genetica e nella gestione nutrizionale degli allevamenti intensivi (NASEM, 2021). L'uso frequente di questo indice è correlato alla sua stretta relazione tra consumo di alimento e redditività dell'allevamento. Considerando che l'alimentazione rappresenta mediamente il 45–60% dei costi variabili di produzione del latte, anche piccoli incrementi dell'efficienza alimentare possono tradursi in significativi vantaggi economici (Connor, 2015). Il primo indice utilizzato è il seguente:

$$FE = \frac{\text{Latte prodotto (kg/g)}}{\text{Ingestione di sostanza secca (kg/g)}}$$

E rappresenta il numero di chilogrammi di latte ottenuti per ogni chilogrammo di sostanza secca consumata, pertanto, valori più elevati indicano, a parità di condizioni, una maggiore capacità di conversione dell'alimento. Secondo Hutjens (2005), nelle bovine ad elevata produzione, i valori di FE generalmente oscillano tra 1,3 e 1,8 kg di latte/kg SS , mentre valori inferiori possono derivare da carenze nutrizionali, problemi sanitari o gestionali. Tuttavia, tale indice presenta numerosi limiti interpretativi, soprattutto quando viene utilizzato per confrontare animali appartenenti a razze differenti o caratterizzati da una diversa composizione del latte (NASEM, 2021).

Per tali ragioni sarebbe più equo esprimere l'efficienza alimentare basandosi su latte corretto per contenuto di energia o, in alternativa, latte standardizzato per il contenuto di grasso e proteine. Questi indici consentono di correggere la produzione latte in funzione del contenuto energetico derivante da grasso e proteina. L'indice più comunemente adottato è pertanto:

$$FE = \frac{\text{Latte Corretto per Energia (kg/g)}}{\text{Ingestione di sostanza secca (kg/g)}}$$

La recente metanalisi di Almeida et al. (2026) evidenzia come le Frisone, rispetto alle Jersey, presentano un'ingestione superiore di circa 4,15 kg SS al giorno, associata ad una produzione di latte significativamente maggiore (+10,8 kg/d). Tuttavia, quando l'efficienza viene calcolata in base all'ECM, le differenze tra le due razze non risultano significative. Tale risultato dimostra che la maggiore concentrazione di grasso e proteina del latte Jersey compensa, almeno in parte, la minore produzione quantitativa, determinando una capacità di conversione dell'energia alimentare sostanzialmente equivalente a quella osservata nella Frisone.

L'efficienza alimentare è influenzata oltre che dalla composizione del latte anche da altri fattori individuati da Connor (2015) nella sua review:

- Qualità e digeribilità della razione;
- Concentrazione energetica della dieta;
- Stadio della lattazione;
- Ordine di parto;
- Stato sanitario;
- Genetica;
- Condizioni ambientali (temperatura, comfort della stalla).

Nei primi mesi dopo il parto, la bovina mobilita le riserve corporee per sostenere la sintesi del latte, determinando valori di efficienza apparentemente elevati (Bauman & Currie, 1980). Con il progredire della lattazione, la diminuzione della produzione e il ripristino delle riserve adipose comportano generalmente una riduzione dell'efficienza (NASEM, 2021). Per questo motivo, confronti tra animali appartenenti a differenti gruppi sperimentali devono essere effettuati considerando bovine in analogo stadio fisiologico.

Sebbene l'indice di efficienza alimentare rappresenti ancora oggi il parametro maggiormente utilizzato negli studi, presenta alcune limitazioni. In particolare, non considera direttamente il peso corporeo, la mobilitazione delle riserve adipose, il costo energetico del mantenimento e le differenze individuali nell'utilizzazione metabolica dei nutrienti. Inoltre, l'indice può risultare influenzato dalle variazioni temporanee della produzione latte, rendendo difficoltoso il confronto tra bovine appartenenti a differenti fasi della lattazione o sottoposte a differenti strategie alimentari (Connor, 2015).

7.4 Energy Corrected Milk e Fat and Protein Corrected Milk

L'Energy Corrected Milk rappresenta attualmente il parametro di riferimento nella maggior parte degli studi nutrizionali e metabolici. Deriva dal principio secondo cui il valore energetico del latte dipende principalmente dalla quantità di grasso e proteina, mentre il lattosio presenta una variabilità molto limitata e contribuisce in misura minore alle differenze di contenuto energetico tra campioni di latte (Tyrrell & Reid, 1965).

Una delle espressioni più utilizzate è:

$$ECM (kg) = 0.327 * latte (kg) + 12.95 * grasso (kg) + 7.20 * proteine (kg)$$

dove:

Latte: produzione giornaliera (kg); grasso: kg di grasso prodotti al giorno; proteina = kg di proteina prodotti al giorno.

Questa equazione consente di convertire la produzione reale in una quantità equivalente di latte avente un contenuto energetico standardizzato, eliminando gran parte della variabilità dovuta alla composizione del latte. L'ECM rappresenta una stima indiretta dell'energia esportata quotidianamente attraverso il latte. La sintesi del grasso del latte costituisce infatti uno dei processi metabolicamente più costosi della lattazione, richiedendo un notevole

apporto di acetato, β -idrossibutirrato e NADPH derivanti dal metabolismo ruminale e cellulare (Anger et al., 2024). Analogamente, la sintesi della proteina del latte dipende dalla disponibilità di amminoacidi metabolizzabili e dall'efficienza di utilizzazione dell'azoto assorbito (Bach et al., 2005).

L'altro indice utilizzato è FPCM ovvero latte corretto per contenuto di grassi e proteine, proposto dall'International Dairy Federation (IDF) come metodo standardizzato per confrontare produzioni caratterizzate da differente composizione.

$$FPCM = Latte * (0.337 + 0.116 * \%grasso + 0.060 * \%proteina)$$

L'FPCM presenta finalità analoghe all'ECM e viene frequentemente impiegata nelle analisi economiche, nelle valutazioni di sostenibilità e nei sistemi di pagamento del latte basati sui solidi. Le differenze tra ECM e FPCM sono generalmente contenute e dipendono principalmente dalla formulazione matematica utilizzata. Nei moderni studi nutrizionali, tuttavia, l'ECM risulta maggiormente diffuso grazie alla sua stretta correlazione con il contenuto energetico effettivo del latte (Uddin et al., 2021).

7.5 Efficienza di utilizzazione dell'azoto

L'efficienza di utilizzo dell'azoto (Nitrogen Use Efficiency, NUE) rappresenta uno dei principali indicatori della capacità della bovina da latte di convertire l'azoto alimentare in proteina del latte (NASEM, 2021). Una bassa efficienza dell'utilizzazione dell'azoto determina un aumento delle escrezioni azotate, principalmente attraverso urine e feci, con conseguente incremento delle emissioni di ammoniaca (NH_3), nitrati e protossido di azoto (N_2O), composti strettamente correlati ai fenomeni di acidificazione, eutrofizzazione e cambiamento climatico (Aguerre et al., 2011). La NUE dipende dalla quantità di proteina ingerita, e dalla sincronizzazione tra disponibilità di azoto degradabile e carboidrati fermentescibili nel rumine, dall'efficienza della sintesi microbica e dalla capacità della mammella di utilizzare gli amminoacidi metabolizzabili per la sintesi delle proteine del latte (Lapierre et al., 2006).

La formula più diffusa è la seguente, definita come il rapporto tra l'azoto esportato attraverso il latte e l'azoto ingerito con la dieta:

$$MNE = \frac{\text{Azoto escreto nel latte}}{\text{Azoto ingerito}}$$

L'azoto viene ottenuto dividendo la quantità di proteina per 6,38 nel caso delle proteine del latte e per 6,25 nel caso della proteina grezza della razione (NASEM, 2021).

L'indice viene spesso espresso in percentuale:

$$NUE\% = \frac{\text{Azoto escreto nel latte}}{\text{Azoto ingerito}} * 100$$

Secondo il NASEM (2021), le vacche da latte allevate in sistemi intensivi presentano valori di efficienza dell'utilizzazione dell'azoto generalmente compresi tra 25 e 35%, il che significa che circa due terzi dell'azoto ingerito non vengono convertiti in proteina del latte, ma escreti nell'ambiente. L'efficienza di utilizzazione dell'azoto è influenzata da numerosi fattori nutrizionali e fisiologici (Lapierre et al., 2006).

- Contenuto di proteina grezza della dieta;
- Rapporto tra proteina degradabile (RDP) e proteina indegradabile nel rumine (RUP);
- Disponibilità di carboidrati rapidamente fermentescibili;
- Sincronizzazione tra energia e azoto nel rumine;
- Livello produttivo;
- Stadio della lattazione;
- Ingestione di sostanza secca;
- Genetica dell'animale.

Huhtanen e Hristov (2009), analizzando numerosi studi sperimentali, hanno evidenziato che l'aumento indiscriminato del contenuto proteico della dieta oltre il fabbisogno non determina incrementi proporzionali della produzione di latte, mentre comporta un marcato incremento dell'escrezione urinaria di azoto. Analogamente, Powell et al. (2010) hanno dimostrato che una riduzione della proteina grezza della razione, accompagnata da un corretto bilanciamento aminoacidico, consente di diminuire significativamente le escrezioni azotate senza penalizzare la produzione.

Le bovine frisone ingeriscono generalmente una maggiore quantità di sostanza secca e quindi maggiore azoto. Tuttavia, la razza Jersey produce un latte caratterizzato da concentrazioni significativamente più elevate di proteina e caseina, determinando una quota maggiore di azoto esportato attraverso il latte per unità di sostanza secca ingerita (Roveglia, Niero, Penasa, et al., 2019). Il latte Jersey, rispetto al latte di Frisone, presenta concentrazioni maggiori di

grasso (+0,95%) e proteina (+0,56%), ragion per cui la MNE non differiva significativamente tra le due razze (Almeida et al., 2026). Risultati analoghi sono stati riportati da Prendiville et al. (2010), che hanno osservato come le Jersey presentassero una maggiore efficienza, soprattutto nei sistemi basati sul pascolamento.

Le escrezioni urinarie costituiscono la principale fonte di emissioni di ammoniaca e di formazione indiretta di protossido di azoto, gas serra con un potenziale di riscaldamento globale circa 273 volte superiore a quello dell'anidride carbonica su un orizzonte temporale di 100 anni (Chase & Fortina, 2023). Un incremento della NUE di appena 5 punti percentuali può determinare una riduzione delle escrezioni azotate superiore al 10%, senza effetti negativi sulla produzione di latte, purché la razione sia correttamente bilanciata (Lapierre et al., 2006; Powell et al., 2010). Con l'obiettivo di migliorare l'efficienza azotata, i moderni sistemi nutrizionali mirano a massimizzare la quota di azoto effettivamente convertita in proteina del latte attraverso il corretto bilanciamento degli amminoacidi metabolizzabili, della fermentescibilità della razione e della sintesi di proteina microbica (M. Van Amburgh et al., 2022; Lapierre et al., 2006; NASEM, 2021)

7.6 Efficienza economica della bovina da latte: indicatori economici nel confronto tra razze

In un sistema di produzione moderno, caratterizzato da elevati costi di produzione e crescente volatilità dei mercati, la sola massimizzazione della produzione di latte non costituisce più l'obiettivo principale. Al contrario, risulta fondamentale valutare la capacità degli animali di generare reddito attraverso un utilizzo efficiente degli input produttivi (Buza et al., 2014; Wu et al., 2019). L'alimentazione rappresenta infatti il principale costo variabile degli allevamenti, di conseguenza, piccoli miglioramenti nell'efficienza alimentare possono determinare importanti variazioni della redditività aziendale (Bach et al., 2005). Nel confronto tra razze con differenti caratteristiche fisiologiche e produttive, questo aspetto assume particolare importanza. Pertanto, la valutazione economica deve necessariamente integrare produzione, composizione del latte e costo della razione.

L'indicatore economico maggiormente utilizzato è l'Income Over Feed Cost (IOFC), definito come il margine economico ottenuto sottraendo al ricavo derivante dalla vendita del latte il costo dell'alimentazione.

$$IOFC = \text{Ricavo del latte} - \text{Costi alimentari}$$

L'IOFC non rappresenta quindi un indice di produttività, ma un indicatore di redditività marginale dell'animale (Hutjens, 2005; Wu et al., 2019).

In passato, la redditività della vacca da latte è stata valutata attraverso la produzione giornaliera di latte. Tuttavia, questo approccio presenta importanti limitazioni. Difatti, una bovina che produce più latte non necessariamente genera un maggiore margine economico, poiché la maggiore produzione è spesso associata a maggior consumo di alimento, maggior costo della razione e maggiori costi gestionali, nonché maggiori rischi di contrarre malattie metaboliche (Kleen et al., 2003). L'incremento della produzione individuale deve essere valutato considerando il rapporto tra aumento dei ricavi e incremento dei costi. In alcune condizioni produttive, una bovina con produzione inferiore e minori fabbisogni nutrizionali può generare un margine economico superiore (Bach et al., 2005).

Le differenze legate all'efficienza economica delle due razze sono correlate alle caratteristiche tipiche della razza, che influenzano direttamente il bilancio economico.

La Frisona presenta: maggiore peso vivo; maggiore ingestione di sostanza secca; maggiore produzione giornaliera di latte; maggiore fabbisogno energetico di mantenimento.

La Jersey presenta invece: minore peso corporeo; minore costo energetico di mantenimento; maggiore percentuale di grasso e proteina nel latte; ma minor produzione di latte.

Pertanto, valutare l'efficienza economica è fondamentale dove i sistemi di pagamento del latte premiano la produzione di materia utile, come in Europa e soprattutto nei sistemi orientati alla produzione di formaggi (Sturaro et al., 2013).

In conclusione, l'allevamento di vacche di razza frisona tende a massimizzare il ricavo lordo per capo grazie alla maggiore produzione quantitativa (Buza et al., 2014). Tuttavia, quando vengono considerati costo della razione, pagamenti in base alla qualità, fabbisogno energetico di mantenimento; la differenza economica può ridursi considerevolmente. Pertanto, la Jersey può risultare particolarmente competitiva nei sistemi di pagamento basati sulla produzione di materia utile; in areali con limitata disponibilità di alimento, e in sistemi orientati alla produzione casearia (Roveglia, Niero, Penasa, et al., 2019).

Se destinato alla trasformazione casearia, il valore economico del latte Jersey può risultare superiore grazie alla maggiore resa casearia associata all'elevato contenuto di caseina e grasso (Auldist et al., 2004)

7.7 Impatto ambientale della bovina da latte: Carbon Footprint, emissioni di gas serra e ruolo della razza

Negli ultimi anni la sostenibilità ambientale è diventata uno degli obiettivi prioritari dei sistemi zootecnici, spinta dalla crescente richiesta di ridurre l'impatto climatico della produzione alimentare, mantenendo contemporaneamente elevate produzioni. Nel settore zootecnico, il miglioramento dell'efficienza ambientale è strettamente correlato alla capacità dell'animale di trasformare gli input alimentari in prodotti di origine animale, riducendo le perdite di energia e nutrienti lungo il processo produttivo (Gerber et al., 2013).

La produzione di latte contribuisce all'impatto ambientale tramite diversi fattori, quali emissioni di gas ad effetto serra (greenhouse gases, GHG), impiego di risorse idriche, alimentari ed energetiche, escrezione di azoto e impiego del suolo agricolo (Huws et al., 2018). Considerando l'intera filiera produttiva, dalla produzione degli alimenti fino alla trasformazione e distribuzione del latte, le emissioni climalteranti rappresentano l'aspetto di maggiore interesse; e il settore contribuisce per circa il 4% delle emissioni antropogeniche globali di gas serra (Gerber et al., 2013).

L'indicatore più utilizzato per quantificare l'impatto climalterante della produzione di latte è la carbon footprint o impronta di carbonio, generalmente espressa come:

$$\frac{kg\ CO_2eq}{kg\ di\ latte}$$

Oppure, espressa sulla produzione di ECM, come di seguito:

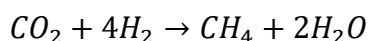
$$\frac{kg\ CO_2eq}{kg\ di\ ECM}$$

L'approccio basato sull'ECM tiene conto delle differenze nella composizione del latte, pertanto risulta più corretto se impiegato in studi di confronto tra razze con caratteristiche produttive differenti (International Dairy Federation, 2010). L'analisi del ciclo di vita (Life Cycle Assessment, LCA) rappresenta il metodo maggiormente utilizzato per stimare l'impatto ambientale della produzione di latte (Gislon et al., 2020). In base all'impostazione dell'analisi, lo studio può arrivare a considerare anche tutti i fattori coinvolti nella produzione quali ad esempio: la produzione degli alimenti zootecnici, i gas derivanti dalla fermentazione ruminale, gestione delle deiezioni, investimento energetico, trasporto e trasformazione (Mazzetto et al., 2022). Secondo Gerber et al. (2013), la fase di allevamento contribuisce ad oltre il 70%

dell'impronta climatica complessiva della produzione di latte, dove il metano enterico e la produzione degli alimenti costituiscono le principali fonti emmissive.

7.7.1 Metano enterico

Il metano è prodotto dalla fermentazione ruminale e dalla maturazione dei reflui, rappresenta la principale emissione diretta dei ruminanti (Dalla Riva et al., 2014). La sua produzione a livello ruminale deriva dall'attività dei batteri archea metanogeni, che al fine di rimuovere le molecole di idrogeno, tossiche per l'ambiente ruminale, inducono reazioni tra anidride carbonica e idrogeno (Boadi et al., 2004), secondo la seguente reazione:



La reazione richiede un investimento di energia, e la perdita può variare generalmente dal 2 al 12% dell'energia lorda ingerita, in funzione della composizione della dieta e del rapporto foraggi/concentrati (Aguerre et al., 2011). Vari studi suggeriscono che un maggior apporto di fibra tende ad aumentare la produzione di acido acetico e quindi la disponibilità di idrogeno per la metanogenesi (Chase & Fortina, 2023), mentre un aumento della quota di amido fermentescibile può ridurre proporzionalmente la produzione di metano favorendo la formazione di propionato (Hristov et al., 2013). Inoltre, basando il confronto tra Jersey e Frisone su ECM, l'impatto delle Jersey risulta essere inferiore del 20% (Capper & Cady, 2012). Analogamente, anche Riva et al., (2014) riportano che le emissioni degli allevamenti di Jersey hanno valori del 39% inferiori rispetto ad allevamenti di vacche Frisone. Nello stesso studio l'emissione di CO₂eq associata alla produzione di ECM è maggiore per le Frisone (0.96 kgCO₂eq/kgECM) rispetto alle Jersey (0.80 kgCO₂eq/kgECM). Le differenze di peso, produzione di latte, e produzione di materia utile tra Jersey e Frisone sono le principali caratteristiche che incidono sull'impronta di carbonio per unità di prodotto (Capper & Cady, 2012). Contrariamente agli studi appena citati, Islam et al. (2021) nel suo studio, mettono in evidenza come a parità di dieta somministrata, il microbiota di manzi jersey sia caratterizzato da una prevalenza di *Methanobrevibacter millerae*. Nel medesimo studio, a seguito di misurazioni di metano enterico tramite GreenFeed (C-Lock Inc., Rapid City, SD, United States), gli autori affermano che i manzi jersey hanno emesso maggiori quantità di CH₄ rispetto a manzi Frisoni (226.49g/g contro 165.46g/g).

Le vacche più produttive producono meno metano/kg latte

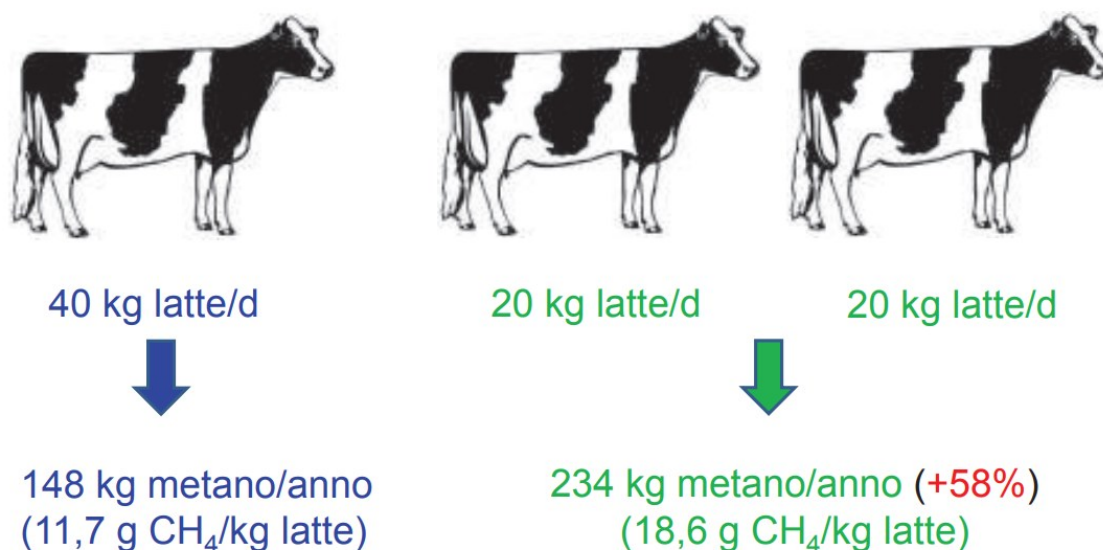


Figura 11. Produzione di metano di vacche da latte a diversi livelli produttivi, adattato da (Crovetto, 2019)

Come illustrato in figura 9, se rapportiamo la produzione di metano ai kg di latte prodotto, è chiaro che il metodo più immediato per ridurre le emissioni è allevare vacche più produttive (Crovetto, 2019).

7.7.2 Escrezioni azotate

L'altro fattore di inquinamento ambientale associato agli allevamenti è la dispersione di azoto. Negli Stati Uniti si stima che i reflui dei sistemi zootecnici contribuiscano per il 50% alle emissioni antropogeniche di NH₃ (NRC, 2001). Principalmente l'azoto viene escreto tramite le urine sotto forma di urea (Aguerre et al., 2011), pertanto, quando l'efficienza di utilizzazione dell'azoto è bassa, ne consegue una maggior eliminazione attraverso urine e feci, favorendo emissioni di NH₃, formazione indiretta di N₂O, ed eutrofizzazione delle acque superficiali e sotterranee (Sannes et al., 2002). L'entità delle escrezioni di azoto è strettamente collegata alla composizione della dieta (NASEM, 2021), e come trattato nel paragrafo 7.5 alla MNE e alla NUE (Castillo et al., 2000).

CONTRIBUTO SPERIMENTALE

INTRODUZIONE

Il settore lattiero-caseario negli ultimi anni è stato protagonista di numerosi cambiamenti indotti dall'evoluzione dei mercati, dalla maggior attenzione dei consumatori ai processi produttivi e dalla crescente necessità di ridurre gli impatti ambientali (Uddin et al., 2021). Per affrontare queste richieste, sia allevatori che personale tecnico devono giornalmente effettuare delle scelte che incidono direttamente sull'efficienza del settore, pur rispettando normative sempre più stringenti. L'efficienza degli animali può essere valutata analizzando più parametri del processo produttivo tramite degli indici, tutti necessari per fornire una valutazione completa degli aspetti biologici, economici e ambientali (Connor, 2015). Come riportato da numerosi studi (Capper et al., 2009; Capper & Cady, 2020; Chase & Fortina, 2023; Lyashenko et al., 2022) il miglioramento genetico, lo sviluppo di nuove tecnologie e l'implementazione di nuove conoscenze hanno indirettamente migliorato l'attuale efficienza del settore. Lo scopo di questo studio è quello di valutare l'efficienza della vacca da latte, evidenziando le differenze tra animali di razza Jersey e di razza Frisona a parità di condizioni di allevamento, nonché individuare le caratteristiche tipiche delle due razze che incidono sull'efficienza degli animali e dei sistemi di allevamento.

MATERIALI E METODI

Lo studio è stato condotto presso una stalla situata nel Parco Nazionale del Pollino che produce latte destinato alla trasformazione casearia. L'azienda ha sede in Morano Calabro (39.86216972037835, 16.05140123749496) nel cosentino, e l'allevamento conta 200 bovine in lattazione per una consistenza totale della mandria di oltre 400 capi. Sono presenti vacche di razza Frisona e Jersey, rispettivamente nel rapporto 85:15. Gli animali vivono a stabulazione libera su cuccetta in paglia e le due razze sono gestite e alimentate in differenti gruppi, i quali vengono munti tre volte al giorno secondo i seguenti orari 7:00, 15:00, 22:00. La prova è stata svolta durante il mese di luglio 2026 ed ha avuto una durata di 3 settimane, ciascuna caratterizzata da 4 giornate (lunedì, martedì, mercoledì e giovedì) di misurazioni.

All'inizio della prova sono state rilevate le caratteristiche strutturali e gestionali della stalla, e al fine di stimare il peso corporeo delle bovine, ad ognuna è stata misurata la circonferenza

toracica, e rilevato il Body Condition Score (BCS). Il peso degli animali è stato calcolato utilizzando la seguente formula tratta da (J. Heinrichs et al., 1992):

$$Peso (kg) = 65,36 - (1,966 * CFR) + (0,01959 * CFR^2) + (0,00001691 * CFR^3)$$

Dove: CFR rappresenta la circonferenza toracica dell'animale misurata caudalmente alla scapola.

La razione prevedeva l'utilizzo di insilato di mais e di frumento, fieno di erba medica e paglia prodotti in azienda; venivano acquistati farina di mais, farina di orzo, alimenti proteici, integratori e additivi. La razione era unica per tutti gli animali in lattazione e gli ingredienti erano inclusi nelle proporzioni riportate in tabella 3.

Tabella 3. Formula della dieta somministrata agli animali della prova.

Alimento	Inclusione (%SS)
Silomais	24,22
Farina di mais	23,37
Semi di cotone	10,12
Farina di soia	9,65
Fieno di medica	8,52
Frumento insilato	5,22
Paglia	5,12
Farina di orzo	5,11
Farina di semi di girasole	4,13
Integratore	2,72
Grasso frazionato	0,76
Saccarosio	0,56
Glicole propilenico	0,51

SS: sostanza secca.

La preparazione del piatto unico era effettuata tramite carro miscelatore Rotomix modello 6000 26mc (BRAVO s.r.l. Strada Canavere 11, 12038 Savigliano CN Italy) e la razione era distribuita due volte al giorno, alle 7:00 e alle 11:00. Ventiquattro ore dopo la somministrazione del primo scarico, l'avanzo presente in mangiatoia è stato pesato e per ogni gruppo alimentare è stata calcolata l'ingestione di sostanza secca sottraendo la quantità di unifeed avanzato da quella scaricata il giorno precedente. Per ogni scarico è stato prelevato un campione di unifeed sia dal gruppo delle bovine Jersey sia dal gruppo delle Frisone, per poi costruire un unico campione rappresentativo dei quattro giorni di ogni settimana. Con lo stesso criterio è stato campionato l'avanzo ogni giorno dopo 24 ore dal primo scarico. Tutti i campioni sono stati analizzati tramite spettroscopia NIRS per determinarne la composizione chimica. Tramite l'utilizzo del Penn State

Particle Separator (PSPS) come indicato da Kononoff et al. (2003), la razione somministrata ai rispettivi gruppi è stata analizzata per determinare le caratteristiche fisiche e calcolare la peNDF secondo le seguenti formule:

$$peNDF_{1,18 \%SS} = \left(\frac{peso > 1,18mm}{peso\ totale} \right) * NDF\%SS \quad e \quad peNDF_{8 \%SS} = \left(\frac{peso > 8mm}{peso\ totale} \right) * NDF\%SS$$

I setacciamenti sono stati eseguiti ad ogni scarico di unifeed (ore 7 e 11) per determinare le caratteristiche della razione appena scaricata; al fine di analizzare la selezione delle particelle, ulteriori setacciamenti sono stati effettuati dopo 12 ore dal primo scarico (ore 19) e dopo 24 ore sull'alimento residuo.

Per stabilire il costo della razione, agli alimenti acquistati è stato attribuito il prezzo di acquisto relativo al periodo della prova, per quelli autoprodotti invece è stato utilizzato il costo di produzione calcolato dall'azienda.

La produzione di latte di ogni gruppo è stata misurata giornalmente dalla vasca del latte contenente le tre mungiture giornaliere, analogamente, per ogni razza è stato prelevato un campione di latte di massa di cui sono stati analizzati grasso, proteine, caseine e lattosio espressi in gr/100gr. Le analisi del latte sono state effettuate presso I.Z.S. della Sicilia - Area Territoriale Ragusa (Piazzale Dott. Giovanni Nifosi s.n., S.P. 10 Km 1.3 97100 RAGUSA).

Tutti i dati misurati in campo e i risultati ottenuti dalle analisi di laboratorio sono stati riportati su un foglio Excel (Microsoft Corp., Redmond, WA) per calcolare caratteristiche della dieta, ingestione giornaliera e parametri produttivi. Al fine di quantificare i costi alimentari, è stata riportata anche la ricetta della razione con le quotazioni dei rispettivi ingredienti. Sono stati inoltre calcolati ulteriori parametri quali produzione di ECM, secondo la seguente formula:

$$ECM (kg) = latte(kg) * [0,327 + 0,1297 * grasso(\%) + 0,072 * proteine(\%)].$$

Efficienza alimentare (convenzionale ed ECM) come rapporto tra la produzione e l'ingestione di SS; Income Over Feed Cost (IOFC) come differenza tra i ricavi del latte e i costi alimentari e costo alimentare per kg di latte.

Le caratteristiche ambientali, gestionali, alimentari e produttive di ogni razza, sono state inserite nel software di razionamento dinamico per ruminanti NDS Professional (RUM&N Sas, Via Sant'Ambrogio 4/A, Reggio Emilia), basato sul modello di calcolo CNCPS versione 6.56 (Cornell University, Ithaca, New York-USA). La composizione della dieta è stata verificata sulla

base delle analisi effettuate, e l'ingestione di sostanza secca realmente misurata in azienda è stata inserita nel software. Giornalmente, per ogni razza, sono stati riportati sul foglio di lavoro Excel, gli output relativi alle stime dell'impatto ambientale forniti da NDS, ovvero emissioni di metano, di CO₂eq e il rapporto tra azoto produttivo e azoto totale.

I dati ottenuti nel corso della prova sperimentale sono stati organizzati ed elaborati mediante il software Excel. Le osservazioni sono state suddivise in funzione della razza, distinguendo le vacche di razza Frisone da quelle di razza Jersey. Per ciascuna delle variabili considerate sono stati calcolati i principali parametri di statistica descrittiva, espressi come media aritmetica e deviazione standard (DS). Il confronto tra i due gruppi è stato effettuato mediante il test t di Student per campioni appaiati. L'appaiamento è stato effettuato considerando le rilevazioni corrispondenti delle due razze, effettuate nelle medesime condizioni sperimentali e nei medesimi intervalli temporali della prova. Il test è stato impostato a una coda, in relazione all'ipotesi direzionale alla base del confronto tra i due gruppi. La significatività statistica delle differenze osservate è stata valutata attraverso il P-value, assumendo un livello di significatività pari a $\alpha = 0,05$. Sono state pertanto considerate statisticamente significative le differenze caratterizzate da $P < 0,05$.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Tutti gli animali coinvolti nello studio sono stati valutati per il BCS e misurati per la circonferenza toracica al fine di calcolare il peso corporeo. I risultati del calcolo del peso e i valori di BCS delle vacche sono riportati in Tabella 4. Le Frisone pesavano mediamente 789 kg mentre le Jersey 507 kg, e tra le due razze c'era una differenza di peso di 282 kg. Per quanto riguarda il BCS, le Frisone avevano circa 3, mentre le Jersey 3,15 probabilmente in correlazione ad uno stadio di lattazione più avanzato come riportato in Tabella 5.

Tabella 4. Caratteristiche corporee delle vacche Frisone e Jersey

	Frisone		Jersey	
	Media	SD	Media	SD
Peso corporeo, kg	789	111,9	507	48,9
BCS	3,02	0,531	3,15	0,546

BCS: Body Condition Score.

Tabella 5. Caratteristiche fisiologiche delle vacche Frisone e Jersey

	Frisone	Jersey	SEM	P-value
	Media	Media		
Giorni di lattazione	163	183	2,70	<0,001
Numero di lattazioni	2,35	2,5	0	<0,001

In Tabella 5 sono riportati i giorni medi di lattazione e il numero medio di lattazioni rilevati durante il periodo della prova per le rispettive razze. La mandria Jersey risulta essere più matura di 0.15 lattazioni per capo, e avere una lunghezza media di lattazione maggiore di 20 giorni rispetto alla mandria di Frisone.

Tabella 6. Composizione chimica dell'unifeed scaricato in mangiatoia.

Nutrienti	Composizione chimica della razione scaricata					
	Unifeed Frisone		Unifeed Jersey		SEM	P-value
	Media	SD	Media	SD		
Sostanza secca	56,4	0,444	56,4	0,235	0,164	0,394
aNDFom, %SS	30,2	2,41	28,9	0,881	3,35	0,245
ADF, %SS	20,2	1,63	19,3	0,629	2,30	0,249
uNDF240h, %SS	11,9	0,817	11,5	0,211	1,10	0,266
Proteine grezze %SS	15,4	1,49	15,9	1,20	2,08	0,360
Proteine solubili, %PG	37,4	1,63	36,7	0,850	2,28	0,281
Proteine indigeribili, %PG	5,50	0,265	5,30	0,265	0,231	0,280
NFC, %SS	42,8	0,567	43,5	0,498	0,789	0,126
Zuccheri, %SS	4,96	0,142	4,91	0,304	0,039	0,432
Amido, %SS	27,6	0,752	28,6	0,559	0,906	0,068
Grassi grezzi, %SS	4,12	0,231	4,27	0,092	0,276	0,233
Ceneri, %SS	7,33	0,351	7,40	0,200	0,041	0,264

SS: sostanza secca; aNDFom: fibra insolubile al detergente neutro trattata con amilasi e priva di ceneri; ADF: fibra insolubile al detergente acido; uNDF240h: fibra insolubile al detergente neutro indigerita dopo 240 ore di digestione ruminale; PG: proteine grezze; NFC: carboidrati non fibrosi.

In Tabella 6 è riportata la composizione chimica dei campioni di unifeed raccolti durante lo studio, rispettivamente dal gruppo delle Frisone e dal gruppo delle Jersey. Come previsto, essendo stata impiegata una formula unica per tutti i gruppi, i risultati delle analisi non riportano differenze significative tra i valori della razione somministrata alle Frisone e quella somministrata alle Jersey. Pertanto, le condizioni alimentari possono considerarsi uguali per le due razze. Unica eccezione è rappresentata dai livelli di amido che sono apparsi tendere verso un valore più elevato nel caso della razione somministrata alle bovine Jersey.

Tabella 7. Composizione chimica dell'avanzo residuo nel gruppo di vacche Frisone e di vacche Jersey.

Nutrienti	Composizione chimica dell'avanzo					
	Avanzo Frisone		Avanzo Jersey		SEM	P-value
	Media	SD	Media	SD		
Sostanza secca	57,8	1,89	59,2	0,282	1,92	0,146
aNDFom, %SS	36,8	1,85	35,5	2,19	0,749	0,313
ADF, %SS	25,1	1,62	23,7	1,45	0,495	0,246
uNDF240h, %SS	14,6	0,738	13,7	1,10	0,366	0,246
Proteine grezze %SS	13,4	0,584	13,8	1,24	0,707	0,343
Proteine solubili, %PG	41,2	0,666	40,0	1,86	0,800	0,163
Proteine indigeribili, %PG	5,60	0,361	5,73	0,208	0,510	0,317
NFC, %SS	39,2	1,10	40,0	0,852	1,19	0,248
Zuccheri, %SS	4,19	0,469	4,58	0,285	0,649	0,188
Amido, %SS	24,4	0,936	25,3	0,862	1,31	0,187
Grassi grezzi, %SS	4,16	0,478	4,09	0,110	0,651	0,404
Ceneri, %SS	6,53	0,153	6,63	0,306	0,134	0,365

SS: sostanza secca; aNDFom: fibra insolubile al detergente neutro trattata con amilasi e priva di ceneri; ADF: fibra insolubile al detergente acido; uNDF240h: fibra insolubile al detergente neutro indigerita dopo 240 ore di digestione ruminale; PG: proteine grezze; NFC: carboidrati non fibrosi.

La Tabella 7 riporta la composizione chimica dei campioni di avanzo prelevati dai due gruppi dopo 24 ore dal primo scarico. Analogamente alla composizione chimica dell'unifeed, i nutrienti dell'alimento residuo non mostrano differenze significative tra i due gruppi. Inoltre, la variazione di composizione rispetto alla razione scaricata è risultata limitata, ad indicare una attività di selezione relativamente ridotta da parte degli animali.

Tabella 8. Caratteristiche fisiche ottenute tramite l'utilizzo del PSPS su campioni di unifeed prelevato allo scarico (ore 7 e 11), dopo 12 ore dal primo scarico e sull'alimento residuo dopo 24 ore.

	Ora	Frisone	Jersey	P-value
		Media	Media	
19 mm, %	7	1,87	2,15	0,196
	11	2,69	2,37	0,413
	19	3,40	3,26	0,419
	24	14,7	12,1	0,378
19,0-8,0 mm, %	7	41,6	42,1	0,259
	11	41,3	41,0	0,228
	19	43,3	42,8	0,307
	24	51,8	54,3	0,385
8,0-1,18 mm, %	7	12,3	12,4	0,298
	11	11,1	10,9	0,222
	19	11,4	11,2	0,184
	24	12,0	11,8	0,253
<1,18 mm, %	7	44,3	43,3	0,138
	11	45,2	45,7	0,294
	19	41,9	42,7	0,302

peNDF _{1,18} , %aNDFom	24	21,8	21,8	0,309
	7	16,9	16,4	0,177
	11	16,6	15,7	0,008
	19	17,5	16,6	0,052
peNDF ₈ , %aNDFom	24	29,0	27,7	0,065
	7	13,1	12,8	0,219
	11	13,2	12,5	0,022
	19	14,1	13,3	0,104
X _{gm} mm	24	24,6	23,6	0,082
	7	3,27	3,37	0,140
	11	3,27	3,21	0,333
	19	3,59	3,51	0,357
S _{gm} mm	24	6,80	6,68	0,260
	7	3,53	3,49	0,169
	11	3,77	3,73	0,470
	19	3,70	3,71	0,228
	24	3,44	3,37	0,409

peNDF_{1,18}: NDF fisicamente efficace, aNDFom del campione moltiplicata per la quantità di sostanza secca >1,18 mm;
 peNDF₈: NDF fisicamente efficace, aNDFom del campione moltiplicata per la quantità di sostanza secca >8,0 mm; X_{gm}:
 media geometrica della lunghezza delle particelle; S_{gm}: deviazione standard geometrica

Analogamente alla composizione chimica, le caratteristiche fisiche della razione allo scarico (X_{gm} ed S_{gm}) non presentano differenze significative tra i gruppi alimentari. Tuttavia, nonostante l'omogeneità delle razioni somministrate ai due gruppi, le differenze dei livelli di peNDF_{1,18} e peNDF₈ tra le misurazioni delle ore 11 derivano dalle differenze numeriche del contenuto di aNDFom della dieta riscontrate nei due gruppi come riportato in Tabella 6. Le differenze degli stessi parametri rilevate alle ore 19 e sull'avanzo possono essere associate ad un diverso comportamento alimentare delle due razze e una selezione a favore delle particelle fini da parte delle vacche Jersey, in contrasto allo studio di Santana et al. (2025) che hanno rilevato un comportamento opposto tra le due razze.

Tabella 9. Ingestione, produzione ed efficienza alimentare delle vacche Frisone e Jersey.

	Frisone	Jersey	SEM	P-value
	Media	Media		
Ingestione SS, kg/giorno	26,9	20,7	0,493	<0,001
Produzione, kg/giorno	40,9	27,4	0,263	<0,001
Produzione ECM, kg/giorno	46,3	35,8	3,20	<0,001
Efficienza alimentare	1,52	1,32	0,025	<0,001
Efficienza alimentare ECM	1,72	1,73	0,105	0,351

SS: sostanza secca; ECM: energy corrected milk.

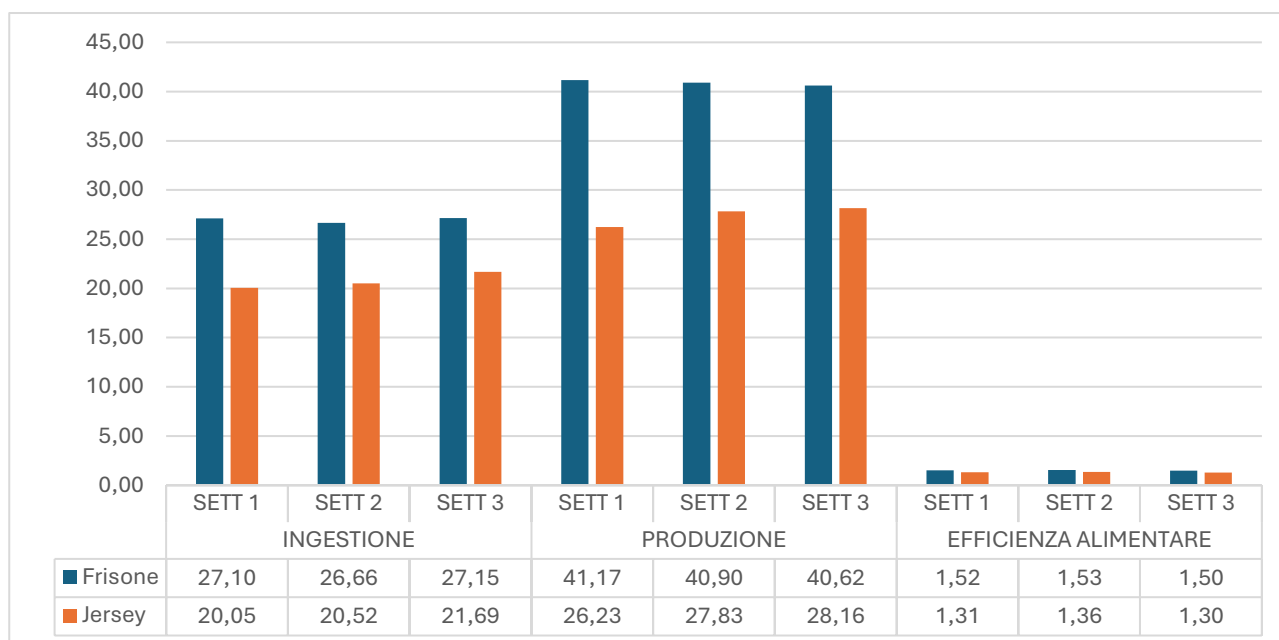


Figura 12. Parametri di ingestione, produzione ed efficienza alimentare rilevati durante le tre settimane della prova per le rispettive razze in esame.

In Tabella 9 e in Figura 12 sono riportati i valori di ingestione di SS e di produzione di latte rilevati durante la prova nei rispettivi gruppi. Al fine di confrontare in modo equo le due razze, come riportato in vari studi di confronto tra Frisone e Jersey (Olthof et al., 2023; Prendiville et al., 2011; Thorup et al., 2023), è stata calcolata la produzione di ECM e la rispettiva efficienza alimentare. Oltre i dati di ingestione e di produzione, in Tabella 9 sono riportati dunque, anche gli indici di efficienza alimentare. L'ingestione nettamente inferiore da parte delle vacche Jersey (-6.22kg) è sicuramente associata al loro minor peso corporeo (NASEM, 2021), e come riportato da Mehaba et al. (2025) anche i giorni di lattazione correlati negativamente con l'ingestione, essendo maggiori nelle vacche Jersey (183 contro 163) avrebbero potuto deprimere l'assunzione di alimento. Le maggiori quantità di alimento ingerito da parte delle Frisone soddisfano i fabbisogni necessari alla maggior produzione di latte rispetto alle Jersey (Hristov et al., 2004). Ma analizzando i dati relativi alla efficienza alimentare, la sola variabilità di ingestione non risulta sufficiente a giustificare le differenze di produzione di latte e di efficienza delle Frisone. Pertanto, la maggior produzione può essere ulteriormente associata ad una differente selezione genetica delle due razze (Miglior et al., 2017), e la maggior efficienza alimentare è sicuramente correlata anche ai giorni medi di lattazione inferiori (Hutjens, 2003). Analogamente Uddin et al. (2020) hanno osservato un'efficienza alimentare inferiore in vacche Jersey rispetto alle Frisone e sebbene la produzione di ECM fosse inferiore nelle bovine Jersey, l'efficienza alimentare ECM non risulta influenzata dalla razza. Al contrario, Olijhoek et al.

(2022) hanno riscontrato una maggiore FE_{ECM} in vacche Jersey rispetto alle Frisone somministrando diete aventi livelli di concentrati compresi tra il 49% e il 91% della sostanza secca.

Tabella 10. Caratteristiche qualitative del latte prodotto da vacche Frisone e vacche Jersey.

	Frisone	Jersey		
	Media	Media	SEM	P-value
Grasso, gr/100gr	4,36	5,51	0,488	<0,001
Proteine, gr/100gr	3,32	3,69	0,128	<0,001
Lattosio, gr/100gr	4,68	4,63	0,053	0,411
Caseine, gr/100gr	2,59	2,87	0,090	<0,001
Grasso, kg/giorno	1,78	1,51	0,213	<0,001
Proteine, kg/giorno	1,36	1,01	0,059	<0,001
Lattosio, kg/giorno	1,91	1,27	0,033	<0,001
Caseine, kg/giorno	1,06	0,79	0,042	<0,001

In Tabella 10 sono riportate le caratteristiche qualitative del latte prodotto dalle due razze. Le concentrazioni di grasso, proteine e caseine nel latte prodotto da vacche Jersey erano maggiori rispetto al latte prodotto da Frisone, probabilmente perché questi componenti risultavano più concentrati a causa del minor volume di latte prodotto. Tuttavia, è stato dimostrato che la proporzione di acidi grassi a catena inferiore a 16 atomi di carbonio (<16-C) nel latte delle vacche Jersey è maggiore rispetto a quella riscontrata nelle vacche Frisone (Auldist et al., 2004; Sears et al., 2020), contribuendo potenzialmente a spiegare la maggiore concentrazione di grasso nel latte tipica della razza Jersey. Gli acidi grassi a corta e media catena derivano prevalentemente dalla sintesi de novo a livello della ghiandola mammaria, processo che utilizza principalmente substrati di origine ruminale, quali acetato e butirrato. In questo contesto, è rilevante considerare che sia la digeribilità della fibra (Aikman et al., 2008; Beecher et al., 2014) sia la proporzione molare di acetato nel rumine (Olijhoek et al., 2022), prodotto principalmente dalla fermentazione operata dai batteri cellulosolitici, sono risultate maggiori nelle vacche Jersey rispetto alle Frisone. Il lattosio è responsabile dell'equilibrio osmotico tra il sangue e il lume alveolare della ghiandola mammaria (Costa et al., 2019), pertanto la sua concentrazione nel latte non è soggetta a sostanziali variazioni. Le produzioni totali di grasso, proteine, lattosio e caseine nel latte sono risultate inferiori nelle bovine di razza Jersey rispetto alle Frisone, in linea con la minore ingestione di sostanza secca e produzione di latte osservate. Si potrebbe ipotizzare che le differenze nelle rese dei componenti del latte siano riconducibili a un metabolismo dei nutrienti a livello della ghiandola mammaria specifico per la razza.

Tuttavia, non siamo a conoscenza di studi che abbiano indagato tale ipotesi, né sotto il profilo meccanicistico né attraverso la nutrigenomica. In ogni caso, Alstrup et al. (2015) non hanno riscontrato alcun effetto della razza sull'efficienza di estrazione mammaria di glucosio, NEFA, BHB, lattato, trigliceridi, urea e colesterolo, durante le fasi iniziale, intermedia e finale della lattazione.

Tabella 11. Efficienza economica di vacche Frisone e vacche Jersey.

	Frisone	Jersey		
	Media	Media	SEM	P-value
IOFC, €/giorno	16,8	10,3	0,257	<0,001
Costo per kg di latte, €	0,235	0,270	0,004	<0,001

IOFC: income over feed cost.

La Tabella 11 riporta i ricavi al netto dei costi alimentari (IOFC) calcolati per ogni razza tenendo conto che il costo alimentare era di 0,357€/kg di SS e il prezzo di vendita del latte era di 0.668€/kg. Le condizioni di vendita del latte, per la realtà aziendale esaminata prevedono un sistema di pagamento che non differenzia la qualità del latte prodotto dalle diverse razze. Infatti, in condizioni normali il latte delle due razze non viene differenziato e confluisce in un'unica vasca refrigerante per poi essere venduto. Considerando la disparità produttiva, malgrado la minor ingestione, le Jersey risultano penalizzate dal sistema di pagamento che non considera le differenze qualitative del latte prodotto. Pertanto, l'allevamento di vacche Frisone, al netto delle spese alimentari, risulta più redditizio di 6,52€ per capo al giorno; mentre la maggior efficienza alimentare riscontrata nel gruppo delle Frisone è la determinante diretta del minor costo di produzione di un chilo di latte. Analizzando differenti situazioni dove la remunerazione del latte considera i tenori di grasso, proteine e caseine, l'allevamento delle due razze non presenta differenze significative per i parametri di efficienza economica (Anderson et al., 2007), e contrariamente a quanto osservato nel presente studio, Kasbergen (2013) in differenti condizioni di mercato, mette in evidenza il maggior ricavo ottenuto allevando Jersey rispetto a vacche Frisone.

Tabella 12. Stime di impatto ambientale derivanti da simulazioni su NDS Professional di vacche Frisone e Jersey

	Frisone	Jersey		
	Media	Media	SEM	p value
N produttivo, %N ingerito	34,3	32,5	2,33	0,097
CH ₄ , gr/giorno	635	496	11,5	<0,001
CO ₂ eq, kg/giorno	19,9	15,6	0,317	<0,001
CH ₄ , gr/kg latte	15,5	18,1	0,260	<0,001
CO ₂ eq, kg/kg latte	0,49	0,57	0,008	<0,001
CH ₄ , gr/kg ECM	13,8	13,8	0,795	0,327
CO ₂ eq, kg/kg ECM	0,43	0,44	0,027	0,267

N: azoto; CH₄: metano; CO₂eq: anidride carbonica equivalenti; ECM: energy corrected milk

A seguito dell'inserimento dei dati fisiologici e produttivi degli animali, della dieta e delle caratteristiche ambientali nel modello dinamico (NDS Professional), sono state calcolate le stime dell'impatto ambientale relative alle due razze. In Tabella 12 sono riportate le medie dei valori stimati durante i 12 giorni della prova. In linea con altri studi (Capper & Cady, 2012; Dalla Riva et al., 2014), come effetto di una maggiore mole ed ingestione, le bovine di razza Frisone hanno prodotto il 27% in più di CH₄ (634,97 contro 496,38 gr/giorno) e di CO₂eq (19,88 contro 15,61) rispetto alle Jersey, ma analogamente a quanto riportato da Crovetto (2019) l'emissione di metano per kg di latte prodotto risulta inferiore del 17% (15,53 contro 18,12 g/kg di latte). Olijhoek et al. (2022) nel loro studio hanno rilevato una resa di CH₄ (g/kg di DMI) maggiore in vacche Jersey rispetto alle Frisone. Pertanto, se rapportate alla produzione di ECM, le emissioni di gas serra degli animali (CH₄ enterico e CO₂eq) risultano simili per entrambe le razze. Tuttavia, Islam et al. (2021) evidenziano una prevalenza di *Methanobrevibacter millerae* nel microbiota ruminale di animali Jersey, correlata alla produzione di metano (Dalla Riva et al., 2014), e infatti, nel loro studio misurano maggiori emissioni di CH₄ da parte di animali Jersey.

CONCLUSIONI

A termine della prova svolta per valutare e confrontare l'efficienza di vacche Frisone e Jersey allevate a parità di condizioni ambientali, alimentari e gestionali si può affermare quanto segue:

- producendo maggiori quantità di latte, seppur a fronte di elevate ingestioni, le Frisone mostrano una maggiore efficienza alimentare.
- considerando la qualità del latte e basando l'efficienza alimentare sulla produzione di ECM le due razze non mostrano differenze.

- dipendentemente dal sistema di pagamento del latte, le due razze possono avere effetti differenti sull'economia aziendale. In base ai risultati ottenuti nello studio e al sistema di pagamento adottato, produrre latte con vacche di razza Frisona risulta più vantaggioso per la realtà aziendale considerata.

Tuttavia, bisogna considerare che la prova è stata svolta in una singola azienda, e la popolazione Jersey era particolarmente ridotta, per cui la razione era formulata in funzione dei fabbisogni alimentari delle vacche frisone. Inoltre, la remunerazione del latte non valorizzava la differenza di componenti riscontrati nel latte di vacche Jersey.

Pertanto, si potrebbe approfondire la tematica svolgendo ulteriori studi in altre aziende e località, considerando differenti sistemi di allevamento e di remunerazione del latte. Da includere sarebbero anche indicatori dello stato di salute e di fertilità su un periodo di studio più prolungato. Sarebbe inoltre interessante valutare le differenze tecnologiche del latte prodotto dalle due razze, quando sottoposto a trasformazione casearia.

BIBLIOGRAFIA

AGEA. (2026). AGEA. <https://www.sian.it/portale-opagea/home.jsp>

Aguerre, M. J., Wattiaux, M. A., Powell, J. M., Broderick, G. A., & Arndt, C. (2011). Effect of forage-to-concentrate ratio in dairy cow diets on emission of methane, carbon dioxide, and ammonia, lactation performance, and manure excretion. *Journal of Dairy Science*, 94(6), 3081–3093. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-4011>

Ahlman, T., Berglund, B., Rydhmer, L., & Strandberg, E. (2011). Culling reasons in organic and conventional dairy herds and genotype by environment interaction for longevity. *Journal of Dairy Science*, 94(3), 1568–1575. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3483>

Aikman, P. C., Reynolds, C. K., & Beever, D. E. (2008). Diet digestibility, rate of passage, and eating and rumination behavior of Jersey and Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 91(3), 1103–1114. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0724>

Allen, M. S. (1997). Relationship between Fermentation Acid Production in the Rumen and the Requirement for Physically Effective Fiber. *Journal of Dairy Science*, 80(7), 1447–1462. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76074-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76074-0)

Allison, C. D. (1985). Factors Affecting Forage Intake by Range Ruminants: A Review. *Journal of Range Management*, 38(4), 305. <https://doi.org/10.2307/3899409>

Almeida, Sacramento, Reyes, Oliveira, Martineau, & Brito. (2026). A meta-analysis and meta-regression to compare the production performance , feed efficiency , and milk N efficiency in Jersey versus Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 109(7), 6891–6914. <https://doi.org/10.3168/jds.2025-26913>

Alstrup, L., Nielsen, M. O., Lund, P., Sehested, J., Larsen, M. K., & Weisbjerg, M. R. (2015). Milk yield, feed efficiency and metabolic profiles in Jersey and Holstein cows assigned to different fat supplementation strategies. *Livestock Science*, 178, 165–176. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.06.026>

Amburgh, M. Van, Higgs, R., Lapierre, A., Foskolos, A., Collao-saenz, E., Chase, L., Recktenwald, E., Raffrenato, E., Fessenden, S., Ross, D., Dineen, M., Ortega, A., Ouellet, D., & Grant, R. (2022). *CNCPS v7: What Nutritionists Need to Know*. 1–29.

ANAFIBJ. (n.d.). *ANAFIBJ*.

Anderson, T., Shaver, R., Bosma, P., & Boer, V. De. (2007). C Lactating S : Performance of Jersey and Jersey- Holstein Crossbred Versus Holstein Cows in a Wisconsin Confinement Dairy Herd. *The Professional Animal Scientist*, 23(5), 541–545. [https://doi.org/10.1532/S1080-7446\(15\)31017-2](https://doi.org/10.1532/S1080-7446(15)31017-2)

Anger, J. C., Loncke, C., Omphalius, C., & Boutinaud, M. (2024). Synthesis of milk components involves different mammary metabolism adaptations in response to net energy and protein supplies in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 107(5), 2883–2899. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-23826>

Auldist, M. J., Johnston, K. A., White, N. J., Fitzsimons, W. P., & Boland, M. J. (2004). A comparison of the composition, coagulation characteristics and cheesemaking capacity of milk from Friesian and Jersey dairy cows. *Journal of Dairy Research*, 71, 51–57.

Bach, A., Calsamiglia, S., & Stern, M. D. (2005). Nitrogen metabolism in the rumen. *Journal of Dairy Science*, 88(S), E9–E21. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)73133-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)73133-7)

Baldwin, R. L., & Connor, E. E. (2017). Rumen Function and Development. *Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice*, 33(3), 427–439. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2017.06.001>

Barros, T., Quaassdorff, M. A., Aguerre, M. J., Colmenero, J. J. O., Bertics, S. J., & Crump, P. M. (2017). Effects of dietary crude protein concentration on late-lactation dairy cow performance and indicators of nitrogen utilization. *Journal of Dairy Science*, 100(7), 5434–5448. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11917>

Bauman, D. E., & Currie, B. (1980). Partitioning of Nutrients During Pregnancy and Lactation : A Review of Mechanisms Involving Homeostasis and Homeorhesis. *Journal of Dairy Science*, 63, 1514–1529. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(80\)83111-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(80)83111-0)

Beauchemin, K. A. (1991). Effects of Dietary Neutral Detergent Fiber Concentration and Alfalfa Hay Quality on Chewing, Rumen Function, and Milk Production of Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 74(9), 3140–3151. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78499-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78499-3)

Beckett, L., Gleason, C. B., Bedford, A., Liebe, D., Yohe, T. T., Hall, M. B., Daniels, K. M., & White, R. R. (2021). Rumen volatile fatty acid molar proportions, rumen epithelial gene

expression, and blood metabolite concentration responses to ruminally degradable starch and fiber supplies. *Journal of Dairy Science*, 104(8), 8857–8869. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19622>

Beecher, M., Buckley, F., Waters, S. M., Boland, T. M., & Deighton, M. H. (2014). Gastrointestinal tract size, total-tract digestibility, and rumen microflora in different dairy cow genotypes. *Journal of Dairy Science*, 97(2013), 3906–3917. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7708>

Berry, D. P., Wall, E., & Pryce, J. E. (2014). Genetics and genomics of reproductive performance in dairy and beef cattle. *Animal, The International Journal of Animal Biosciences*, 8, 105–121. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000743>

Boadi, D., Benchaar, C., Chiquette, J., & Massé, D. (2004). Mitigation strategies to reduce enteric methane emissions from dairy cows: Update review. *Canadian Journal of Animal Science*, 84(3), 319–335. <https://doi.org/10.4141/A03-109>

Bojnec, S., & Ferto, I. (2014). Export competitiveness of dairy products on global markets: The case of the European Union countries. *Journal of Dairy Science*, 97(10), 6151–6163. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7711>

Bradford, B. J., & Mullins, C. R. (2012). Invited review: Strategies for promoting productivity and health of dairy cattle by feeding nonforage fiber sources. *Journal of Dairy Science*, 95(9), 4735–4746. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5393>

Buza, M. H., Holden, L. A., White, R. A., & Ishler, V. A. (2014). Evaluating the effect of ration composition on income over feed cost and milk yield. *Journal of Dairy Science*, 97(5), 3073–3080. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7622>

Capper, J. L., & Cady, R. A. (2012). A comparison of the environmental impact of Jersey compared with Holstein milk for cheese production. *Journal of Dairy Science*, 95(1), 165–176. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4360>

Capper, J. L., & Cady, R. A. (2020). The effects of improved performance in the U.S. dairy cattle industry on environmental impacts between 2007 and 2017. *Journal of Animal Science*, 98(1), 1–14. <https://doi.org/10.1093/jas/skz291>

Capper, J. L., Cady, R. A., & Bauman, D. E. (2009). The environmental impact of dairy

production : 1944 compared The environmental impact of dairy production : 1944 compared with 2007. *Journal of Animal Science*, 87, 2160–2167. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-1781>

Carter, R. R., & Grovum, W. L. (1990). A review of the physiological significance of hypertonic body fluids on feed intake and ruminal function: salivation, motility and microbes. *Journal of Animal Science*, 68(9), 2811–2832. <https://doi.org/10.2527/1990.6892811x>

Cassandro, M. (2003). Status of milk production and market in Italy. *Agriculturae Conspectus Scientificus (ACS)*, 68(2), 65–69.

Cassandro, M. (2020). Animal breeding and climate change, mitigation and adaptation. *Animal Breeding and Genetics*, 137, 121–122. <https://doi.org/10.1111/jbg.12469>

Cassandro, M., Comin, A., Ojala, M., Dal Zotto, R., De Marchi, M., Gallo, L., Carnier, P., & Bittante, G. (2008). Genetic parameters of milk coagulation properties and their relationships with milk yield and quality traits in Italian Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 91(1), 371–376. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0308>

Castillo, A. R., Kebreab, E., Beever, D. E., & France, J. (2000). A review of efficiency of nitrogen utilisation in lactating dairy cows and its relationship with environmental pollution. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 9(2300), 1–32.

Cecava, M. J. (1995). Rumen Physiology and Energy Requirements. In *Beef Cattle Feeding and Nutrition* (pp. 3–24).

Chalupa, W., & Sniffen, C. J. (1991). Protein and amino acid nutrition of lactating dairy cattle. *The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*, 7(2), 353–372. [https://doi.org/10.1016/S0749-0720\(15\)30798-2](https://doi.org/10.1016/S0749-0720(15)30798-2)

Chase, L. E., & Fortina, R. (2023). Environmental and Economic Responses to Precision Feed Management in Dairy Cattle Diets. *Agriculture (Switzerland)*, 13(5), 1–23. <https://doi.org/10.3390/agriculture13051032>

Chikhi, L., Goossens, B., Treanor, A., & Bruford, M. W. (2004). Population genetic structure of and inbreeding in an insular cattle breed , the Jersey , and its implications for genetic resource management. *Nature*, 396–401. <https://doi.org/10.1038/sj.hdy.6800433>

- CLAL. (2026). *Mappa delle produzioni/consegne di latte*.
https://www.clal.it/?section=world_map_consegne_latte
- Clark, J. H., Klusmeyer, T. H., & Cameron, M. R. (1992). Microbial Protein Synthesis and Flows of Nitrogen Fractions to the Duodenum of Dairy Cows¹. *Journal of Dairy Science*, 75(8), 2304–2323. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)77992-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)77992-2)
- Coffey, Horan, Evans, & Berry. (2016). Milk production and fertility performance of Holstein , Friesian , and Jersey purebred cows and their respective crosses in seasonal-calving commercial farms. *Journal of Dairy Research*, 99, 5681–5689. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10530>
- Connor, E. E. (2015). Invited review : Improving feed ef fi ciency in dairy production : challenges and possibilities *. *Animal, The International Journal of Animal Biosciences*, 9(3), 395–408. <https://doi.org/10.1017/S1751731114002997>
- Costa, A., Sneddon, N. W., Shalloo, L., Franzoi, M., Marchi, M. De, & Penasa, M. (2019). Invited review : Milk lactose — Current status and future challenges in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 102(7), 5883–5898. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15955>
- Crovetto, G. M. (2019). Allevamento dei bovini da latte e cambiamenti climatici. *Cambiamenti Climatici in Agricoltura – Il Progetto CAMBIAGRI*.
- Dado, R. G., & Allen, M. S. (1996). Enhanced Intake Production of Cows Offered Ensiled Alfalfa with Higher Neutral Detergent Fiber Digestibility. *Journal of Dairy Science*, 79(3), 418–428. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(96\)76381-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(96)76381-6)
- Dalla Riva, A., Kristensen, T., Marchi, M. De, Kargo, M., Jensen, J., & Cassandro, M. (2014). Carbon footprint from dairy farming system : comparison between Holstein and Jersey cattle in Italian circumstances. *Acta Agraria Kaposváriensis*, 18, 75–80.
- Davis, C. G., Yen, S. T., Dong, D., & Blayney, D. P. (2011). Assessing economic and demographic factors that influence United States dairy demand. *Journal of Dairy Science*, 94(7), 3715–3723. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-4062>
- De Marchi, M., Bittante, G., Dal Zotto, R., Dalvit, C., & Cassandro, M. (2008). Effect of Holstein Friesian and Brown Swiss breeds on quality of milk and cheese. *Journal of Dairy Science*, 91(10), 4092–4102. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0788>

- Dijkstra, J., Ellis, J. L., Kebreab, E., Strathe, A. B., López, S., France, J., & Bannink, A. (2012). Ruminant pH regulation and nutritional consequences of low pH. *Animal Feed Science and Technology*, 172(1–2), 22–33. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.12.005>
- Drackley, J. K. (1999). ADSA foundation scholar award: Biology of dairy cows during the transition period: The final frontier? *Journal of Dairy Science*, 82(11), 2259–2273. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(99\)75474-3](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(99)75474-3)
- Esmaili, M., Khorvash, M., Ghorbani, G. R., Nasrollahi, S. M., & Saebi, M. (2016). Variation of TMR particle size and physical characteristics in commercial Iranian Holstein dairies and effects on eating behaviour, chewing activity, and milk production. *Livestock Science*, 191, 22–28. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.07.003>
- Fabris, A., Tiezzi Mazzoni Della Stella Maestri, F., Finocchiaro, R., Marusi, M., & Cassandro, M. (2025). Genetic evaluation of longevity in Italian Jersey. *Italian Journal of Animal Science*, 24(1), 68–77. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2024.2440124>
- FAO. (2015). *The Second Report on the State of the World's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture*.
- Faye, B., & Konuspayeva, G. (2012). The sustainability challenge to the dairy sector - The growing importance of non-cattle milk production worldwide. *International Dairy Journal*, 24(2), 50–56. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2011.12.011>
- Food and Agriculture Organization. (2024). Agricultural production statistics 2010-2023. *FAOSTAT Analytical Briefs*, No. 96. Rome, 1–17. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cd3755en%0Ahttp://www.fao.org/documents/card/en/c/cc3751en>
- Fox, D. G., Tedeschi, L. O., Tylutki, T. P., Russell, J. B., Van Amburgh, M. E., Chase, L. E., Pell, A. N., & Overton, T. R. (2004). The Cornell Net Carbohydrate and Protein System model for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. *Animal Feed Science and Technology*, 112(1–4), 29–78. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2003.10.006>
- Gerber, P. J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A., & Tempio, G. (2013). *Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities*. (R. Food and Agriculture Organization of the

United Nations (FAO) (ed.)).

Gerosa, S., & Skoet, J. (2012). Milk availability Trends in production and demand and medium-term outlook. In *ESA Working paper* (Vol. 12, Issue 01). <https://doi.org/10.1007/BF02026416>

Gislon, G., Ferrero, F., Bava, L., Borreani, G., Prà, A. D., Pacchioli, M. T., Sandrucci, A., Zucali, M., & Tabacco, E. (2020). Forage systems and sustainability of milk production: Feed efficiency, environmental impacts and soil carbon stocks. *Journal of Cleaner Production*, 260. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121012>

Goni, Muller, Dube, & Dzama. (2015). Milk production of Jersey and Fleckvieh × Jersey cows in a pasture-based feeding system. *Trop Anim Health Prod*, 47, 139–144. <https://doi.org/10.1007/s11250-014-0698-y>

Gowen, J. W. (1933). *ON THE GENETIC CONSTITUTION OF JERSEY CATTLE, AS INFLUENCED BY INHERITANCE AND ENVIRONMENT*.

Hayes, B. J., Bowman, P. J., Chamberlain, A. J., & Goddard, M. E. (2009). Invited review : Genomic selection in dairy cattle : Progress and challenges. *Journal of Dairy Science*, 92(2), 433–443. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1646>

Heinrichs, A. J., Rogers, G. W., & Cooper, J. B. (1992). Predicting Body Weight and Wither Height in Holstein Heifers Using Body Measurements. *Journal of Dairy Science*, 75(12), 3576–3581. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)78134-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)78134-X)

Heinrichs, J. (2013). The Penn State Particle Separator. *Penn State Extension, University Park, PA*. DSE, 186, 1–8. https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4383961/mod_resource/content/0/penn-state-particle-separator.pdf

Hemme, T., Uddin, M. M., & Ndambi, O. A. (2014). Benchmarking Cost of Milk Production in 46 Countries. *Journal of Reviews on Global Economics*, 3, 254–270. <https://doi.org/10.6000/1929-7092.2014.03.20>

Hristov, A. N., Ott, T., Tricarico, J., Rotz, A., Waghorn, G., Adesogan, A., Dijkstra, J., Montes, F., Oh, J., Kebreab, E., Oosting, S., Gerber, P. J., Henderson, B., Makkar, H. P. S., & Firkins, J. L. (2013). SPECIAL TOPICS — Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from

animal operations : III . A review of animal management mitigation options 1. *Journal of Animal Science*, 91, 5095–5113. <https://doi.org/10.2527/jas2013-6585>

Hristov, A. N., Price, W. J., & Shafii, B. (2004). A meta-analysis examining the relationship among dietary factors, dry matter intake, and milk and milk protein yield in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 87(7), 2184–2196. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)70039-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)70039-9)

Huhtanen, P., & Hristov, A. N. (2009). A meta-analysis of the effects of dietary protein concentration and degradability on milk protein yield and milk n efficiency in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 92(7), 3222–3232. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1352>

Huson, H. J., Sonstegard, T. S., Godfrey, J., Hambrook, D., Wolfe, C., Wiggans, G., Blackburn, H., Vantassell, C. P., & Pryce, J. E. (2020). A Genetic Investigation of Island Jersey Cattle , the Foundation of the Jersey Breed : Comparing Population Structure and Selection to Guernsey , Holstein , and United States Jersey Cattle. *Froniers in Genetics*, 11(April). <https://doi.org/10.3389/fgene.2020.00366>

Hutjens, M. F. (1996). Practical approaches to feeding the high producing cow. *Animal Feed Science and Technology*, 59(1-3 SPEC. ISS.), 199–206. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(95\)00900-0](https://doi.org/10.1016/0377-8401(95)00900-0)

Hutjens, M. F. (2003). Feed Efficiency-Impact on Economics. *Minnesota Dairy Health Conference*, 119–135. <https://conservancy.umn.edu/bitstream/handle/11299/108997/Seglar.pdf>

Hutjens, M. F. (2005). Dairy Efficiency and Dry Matter Intake. *7th Western Dairy Management Conference*, 71–76.

Huws, S. A., Creevey, C. J., Oyama, L. B., Mizrahi, I., Denman, S. E., Popova, M., Muñoz-Tamayo, R., Forano, E., Waters, S. M., Hess, M., Tapio, I., Smidt, H., Krizsan, S. J., Yáñez-Ruiz, D. R., Belanche, A., Guan, L., Gruninger, R. J., McAllister, T. A., Newbold, C. J., ... Morgavi, D. P. (2018). Addressing global ruminant agricultural challenges through understanding the rumen microbiome: Past, present, and future. *Frontiers in Microbiology*, 9(SEP), 1–33. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02161>

International Dairy Federation. (2010). *A common carbon footprint approach for dairy The IDF*

guide to standard lifecycle assessment methodology for the dairy sector (Vol. 445).

- Islam, M., Kim, S. H., Ramos, S. C., Mamuad, L. L., Son, A. R., Yu, Z., Lee, S. S., Cho, Y. Il, & Lee, S. S. (2021). Holstein and Jersey Steers Differ in Rumen Microbiota and Enteric Methane Emissions Even Fed the Same Total Mixed Ration. *Frontiers in Microbiology*, 12(March), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.601061>
- Jonker, J. S., Kohn, R. A., & High, J. (2002). Dairy Herd Management Practices that Impact Nitrogen Utilization Efficiency 1. *Journal of Dairy Science*, 85(5), 1218–1226. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74185-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74185-4)
- Kasbergen, C. (2013). *Comparison of Profitability Jerseys vs. Holsteins, Including Benchmarks Comparisons for Production, Reproduction, Health and Costs of Production*.
- Khanal, A. R., Gillespie, J., & MacDonald, J. (2010). Adoption of technology, management practices, and production systems in US milk production. *Journal of Dairy Science*, 93(12), 6012–6022. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3425>
- Kleen, J. L., Hooijer, G. A., Rehage, J., & Noordhuizen, J. P. T. M. (2003). Subacute ruminal acidosis (SARA): A review. *Journal of Veterinary Medicine Series A: Physiology Pathology Clinical Medicine*, 50(8), 406–414. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0442.2003.00569.x>
- Knips, V. (2005). *Developing Countries and the Global Dairy Sector Part I Global Overview Vivien Knips* (Issue 30).
- Kononoff, P. J., & Heinrichs, A. J. (2003). The effect of reducing alfalfa haylage particle size on cows in early lactation. *Journal of Dairy Science*, 86(4), 1445–1457. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73728-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73728-X)
- Kononoff, P. J., Heinrichs, A. J., & Buckmaster, D. R. (2003). Modification of the Penn State Forage and total mixed ration particle separator and the effects of moisture content on its measurements. *Journal of Dairy Science*, 86(5), 1858–1863. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73773-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73773-4)
- Krause, K. M., & Oetzel, G. R. (2006). Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 126(3–4), 215–236. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.08.004>

- Lapierre, H., Pacheco, D., Berthiaume, R., Ouellet, D. R., & Schwab, C. G. (2006). What is the True Supply of Amino Acids for a Dairy Cow? *Journal of Dairy Science*, 89(July 2004), E1–E14. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72359-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72359-1)
- Law, R. A., Young, F. J., Patterson, D. C., Kilpatrick, D. J., Wylie, A. R. G., & Mayne, C. S. (2009). Effect of dietary protein content on animal production and blood metabolites of dairy cows during lactation. *Journal of Dairy Science*, 92(3), 1001–1012. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1155>
- Leblanc, S. (2010). Monitoring metabolic health of dairy cattle in the transition period introduction—metabolic challenges in peripartum dairy cows and their associations with reproduction. *Journal of Reproduction and DevelopmentJ. Reprod. Dev*, 56(56), 29–35.
- Li, C., Liu, G., Yang, Y., Shi, Z., Shao, Q., Fang, Z., Song, Y., Gao, W., Lei, L., Du, X., & Li, X. (2026). Altered rumen bacterial flora is associated with increased lipogenesis of adipose tissue in obese dairy cows before calving. *Microbiome*, 14(1). <https://doi.org/10.1186/s40168-026-02343-7>
- Lyashenko, V. V., Kaeshova, I. V., Gubina, A. V., & Chupsheva, N. Y. (2022). Intensive milk production technologies on a modern complex. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 953(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/953/1/012001>
- Martinez, C. M., Chung, Y. H., Ishler, V. A., Bailey, K. W., & Varga, G. A. (2009). Effects of dietary forage level and monensin on lactation performance, digestibility and fecal excretion of nutrients, and efficiency of feed nitrogen utilization of Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 92(7), 3211–3221. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1306>
- Masi, M., Vecchio, Y., Pauselli, G., Di Pasquale, J., & Adinolfi, F. (2021). A typological classification for assessing farm sustainability in the Italian Bovine dairy sector. *Sustainability (Switzerland)*, 13(13), 1–14. <https://doi.org/10.3390/su13137097>
- Mazzetto, A. M., Falconer, S., & Ledgard, S. (2022). Mapping the carbon footprint of milk production from cattle: A systematic review. *Journal of Dairy Science*, 9713–9725. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22117>
- Mehaba, N., Schrade, S., Eggerschwiler, L., Dohme-Meier, F., & Schlegel, P. (2025). Accuracy and precision in DM intake prediction models for lactating dairy cows. *Animal*, 19(7),

101535. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2025.101535>

- Mickiewicz, B., & Volkava, K. (2022). Global consumer trends for sustainable milk and dairy production. *VUZF Review*, 7(2), 183–192. <https://doi.org/10.38188/2534-9228.22.2.19>
- Miglior, F., Fleming, A., Malchiodi, F., Brito, L. F., Martin, P., & Baes, C. F. (2017). A 100-Year Review : Identification and genetic selection of economically important traits in dairy cattle 1. *Journal of Dairy Science*, 100(12), 10251–10271. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12968>
- Millen, D. D., De Beni Arrigoni, M., & Pacheco, R. D. L. (2016). Rumenology. *Rumenology*, 1–314. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-30533-2>
- Moll, H. A. J., Staal, S. J., & Ibrahim, M. N. M. (2007). Smallholder dairy production and markets: A comparison of production systems in Zambia, Kenya and Sri Lanka. *Agricultural Systems*, 94(2), 593–603. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2007.02.005>
- NASEM. (2021). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Eighth Revised Edition* (National Academies Press (ed.)).
- Niazifar, M., Besharati, M., Jabbar, M., Ghazanfar, S., Asad, M., Palangi, V., Eseceli, H., & Lackner, M. (2024). Slow-release non-protein nitrogen sources in animal nutrition: A review. *Heliyon*, 10(13), e33752. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e33752>
- Noziere, P., Sauvant, D., & Delaby, L. (2018). *INRA feeding system for ruminants* (W. A. Publishers (ed.)).
- NRC. (2001). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle* (N. A. Press (ed.); Seventh Re).
- Oba, M. (2011). Review: Effects of feeding sugars on productivity of lactating dairy cows. *Canadian Journal of Animal Science*, 91(1), 37–46. <https://doi.org/10.4141/CJAS10069>
- Oba, M., & Allen, M. S. (1999). Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: Effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 82(3), 589–596. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75271-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75271-9)
- Olijhoek, D. W., Hellwing, A. L. F., Noel, S. J., Lund, P., Larsen, M., & Weisbjerg, M. R. (2022). Feeding up to 91 % concentrate to Holstein and Jersey dairy cows : Effects on enteric

methane emission , rumen fermentation and bacterial community , digestibility , production , and feeding behavior. *Journal of Dairy Science*, 105, 9523–9541. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21676>

Olmos Colmenero, J. J., & Broderick, G. A. (2006). Effect of dietary crude protein concentration on milk production and nitrogen utilization in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 89(5), 1704–1712. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(06\)72238-x](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(06)72238-x)

Oltenacu, P. A., & Broom, D. M. (2010). Pre-publication copy The impact of genetic selection for increased milk yield on the welfare of dairy cows * Department of Animal Science , Oklahoma State University , Stillwater , OK + Centre for Animal Welfare and Anthrozoology , Department of Veterinar. *Animal Welfare*, 19, 39–49.

Olthof, L. A., Domecq, J. J., & Bradford, B. J. (2023). Analysis of Jersey versus Holstein breed profitability on north central US dairies. *JDS Communications*, 4(5), 344–348. <https://doi.org/10.3168/jdsc.2023-0371>

Opoola, O., Shumbusho, F., Hambrook, D., Thomson, S., Dai, H., Chagunda, M. G. G., Capper, J. L., Moran, D., Mrode, R., & Djikeng, A. (2022). From a documented past of the Jersey breed in Africa to a profit index linked future. *Frontiers in Genetics*, October, 1–20. <https://doi.org/10.3389/fgene.2022.881445>

Overton, T. R., & Waldron, M. R. (2004). Nutritional management of transition dairy cows: Strategies to optimize metabolic health. *Journal of Dairy Science*, 87(SUPPL. 1), E105–E119. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)70066-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)70066-1)

Pereira, M. N., Garrett, E. F., Oetzel, G. R., & Armentano, L. E. (1999). Partial replacement of forage with nonforage fiber sources in lactating cow diets. I. Performance and health. *Journal of Dairy Science*, 82(12), 2716–2730. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75528-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75528-1)

Porter, V. (1992). *Cattle: A Handbook to the Breeds of the World*.

Powell, J. M., Gourley, C. J. P., Rotz, C. A., & Weaver, D. M. (2010). Nitrogen use efficiency : A potential performance indicator and policy tool for dairy farms. *Environmental Science and Policy*, 13(3), 217–228. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2010.03.007>

Prendiville, R., Pierce, K. M., & Buckley, F. (2010). A comparison between Holstein-Friesian and

Jersey dairy cows and their F 1 cross with regard to milk yield , somatic cell score , mastitis , and milking characteristics under grazing conditions. *Journal of Dairy Science*, 93(6), 2741–2750. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2791>

Prendiville, R., Pierce, K. M., Delaby, L., & Buckley, F. (2011). Animal performance and production efficiencies of Holstein-Friesian, Jersey and Jersey × Holstein-Friesian cows throughout lactation. *Livestock Science*, 138(1–3), 25–33. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.11.023>

Roveglia, C., Niero, G., Bobbo, T., Penasa, M., Visentin, G., Lopez-villalobos, N., & Cassandro, M. (2019). Genetic parameters for linear type traits including locomotion in Italian Jersey cattle breed. *Livestock Science*, 229(October 2018), 131–136. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.09.023>

Roveglia, C., Niero, G., Penasa, M., Finocchiaro, R., Marusi, M., Lopez-Villalobos, N., & Cassandro, M. (2019). Phenotypic analysis of milk composition, milk urea nitrogen and somatic cell score of Italian Jersey cattle breed. *Italian Journal of Animal Science*, 18(1), 405–409. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2018.1531684>

Sabbadin, S., Costa, A., Lorenzi, V., Fusi, F., Bertocchi, L., Magro, S., & Marchi, M. De. (2025). Exploring the role of animal welfare in cow performance and farm profitability in Italian dairy herds. *Preventive Veterinary Medicine*, 245(August), 106666. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2025.106666>

Sannes, R. A., Messman, M. A., & Vagnoni, D. B. (2002). Form of rumen-degradable carbohydrate and nitrogen on microbial protein synthesis and protein efficiency of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 85(4), 900–908. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74148-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74148-9)

Santana, O. I., Uddin, M. E., & Wattiaux, M. A. (2025). Feeding behavior of Holstein and Jersey cows fed diets based on either alfalfa silage or corn silage at 2 forage fiber levels. *Journal of Dairy Science*, 108(6), 5803–5815. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-25708>

Schaeffer, L. R. (2006). Strategy for applying genome-wide selection in dairy cattle. *Animal Breeding and Genetics*, 123(2001), 218–223.

Sears, A., Gonzalez, O., Alberto, A., Young, A., de Souza, J., Relling, A., & Batistel, F. (2020).

Effect of feeding a palmitic acid–enriched supplement on production responses and nitrogen metabolism of mid-lactating Holstein and Jersey cows. *Journal of Dairy Science*, 103(10), 8898–8909. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18232>

Simitzis, P., Tzanidakis, C., Tzamaloukas, O., & Sossidou, E. (2022). Contribution of Precision Livestock Farming Systems to the Improvement of Welfare Status and Productivity of Dairy Animals. *Dairy*, 3(1), 12–28. <https://doi.org/10.3390/dairy3010002>

Simoni, M., Temmar, R., De Marchi, M., Revello-Chion, A., Pozza, M., Righi, F., & Manuelian, C. L. (2024). Milking system and diet forage type effect on milk quality of Italian Holstein-Friesian. *Journal of Dairy Science*, 107(9), 6983–6993. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-24464>

Soriani, N., Trevisi, E., & Calamari, L. (2012). Relationships between rumination time, metabolic conditions, and health status in dairy cows during the transition period. *Journal of Animal Science*, 90(12), 4544–4554. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-5064>

Sturaro, E., Marchiori, E., Cocca, G., Penasa, M., Ramanzin, M., & Bittante, G. (2013). Dairy systems in mountainous areas: Farm animal biodiversity, milk production and destination, and land use. *Livestock Science*, 158(1–3), 157–168. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.09.011>

Thorup, V. M., Munksgaard, L., Terré, M., Henriksen, J. C. S., Weisbjerg, M. R., & Løvendahl, P. (2023). The relationship between feed efficiency and behaviour differs between lactating Holstein and Jersey cows. *Journal of Dairy Research*, 90, 257–260.

Tyrrell, H. F., & Reid, J. T. (1965). Prediction of the Energy Value of Cow's Milk. *Journal of Dairy Science*, 48(9), 1215–1223. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(65\)88430-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(65)88430-2)

Uddin, M. E., Aguirre-Villegas, H. A., Larson, R. A., & Wattiaux, M. A. (2021). Carbon footprint of milk from Holstein and Jersey cows fed low or high forage diet with alfalfa silage or corn silage as the main forage source. *Journal of Cleaner Production*, 298, 126720. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126720>

Uddin, M. E., Santana, O. I., Weigel, K. A., & Wattiaux, M. A. (2020). Enteric methane, lactation performances, digestibility, and metabolism of nitrogen and energy of Holsteins and Jerseys fed 2 levels of forage fiber from alfalfa silage or corn silage. *Journal of Dairy*

Science, 103(7), 6087–6099. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17599>

Van Amburgh, M. E., Collao-Saenz, E. A., Higgs, R. J., Ross, D. A., Recktenwald, E. B., Raffrenato, E., Chase, L. E., Overton, T. R., Mills, J. K., & Foskolos, A. (2015). The Cornell Net Carbohydrate and Protein System: Updates to the model and evaluation of version 6.5. *Journal of Dairy Science*, 98(9), 6361–6380. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9378>

Van Soest. (1994). *Nutritional ecology of the ruminant*.

Visentin, G. (2020). La persistenza della lattazione nella frisona italiana: un’analisi d’insieme. *Bianconero, maggio-giu*, 10–11.

Wu, Y., Liang, D., Shaver, R. D., & Cabrera, V. E. (2019). An income over feed cost nutritional grouping strategy. *Journal of Dairy Science*, 102(5), 4682–4693. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15302>

Yang, W. Z., & Beauchemin, K. A. (2006). Physically effective fiber: Method of determination and effects on chewing, ruminal acidosis, and digestion by dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 89(7), 2618–2633. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72339-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72339-6)

Yang, W. Z., & Beauchemin, K. A. (2009). Increasing physically effective fiber content of dairy cow diets through forage proportion versus forage chop length: Chewing and ruminal pH. *Journal of Dairy Science*, 92(4), 1603–1615. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1379>

Yoo, J., Song, M., Park, W., Oh, S., Ham, J. S., Jeong, S. G., & Kim, Y. (2019). A comparison of quality characteristics in dairy products made from Jersey and Holstein milk. *Food Science of Animal Resources*, 39(2), 255–265. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2019.e20>

Zebeli, Q., Aschenbach, J. R., Tafaj, M., Boguhn, J., Ametaj, B. N., & Drochner, W. (2012). Invited review: Role of physically effective fiber and estimation of dietary fiber adequacy in high-producing dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 95(3), 1041–1056. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4421>