

**PRODUZIONI ANIMALI**  
**Allevamento dei bovini in Piemonte**

Piero Rivoira  
Istituto Agrario Penna di Asti

A.S. 2025-2026

Novembre 2026

Ai miei maestri

*Antonino Bedino  
Matteo ALESSO  
Paolo Viano*

con devozione e riconoscenza

*«Uno studioso è un ponte sospeso su un abisso... (la carriera scientifica è una cosa diversa dalla carriera accademica)... Parlare a tutti è l'ambizione degli "studiosi di vocazione": quegli studiosi che dedicano la propria vita allo studio per appagare un bisogno esistenziale o interiore. Gli studiosi di vocazione studiano perché rispondono a una "chiamata", come direbbe Max Weber. Lo studioso di vocazione è una persona completamente pervasa dall'amore per lo studio. Per questo motivo, lo studioso di vocazione non è allettato né dal denaro, né dal potere politico. Non può essere comprato e non può essere corrotto; non può essere limitato e non può essere spaventato.»*

Alessandro Orsini

## INDICE

<b>1. MORFOFISIOLOGIA DEI RUMINANTI</b>	
1.1 L'evoluzione dei ruminanti e della ruminazione.....	6
1.2 Cenni di fisiologia dell'apparato digerente dei ruminanti	
1.2.1 Il reticolo.....	9
1.2.2 Il rumine.....	13
1.2.3 L'abomaso.....	15
1.3 Il comportamento alimentare delle bovine da latte.....	15
<b>2. ORGANIZZAZIONE AZIENDALE</b>	
2.1 Variazione della produzione di latte, della capacità d'ingestione e del peso corporeo delle bovine lattifere ad alta produzione in funzione del tempo trascorso dal parto.....	21
2.2 La gestione della mandria.....	22
2.2.1 La fase di asciutta.....	23
2.3 La fase di transizione.....	26
2.4 Rimonta interna vs esterna.....	28
2.4.1 Razze da latte, rimonta interna, prime cure dopo il parto ed allevamento delle vitelle.....	28
2.5 Lo svezzamento.....	29
2.5.1 Caratteristiche di un mangime da svezzamento.....	31
2.5.2 Età dello svezzamento nelle varie specie animali.....	33
2.6 Post svezzamento.....	34
2.7 Allevamento della manza ed età della prima inseminazione.....	34
2.8 Bovine da latte, rimonta interna: casi possibili.....	35
2.9 Bovine da latte, rimonta esterna.....	36
2.10 Ripresa dell'attività ovarica ciclica.....	36
<b>3. COME TRADURRE LE ESIGENZE DEGLI ANIMALI IN SCELTE ORGANIZZATIVE E PROGETTUALI</b>	
3.1 Tipi di stabulazione	
3.1.1 Stabulazione fissa.....	39
3.1.2 Stabulazione libera.....	39
<b>4. LA NUTRIZIONE OVVERO I PROCESSI METABOLICI ATTUATI DA UN ORGANISMO CHE CONSENTONO DI UTILIZZARE I PRINCIPI NUTRITIVI ASSUNTI CON GLI ALIMENTI</b>	
4.1 Le fermentazioni ruminali.....	47
4.1.1 Aspetti pratici.....	49
4.2 Il ruolo della fibra nella prevenzione dell'acidosi ruminale.....	52
4.2.1 Apporto energetico, digeribilità dell'NDF e prestazioni produttive.....	56
4.3 La proteina	
4.3.1 Proteina batterica e proteina alimentare.....	58
4.4 I carboidrati non fibrosi.....	62
4.5 L'energia	
4.5.1 Suddivisione della mandria in gruppi.....	65
4.5.2 Razze a duplice attitudine e sistema di allevamento estensivo.....	66
<b>5. LA GESTIONE DEI PASCOLI</b>	
5.1 L'allevamento delle bovine allattanti e la ripartizione dell'energia del fieno.....	70
5.1.1 Energia persa sotto forma di metano.....	74
5.1.2 Energia persa con l'urina: il ciclo salivare dell'azoto.....	76

5.1.2.1 Il metabolismo degli aminoacidi e le transaminasi epatiche.....	79
5.1.2.2 Le possibili strategie per soddisfare i fabbisogni aminoacidici.....	85
5.1.2.3 CASO STUDIO: La Razione 4.1.....	88
5.1.2.4 L'urea nel latte e nell'urina.....	97
5.1.3 Energia persa sotto forma di extra-calore.....	100
5.1.4 Energia Netta.....	102
5.2 Epoca di sfalcio dell'erba per la fienagione.....	103
5.3 La sottoalimentazione invernale delle bovine allattanti.....	104
Appendice	
Composizione degli alimenti disponibili con il <i>software PyR</i> .....	105
BIBLIOGRAFIA.....	113

# 1. MORFOFISIOLOGIA DEI RUMINANTI

## 1.1 L'evoluzione dei ruminanti e della ruminazione

I Ruminanti si sono, verosimilmente, evoluti a partire da antenati monogastrici. Come facciamo a saperlo? Nel cane esiste una malformazione congenita (ossia che si presenta fin dalla nascita), detta «**megAESOFAGO**»: il tratto toracico dell'esofago è fortemente dilatato (Figura 1.1).

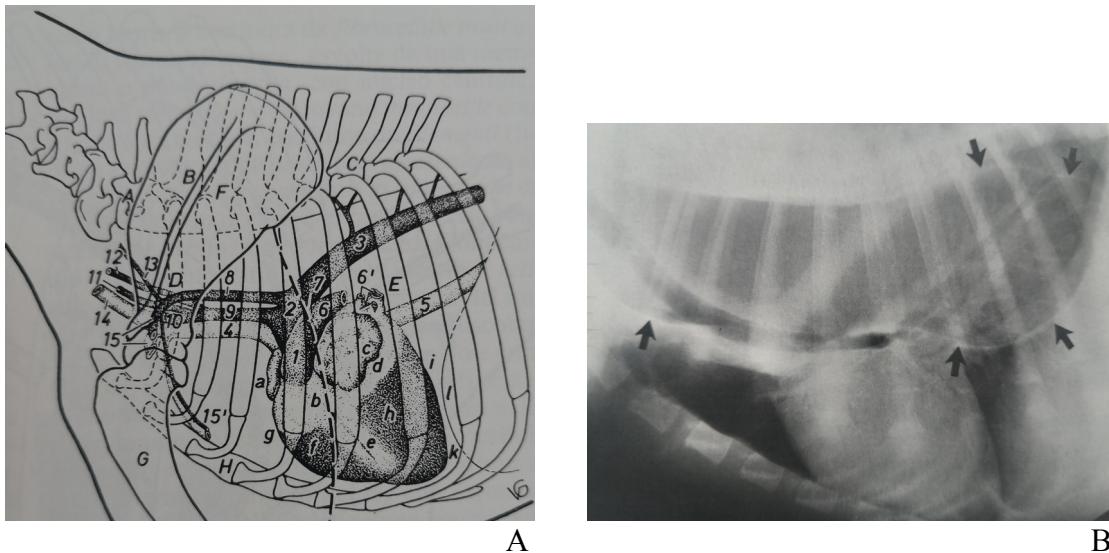
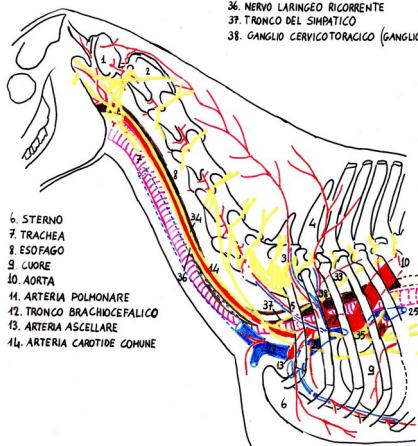


Figura 1.1 (A): posizione del cuore nel cane; (B): cane Danese, ♀, di 6 mesi, affetto da rigurgito da tre mesi. Il tratto intratoracico dell'esofago è dilatato e pieno d'aria (le frecce indicano le pareti esofagee). Diagnosi: **megAESOFAGO**. Da Nickel et al., 1992; Burk & Ackerman, 1991.

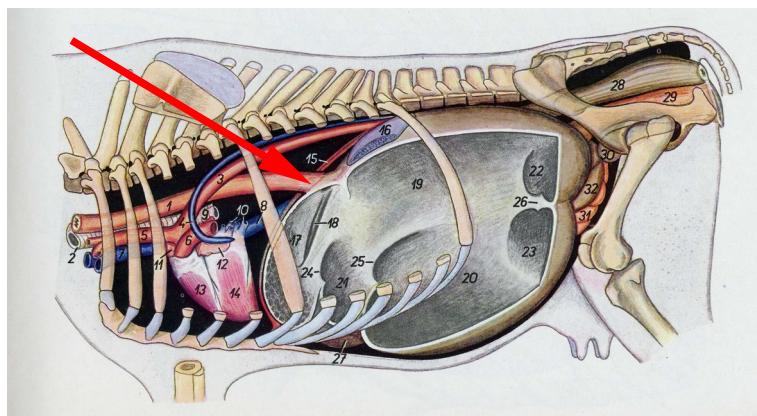
Siccome il sintomo del megAESOFAGO è il rigurgito, è possibile formulare la seguente ipotesi: nell'Eocene inferiore (~ 50 milioni di anni fa) nacque un individuo, appartenente ad una specie estinta di erbivoro monogastrico, affetto da megAESOFAGO, avendo ereditato, per motivi casuali, dai genitori le mutazioni genetiche responsabili di tale anomalia. Il tratto dilatato dell'esofago doveva essere, tuttavia, non quello toracico ma quello addominale, post-diaframmatico. L'esofago, infatti, dopo essersi originato dalla **faringe** (vedi più avanti), ed aver percorso il collo e la cavità toracica, entra nella cavità addominale attraversando il diaframma (grazie alla presenza in quest'ultimo di un'apposita apertura detta **iATO ESOFAGEO** – Figura 1.2 C).

Ricapitolando, la dilatazione doveva trovarsi tra lo iato esofageo e lo sfintere cardiale, che regola lo sbocco dell'esofago nello stomaco. Tutto ciò è dimostrato dal fatto che la parete dei prestomaci dei ruminanti è rivestita internamente da un epitelio pavimentoso stratificato (non cheratinizzato), come quello dell'esofago (Figura 1.2 D-E).

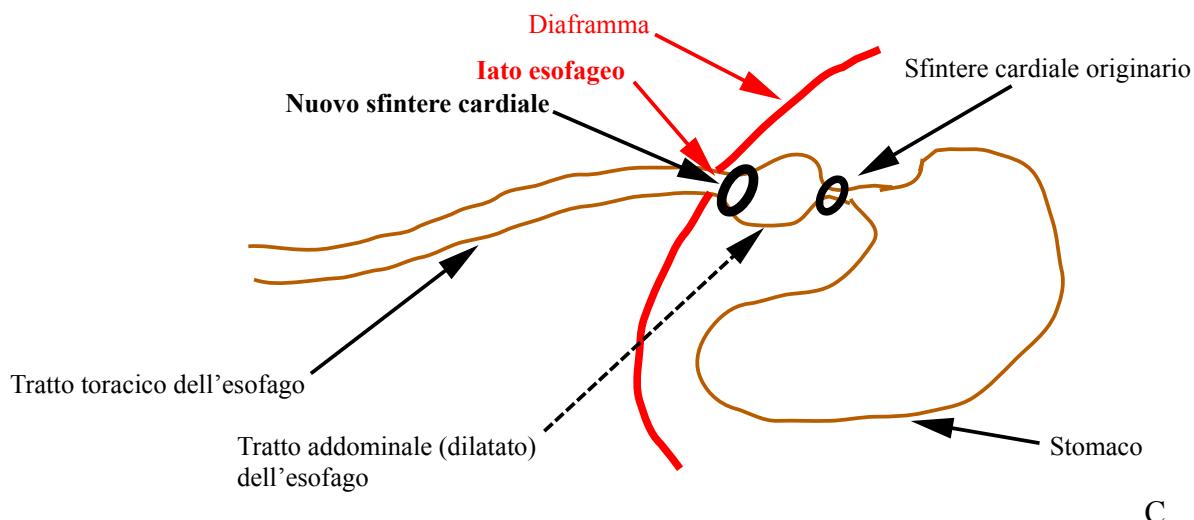
1. ATLANTE (4<sup>a</sup> VERTERA CERVICALE)  
 2. EPistrofeo (2<sup>a</sup> VERTERA CERVICALE)  
 3. I VERTERA TORACICA  
 4. II VERTERA TORACICA  
 5. I COSTA  
 6. STERNO  
 7. TRACHEA  
 8. ESOFAGO  
 9. CUORE  
 10. AORTA  
 11. ARTERIA POLMONARE  
 12. TRONCO BRACHIOCEFALICO  
 13. ARTERIA ASCELLARE  
 14. ARTERIA CARDINALE COMUNE  
 25. VENA CAVA CAUDALE  
 26. VENA CAVA CRANIALE  
 27. VENA GIUGULARE  
 28. TRONCO DEL SIMPATICO (PARTE TORACICA)  
 29. TRONCO VAGOSIMPATICO  
 30. NERVO VAGO  
 36. NERVO LARINGEO RICORRENTE  
 37. TRONCO DEL SIMPATICO  
 38. GANGLIO CERVICOTORACICO (GANGLIO STELLATO)



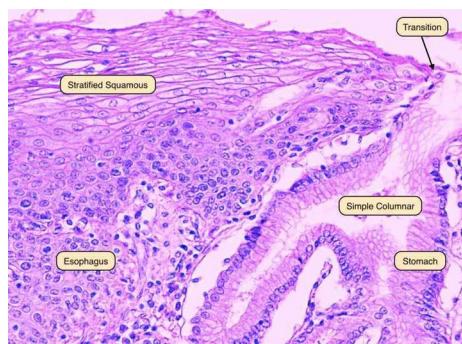
A



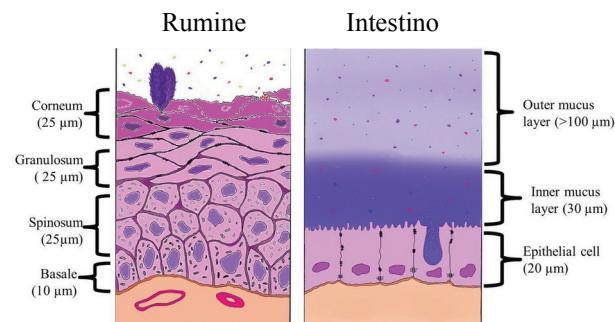
B



C



D



E

Figura 1.2 (A) Anatomia del collo nel cavallo (dissezione profonda, lato sinistro); (B) Anatomia degli organi interni di un bovino: lato sinistro, dissezione profonda (la freccia indica l'esofago). Da Popesko, 1980 (mod.).

(C) Schema dell'ipotesi di formazione dei prestomaci a partire da una dilatazione del tratto post-diaframmatico dell'esofago. (D) L'epitelio dell'esofago (pavimentoso stratificato non cheratinizzato) è dello stesso tipo di quello del rumine (E) e si differenzia da quello dello stomaco e dell'intestino, che è di tipo prismatico semplice.

Da <https://medicinebtg.com/wp-content/uploads/2017/06/the-Epithelium-Of-The-Esophagus-esophagus-american-english-or-oesophagus-british-commonly-known-as-epithelium-of-has-a.jpg>; Steele et al., 2016.

Contestualmente, doveva anche essersi formato un altro sfintere, in posizione più prossimale, ossia poco oltre il diaframma (nuovo sfintere cardiale, Figura 1.2 C); solo così, infatti, nel tratto di esofago dilatato compreso fra i due sfinteri si sarebbero potute instaurare condizioni favorevoli alla germinazione delle spore batteriche introdotte insieme al foraggio. Queste ultime, infatti, si sarebbero fermate nel primo tratto del tubo digerente dell'animale in cui avrebbero rilevato la presenza di condizioni adatte alla propria germinazione e, quindi, alla formazione delle cellule batteriche, in primo luogo l'assenza di ossigeno (anossia), trattandosi di batteri anaerobi obbligati. In assenza di megaesofago, invece, le spore medesime avrebbero proseguito fino all'intestino crasso, ossia fino al cieco ed al colon, ossia fino alla camera di fermentazione della cellulosa e degli altri polisaccaridi vegetali, che negli erbivori monogastrici (comprese le specie recenti come il cavallo) si trova a valle rispetto allo stomaco. A questo punto, il nostro antenato dei ruminanti affetto da megaesofago addominale congenito avrebbe manifestato, quale sintomo di tale malformazione, il rigurgito (esattamente come si osserva nei cani) e, una volta che il bolo di foraggio gli fosse tornato nel cavo orale, lo avrebbe «istintivamente», come comportamento innato, rimasticato e, quindi, deglutito nuovamente.

## 1.2 Cenni di fisiologia dell'apparato digerente dei ruminanti

### 1.2.1 Il reticolo

Ecco che quindi, si delinea la caratteristica fondamentale della ruminazione, ossia della digestione specializzata dei ruminanti; il fatto che il cibo venga masticato due volte, e non una soltanto come nei monogastrici, e che la prima masticazione sia frettolosa ed approssimativa mentre la seconda lenta ed accurata, comporta una serie di innegabili vantaggi:

1) si riduce il tempo durante il quale l'animale, essendo impegnato a mangiare, «si distrae» esponendosi al rischio di essere predato: infatti, il pascolo potrebbe trovarsi in una zona aperta, frequentata da predatori; l'erbivoro, quindi, «ha fretta»: dovendo introdurre la maggior quantità possibile di erba nel minor tempo, non può dedicare molto tempo alla masticazione;

2) nei ruminanti ogni sessione di alimentazione si conclude quando il rumine è pieno; allora l'animale inizia a rigurgitare un bolo, ossia una pallottola di foraggio compattato con la saliva, alla volta ed a rimasticarlo con lenti movimenti laterali (detti anche «**movimenti di diduzione**») della mandibola rispetto all'osso mascellare, cosicché le tavole dentarie, ossia le superfici di occlusione dei denti, con cui i denti delle due arcate, inferiore e superiore, entrano in contatto, agiscono come una mola, schiacciando semi e fibre dure di foraggio.

Alla fine di ogni sessione di alimentazione, il rumine ed il reticolo contengono soprattutto materiale grossolano, formato da fibre vegetali lunghe; queste ultime, avendo un volume elevato e, quindi, un rapporto superficie / volume basso (es. un cubo di lato = 100 avrà un rapporto superficie / volume =  $100*100*6 / 100^3 = 60000 / 1000000 = 6 / 100 = 0,06$ ), sono meno dense e, perciò, si concentrano nella parte superiore della colonna d'acqua che forma il succo rumino-reticolare. In altri termini, avendo una superficie di assorbimento relativamente piccola ma un grande volume da riempire di liquido, rimangono più asciutte ed affiorano (Figura 1.3), dal momento che la loro densità sarà minore di quella dell'acqua (1 g / ml). Le particelle fini, invece, che residuano dalla sessione di ruminazione precedente, si distribuiscono nella parte inferiore della colonna liquida poiché hanno un rapporto superficie / volume più alto (es. un cubo di lato = 10 avrà un rapporto superficie / volume =  $10*10*6 / 10^3 = 600 / 1000 = 0,6$ ) e sedimentano sul fondo del reticolo e del sacco ventrale del rumine, un po' come le particelle di polpa d'arancia in un bicchiere di spremuta d'arancia (Figura 1.4 B).

Il contenuto dei primi due prestomaci è, dunque, sempre più o meno eterogeneo dal punto di vista delle dimensioni delle fibre di foraggio e delle particelle alimentari in generale. Questo è un grosso problema dal punto di vista «ingegneristico»: perché? L'aspetto problematico è rappresentato dal fatto che, all'inizio di ogni sessione di ruminazione, non appena il primo bolo mericico viene deglutito dall'animale, dopo essere stato rigurgitato e rimasticato, il materiale fine che lo forma si rimescola, inevitabilmente, con quello grossolano già presente nel rumine e nel reticolo.

Tuttavia, affinché la ruminazione sia efficiente, è necessario che venga rigurgitato materiale alimentare prevalentemente (se non proprio esclusivamente) grossolano; quello finemente sminuzzato attraverso la seconda masticazione, invece, dovrebbe proseguire verso il terzo prestomaco (l'omaso), per due motivi:

1) essendo fine, il tempo che esso ha trascorso nel rumine è sufficiente a far sì che tale materiale sia stato adeguatamente fermentato dai batteri, tanto che un'ulteriore permanenza di tale materiale nella camera di fermentazione non apporterebbe vantaggi significativi, poiché, verosimilmente, la quantità di cellulosa fermentata diminuisce in modo esponenziale al trascorrere del tempo;

2) affinché possa iniziare una nuova fase di alimentazione, è necessario che il rumine si svuoti almeno parzialmente; ciò significa che il materiale fine deve abbandonare il rumine per far spazio a nuovo foraggio.

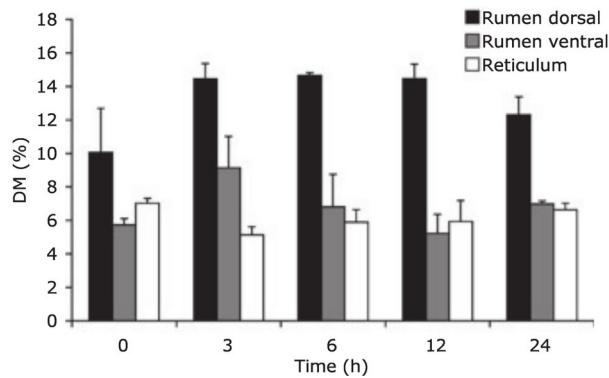


Figura 1.3 Sostanza Secca (DM, % del tal quale) del contenuto dei prestomaci (sacco dorsale del rumine, sacco ventrale del rumine, reticolo) in tre bovini, in funzione del tempo trascorso dall'inizio del pasto a base di fieno. L'altezza delle barre rappresenta la media ± la deviazione standard. Da Hummel *et al.*, 2009.

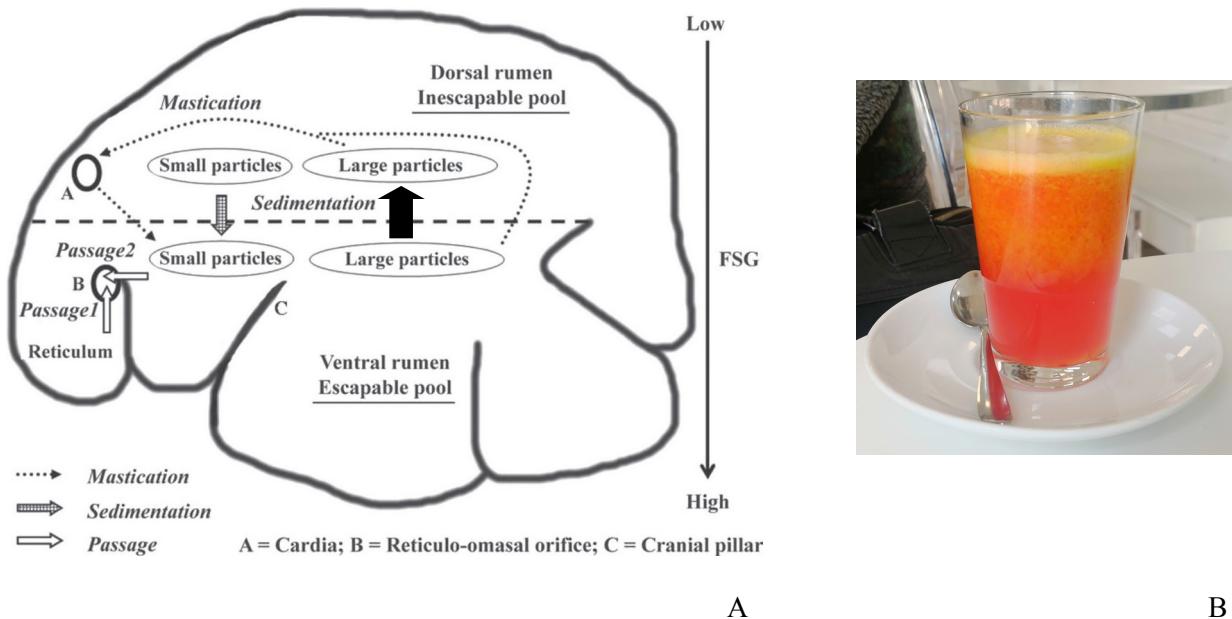


Figura 1.4 (A) Le particelle alimentari all'interno del rumine e del reticolo si stratificano in base alle loro dimensioni, in modo simile a quelle di polpa d'arancia in un bicchiere di spremuta (B).  
Da Beauchemin, 2018.

La separazione delle fibre di foraggio in base alle loro dimensioni è un fenomeno puramente fisico, che avviene in modo spontaneo, ma non è di per sé sufficiente a garantire un corretto smistamento del materiale alimentare. A ciò provvede il reticolo, il quale agisce come un vero e proprio setaccio, compiendo due contrazioni distinte ma ravvicinate nel tempo, le quali si svolgono, però, con modalità diverse. La maggior parte delle particelle alimentari presenti nel rumine ha dimensioni comprese tra 200 e oltre 1200 µm (1,2 mm); solo quelle più piccole di 1,2 mm possono abbandonare il rumine (Martz & Belyea, 1986).

Il ciclo ruminativo può, allora, essere così schematizzato:

- 1) chiusura dello sfintere reticolo-omasico (Figura 1.5) e successiva contrazione della parete del reticolo: il contenuto di tale prestomaco viene compresso ma, non potendo fluire verso l'omaso, viene spinto verso l'alto, ossia verso la regione cardiale del sacco dorsale del rumine (la porzione di parete del rumine che si trova in prossimità del cardias); per quanto detto sopra, il materiale alimentare che viene spinto verso il cardias è prevalentemente formato da fibre di grandi dimensioni;
- 2) inspirazione a glottide chiusa: la glottide è la parte più stretta della laringe (Figura 1.6 B).

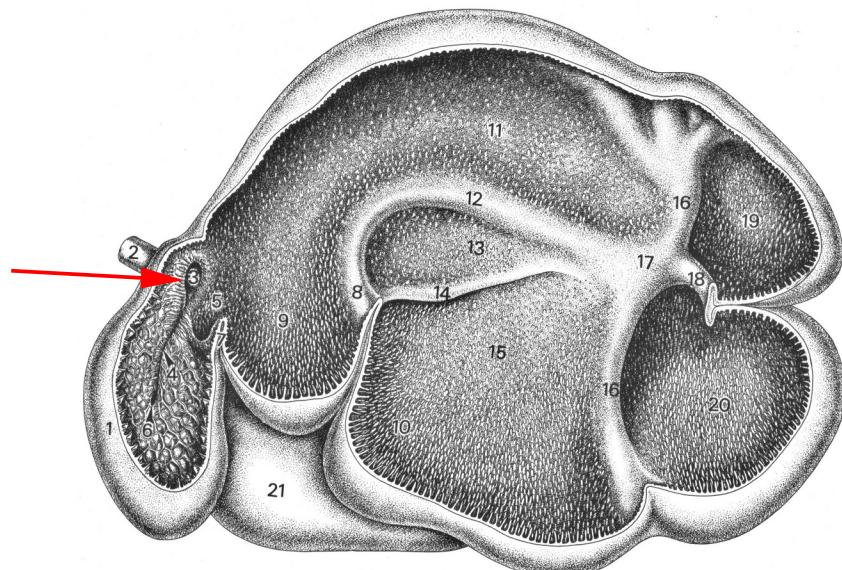


Figura 1.5 Conformazione interna del rumine e del reticolo di bovino; sezione sagittale, metà sinistra della sezione; la freccia indica il cardias. Da Bortolami *et al.*, 1985.

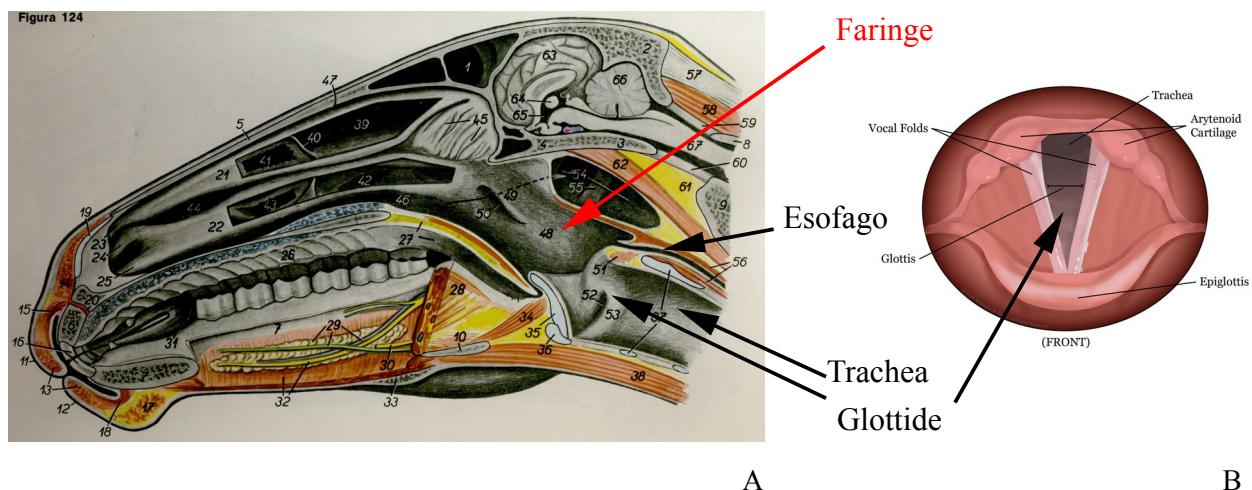


Figura 1.6 (A) Sezione sagittale della testa di cavallo; (B) laringe vista anteriormente.  
Da Popesko, 1980; <https://adams-voice.com/blog/vocal-anatomy>.

Siccome il torace si espande (anche per l'arretramento del diaframma) ma l'aria non entra nei polmoni, questi ultimi non si espandono nella cavità toracica aumentata di volume; in quest'ultima, pertanto, la pressione diventa negativa (minore di quella atmosferica), dal momento che la stessa quantità di aria si distribuisce in un volume intratoracico maggiore; all'esterno dell'esofago (ossia nella cavità toracica), quindi, la pressione sarà minore che al suo interno: infatti l'esofago è collegato all'ambiente esterno tramite la faringe ed il cavo orale. Quindi la parete esofagea si espande: nell'esofago la pressione diventa negativa ed il bolo mericico vi viene conseguentemente risucchiato, grazie alla contemporanea dilatazione del cardias. A questo punto la contrazione antiperistaltica, ossia dal cardias verso la faringe, della parete esofagea, che è provvista di un robusto strato muscolare, spinge il bolo verso la bocca.

3) Rilasciamento della parete del reticolo;

4) Dilatazione dello sfintere reticolo-omasico;

5) Seconda contrazione del reticolo: il materiale reticolare, ormai prevalentemente costituito da particelle fini, soprattutto nella parte bassa della cavità del prestomaco, in prossimità dell'orifizio reticolo-omasico (la stretta apertura che collega il reticolo all'omaso), passa dal reticolo all'omaso. Si realizza, così, un vero e proprio processo di smistamento delle fibre di foraggio, e delle particelle alimentari in generale, in base alle loro dimensioni.

### 1.2.2 Il rumine

La **motilità ruminale**, invece, consiste in un'unica onda di contrazione che, dopo essersi originata in corrispondenza del fondo cieco ventrale del rumine, si propaga al sacco dorsale spingendo la bolla gassosa verso il cardias (Figura 1.7).

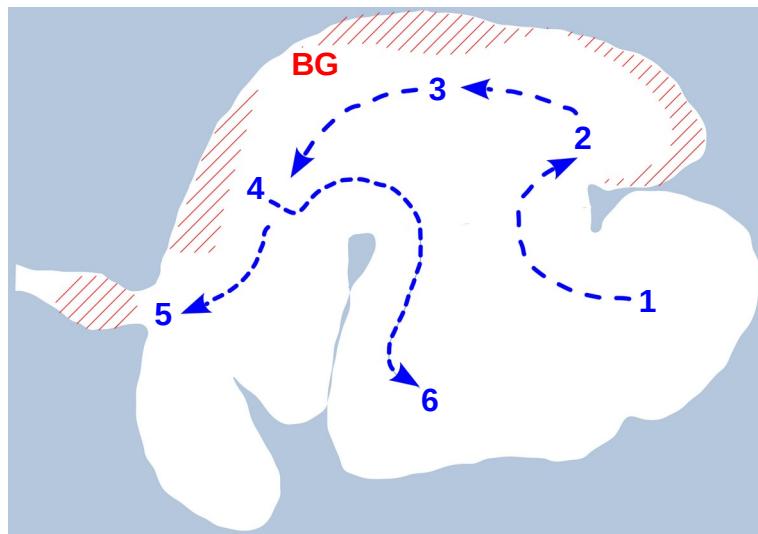


Figura 1.7 Spostamento dei gas di fermentazione durante le contrazioni del rumine che caratterizzano il «ciclo B» o dell'eruttazione: (1) contrazione della parete del fondo cieco ventrale: la bolla gassosa (BG), formatasi nel fondo cieco dorsale (2), si sposta lungo la parete del sacco dorsale (3-4) per entrare, infine, nell'esofago attraverso il cardias (5). Il ciclo «B» si conclude con la contrazione del sacco ventrale del rumine.

Da Beghelli, 1992 (mod.).

Il riflesso di apertura del cardias (riflesso dell'eruttazione), che consente l'evacuazione dei gas ruminali, si blocca se la regione cardiale della parete del sacco dorsale del rumine, che è provvista di recettori (cellule nervose recettrici periferiche) sensibili allo stato di tensione della parete ruminale, è sommersa di liquido, come avviene in caso di decubito laterale (cioè se l'animale è sdraiato su un fianco) o di schiuma. Nel secondo caso si realizza una condizione patologica, definita **«meteorismo schiumoso»**, frequente un tempo quando era diffusa l'usanza di seminare il trifoglio nei campi di frumento in primavera, come sistema di rotazione colturale. Dopo la mietitura, già in autunno, se l'estate non fosse stata eccessivamente arida, oppure, in caso contrario, nella primavera successiva, si sarebbe sviluppato un erbaio di trifoglio in cui la mandria di bovine sarebbe stata condotta al pascolo. Tuttavia, siccome le leguminose contengono sostanze schiumogene (saponine), se non si aveva l'accortezza di effettuare una distribuzione di fieno agli animali prima della loro uscita al pascolo, si correva il rischio che l'ingestione di eccessive quantità di trifoglio provocasse, appunto, il meteorismo schiumoso. Questa patologia, a differenza del meteorismo gassoso, non può essere risolta semplicemente facendo ricorso ad una sonda esofagea, la quale non consente la fuoriuscita della schiuma, ma solo attraverso un intervento chirurgico.

Il rumine, contraendosi, rimescola il proprio contenuto cosicché il materiale fine, che si trova in sospensione nel sacco ventrale, viene riportato in alto e può passare nel reticolo (Figura 1.8), evitando, così, di sedimentare sul fondo del rumine stesso dove, in assenza di contrazioni ruminali, resterebbe intrappolato.

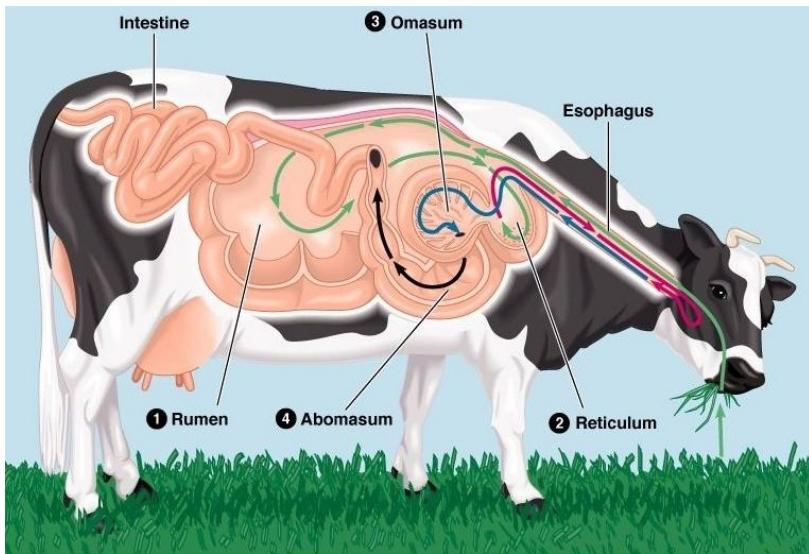


Figura 1.8 Schema della ruminazione.

**Freccia verde:** il bolo alimentare, dopo essere stato masticato sommariamente, viene deglutito e percorre l'esofago, spinto dalle contrazioni peristaltiche della parete di quest'ultimo, e, dopo aver attraversato il cardias, si distribuisce nella parte alta del rumine (e del reticolo), essendo formato da fibre vegetali grosse ma, in ogni caso, al di sotto della bolla gassosa; il rumine, contraendosi, spinge questo materiale grossolano nel reticolo;

**freccia rossa:** spinto dalla prima delle due contrazioni reticolari, che avviene con lo sfintere reticolo-omasico chiuso, il materiale grossolano attraversa il cardias (che nel frattempo si è dilatato) e viene aspirato nell'esofago, le cui contrazioni antiperistaltiche fanno sì che il «bolo mericico» percorra l'esofago stesso in direzione craniale, dal cardias verso la faringe; dopo essere stato rimasticato, il bolo mericico viene deglutito;

**freccia blu:** il bolo mericico appena deglutito percorre l'esofago in senso cranio-caudale e, dopo aver nuovamente attraversato il cardias, si distribuisce nella parte inferiore della colonna liquida all'interno sia del reticolo sia del sacco ventrale del rumine (nel disegno sembra che questo materiale entri direttamente nel reticolo subito dopo aver attraversato il cardias ma non è così); successivamente, la seconda contrazione del reticolo spinge il materiale fine nell'omaso attraverso l'orifizio reticolo-omasico, che si era, nel frattempo, dilatato;

**freccia nera:** il materiale fine percorre l'abomaso.

Da [http://www.mun.ca/biology/scarr/142097\\_ruminant\\_digestion.jpg](http://www.mun.ca/biology/scarr/142097_ruminant_digestion.jpg).

### 1.2.3 L'abomaso

l'abomaso dei ruminanti viene anche detto «stomaco ghiandolare» a causa della presenza, nella sua parete, di numerose ghiandole esocrine (Figura 1.9).

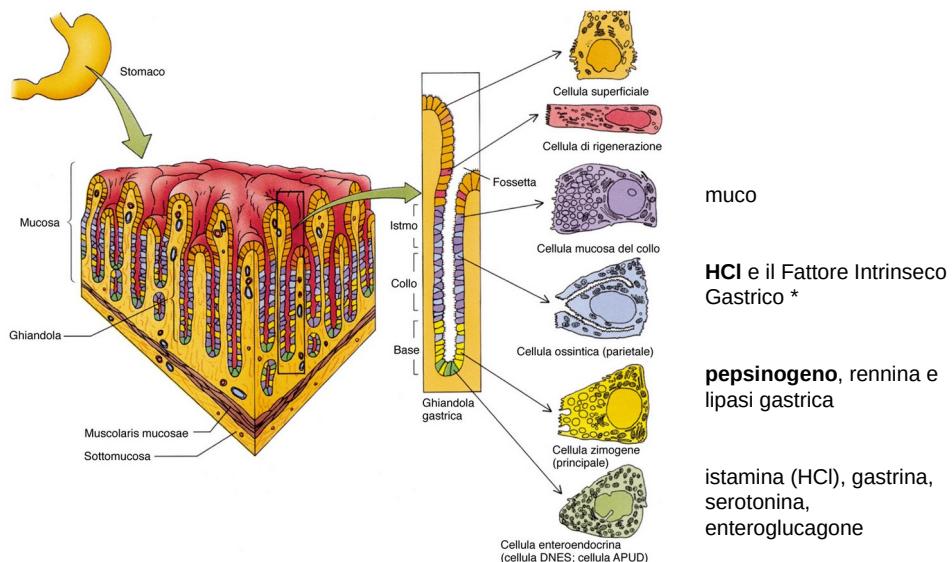


Figura 1.9 Le ghiandole della parete dello stomaco.

Tra i vari secreti delle ghiandole della parete dello stomaco, i più importanti sono:

- 1) **l'acido cloridrico (HCl)**: è un acido forte, che nel succo gastrico si dissocià completamente in  $H^+$  e  $Cl^-$ ; ciò fa sì che il succo gastrico stesso sia una soluzione fortemente acida ( $pH \sim 2$ ), che risulta letale per i batteri ruminali. Quando il materiale alimentare entra nell'abomaso, questi ultimi, di cui tale materiale è estremamente ricco, muoiono, trasformandosi in spoglie batteriche.
- 2) **il pepsinogeno**, un precursore della pepsina, enzima proteolitico che catalizza la reazione di idrolisi (rottura per mezzo dell'acqua) dei legami peptidici che tengono uniti tra loro gli aminoacidi delle proteine, comprese quelle dei batteri ruminali, che vengono, così, digerite.

### 1.3 Il comportamento alimentare delle bovine da latte

Nei ruminanti in generale e nelle bovine da latte ad alta produzione in particolare, la masticazione svolge un ruolo essenziale nel mantenere alti livelli di assunzione di alimenti nonché un'efficiente funzione digestiva. I ruminanti mastichano il foraggio (e gli alimenti concentrati) una prima volta quando mangiano; successivamente il cibo viene rigurgitato e rimasticato attraverso il processo della **ruminazione** che, da un lato, riduce le dimensioni delle particelle alimentari e, dall'altro, è associato alla secrezione di abbondanti quantità di saliva. Quest'ultima non solo lubrifica il bolo facilitandone la deglutizione, ma è anche un importante sistema tampone che mantiene il pH del rumine su valori ottimali per la digestione microbica degli alimenti. Inoltre la rottura delle pareti vegetali durante la ruminazione agevola la colonizzazione microbica dei frammenti vegetali ed il passaggio dei più piccoli di questi nei tratti successivi del tubo digerente. Se la bovina dedica un tempo sufficiente alla

ruminazione si riduce il rischio di acidosi ruminale ed aumentano sia la digestione della fibra che la Dry Matter Intake (DMI, ingestione di sostanza secca).

Per la prensione del foraggio viene usata soprattutto la lingua (<https://www.youtube.com/watch?v=uHwDdnP933E>). Il rigurgito si verifica in seguito ad una contrazione soprannumeraria del reticolo, che precede la solita doppia contrazione delle pareti del prestomaco; una volta raggiunto il cavo orale, le particelle di piccole dimensioni vengono subito deglutite, mentre la frazione restante del materiale alimentare viene rimasticata per 30÷70 s, per poi essere deglutita anch'essa. Il bolo successivo viene rigurgitato da 2 a 4 secondi dopo; quindi l'intero ciclo si ripete. Le sessioni di ruminazione, durante ciascuna delle quali più boli vengono rigurgitati, durano da 30 secondi a 2 ore, e possono essere fino a 20 al giorno. Dal punto di vista fisiologico, il tempo massimo che può essere dedicato alla ruminazione è di 10÷12 h/die, soprattutto se la razione è molto ricca di foraggio (Beauchemin, 2018), ma ciò si verifica raramente nelle bovine da latte alimentate con razioni miste foraggi-concentrati (Figura 1.10).

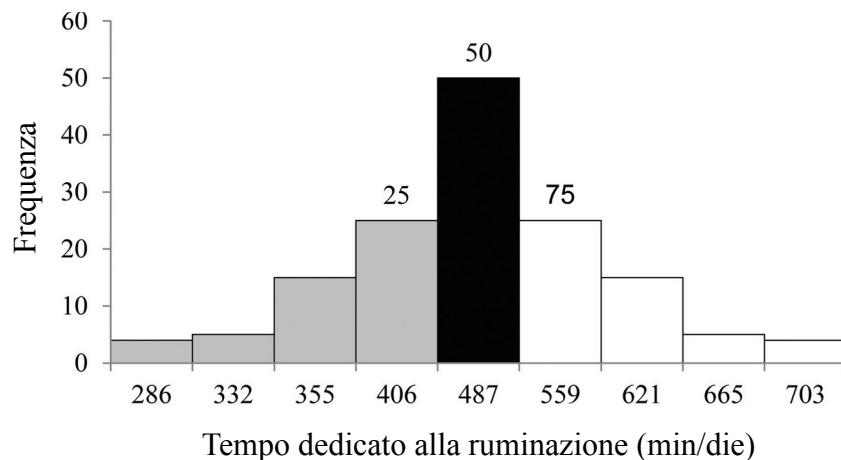


Figura 1.10 Distribuzione di frequenza delle bovine in funzione del tempo dedicato alla ruminazione (min/die). Le barre grigie indicano il 25° percentile delle bovine classificate come animali che ruminano poco (*low ruminating animals*), quelle bianche il 75° percentile delle bovine classificate come animali che ruminano tanto (*high ruminating animals*). Da Watt *et al.*, 2015.

### Box 1.1 Come misurare il comportamento alimentare?

La giornata tipica di un animale domestico è suddivisa in una serie di pasti, separati da intervalli di tempo in cui le bovine si dedicano ad altre attività (abbeverata, riposo, mungitura, interazione sociale). Quando si misura il comportamento alimentare degli animali, la principale difficoltà che si incontra è distinguere tra gli intervalli tra i pasti e le pause, più brevi, all'interno di uno stesso pasto: diversi tipi di intervalli, infatti, possono separare le visite alla corsia di alimentazione. In alcuni casi, la bovina può semplicemente sollevare la testa per pochi secondi per guardarsi intorno. In altri, essa si può allontanare dalla corsia per meno di un minuto qualora venga scacciata da una vacca dominante e debba spostarsi in un'altra posta, per parecchi minuti per accedere ad una vasca per l'abbeverata o, infine, per più tempo se va a sdraiarsi in una cuccetta. Si tratta, pertanto, di individuare un intervallo di tempo significativamente più lungo rispetto alla durata media delle pause tra una sessione di alimentazione e l'altra: tale intervallo, detto «**criterio del pasto**» (*meal criterion*) è l'intervallo di tempo minimo che deve intercorrere tra una visita alla corsia di alimentazione e l'altra affinché due accessi successivi possano essere considerati pasti diversi (DeVries *et al.*, 2003).

In una ricerca condotta da Dado & Allen (1994), bovine che produssero 33,1 kg di latte / die al 3,3% di grasso ed al 3,1% di proteina, consumarono ~ 22,8 kg di sostanza secca in **11 sessioni di alimentazione al giorno** della durata di 28,8 min. La razione apportava 7,0 kg di NDF (30,7%); le bovine trascorsero 301 min al giorno a mangiare, 758 a masticare di cui 457 dedicati alla ruminazione (seconda masticazione), e 18,5 a bere (Tabella 1.1).

AUTORI	Peso corporeo (kg)	Quantità di latte prodotta al 4% di grasso (kg/die)	Ingestione di Sostanza Secca (kg/die)	Tempo totale dedicato a... (min/die)			T di ruminazione (min / kg di NDF)
				Mangiare	Masticare	Ruminare	
Dado & Allen, 1994	?	29,62	22,8	301	758	457	66,6
Beauchemin & Buchanan-Smith, 1989	601	22,9	18,2	237	651	413	75
Maekawa <i>et al.</i> , 2002	614,5	26,11	18,15	236,5	770,5	534	99,5
MEDIA	607,75	26,21	19,72	258,17	726,5	468	80,37

Tabella 1.1 Il comportamento alimentare di un ruminante può essere studiato misurando il tempo che l'animale dedica alle varie attività: consumo degli alimenti (tempo dedicato alla prensione, alla prima masticazione ed alla deglutizione), masticazione (comprensiva di prima e seconda) e ruminazione (rigurgito, seconda masticazione e successiva deglutizione). Sono riportati i valori dei suddetti parametri nel caso di razioni che apportano circa il 30% di NDF sulla sostanza secca.

In un altro studio, che coinvolse 515 bovine da latte in 7 esperimenti con 37.233 bovine\*giorni, furono registrate 1.251.156 visite alla corsia di alimentazione che si tradussero in una media di **7,7 pasti al giorno**, in cui ogni accesso veniva considerato come parte dello stesso pasto se si verificava entro 29 minuti da quello precedente (De Mol *et al.*, 2016).

In **assenza di competizione alimentare** (Figura 3.7), il tasso di consumo degli alimenti è più elevato subito dopo la distribuzione di una TMR (*Total Mixed Ration* o razione alimentare mista foraggi-concentrati) e si riduce al trascorrere del tempo con il progressivo riempimento del rumine. Viceversa, in **situazioni di competizione alimentare** (Figura 3.6), l'incremento del tasso di consumo della razione (kg di DM/min) potrebbe non essere sufficiente a compensare il minor accesso alla corsia di alimentazione, limitando, così, la quantità di sostanza secca ingerita.

In un esperimento condotto da Munksgaard *et al.* (2005) in Danimarca, bovine di razza frisona danese che, nell'arco della giornata, avevano libero accesso alla corsia di alimentazione, alla zona di riposo nonché alle interazioni sociali soltanto per un certo periodo di tempo (23, 15 e 12 h rispettivamente), ridussero la quantità di alimento ingerita in misura minore di quanto atteso in funzione del minor tempo dedicato ad alimentarsi: le bovine riuscirono a mantenere elevato il consumo di alimenti, rispetto al controllo, anche quando l'accesso alla risorsa era limitato a sole 12 ore, contenendo, così, anche il conseguente calo produttivo (Figura 1.11).

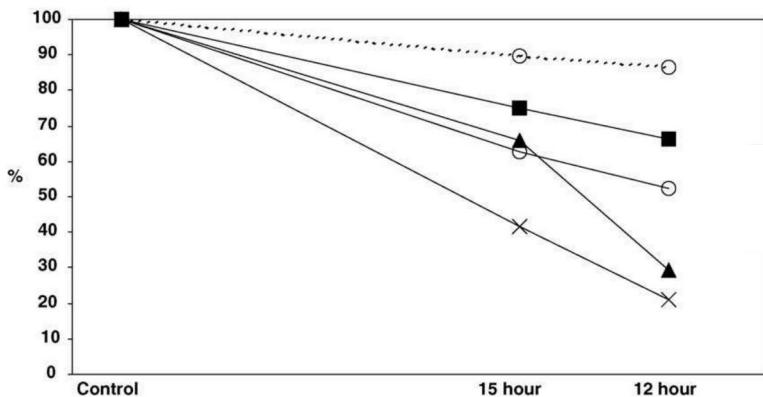


Figura 1.11 Tempo dedicato a varie attività, espresso come percentuale rispetto al gruppo di controllo, da bovine sottoposte a restrizione temporale dell'accesso alle risorse, in funzione del tempo disponibile.

- quantità di alimento ingerita;
- tempo dedicato a mangiare;
- tempo dedicato al riposo;
- ▲— tempo dedicato alle interazioni sociali;
- ×— altro.

Da Munksgaard *et al.*, 2005.

L'effetto di un **insufficiente numero di poste autocatturanti** sulla competizione alimentare fra bovine da latte è stato studiato in Svezia da Olofsson (1999) su due gruppi di bovine da latte di razza pezzata rossa svedese, caratterizzati da un rapporto N° di bovine / N° di autocatturanti di 1:1 e di 4:1, rispettivamente (Figura 1.12).

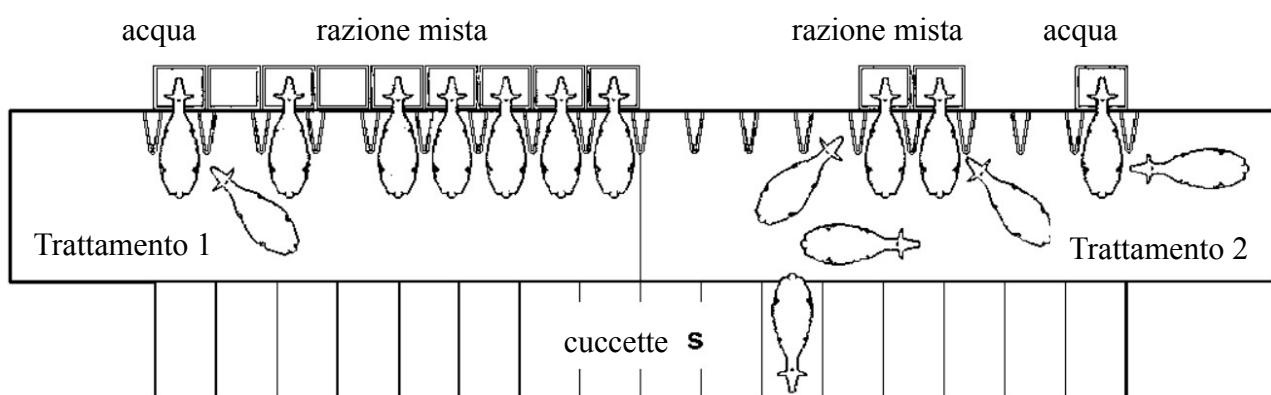


Figura 1.12 L'esperimento di Olofsson (1999).

Una razione mista foraggi-concentrati molto umida (sostanza secca compresa fra il 43 ed il 48% del tal quale) veniva distribuita in modo tale che l'alimento fosse sempre presente in mangiatoia affinché gli animali lo potessero consumare *ad libitum* (come si fa in molte aziende della Pianura Padana), ossia durante le due mangiture e, se necessario, anche a metà giornata nonché a mezzanotte, in condizioni climatiche verosimilmente simili a quelle del semestre freddo in Italia settentrionale.

Le bovine sottoposte a forte competizione alimentare compensarono il minor accesso alla corsia di alimentazione consumando quantità leggermente maggiori di alimento grazie ad un **significativo incremento del tasso di consumo** (+27%), ossia della quantità di razione consumata per unità di tempo. Pertanto l'aumento della competizione alimentare non si tradusse in un calo produttivo né in maggiori problemi di salute (nonostante più tempo venisse trascorso in piedi dalle bovine del secondo gruppo).

In caso di insufficiente numero di poste autocatturanti (Figura 3.6), se la razione viene distribuita in modo tale che ne sia sempre presente una quantità sufficiente in mangiatoia per evitare la competizione alimentare, da maggio ad ottobre, al fine di prevenire fenomeni di «riscaldamento» della stessa, è possibile formulare una TMR più asciutta, come quella del Box 3.1, che contiene ~ l'87% di sostanza secca. Tuttavia, occorrerà mettere in conto un significativo calo dell'ingestione volontaria, come dimostra il decremento della concentrazione di grasso nel latte prodotto in estate, dovuta al fatto che le bovine, in condizioni di stress da caldo, scartano la componente della TMR che libera la maggior quantità di calore di fermentazione, ossia il fieno. Occorre sottolineare, però, che il fatto che il latte prodotto nella stagione calda sia più magro (Figura 1.13) viene generalmente attribuito al consumo di erba, anche al pascolo, in estate.

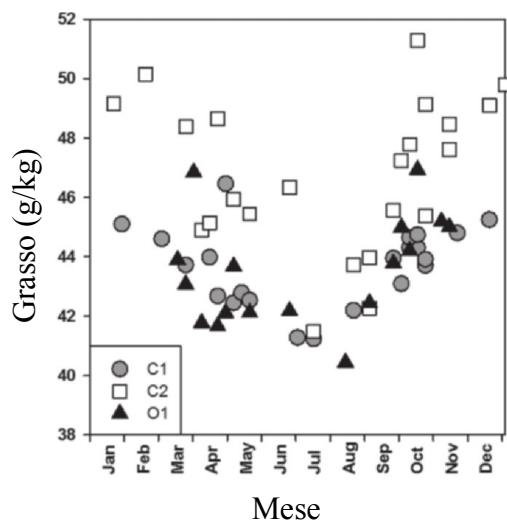


Figura 1.13 Variazione del contenuto di grasso nel latte prodotto in due aziende convenzionali (C1 e C2) ed in una biologica (O1) in Danimarca nel corso dell'anno. Da Larsen *et al.*, 2014.

Le bovine modificano il proprio comportamento per consumare la stessa quantità di alimento in minor tempo quando è necessario (Tabella 1.2), e ciò consente loro di ingerire la stessa quantità di sostanza secca anche in caso di competizione alimentare (Crossley *et al.*, 2017). Sono soprattutto le bovine subordinate a risentire dell'insufficiente numero di poste autocatturanti (DeVries *et al.*, 2004). **All'aumentare della competizione alimentare la quantità media di sostanza secca ingerita al giorno rimane pressoché invariata:** infatti, il minor tempo dedicato all'alimentazione viene compensato dal fatto che le bovine mangiano più velocemente (Tabella 1.2).

Il comportamento alimentare delle bovine è influenzato anche dal loro stato di salute: in caso di metrite o ritenzione placentare, gli animali mangiano di meno e rimangono in decubito nelle cuccette per più tempo (Figura 1.14).

	Livello della competizione alimentare		
	Basso (3 bovine / 3 autocatture)	Moderato (3 bovine / 2 autocatture)	Alto (3 bovine / autocattura)
Variabile			
<b>Tempo di alimentazione (min/die)</b>	202.6	194.9	<b>183.6</b>
<b>Tasso di alimentazione (kg di SS / min)</b>	0.16	0.18	<b>0.20</b>
Dry Matter Intake (kg/die)	29.3	29.0	29.1
<b>Criterio del pasto (min)</b>	38.3	36.2	<b>58.6</b>
Frequenza dei pasti (n°/die)	7.9	8.0	7.5
Intervallo tra un pasto e l'altro (min)	160.1	159.4	171.4
Consistenza del pasto (kg di SS / pasto)	3.9	3.9	4.3
<b>Durata del pasto (min)</b>	37.0	36.6	<b>47.3</b>
Pause durante i pasti (min)	10.0	10.8	20.3
<b>Sostituzioni (n°/die)</b>	2.7	3.6	<b>4.1</b>
Tempo di ruminazione (min/die)	514.1	513.9	511.6
Tempo dedicato al riposo (ore/die)	10.2	10.2	9.5

Tabella 1.2 Effetti di 3 diversi livelli di competizione sul comportamento alimentare, il tempo dedicato alla ruminazione ed al riposo in gruppi di bovine da latte di razza frisona. La frequenza dei pasti (n°/die) fu determinata in funzione del numero di intervalli di tempo fra una visita alla corsia di alimentazione e la successiva di durata maggiore della soglia (criterio del pasto) di ogni bovina. La durata dei pasti fu stimata come lasso di tempo intercorso tra l'inizio della sessione di alimentazione e la fine della medesima, indicata dal superamento del criterio del pasto. La dimensione del pasto (kg di SS / pasto) fu calcolata dividendo la DMI (Dry Matter Intake) per il numero dei pasti al giorno. Le sostituzioni sono definite come i casi in cui una vacca interagisce aggressivamente con un'altra, che stava occupando una posta autocatturante, e ne prende il posto. Da Crossley *et al.*, 2017.

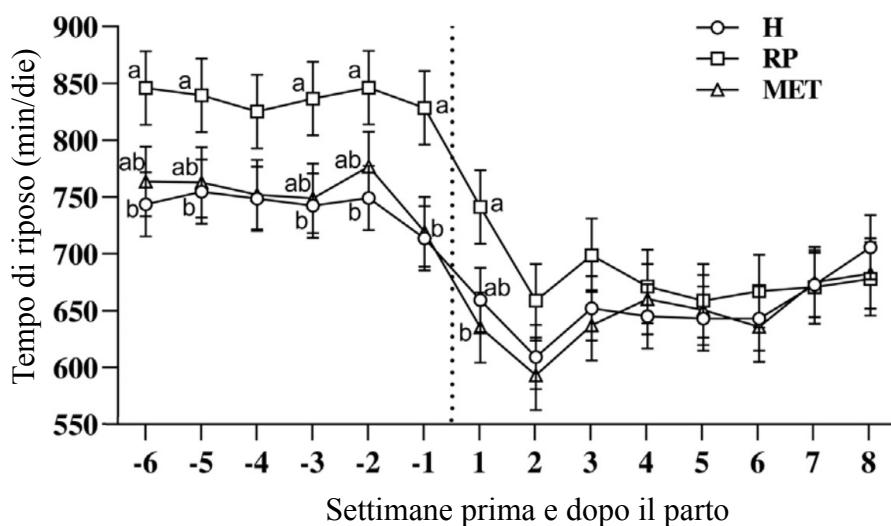


Figura 1.14 Tempo di riposo medio ( $\pm$  errore standard), in min/die, di bovine da latte di razza frisona, in funzione dello stato di salute: H, animali sani; RP, Ritenzione Placentare; MET, metrite.  
Da Cattaneo *et al.*, 2020.

## 2. ORGANIZZAZIONE AZIENDALE

### 2.1 Variazione della produzione di latte, della capacità d'ingestione e del peso corporeo delle bovine lattifere ad alta produzione in funzione del tempo trascorso dal parto

Nella Figura 2.1 è rappresentato l'andamento della quantità giornaliera di latte prodotta (<MILK PRODUCTION>), della capacità d'ingestione o Dry Matter Intake (<DMI>) e del peso corporeo (<BODY WEIGHT>) di una BLAP in funzione del tempo trascorso dal parto.

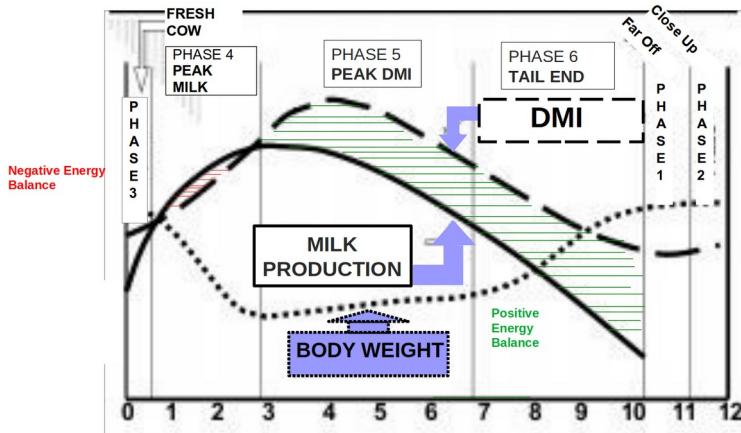


Figura 2.1 Andamento della quantità giornaliera di latte prodotta (<MILK PRODUCTION>), della capacità d'ingestione o Dry Matter Intake (<DMI>) e del peso corporeo (<BODY WEIGHT>) di una BLAP in funzione del tempo trascorso dal parto. Da Chase, 2005.

**MILK PRODUCTION:** il grafico della quantità di latte prodotta al giorno in funzione del tempo a partire dall'inizio della lattazione è definito «**curva di lattazione**». La secrezione di latte aumenta molto rapidamente all'inizio, attestandosi su valori molto elevati (picco di lattazione) durante il 3°-4° mese della lattazione, per poi diminuire progressivamente fino alla messa in asciutta.

**DMI:** il declino della capacità d'ingestione nella seconda metà della lattazione (PHASE 6), che avviene parallelamente al decremento della quantità di latte prodotta, è dovuto al fatto che l'animale mangia di meno poiché produce meno latte; la parete del rumine risponde a tale calo dell'ingestione volontaria di sostanza secca contraendosi, cosicché il volume del rumine si riduce (un po' come accade allo stomaco delle persone anoressiche) ma più lentamente rispetto alla velocità con cui diminuisce la produzione di latte. Il bilancio energetico, ossia la differenza fra la quantità di energia che «entra» nell'organismo con gli alimenti e quella che «esce» con il latte, della bovina diventa, pertanto, positivo e ciò consente all'animale di recuperare il peso che esso aveva perso precedentemente, nella fase 4 (PHASE 4).

**BODY WEIGHT:** il peso corporeo dell'animale si riduce notevolmente durante la fase 4; infatti, poiché le pareti del rumine si dilatano lentamente, l'aumento della capacità d'ingestione non riesce a tenere il passo con l'incremento produttivo. In altri termini, la DMI sale più lentamente rispetto alla MILK PRODUCTION. La differenza con cui tali variabili aumentano in funzione del tempo trascorso dal parto provoca uno sfasamento temporale fra il picco della MILK PRODUCTION (picco di lattazione o montata lattea) ed il picco della DMI; quest'ultimo verrà raggiunto con alcune settimane di ritardo rispetto al primo, quando, ormai, nella fase 5, la quantità di latte prodotta al giorno è già in declino. Pertanto, nella precedente fase 4 il bilancio energetico della bovina è negativo: il deficit energetico dovrà essere compensato attraverso la **lipolisi**, ossia la demolizione delle riserve di grasso corporeo,

cosicché l'animale dimagrisce, perdendo decine di kg di peso corporeo. Se la demolizione delle riserve lipidiche avviene troppo velocemente, si può verificare un disturbo metabolico definito «chetosi», che si manifesta attraverso l'eliminazione di sostanze dette «corpi chetonici» con le urine, inappetenza e calo produttivo.

## 2.2 La gestione della mandria

OBIETTIVO: un parto e, quindi, un picco di lattazione all'anno per bovina (Figura 2.2). Tale obiettivo, nelle moderne stalle da latte, non può essere raggiunto facilmente.

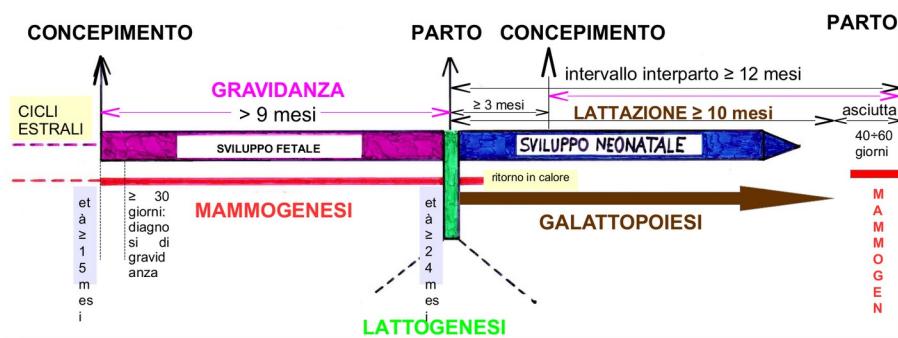
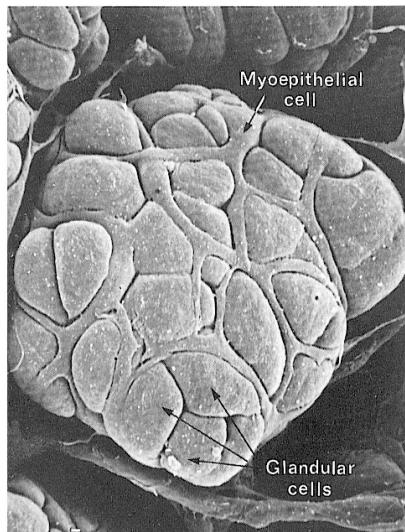


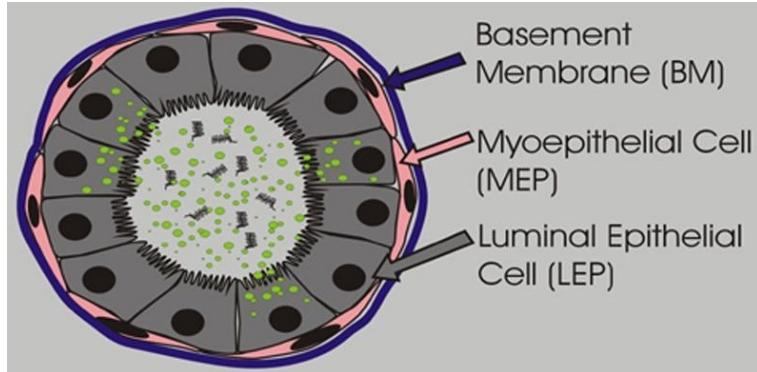
Figura 2.2 Schema del ciclo biologico di una femmina di mammifero: la cronologia si riferisce alla specie bovina.

**CICLI ESTRALI:** la regolare successione dei cicli estrali inizia quando la femmina raggiunge la maturità sessuale (cavalla: 18 mesi; bovina: 9÷12 mesi; pecora, capra e scrofa: 6 mesi) e si interrompe con il concepimento, ossia quando, in seguito alla fecondazione, si forma la prima cellula di un nuovo individuo, lo **zigote**. Il **corpo luteo**, infatti, produce un ormone, il **progesterone**, che, da un lato, mantiene le modificazioni istologiche che la lamina propria (strato connettivale) dell'endometrio ha acquisito durante il proestro, le quali consistono nell'aumento di numero (iperplasia) dei **fibroblasti**, nell'aumento delle loro dimensioni (ipertrofia), cosicché gli spazi intercellulari, in parte riempiti da proteine fibrose come le fibre collagene, sintetizzate dai fibroblasti stessi, e da altro materiale «amorfo» (privo di organizzazione strutturale precisa), diventano più ampi, fornendo lo spazio necessario allo sviluppo della rete vasale sottoepiteliale.

**MAMMOGENESI:** le mammelle hanno, inizialmente, una struttura primitiva e rudimentale ma, a partire dall'inizio della prima gravidanza, si assiste allo sviluppo degli alveoli mammari (Figura 2.3).



A



B

Figura 2.3 A) Alveolo mammario osservato con un microscopio elettronico a scansione; B) sezione equatoriale della medesima struttura. Stimolate dall'ormone ossitocina, prodotto dall'ipotalamo (una parte del cervello) alla vista del vitello oppure quando la mammella viene massaggiata prima dell'attacco del gruppo prendicapezzoli, le cellule mioepiteliali, che fasciano esternamente la parete degli alveoli, si contraggono provocando la fuoriuscita del latte dalla cavità di ogni alveolo al minuscolo condotto escretore al quale essa è collegata, il tubulo. Se il cluster dei prendicapezzoli venisse attaccato prima della scarica di ossitocina, il latte verrebbe trattenuto negli alveoli dalle forze di capillarità, con conseguente mungitura a vuoto.

Da <https://it.pinterest.com/pin/565905509399132576/>.

**DIAGNOSI DI GRAVIDANZA** a 30 giorni dal concepimento:

- per ECOGRAFIA;
- per ESPLORAZIONE RETTALE: si basa sulle diverse dimensioni del corno uterino gravido rispetto a quello non gravido.

**LATTOGENESI:** inizio dell'attività secretoria delle ghiandole mammarie, che producono prima il colostro, ricco di grassi e di anticorpi, e poi il latte.

**GALATTOPOIESI:** fenomeno per cui la secrezione del latte continua per tutto il tempo in cui una femmina viene munta o allatta la prole.

## 2.2.1 La fase di asciutta

Quando una bovina raggiunge la fine del 7° mese di gravidanza, deve essere messa in asciutta al fine di concedere, all'apparato mammario, un periodo di riposo funzionale della durata di 40÷60 giorni, durante il quale il tessuto ghiandolare (Figura 2.3), ormai logoro a causa dell'usura che l'intensa attività secretoria in corso da molti mesi inevitabilmente provoca, possa essere rinnovato.

Tecnica:

1) dopo l'ultima mungitura la bovina viene spostata dal settore della stalla che ospita le bovine che si trovano nella seconda metà della lattazione («stanche») a quello riservato alle bovine in asciutta (Figura 2.4): durante ogni distribuzione dell'**unifeed**, il miscuglio di alimenti che compongono la razione alimentare, il carro miscelatore inizierà a depositare il proprio contenuto dall'inizio della corsia di foraggiamento corrispondente al settore in cui si trovano le bovine in lattazione, «saltando» quello

riservato alle asciutte, il punto indicato dalla freccia nella Figura 2.4. Nel tratto precedente della corsia di foraggiamento, invece, verrà messo a disposizione delle asciutte fieno a volontà: il fieno, infatti, apporta una quantità molto limitata di energia e di sostanze nutritive, essendo ricco di fibra in gran parte «lignificata», non utilizzabile dai batteri cellulolitici (Figura 4.7), e che impone agli animali un lungo lavoro di rimasticazione.

2) allo scopo di prevenire l'insorgenza di **mastiti da asciutta**, nel dotto papillare di ogni capezzolo viene iniettato il contenuto di apposite siringhe, una pasta a base di antibiotico oppure, meglio ancora, di **subnitrato di bismuto** (Figura 2.4).

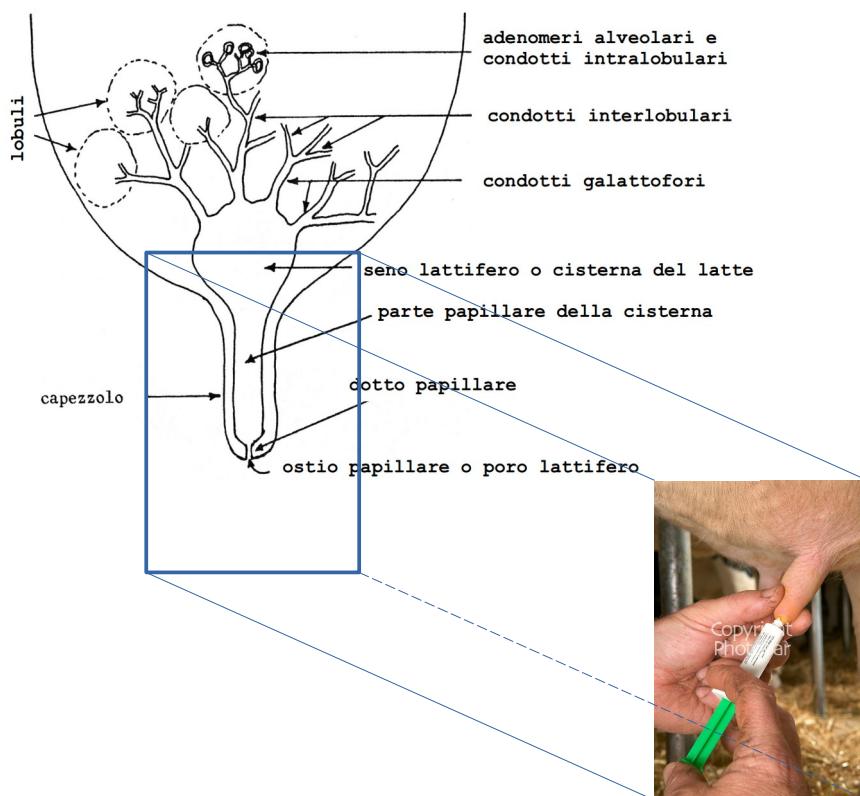


Figura 2.4 Per la prevenzione delle mastiti da asciutta una sostanza ad azione antibiotica viene immessa, tramite un'apposita siringa, nel dotto papillare di ciascun capezzolo dopo l'ultima mungitura. Da Barasa, 1997.

Infatti, l'arresto dell'attività secretoria delle ghiandole mammarie non è istantaneo ma il latte continua ad essere secreto per alcuni giorni, accumulandosi nel sistema cavitario di ogni mammella, in cui costituisce un eccellente terreno di coltura per i batteri che sono normalmente presenti nel latte. Alcuni di questi ultimi potrebbero essere patogeni e, pertanto, provocare un'«infezione» (mastite): quest'ultima, a propria volta, modificando la composizione chimica del latte ne ridurrebbe la qualità tecnologica, ossia l'attitudine alla caseificazione.

3) A partire dalla quarta settimana di asciutta, i vari alimenti che compongono la razione delle bovine in lattazione devono essere reintrodotti nella razione dell'animale, al fine di promuovere il graduale ripopolamento del rumine da parte di tutte quelle specie batteriche, come i batteri amilolitici, quelli che fermentano gli zuccheri (mono-, di- ed oligosaccaridi), quelli che degradano le proteine ecc., che erano stati eliminati in seguito al drastico cambio di alimentazione, ossia alla somministrazione esclusiva di fieno. In caso contrario il rumine non solo giungerebbe impreparato all'inizio della lattazione successiva dal punto di vista della composizione della propria microflora batterica, ma anche da quello delle sue dimensioni: il consumo di quantità crescenti di foraggi insilati, farine di estrazione e

sottoprodoti vari, infatti, provocando una graduale dilatazione del rumine favorisce il recupero di una capacità di ingestione adeguata ad affrontare la lattazione successiva. Negli ultimi 15 giorni dell'asciutta, infine, la bovina dovrà ricevere una razione più nutriente e ricca di energia (Tabella 2.1), grazie alla quale si assiste ad un ulteriore sviluppo dell'epitelio ruminale (Figure 2.5-2.6).

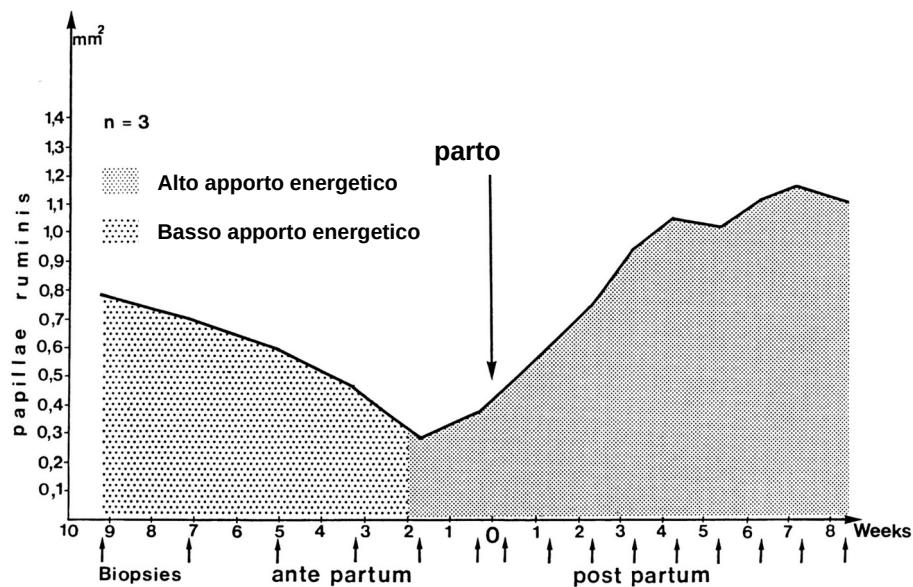
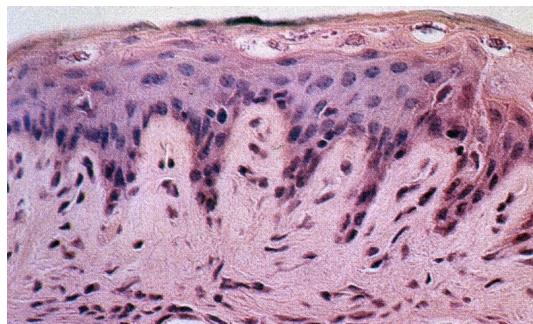
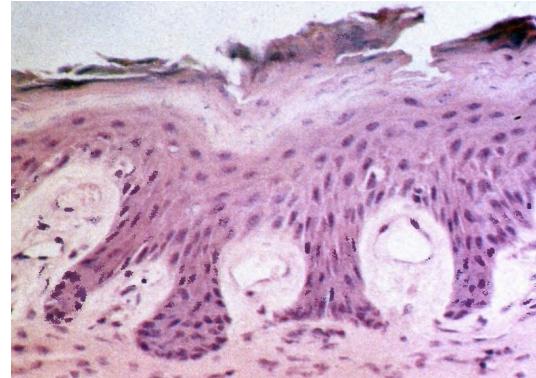


Figura 2.5 Variazione della sezione trasversale delle papille ruminali durante la fase di transizione.  
Da Dirksen *et al.*, 1985.



A



B

Figura 2.6 Sezioni istologiche di una papilla ruminale alla fine della prima fase dell'asciutta (fieno a volontà, A) ed alla fine del post partum (dieta ricca di energia): si noti l'aumento di spessore dell'epitelio ruminale.  
Da Dirksen *et al.*, 1985.

L'apporto di quantità crescenti di carboidrati facilmente fermentescibili a partire da ~ 2 settimane prima del parto e la contestuale riduzione degli alimenti fibrosi provoca una riduzione della secrezione di saliva e, pertanto, nel minor afflusso di sostanza ad azione tampone nel rumine. Siccome la produzione di acidi aumenta, il pH diminuisce. Ciò sposta l'equilibrio della reazione di dissociazione dei VFA verso la forma indissociabile, liposolubile, aumentando l'assorbimento dei VFA stessi (Figura 4.4), favorito anche dalla proliferazione della mucosa ruminale.

## 2.3 La fase di transizione

Il periodo di transizione, da tre settimane prima a tre settimane dopo il parto di una bovina da latte, assume un'importanza fondamentale sotto diversi aspetti: sanitario, produttivo ed economico. La maggior parte dei disordini metabolici, e non solo, si verifica, infatti, all'inizio della lattazione, la quale implica significativi cambiamenti nel metabolismo dei lipidi (Drackley, 1999), come si vedrà meglio in seguito.

In una ricerca condotta da Paudyal *et al.* (2016), 210 vacche frisone, ospitate presso la *Dairy Unit* dell'Università della Florida e provviste di apposito collare, furono sottoposte a monitoraggio automatico dei loro tempi di ruminazione dopo il parto. Gli animali facevano parte di una mandria di ~ 500 bovine in lattazione, del peso medio di ~ 680 kg, munte due volte al giorno con una produzione di ~ 10.000 kg/vacca per lattazione di latte corretto in grasso al 3,5% (45 kg/die). Delle 205 bovine che completarono lo studio, 137 (di cui 55 partorirono nella stagione calda e le restanti 82 in quella fredda, da novembre ad aprile) non furono affette da problemi di salute come distocia (difficoltà di parto), chetosi, ipocalcemia, metrite e mastite). In queste bovine sane, il tempo di ruminazione (*Rumination Time*, RT) medio durante gli ultimi 14 giorni prima del parto fu di  $428 \pm 3.6^1$  min/die nella stagione calda e di  $447 \pm 2.8$  min/die in quella fredda; tuttavia nei 14 giorni successivi al parto non furono osservate differenze per quanto riguarda l'RT fra bovine partorienti nelle due stagioni (Figura 2.8).

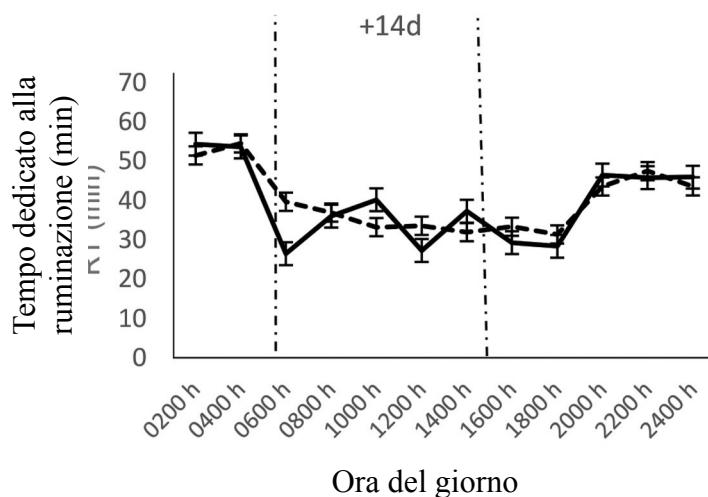


Figura 2.8 Tempo di ruminazione medio (ed errore standard) in bovine da latte sane a 14 giorni dal parto; le linee verticali indicano gli orari di distribuzione degli alimenti.

— Parto nella stagione fredda (novembre – aprile);  
- - - Parto nella stagione calda (giugno – settembre).

Da Paudyal *et al.* (2016).

I disturbi di salute clinicamente manifesti ridussero l'RT, ma senza un evidente effetto della stagione di parto.

<sup>1</sup> Errore standard.

Alimento	Razione (% della sostanza secca)	
	preparto	Postpartum
fieno	21.3	/
insilato di mais-sorgo	52.2	/
insilato di mais	/	35.7
insilato di lietto-triticale	/	9.5
trebbie di birra	13	9.5
polpa di agrumi	6.1	7.1
mais in granella	/	11.9
semi di cotone	/	4.8
farina di estrazione di colza	/	8.6
farina di estrazione di soia 47% PG <sup>\$</sup>	/	7.1
olio vegetale idrolizzato	/	1.0
integratore minerale postpartum	/	4.8
integratore minerale preparto	2.2	/
nucleo <sup>f</sup>	5.2	/
Profilo nutrizionale		
DM	11	19
Energia Netta di lattazione (Mcal/kg)	1.54	1.72
PG (%)	14.1	17.6
<b>NDF (%)</b>	<b>44.1</b>	<b>33.6</b>
ADF (%)	25.2	22.0
amido (%)	19.3	24.0
estratto eterico <sup>§</sup> (%)	3.9	5.5
Ca (%)	0.63	0.79
P (%)	0.34	0.42

Tabella 2.1 Esempio di composizione della razione di bovine da latte prima e dopo il parto.

\$ Proteina Grezza;

f 48.6% PG, 13.5% amido, 2.07% Mg, 1.22% K, 1.49% Na, 3.60% S, and 9.09% Cl;

§ grassi.

Da Paudyal *et al.*, 2016.

## 2.4 Rimonta interna vs esterna

- **Rimonta interna:** le bovine a fine carriera vengono sostituite con manze allevate;
- **rimonta esterna:** le manze vengono acquistate.

Nel caso delle **razze da carne**, o a **duplice attitudine**, allevate con un sistema estensivo basato sul ricorso massiccio ai foraggi, consumati al pascolo o in alpeggio, la **quota di rimonta**, ossia la percentuale degli effettivi presenti in azienda che deve essere rimpiazzata ogni anno, è piuttosto bassa, attestandosi intorno al 10÷15%, grazie alla longevità degli animali. Una vacca di razza Piemontese, per es., può figliare, eccezionalmente, anche all'età di 20 anni, quantunque poi non si riprenda dallo stress del parto e debba essere venduta.

Nelle **razze da latte**, al contrario, in particolare nelle BLAP, la quota di rimonta è molto più alta (30÷35%), non solo per la scarsa longevità delle bovine, sottoposte ad uno stress funzionale enorme, ma anche perché molte manze vengono vendute ancora prima di aver completato la loro prima lattazione per vari motivi (scarsa produzione, difetti morfologici, elevata predisposizione a contrarre mastiti, problemi podali o altre patologie).

### 2.4.1 Razze da latte, rimonta interna, prime cure dopo il parto ed allevamento delle vitelle

Tutte le vitelle vengono allevate.

Prime cure dopo il parto:

- 1) **controllare la pervietà delle vie aeree:** se sono ostruite da liquido amniotico, favorire l'espulsione di quest'ultimo tenendo l'animale solletato a testa in giù e massaggiando il collo; può anche essere utile un getto di acqua fredda sulle orecchie per stimolare il riflesso della ventilazione;
- 2) **disinfettare il cordone ombelicale** con uno spray apposito a base di antibiotico ad ampio spettro d'azione, ossia che ha azione battericida su molte specie di microrganismi patogeni;
- 3) separare il vitello dalla madre trasferendolo in un **box singolo da svezzamento** (Figura 2.6), per evitare che la vacca, non vedendo il proprio figlio, trattenga il latte a causa della mancata produzione di osxitocina da parte dell'ipotalamo (una parte del cervello);
- 4) somministrare il **colostro** delle bovine più vecchie della mandria, previo scongelamento: la quantità necessaria, pari a ~ 1 litro / 12 kg di peso corporeo, corrispondenti a ~ 3 l in un vitello di 35÷40 kg, dovrebbe essere suddivisa in due dosi da ~ 1,5 l, la prima delle quali dovrebbe essere assunta entro le prime 4 h di vita. Le immunoglobuline (anticorpi) materne contenute nel colostro, infatti, possono essere assorbite attraverso la mucosa intestinale del piccolo solo durante il primo giorno di vita;
- 5) Spostare in box singoli da svezzamento, per prevenire la trasmissione di malattie infettive e di infestazioni parassitarie (Figura 2.5).

## 2.5 Lo svezzamento

Dalla nascita allo svezzamento i giovani ruminanti vanno incontro a cambiamenti fisiologici e metabolici tremendi (AAVV, 2021).

Durante la fase pre-ruminante, la digestione e il metabolismo sono simili a quelli dei monogastrici, ed i fabbisogni nutritivi devono essere soddisfatti con alimenti liquidi di alta qualità. Il periodo più critico sono le prime due o tre settimane di vita, quando l'immaturo apparato digerente del vitello si sviluppa rapidamente, soprattutto per quanto riguarda l'attività delle ghiandole esocrine annesse al tubo digerente, deputate alla secrezione degli enzimi digestivi. Le vitelle delle razze da latte destinate alla rimonta dovrebbero iniziare precocemente a consumare alimenti solidi per stimolare lo sviluppo del rumine. Lo sviluppo dell'**epitelio ruminale** (Figura 1.2 E), responsabile dell'assorbimento dei prodotti finali delle fermentazioni batteriche, gli acidi grassi volatili<sup>2</sup> (*Volatile Fatty Acids*, VFA), è stimolato dai VFA stessi, in particolare dall'acido butirrico. Quindi, un mangime *starter* ricco di carboidrati facilmente fermentescibili supporta lo sviluppo del microbiota e delle sue fermentazioni, che sono necessarie per un corretto sviluppo del tessuto ruminale; quest'ultimo, assorbendo e metabolizzando i VFA, ne riduce la concentrazione nel rumine aumentando il pH all'interno del prestomaco a livelli adatti alla sopravvivenza ed all'insediamento dei **batteri cellullosolitici**.

L'allevamento della rimonta sta subendo un cambio di paradigma, dallo sviluppo di surrogati del latte materno a basso costo, destinati ai vitelli pre-ruminanti, all'anticipo dell'inizio della carriera produttiva delle manze. Tale obiettivo può essere conseguito mettendo gli animali in età prepubere, ossia le manzette nel primo anno di vita, nelle migliori condizioni per esprimere il proprio potenziale di crescita, in particolare per quanto riguarda la massa magra (muscoli scheletrici ed altri tessuti). Le ricerche più recenti, inoltre, dimostrano che l'alimentazione delle vitelle durante lo svezzamento ha effetti di lunga durata sulla crescita e sulle prestazioni produttive future (Smith, 2005).

I fabbisogni principali per la crescita sono quello energetico e quello proteico. Infatti la crescita in altezza ed in peso, grazie alla produzione di osso, muscolo e grasso, avviene solo se gli apporti di energia e di proteina sono superiori a quelli necessari per il mantenimento. Il fabbisogno energetico di mantenimento è la quantità di energia necessaria per far sì che le funzioni cellulari possano continuare a svolgersi senza che il peso corporeo cambi. Bisogna prima determinare quanta energia è necessaria per il mantenimento (*Net Energy for maintenance*, NEm) e per la crescita (*Net Energy for growth*, NEg), quindi si calcola l'apporto energetico per unità di alimento. La prima ammonta a 0,086 Mcal / kg di peso metabolico<sup>3</sup>, mentre la seconda dipende dalla taglia nonché dal tasso di crescita e tiene conto dell'efficienza con cui l'energia degli alimenti viene utilizzata. Comunque, per esprimere tali fabbisogni si usa comunemente l'Energia Metabolizzabile (*Metabolizable Energy*, ME); la differenza fra la NE e la ME è il calore perso durante il metabolismo che, tra l'altro, è diverso per il mantenimento e per la crescita<sup>4</sup>. L'efficienza di utilizzo della ME dipende anche dal tipo di alimento e, quindi, dall'età dell'animale.

---

2 Si veda più avanti.

3  $(\text{Peso corporeo})^{0,75}$ .

4 Nelle bovine in lattazione, invece, l'efficienza di utilizzo della ME è la stessa per il mantenimento e per la lattazione, cosicché si sua la NEI (Energia Netta di lattazione) in entrambi i casi.

	Energia Metabolizzabile (Mcal / kg di peso metabolico)	
	latte	mangime <i>starter</i>
mantenimento	0,1	0,115

Tabella 2.2 Fabbisogno di mantenimento dei vitelli in Energia Metabolizzabile (Mcal/kg<sup>0,75</sup>).

L'efficienza con cui i vitelli in fase di svezzamento utilizzano l'Energia Metabolizzabile dipende dal tipo di alimento. Per quanto riguarda il **mantenimento**, nel caso del latte o di sostituti del latte è dell'86% ed il fabbisogno in ME di vitelli alimentati con latte è di 0.1 Mcal/kg<sup>0,75</sup>, mentre nel caso del mangime da svezzamento, detto «*starter*», è solo del 75%, cosicché il fabbisogno in ME sarà leggermente più elevato dopo lo svezzamento: 0.115 Mcal/kg<sup>0,75</sup> (Tabella 2.2).

Per l'accrescimento (incremento di peso), l'efficienza è del 69% per il latte o sostituti del latte e del 57% per il mangime *starter*.

Durante lo svezzamento si assiste a:

- 1) sviluppo dei prestomaci;
- 2) insediamento della microflora (batteri) e microfauna (protozoi) del rumine-reticolo;
- 3) differenziazione delle papille della mucosa dei prestomaci;
- 4) regressione del meccanismo della doccia esofagea.

**Riflesso della doccia esofagea:** la doccia esofagea è una plica muscolare che si estende dal cardias all'omaso, convoglia il latte direttamente dall'esofago all'abomaso. Così facendo, nel vitello, si evita la caduta ed il ristagno del latte nel rumine-reticolo, che causerebbe meteorismo, irritazione della mucosa e diarrea. La chiusura della doccia esofagea si verifica quando l'animale assume alimenti liquidi, precisamente sotto il riflesso della suzione, poppata con testa protesa in avanti ed in alto. Questo riflesso si mantiene attivo per diversi anni se adeguatamente stimolato.



Figura 2.5 Box singoli da svezzamento.

Durante la fase di alimentazione lattea il volume dell'abomaso è  $\approx$  70% del pacchetto gastrico, mentre i prestomaci (rumine, reticolo e omaso) ne rappresentano il 30%; mentre durante lo svezzamento omaso ed abomaso crescono con ritmo proporzionale a quello corporeo (accrescimento isometrico), rumine e reticolo presentano un ritmo di accrescimento 4 volte maggiore a quello del corpo (accrescimento allometrico): a due mesi di età l'abomaso rappresenta il 30% del volume totale, i prestomaci il 70% (Figura 2.6).

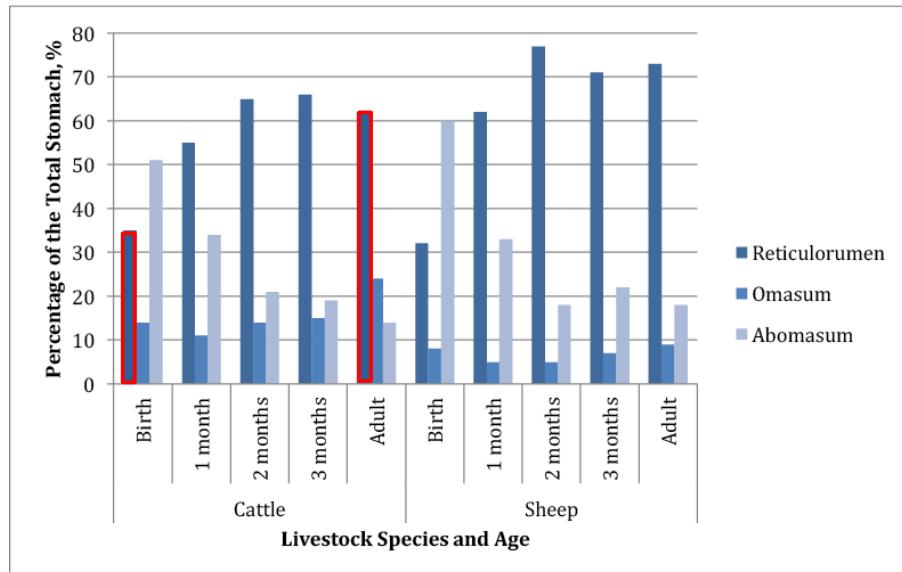


Figura 2.6 Lo sviluppo relativo, ossia la percentuale del volume complessivo del pacchetto gastrico, dei primi due prestomaci, reticolo e rumine, e, rispettivamente, dell'abomaso, si inverte durante lo svezzamento. Fonte: <https://cdn.globalagmedia.com/contents/09-08-11Image4.gif>.

### 2.5.1 Caratteristiche di un mangime da svezzamento

- Appetibilità (cruscami, melasso di barbabietola e cloruro di sodio);
- elevato apporto energetico (0,9 UFL/Kg tal quale): materie prime ricche di glucidi (cereali come mais e orzo);
- alta digeribilità;
- elevato apporto proteico (16÷18%);
- fonti azotate di elevato valore biologico: farina di estrazione di soia o di girasole;
- fibra (8÷15%): cruscami e panello di lino, farina medica disidratata, buccette d'uva, tutoli di mais macinati, paglia di frumento;
- elementi minerali;
- vitamine.

COMPONENTI	%
farina di mais	25,5
farina di estrazione di girasole	14,4
farina di estrazione di soia	10,0
crusca di frumento	9,5
polpe secche di bietola	9,0
farina di orzo	8,5
carrube	5,0
farina di medica disidratata	4,6
melasso	3,0
panello di lino	2,0
buccette d'uva	2,0
fosfato bicalcico	1,8
carbonato di calcio	1,0
bicarbonato di sodio	0,5
cloruro di sodio	0,5
integratore vitaminico-minerale	0,7
lignosulfito	2,0

Tabella 2.3 Esempio di composizione di un mangime da svezzamento per vitelli.

Box 2.1. **Cartellino di un mangime**

L'**Energia Lorda** (EL) di un alimento può essere stimata a partire dai dati relativi alla sua composizione chimica per i rispettivi valori calorici, **riportati nei cartellini dei mangimi**:

**PROTEINA GREZZA:** contenuto di azoto dell'alimento moltiplicato per 6,25;

**GRASSO GREZZO:** la determinazione del contenuto lipidico degli alimenti viene effettuata mediante estrazione delle sostanze grasse in etere etilico. L'estratto eterico comprende, oltre alla quasi totalità dei lipidi, anche sostanze non lipidiche quali idrocarburi, oli eterei e pigmenti;

**FIBRA GREZZA:** (cellulosa + emicellulosa + lignina).

## 2.5.2 Età dello svezzamento nelle varie specie animali

	BOVINI DA CARNE / SANATI			OVICAPRINI		SUINI		CONIGLI	
	5÷8 mesi			CAPRETTI / AGNELLI DA LATTE	RIMONTA / AGNELLONE PESANTE (25÷40 Kg)	TRADIZIONALE	ALLEVAMENTO INTENSIVO	ALLEVAMENTO SEMI-INTENSIVO	ALLEVAMENTO INTENSIVO
				30÷50 gg	NATURALE (3÷4 MESI)	2 MESI	21÷28 gg	35÷40 gg	28÷30 gg
	<b>VITELLE DI RAZZE DA LATTE DESTINATE ALLA RIMONTA</b>					<b>BIOLOGICO</b>			
	TRAD.	PRECOCE	PRECOCISSIMO			49 gg			
INIZIO SOMMI NISTRAZIONE ALIMENTI SOLIDI	15÷20 gg	10÷15 gg	10÷15 gg						
INIZIO RIDUZIONE LATTE	55÷60 gg	35÷38 gg	28÷30 gg						
FINE SOMMI NISTRAZIONE LATTE	70÷75 gg	48÷52 gg	42÷44 gg						

Tabella 2.4 Età dello svezzamento in alcune specie animali. Da Bittante, *et al.* (2005).

## 2.6 Post svezzamento

Alla fine dello svezzamento i vitelli venono spostati su lettiera permanente (Figura 2.7).



Figura 2.7 Dopo essere stati svezzati i vitelli delle razze da latte vengono spostati in box multipli a lettiera permanente.

La dieta è costituita da mangimi e foraggi. L'obiettivo è quello di un incremento armonico: a 6 mesi le ♀♀ di razza lattifera dovrebbero pesare 170 Kg, mentre i ♂♂ destinati alla produzione di carne 200 Kg.

## 2.7 Allevamento della manza ed età della prima inseminazione

Fattori da cui dipende l'età di comparsa del 1° calore:

- sesso: le ♀♀ sono più precoci dei ♂♂;
- razza: le razze da latte sono più precoci di quelle da carne (frisone e brune: 8÷10 mesi; pezzate rosse: 10÷12 mesi; razze da carne: 12÷16 mesi);
- alimentazione:
  - se inadeguata ai fabbisogni rallenta la crescita ritardando la pubertà (ovaie ipoplasiche);
  - se eccessivamente energetica accelera la crescita ma con accumulo di grasso sottocutaneo e periviscerale → compromissione funzionalità ovarica;
- ambiente (condizioni igieniche e (micro)climatiche, malattie, stress).

**OK accrescimento ponderale 600÷800 g/dì** (Tabella 2.4):

normale sviluppo apparato riproduttore;  
elevata fertilità delle manze.

Non inseminare ai primi calori!

- Nei ♂♂ lo sperma viene prodotto con continuità dal p.d.v. quantitativo e delle caratteristiche qualitative dopo ≠ settimane dalla prima eiaculazione.
- Nelle ♀♀ se peso alla F.A. < 260÷300 Kg → difficoltà di parto e interferenza con lo sviluppo corporeo della madre → < produzione lattea in prima lattazione.

Esigenze contrapposte:

- **tecnica**, di sufficiente maturità somatica e sessuale;
- **economica**, di riduzione della durata del periodo prepubere.  
OK 50÷66% del peso da adulto all'inizio della gravidanza se alimentazione adeguata.

Max fertilità 8÷24 ore dopo l'inizio del calore.

Quindi, l'età della prima inseminazione è:

- nelle RAZZE DA LATTE: 14÷15 mesi, quando la manza pesa 350÷360 Kg, affinché essa partorisca a due anni;
- nelle RAZZE DA CARNE (come la Piemontese): 15÷18 mesi, per ridurre le difficoltà di parto conseguenti ad un insufficiente sviluppo somatico, ossia ad un bacino troppo stretto; nella Piemontese le manze vengono inseminate con dosi di TORI DA CARNE, ossia di tori le figlie ed i figli dei quali nascono facilmente essendo snelli e longilinei; tuttavia, queste vitelle che nascono facilmente non potranno essere destinate alla rimonta, ossia ad essere allevate per rimpiazzare le bovine a fine carriera: esse, infatti, hanno una groppa stretta e, pertanto, partorirebbero con difficoltà.

FASE DI CRESCITA						
0÷3 giorni				Assunzione colostro		
				GRASSI	FIBRA	PG
				%		
svezzamento: 4÷60 giorni	latte in polvere (10% del PV)	capretti	22÷24		22÷24	
			15÷18	0,1	20÷24	
	mangime (1,5÷2 Kg a 60 gg)	vitelli	3÷4	8÷15	16÷18	
ALIMENTO (Kg)		fieno 1° taglio	silomais	paglia		mangime (19% PG)
post-svezzamento (80÷200 Kg)	periodo prepubere	4	-	-		1,5
200÷300 Kg	primi calori	4	6	1		0,6
300÷500 Kg	gravidanza	5	10	1,5		0,9

Tabella 2.5 Schema di razionamento di vitelle e manze BLAP.

## 2.8 Bovine da latte, rimonta interna: casi possibili

1) **Il prezzo del latte è alto:** conviene inseminare tutte le bovine con dosi di sperma di tori della razza materna, ossia quella da latte allevata nell'azienda, e tenere le bovine per non più di 2÷3 lattazioni allo scopo di ringiovanire la mandria riducendo l'incidenza dei problemi sanitari (mastiti, zoppie ecc.). Le bovine verranno, pertanto, vendute per la macellazione, previo ingrassamento, al peso di ~7÷8 q.li, con un ricavo di 1000÷1100 €.

2) **Il prezzo del latte è basso:** in questo caso è possibile compensare lo scarso introito derivante dalla vendita del latte inseminando un certo numero di bovine con dosi di sperma di una razza da carne come la Belga, la razza incrociante più utilizzata nelle stalle da latte piemontesi, o la Piemontese. Sarà, tuttavia, necessario assicurare la rimonta interna: se, per es., quest'ultima ammontasse al 30%, almeno l'80% delle bovine dovranno essere inseminate da tori della razza da latte materna (Frisona, Bruna ecc.), al fine di garantire la nascita di ~ 40 vitelle di razza pura, sempre che ogni bovina partorisca una volta all'anno; in caso contrario il numero di vitelle e, quindi, di manzette e manze disponibili sarà minore: si ridurrebbe, così, il margine per poter effettuare un minimo di selezione, ossia per scegliere le manze più belle e produttive vendendo le altre.

## 2.9 Bovine da latte, rimonta esterna

La **rimonta esterna** può essere una scelta obbligata, qualora, per motivi legati all'**ipofertilità delle vacche** e/o ad **elevati tassi di mortalità delle vitelle**, le esigenze della rimonta non possano essere soddisfatte allevando un numero sufficiente di animali giovani; oppure può essere una strategia adottata dall'allevatore, la convenienza della quale dovrebbe essere sottoposta ad un'attenta valutazione costi/benefici.

**COSTI:** a condizione che il prezzo del latte sia abbastanza elevato, un mercato attivo esiste solo per le manze a termine gestazione, gravide di 7÷8 mesi, e per le primipare fresche di parto. Mentre le prime costano ~ 1700 €, il prezzo delle seconde ammonta a ~ 2000 €; queste ultime, infatti, possono essere messe in produzione fin da subito ed il loro acquisto comporta, per l'azienda di destinazione, da un lato un risparmio nei costi di mantenimento degli animali fino al momento del parto e, dall'altro, minori spese e rischi grazie al fatto che le manze partoriscono nell'allevamento di origine.

**BENEFICI:** sono dupli:

- 1) non sarà necessario allevare le vitelle nate in azienda ma tutte potranno essere vendute, con il conseguente risparmio di spazio e di rischio sanitario, poiché la mortalità degli animali si concentra nei primi mesi di vita;
- 2) tutte le vacche della mandria potranno essere inseminate con tori da carne, come quelli della razza Belga, ottenendo vitelli ibridi che, se venduti scolostrati all'età di ~ 2 mesi ed al peso di ~ 80 kg, possono valere fino a 400 €, ossia appena 100 € in meno rispetto a soggetti di razza Piemontese allevati in purezza.

## 2.10 Ripresa dell'attività ovarica ciclica

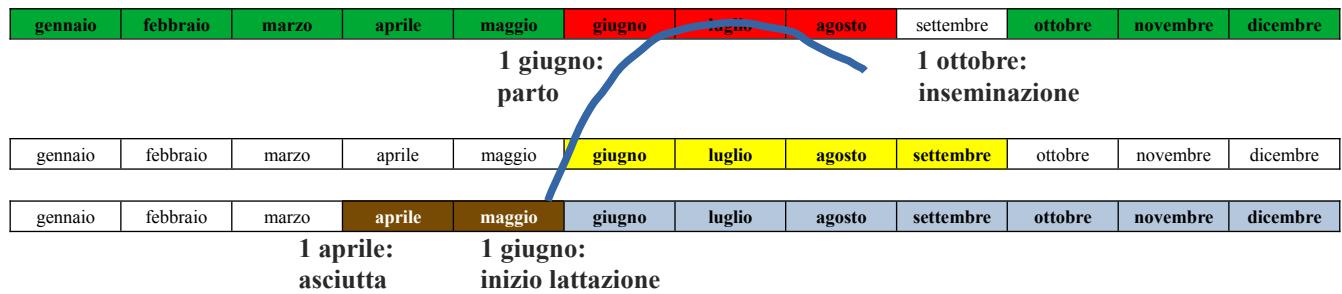
L'attività ovarica ciclica, che si era interrotta nel momento della fecondazione, dovrebbe riprendere entro ~ 6 settimane; infatti, affinché ogni bovina partorisca una volta all'anno, è necessario che il ciclo biologico dell'animale si completi in un anno solare. Esso è formato dalla gravidanza, la cui durata, di ~ 9 mesi, è determinata geneticamente e può variare al massimo di qualche giorno, e dall'intervallo di tempo durante il quale la bovina non è gravida, il **parto-concepimento**, ossia l'arco temporale compreso fra la fine di una gravidanza e l'inizio di quella successiva. La nuova gestazione, allora, dovrà iniziare entro 3 mesi dal parto precedente, ma ciò è problematico per i seguenti motivi:

**Ipofertilità:** le BLAP pluripare, ossia le bovine da latte ad alta produzione che hanno già partorito almeno una volta, sono poco fertili: il frequente ritorno in calore di una bovina sottoposta ad IS (inseminazione strumentale) comporta la necessità di ripetere l'intervento a distanza di ~ 21 giorni, poiché questa è la durata del ciclo estrale nella specie bovina.

**Ritenzione placentare:** se la parte fetale della placenta (corion) viene trattenuta nell'utero, del tutto o in parte, il muco cervicale sarà opaco a causa della concomitante infezione uterina (**metrite**). In questo caso, la bovina non può essere inseminata: infatti, ammesso che la fecondazione si verifichi, la blastula non potrebbe impiantarsi nell'endometrio, ossia attaccarsi saldamente allo strato più interno della parete uterina, poiché l'epitelio dell'utero sarebbe, almeno in parte distrutto, a causa dell'azione dei batteri responsabili dell'infezione; in altri termini, l'ambiente uterino non sarebbe favorevole allo sviluppo dell'embrione. Il rischio di ritenzione placentare è più elevato in estate; pertanto, molti allevatori non inseminano le bovine nei mesi autunnali affinché non partoriscano nella stagione calda ma, così facendo, non sarà possibile ottimizzare il valore dei parametri che influenzano maggiormente l'efficienza riproduttiva della mandria, ossia la durata del periodo parto-concepimento e, quindi, dell'interparto. Si supponga, per es., che una bovina abbia partorito il primo di giugno e che abbia un calore 'pulito' (muco cervicale trasparente) il primo di ottobre (Figura 2.8). Il primo di luglio dell'anno

successivo partorisce ma va incontro a ritenzione placentare, con un esborso di 200 € per l'allevatore (in farmaci e mancata produzione). Quest'ultimo, alla luce di tale esperienza, decide di posticipare l'inseminazione al primo dicembre: la bovina, nell'anno successivo, partorà il primo di settembre ed, eventualmente, non avrà problemi di ritenzione placentare; in questo caso, l'interparto è, quindi, l'intervallo di tempo compreso fra due picchi di lattazione, sarà di 14 mesi, allontanandosi sempre più dal valore ottimale di un anno. Ciò implica un allungamento della frazione di ogni anno solare durante la quale la produttività di ogni bovina è minore di quella potenziale, ossia della quantità di latte che essa potrebbe produrre in base alle proprie caratteristiche genetiche.

## Anno 2024



## Anno 2025

Lattazione: 11 mesi  
 Parto-concepimento: 4 mesi  
 Interparto: 13 mesi  
 (un picco di lattazione ogni 13 mesi)  
**Ritenzione placentare: 200 €**



## Anno 2026

Lattazione: 12 mesi  
 Parto-concepimento: 5 mesi  
 Interparto: 14 mesi  
 (un picco di lattazione ogni 14 mesi)



Figura 2.8 Si veda la spiegazione nel testo.

- alto rischio di ritenzione placentare
- gravidanza
- lattazione
- asciutta
- parto-concepimento

### 3. COME TRADURRE LE ESIGENZE DEGLI ANIMALI IN SCELTE ORGANIZZATIVE E PROGETTUALI

#### 3.1 Tipi di stabulazione 3.1.1 Stabulazione fissa

- Vantaggi: 1 m<sup>2</sup> di superficie coperta in meno per capo; nessuna competitività per riposo o alimentazione.
- Svantaggi: impedisce il movimento.
- Dimensione delle poste. Lunghezza: 155÷240 cm; larghezza: 105÷120 cm (Figura 3.1).



Figura 3.1 La stabulazione fissa rappresenta una soluzione eccellente per il benessere... delle rondini, un po' meno per quello delle bovine.

#### 3.1.2 Stabulazione libera

La zona di riposo in una stalla moderna è allestita secondo il principio della **stabulazione libera**. Essa dev'essere progettata, costruita e gestita in modo appropriato affinché risulti confortevole per le bovine. La funzione della stabulazione libera è duplice. Innanzitutto, deve fornire un ambiente pulito ed asciutto per la mammella dell'animale; un ambiente umido e sporco favorisce la proliferazione di microrganismi che possono influenzare negativamente la salute dell'apparato mammaria, la qualità del latte. Inoltre, le condizioni di stabulazione devono provvedere un'area di riposo confortevole per la bovina affinché quest'ultima la utilizzi in modo regolare. Una bovina deve sentirsi sicura nell'entrare, girarsi, riposare, alzarsi ed uscire dalle cuccette, diversamente sarà dissuasa dall'utilizzarle. Dimensioni precise (Figure 3.2, 3.3) devono essere rispettate al fine di creare una cuccetta «*cow-friendly*», che massimizzi l'accettazione ed il regolare utilizzo da parte della maggioranza delle bovine senza compromettere in modo significativo la pulizia delle cuccette.

Il fondo della mangiatoia rialzato rispetto al piano di calpestio, e dotato di autocatturanti (Figura 3.2).

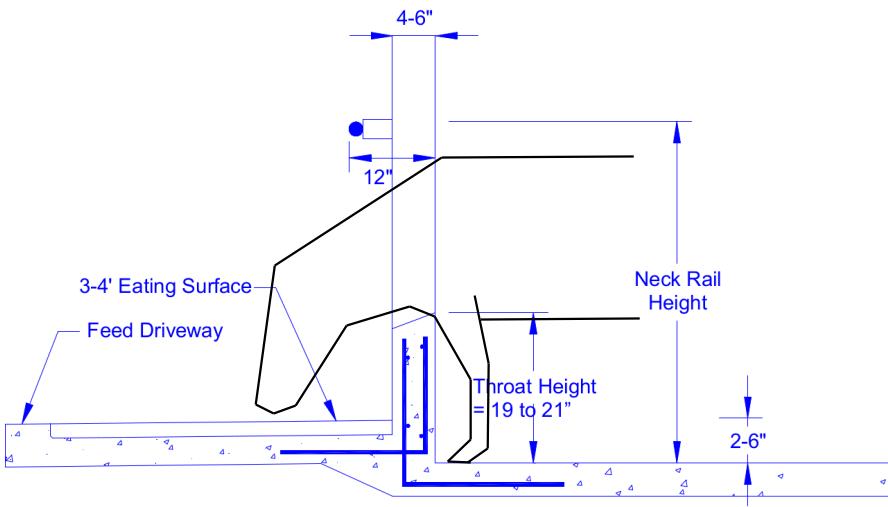


Figura 3.2 Dimensioni raccomandate per il sistema di alimentazione. Osservazioni recenti fatte negli Stati Uniti consigliano di spostare l'autocatturante in avanti di ~ 12 pollici (~ 30,5 cm). La distanza raccomandata dell'autocatturante dal piano di calpestio della corsia di alimentazione è di 48 pollici (~ 122 cm, «Neck Rail Height»); la larghezza della mangiatoia è di 3÷4 piedi (91÷122 cm); la corsia di foraggiamento dovrebbe essere rialzata di 2÷6 pollici (5÷15 cm) dal piano di calpestio; h della gola (h inferiore dell'autocatturante): 19÷21 pollici (48÷53 cm). Da Gooch, 2005.

La zona di riposo è suddivisa in poste singole, dette **cuccette**, di forma rettangolare, separate fra loro da **battifianchi a bandiera**, costituiti da due sbarre orizzontali in ferro zinkato, dette **correnti**, collegate da una sbarra verticale ricurva; la sbarra più bassa dovrebbe trovarsi a 30÷35 cm da terra, mentre quella superiore a 114÷119 cm. Il tipo di battifianco più diffuso è il «**wide span**», sagomato in modo da non comprimere il fianco dell'animale in decubito sternale nella cuccetta (Figura 3.3).

Le dimensioni delle poste devono essere tali da risultare confortevoli nonché di facile accesso; la larghezza, pari a ~ 100 cm per le primipare ed a ~ 125 cm per le pluripare, non deve consentire alla bovina di girarsi dopo essere entrata nella cuccetta; la lunghezza, invece, non dipende solo dall'età e, quindi, dalle dimensioni corporee degli animali, ma anche dalla loro disposizione nonché dal tipo di battifianco (Tabella 3.1).

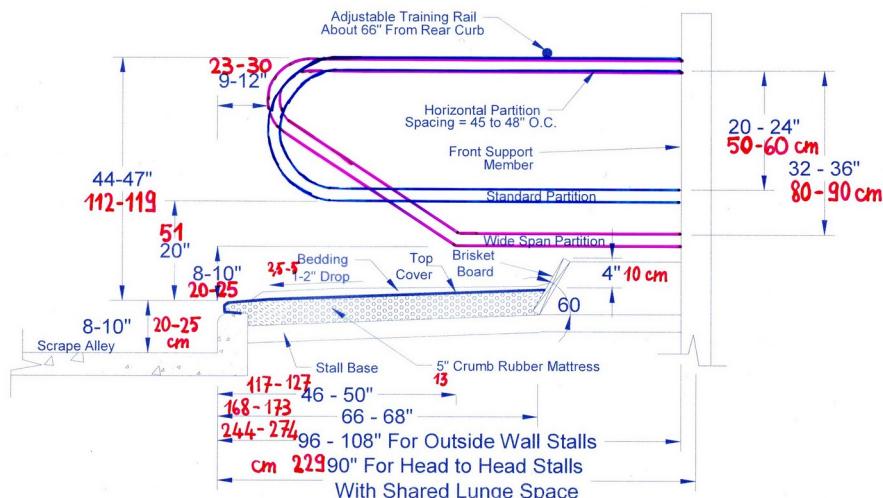


Figura 3.3 Struttura e dimensioni di una cuccetta (da Gooch, 2005).

BATTIFIANCO	DISPOSIZIONE	PRIMIPARE	PLURIPARE
Wide Span	Testa a testa	185	230
	Contro parete	195	245
Standard	Contro parete	210	260

Tabella 3.1 Lunghezza ideale delle cuccette (in cm).

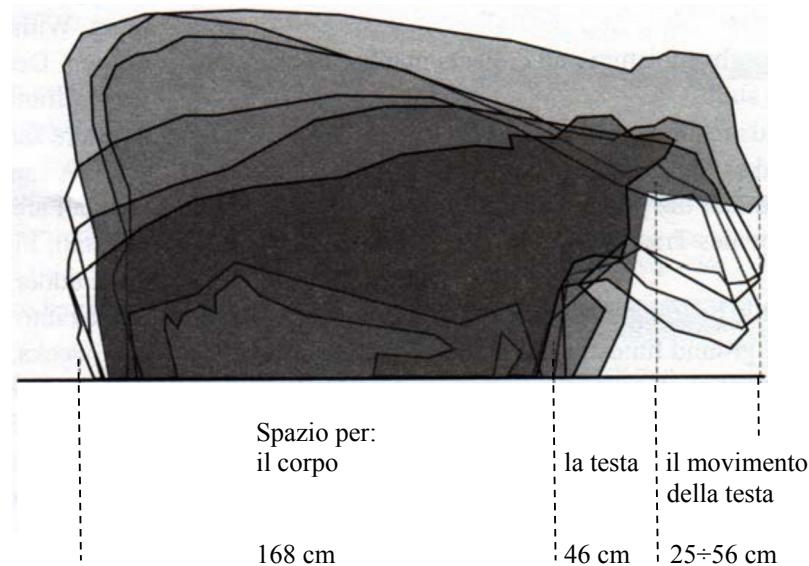


Figura 3.4 Movimento compiuto da una bovina per alzarsi (da Gooch, 2005). Se le cuccette sono disposte «testa a testa», lo spazio per il movimento della testa è condiviso; in questo caso, la lunghezza della cuccetta può essere ridotta a ~ 230 cm.

L'aspetto più cruciale per l'accettazione della cuccetta è uno **spazio adeguato per il movimento in avanti della testa che l'animale compie per alzarsi** (Figura 3.4). Tale spazio può essere fornito o davanti o di lato alla bovina, ma l'esperienza insegna che gli animali preferiscono sollevare la testa anteriormente piuttosto che muoverla di lato quando si alzano. Il battifianco standard agisce da barriera ostacolando il movimento laterale della testa: pertanto le cuccette delimitate da questo tipo di battifianco dovranno essere più lunghe. Con il battifianco Wide Span, invece, lo spazio verticale libero tra il corrente inferiore e quello superiore è maggiore (81÷91 cm), e le cuccette potranno essere, conseguentemente, più corte.

L'**«allineatore»** (*adjustable training rail*, Figura 3.3) è una sbarra orizzontale regolabile che viene posizionata a ~ 168 cm dal bordo posteriore della cuccetta per ostacolare la progressione della bovina durante il suo ingresso nella cuccetta: quando l'animale lo urta, non potendo proseguire ulteriormente, si sdraiaria.

Il **«cuscino»** (*brisket board*) è un'area posta nella parte anteriore della cuccetta, sopraelevata rispetto allo spazio per il corpo di ~ 10 cm, che ha la funzione di impedire alla bovina di sdraiarsi troppo avanti nella cuccetta, soprattutto nelle cuccette lunghe, imbrattando la lettiera di feci. La stessa cosa accade se l'allineatore è posizionato troppo avanti; viceversa, se quest'ultimo si trova in posizione troppo arretrata

la bovina si sdraierà troppo indietro, cosicché il suo apparato mammario risulterà compresso fra il tronco dell'animale ed il cordolo posteriore.

Il **cordolo posteriore** dovrebbe essere alto 10÷30 cm e largo ~ 20 cm per offrire una superficie di appoggio durante il passaggio dal decubito alla stazione eretta; esso deve trattenere il materiale di lettiera nella cuccetta ed impedire che il piano di riposo venga imbrattato dalle deiezioni sospinte dal raschiatore.

Il **piano di riposo** dovrebbe avere una pendenza massima del 2% dall'avanti all'indietro (verso la corsia di servizio) per facilitare il deflusso delle deiezioni liquide e fare in modo che i visceri addominali gravino meno sul diaframma.

Per essere frequentate dalle bovine, le cuccette devono essere confortevoli: la superficie sulla quale giace l'animale dev'essere pulita ed asciutta affinché la mammella si trovi in buone condizioni igieniche, e comoda, in modo tale che la bovina utilizzi la cuccetta volentieri per molte ore al giorno. Quest'area della zona di riposo è quella più influenzata dalla filosofia gestionale quotidiana dell'allevatore e dalla diligenza degli addetti alla cura degli animali, che dovrebbero rimuovere la lettiera imbrattata da materiale fecale e livellare la paglia, che tende ad accumularsi nella parte anteriore e al fondo della cuccetta, due o tre volte al giorno, aggiungendo paglia pulita se necessario, nella quantità di 1,5÷2 kg, e deve formare uno strato spesso 15÷20 cm.

La frequentazione delle cuccette da parte delle bovine è condizionata dal grado di confort che le prime sono in grado di offrire, il quale dipende dai materiali utilizzati per la pavimentazione e per la lettiera.

Le bovine dedicano alla ruminazione la maggior parte del tempo che trascorrono in decubito nelle cuccette (~ 14 ore al giorno), tanto che sussiste una **stretta relazione fra il tempo di riposo e la quantità di latte prodotta** (Box 3.1).

Quando le bovine non riposano nelle cuccette, stanno in piedi o camminano. Stare in piedi per troppo tempo riduce l'afflusso ematico all'organo digitale, mentre un'eccessiva deambulazione consuma la suola, che diventa sottile e si ulcera facilmente, infettando il derma sottostante.

Le bovine sono spinte a camminare da varie motivazioni: spostamenti da e per la mangiatoia, la vasca per l'abbeverata e la postazione di mungitura, per cercare compagnia, rifugio, spazio per riposarsi e partners sessuali; altri spostamenti indotti dagli stallieri per ragioni varie (esecuzione di terapie farmacologiche, interventi chirurgici, diagnosi di gravidanza).

La percentuale di utilizzo delle cuccette, ossia il rapporto fra il n° di bovine in decubito e quello degli animali che si trovano in prossimità della cuccetta o al suo interno, dovrebbe avvicinarsi il più possibile al 100%. In tale contesto sarebbe utile stilare il cosiddetto «**bilancio del tempo**» (*time-budget*), osservando il comportamento degli animali durante l'intero arco della giornata.

Il bilancio del tempo delle bovine da latte è influenzato dall'architettura della stalla e dalla gestione della mandria; tuttavia, il tempo trascorso in piedi non dipende solo dal confort delle cuccette ma anche dalla posizione che le bovine occupano nella **gerarchia sociale**. In un esperimento condotto in Olanda, in un'azienda dotata di un sistema automatico di mungitura (*Automatic Milking System* o AMS), la percentuale delle volte in cui le bovine non dovevano sostare nell'area di attesa dell'AMS fu significativamente maggiore per le vacche dominanti, che furono in grado di accedere direttamente alla postazione di mungitura nel  $76,8 \pm 2,5\%$  dei casi, rispetto al  $71,5 \pm 2,5\%$  dei casi per le bovine di rango gerarchico intermedio ed al  $62,7 \pm 5,3\%$  dei casi per le bovine subordinate; queste ultime, inoltre, rispetto alle altre, lasciavano più spesso la zona di attesa senza visitare l'AMS (Ketelaar de Lauwere *et al.*, 1996).

### Box 3.1 NDF da foraggi e tempo di ruminazione

Per ruminare 1 Kg di NDF (il contenuto della parete cellulare vegetale, ossia la cosiddetta «fibra»), in una razione al 34% di NDF, l'animale impiega ~ 70,5 min (Beauchemin & Buchanan-Smith, 1989).

#### PARAMETRI

METODO DI CALCOLO della razione => `<_CNCPS_>`  
 PESO VIVO MEDIO BOVINE IN LATTAZIONE => 650.000000 kg  
 SETTIMANA DI LATTAZIONE media => 7^  
 LIVELLO PRODUTTIVO medio => 45.000000 kg di latte al giorno  
 TENORE DI GRASSO del latte => 3.900000x100  
 TENORE DI PROTEINA del latte => 3.500000x100  
 TENORE DI LATTOSSIO del latte => 4.800000x100

#### FABBISOGNI

CAPACITÀ DI INGESTIONE => 25.218152 kg di Sostanza Secca  
 Fabbisogno di <PROTEINA GREZZA> => 4539.267424 g  
 Fabbisogno di <PROTEINA DEGRADABILE> => 2723.560455 g  
 Fabbisogno di <PROTEINA INDEGRADABILE> => 1815.706970 g  
 Fabbisogno di <FIBRA GREZZA> => 4287.085901 g  
**Fabbisogno di <NDF> => 7800.000000 g**  
 Fabbisogno di <ADF> => 5043.630472 g  
 Fabbisogno di <GRASSO> => 1260.907618 g  
 Fabbisogno di <AMIDO> => 6304.538089 g  
 Fabbisogno di <ZUCCHERI> => 2362.128577 g  
 Fabbisogno di <CALCIO> => 195.332895 g  
 Fabbisogno di <FOSFORO> => 96.749283 g  
 Fabbisogno di <ENERGIA NETTA> => 25.288858 Unità Foraggere Latte.

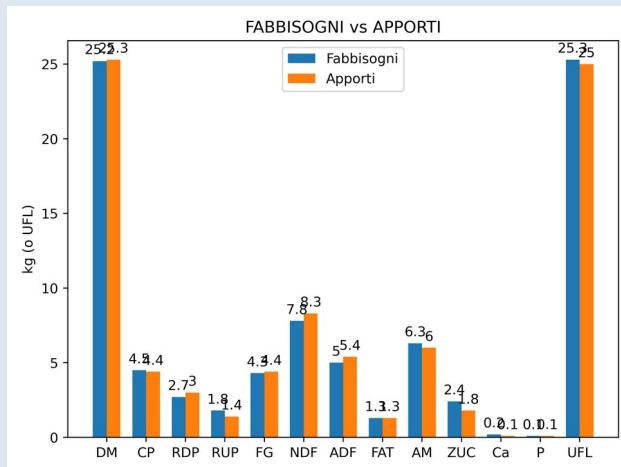


Figura B3.1.1 Fabbisogni ed apporti a confronto.

Fabbisogno di NDF di una bovina di 650 Kg  $\cong$  7,8 Kg NDF, se si calcola, seguendo Fox *et al.* (1992), il fabbisogno di NDF come 1,2% BW (peso corporeo), contenuti in:

5.000000 kg MAIS

20.000000 kg SILOMAIS

7.000000 kg GIR.F.E.34

1.185911 kg fieno di medica di I taglio

4.743244 kg pastazzo secco di agrumi

2.959000 kg semi di cotone.

La bovina dovrebbe ruminare per 70,5 min/Kg NDF \* 7,8 Kg NDF  $\cong$  550 min/die  $\cong$  **9,16 h/die**  $>$  487<sup>\$</sup> min/die  $\cong$  8,12 h/die (T medio dedicato alla ruminazione).

Ciò enfatizza l'importanza di **assicurare un ambiente confortevole alle bovine**.

<sup>\$</sup> Watt, *et al.*, 2015.

Oltre ad avere meno tempo da dedicare alla ruminazione ed al riposo, le bovine che trascorrono più tempo in piedi avranno più **problemi ai piedi**, soprattutto in caso di **acidosi ruminale subclinica** (Nocek, 1997; Krause & Oetzel, 2006). Le patologie podali sono, infatti, molto diffuse nelle bovine da latte, tanto che la zoppia rappresenta una delle principali cause di riforma (Figura 3.5) e può avere le seguenti complicazioni:

- estro ritardato;
- scarse prestazioni riproduttive;
- lattazione più breve;
- latte meno grasso;
- calo improvviso del peso corporeo.

Prevenire l'insorgere di una zoppia non è sempre facile poiché si tratta di una patologia multifattoriale, influenzata da fattori genetici, ambientali e dall'alimentazione.

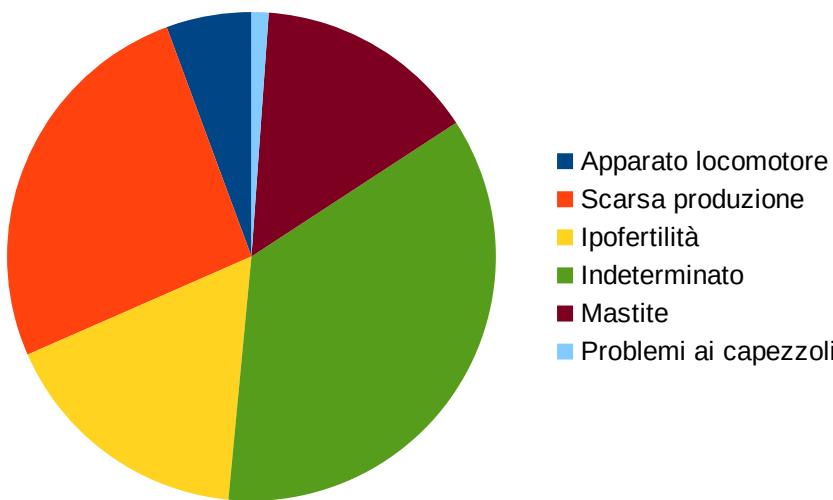


Figura 3.5 Principali cause di riforma nelle moderne stalle da latte.

Da <https://queries.uscdcb.com/publish/dhi/current/cullall.html>.

Per quanto riguarda l'architettura della stalla, ci sono due possibili alternative. La prima ottimizza l'uso dello spazio disponibile prevedendo due sole corsie di foraggiamento laterali (Figura 3.6), cosicché il numero di poste autocatturanti sarà insufficiente a consentire alle bovine di accedere tutte insieme alla corsia di alimentazione. Pertanto alcune di esse, le primipare, non solo dovranno attendere il proprio turno, cioè che una posta autocatturante si liberi ma, per consumare un pasto completo, dovranno accedere a più poste in successione. Nel semestre freddo non ci saranno particolari problemi ma, da maggio ad ottobre, la permanenza per diverse ore di quantità residue di miscelata in mangiatoia ne provocherà il «riscaldamento», per l'innescarsi di fenomeni di respirazione cellulare e/o di fermentazione batterica, con un conseguente calo produttivo dovuto alla riduzione dell'ingestione volontaria di sostanza secca da parte degli animali; si può verificare anche un aumento dei casi di mastite.

Affinché il numero di poste autocatturanti sia tale da evitare l'insorgere di competizione alimentare, che impedirebbe alle primipare di consumare una dose completa della razione in una singola posta, è necessario prevedere una corsia di foraggiamento aggiuntiva, collocata in posizione centrale (Figura 3.7). Questa soluzione richiede più spazio ed implica la necessità di allestire due corridoi di attraversamento della suddetta corsia in fase di mungitura, ma agevola l'indirizzamento delle bovine verso una delle due corsie di alimentazione all'uscita dalla sala. Ciò fa sì che gli animali non si sdrainino nelle cuccette subito dopo la fine della mungitura, quando lo **sfintere del dotto papillare**, ossia il

muscolo che regola l'apertura dello stretto condotto escretore posto all'apice del capezzolo, è ancora dilatato e, in caso di contatto con una lettiera imbrattata di materiale fecale, costituirebbe una facile porta d'ingresso all'interno del sistema cavitario dei complessi mammari per batteri potenzialmente patogeni.

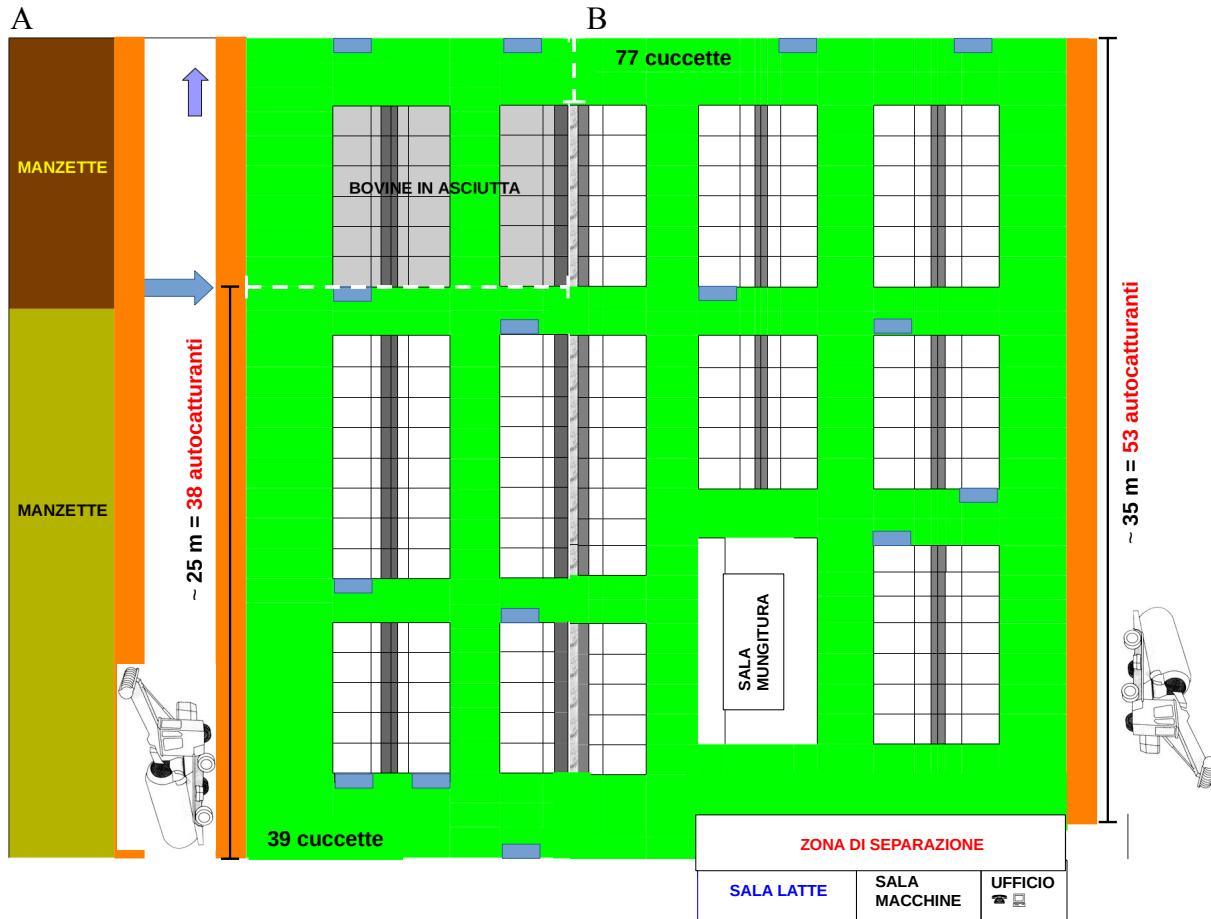


Figura 3.6 Planimetria schematica di una moderna stalla da latte: **soluzione che ottimizza l'uso dello spazio**. La freccia orizzontale nel capannone A indica il punto fino al quale il carro miscelatore deposita la razione destinata alle bovine in lattazione. Poiché il numero di poste autocatturanti è insufficiente, le bovine dovranno consumare ogni pasto a turno.

- Vasca per l'abbeverata;
- zona di riposo (corsie di servizio e di alimentazione);
- mangiatoia;
- muro.

Nel semestre freddo si può distribuire un numero di razioni uguale al numero di poste autocatturanti, regolando la quantità di miscelata nella distribuzione successiva in base alla quantità di alimento residuo in mangiatoia: in questo modo le bovine avranno a disposizione una quantità sufficiente di unifeed in ogni posta a cui accedono per mangiare.

Nel semestre caldo, invece, il numero di dosi distribuite con il carro miscelatore dovrebbe essere uguale alla consistenza del gruppo di bovine in lattazione per cui la razione è stata formulata, al fine di ridurre il tempo di permanenza del refuso in mangiatoia: in questo caso, poiché il numero di autocatturanti è maggiore di quello degli animali, ogni bovina dovrà necessariamente accedere, in momenti diversi, a più poste di alimentazione per consumare una razione completa.

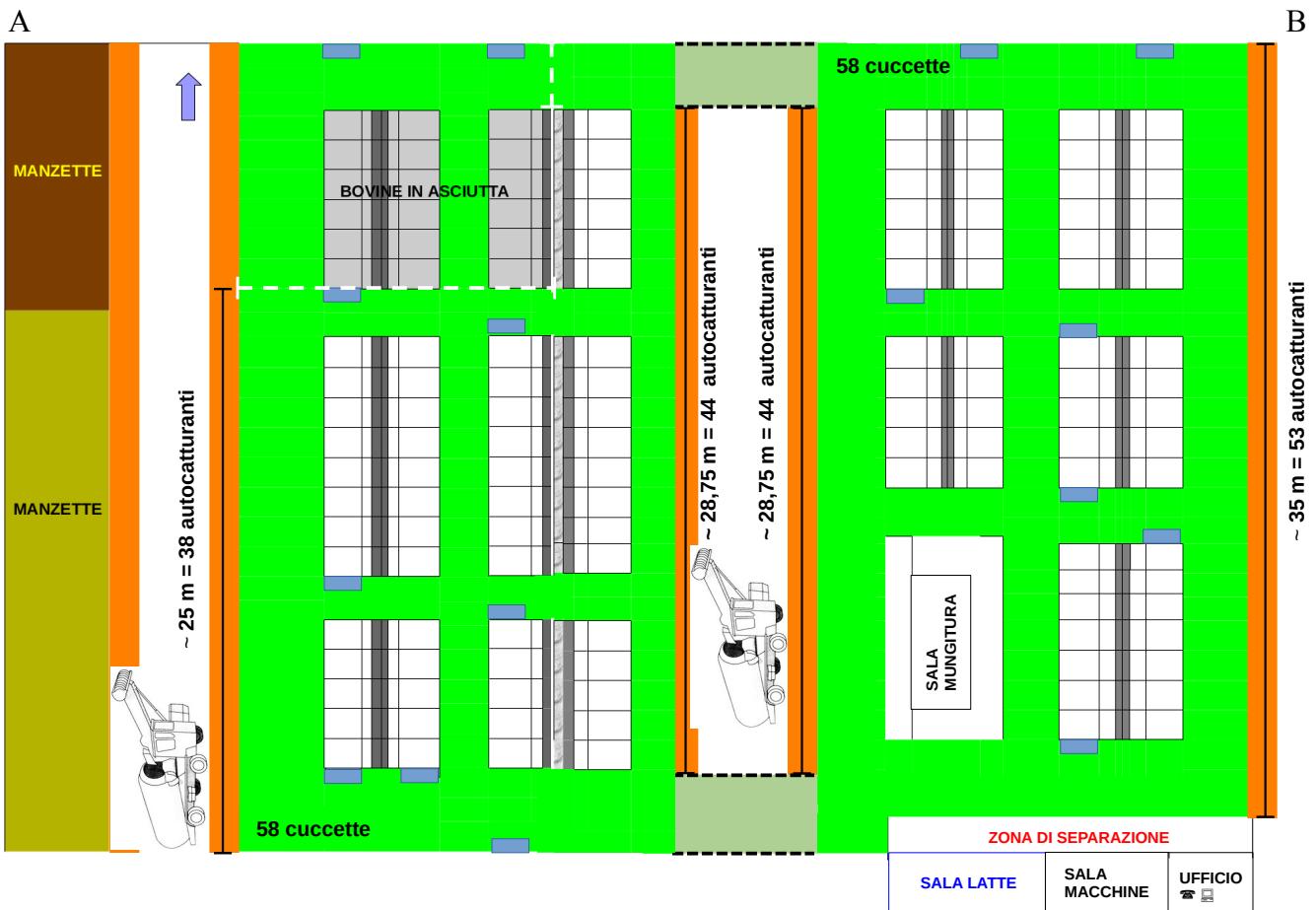


Figura 3.7 Planimetria schematica di una moderna stalla da latte: **soluzione che evita la competizione alimentare.**

- Vasca per l'abbeverata;
- zona di riposo (corsie di servizio e di alimentazione);
- mangiatoia;
- attraversamento temporaneo della corsia di foraggiamento.

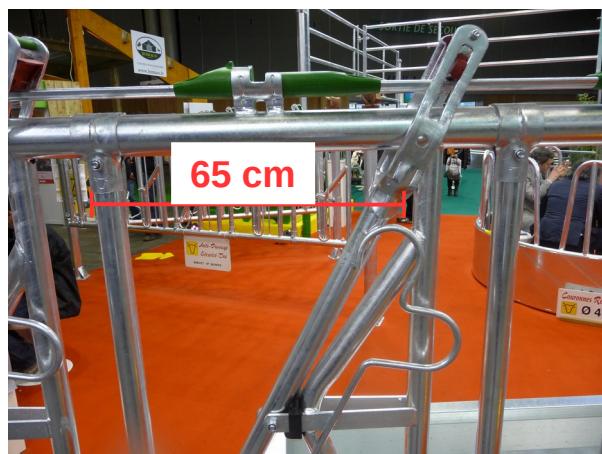


Figura 3.8 Struttura e dimensioni di una posta autocatturante per bovini adulti.

#### 4. LA NUTRIZIONE OVVERO I PROCESSI METABOLICI ATTUATI DA UN ORGANISMO CHE CONSENTONO DI UTILIZZARE I PRINCIPI NUTRITIVI ASSUNTI CON GLI ALIMENTI

##### 4.1 Le fermentazioni ruminali

La seconda masticazione o **masticazione mericica**, oltre a ridurre notevolmente le dimensioni delle fibre di foraggio, frantuma le pareti delle cellule vegetali. Ciò ha due importanti conseguenze:

- 1) viene facilitata la successiva fermentazione dei polisaccaridi strutturali fibrosi (cellulosa ed emicellulose) e non (sostanze pectiche) ad opera dei batteri cellulosolitici e pectinolitici; questi ultimi, infatti, devono entrare in contatto diretto con le sostanze che compongono la parete cellulare (i citati polisaccaridi), affinché gli enzimi che catalizzano le reazioni di fermentazione possano legarsi ai loro substrati, ossia alla cellulosa, alle emicellulose ecc. (Figura 4.1).
- 2) viene anche agevolata la fermentazione ruminale delle sostanze contenute nel citoplasma delle cellule vegetali (zuccheri, amido ecc.), poiché queste non sono più protette dalla parete cellulare.

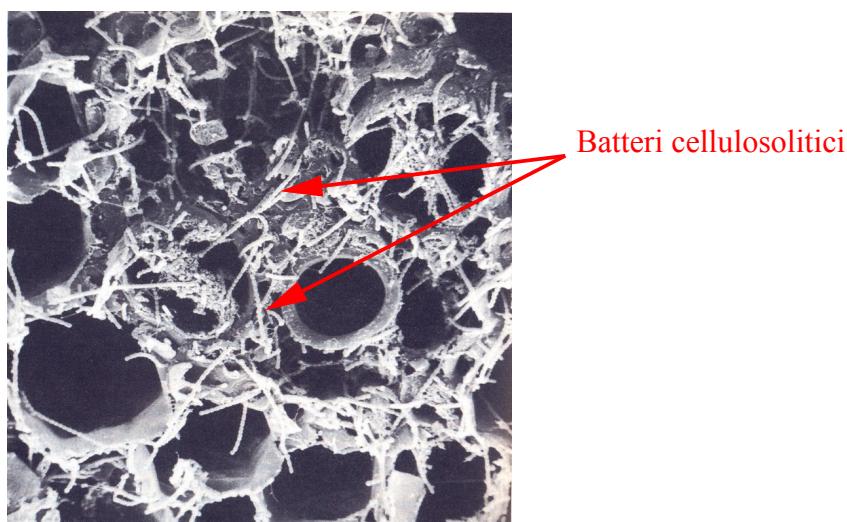


Figura 4.1 Frammento di fibra di foraggio osservato al microscopio elettronico a scansione. I buchi sono tutto ciò che rimane delle cellule vegetali in seguito alla fuoriuscita del citoplasma dovuta alla rottura delle pareti cellulari. Come si può osservare, i batteri cellulosolitici entrano in contatto fisico diretto con le pareti cellulari. Da Begon *et al.*, 1989.

La simbiosi mutualistica tra l'organismo animale del ruminante ed i batteri che si insediano nel rumine durante lo svezzamento comporta uno scambio di sostanze tra i due contraenti la relazione: l'animale fornisce ai batteri diversi tipi di zuccheri, sia polisaccaridi strutturali fibrosi, ossia che fanno parte della cosiddetta «fibra», come la cellulosa e le emicellulose (contenute nelle pareti delle cellule vegetali) e le sostanze pectiche (che si trovano nella lamella mediana, uno strato che si trova all'esterno della parete cellulare stessa, e sono polisaccaridi strutturali non fibrosi) sia polisaccaridi di riserva come l'amido che si trova nel citoplasma delle cellule vegetali, sia mono-, di- ed oligosaccaridi (zuccheri formati da  $\leq 20$  unità monosaccardiche), contenuti nei foraggi e in alcuni sottoprodoti. I batteri fermentano tutte queste sostanze demolendole in condizioni di anaerobiosi (attraverso processi fermentativi) e le utilizzano sia come fonte di energia per supportare i propri processi vitali sia come fonte di catene di atomi di carbonio, precursori di tutti i composti organici che costituiscono la struttura

della cellula batterica (proteine, vari tipi di zuccheri ecc.). In cambio i batteri stessi restituiscono all'ospite i prodotti finali di fermentazione, sostanze di scarto che essi non sono in grado di utilizzare, rappresentate soprattutto dal secondo, dal terzo e dal quarto della serie degli acidi organici (acido acetico, propionico e butirrico). Sebbene l'acetico sia il più abbondante, la proporzione con cui questi tre acidi si formano nel rumine, ossia le loro %, dipende dalla composizione della razione. Infatti i prodotti finali di fermentazione sono diversi in base al substrato di partenza; sebbene tutte le fermentazioni ruminali passino attraverso un intermedio comune, l'acido piruvico, si ottengono prodotti finali diversi:

- dalla demolizione dei polisaccaridi strutturali, fibrosi e non, si liberano gli acidi acetico e butirrico;
- da quella di amido, fruttani (polimeri del fruttosio) e zuccheri si ottiene l'acido propionico.

Ciò è verosimilmente dovuto al fatto che in un caso e nell'altro si formano due isomeri diversi dell'intermedio comune acido piruvico.

Come si è accennato, l'abbondanza relativa di questi tre acidi dipende dalla composizione della razione ma, generalmente, nelle razioni miste foraggi – concentrati, l'acido acetico è il prodotto di fermentazione più abbondante. Mentre per i batteri ruminali, che non tollerano l'acidità e comunque non sono generalmente in grado di fermentare gli acidi, questi prodotti di fermentazione costituiscono sostanze di scarto di cui i batteri si liberano rilasciandole nel rumine, per l'animale esse sono veri e propri nutrienti, che esso utilizza in vario modo dopo averli assorbiti attraverso l'epitelio ruminale. Il destino metabolico di ogni acido è, quindi, diverso:

- **l'acido butirrico** viene utilizzato come fonte di energia dalle cellule dell'epitelio ruminale, che lo ossidano ad acido  $\beta$ -idrossi-butirrico;
- **l'acido acetico** può sia essere utilizzato come fonte di energia (nei maschi e nelle femmine non in lattazione), sia come precursore del grasso del latte in queste ultime: nel secondo caso, l'acido acetico viene prelevato dal sangue ad opera delle cellule epiteliali secernenti degli alveoli mammari che lo utilizzano come composto di partenza per la sintesi degli acidi grassi (in un processo ciclico in cui ad ogni giro del ciclo viene aggiunto un nuovo atomo di C), i quali verranno, successivamente, esterificati con il glicerolo, un alcool con tre gruppi ossidrilici, per formare i trigliceridi, che sono la componente principale del grasso del latte;
- **l'acido propionico**, infine, viene utilizzato dai Ruminanti esclusivamente come fonte di energia; questi erbivori poligastrici, infatti, hanno una glicemia estremamente bassa, pari a circa la metà di quella degli altri Mammiferi, intorno a 50-60 mg/100 ml, che in un monogastrico sarebbe incompatibile con la sopravvivenza, comportando il coma ipoglicemico. Tutto ciò è dovuto al fatto che i Ruminanti, attraverso la mucosa (lo strato più interno della parete) dell'intestino tenue, possono assorbire soltanto quel poco glucosio derivante dalla digestione intestinale, catalizzata dall'enzima amilasi pancreatici, dell'amido sfuggito alle fermentazioni batteriche ruminali, e degli altri zuccheri che, in quantità minima, riescono a raggiungere l'intestino; l'incompleta fermentazione dell'amido dipende dal fatto che i batteri amilolitici ruminali, così come i cellulatosolitici, hanno a disposizione un tempo limitato prima che il materiale alimentare abbandoni il rumine per proseguire nei prestomaci successivi. Quindi i Ruminanti, dovendo compensare tale ipoglicemia fisiologica, hanno evoluto la capacità di utilizzare come fonte di energia un substrato alternativo al glucosio, l'acido propionico, appunto. Di tutte le fonti energetiche della dieta, l'acido propionico è quella più prontamente utilizzabile, soprattutto nel caso di razioni ricche di amido: infatti tale acido viene prodotto rapidamente ed altrettanto

rapidamente assorbito dal fegato (dopo essere passato nel sangue), dove viene convertito in acido acido ossalacetico, un intermedio del ciclo di Krebs, stimolando l'ossidazione dell'acetyl-CoA e prevenendo, quindi, l'insorgere della chetosi (Allen et al. 2009). L'acido propionico viene prodotto principalmente dalla fermentazione ruminale dell'amido (Allen, 2014).

#### Box 4.1 La regolazione della glicemia nei mammiferi

Nei mammiferi la glicemia è regolata dall'**insulina**, un ormone proteico secreto dalla parte endocrina del pancreas (una ghiandola annessa al tubo digerente e situata nella cavità addominale) e costituito da due catene polipeptidiche, A e B, di 21 e 30 amminoacidi rispettivamente, collegate fra loro da due ponti disolfuro (legami in cui un atomo di S fa da ponte).

Il principale fattore di regolazione dell'insulina è il tasso ematico del glucosio:

- l'iperglycemia attiva la secrezione di insulina;
- l'ipoglycemia la inibisce.

*l'insulina ha effetto ipoglicemizzante*, ossia riduce la glicemia, attraverso l'attivazione di meccanismi di trasporto attivo del glucosio (ossia di «canali» che permettono a questo monosaccaride di attraversare le membrane cellulari), grazie ai quali le cellule dei tessuti possono assorbire il glucosio stesso per utilizzarlo come fonte di energia attraverso la **glicolisi anaerobia**, cioè la sua demolizione in assenza di ossigeno. Quindi, le cellule dei tessuti «ordinari» (muscolare ed adiposo soprattutto) possono assorbire glucosio dal sangue solo se la sua concentrazione è alta, come avviene dopo un pasto.

Le cellule nervose, invece, non dipendono dalla presenza dell'insulina per assumere glucosio dal sangue; in questo modo, il rifornimento di energia al cervello è assicurato sempre, anche se la glicemia è bassa, come in caso di digiuno, quando il trasporto del glucosio attraverso le membrane plasmatiche delle cellule degli altri tessuti viene bloccato. Ciò fa sì che lo scarso glucosio disponibile venga dirottato verso il sistema nervoso, che consuma una grande quantità di energia per il proprio normale funzionamento. Fa eccezione una zona dell'ipotalamo (una parte del cervello) in cui si trova il centro della sazietà: l'insulina favorisce il passaggio del glucosio dal sangue ai neuroni di questo centro, inducendo un senso di sazietà.

L'azione dell'insulina è antagonizzata dal **glucagone**, un ormone proteico costituito da una catena polipeptidica di 29 aminoacidi, prodotto dalle cellule A delle isole pancreatiche. Tale ormone, attivando la lisi del glicogeno (un polisaccaride di riserva presente soprattutto nel fegato e nei muscoli scheletrici), nonché bloccando l'ingresso del glucosio ematico nelle cellule di questi stessi tessuti, contribuisce a mantenere la glicemia su valori (relativamente, nei ruminanti) elevati, necessari a rifornire di energia le cellule del sistema nervoso centrale.

#### 4.1.1 Aspetti pratici

Nella pratica professionale del tecnico alimentarista si possono verificare i seguenti casi:

- 1) latte troppo magro (< 3,5% o 35 g di grasso / kg di latte): in questo caso, siccome la > parte delle stalle da latte della Pianura Padana è destinato alla trasformazione casearia, e dal tenore in grasso del latte dipende, almeno in parte, la resa del latte in formaggio, il caseificio penalizzerà il proprio fornitore pagando di meno il latte, per esempio decurtando il prezzo di un centesimo per kg di latte fatturato (può sembrare una differenza irrilevante, ma 1 cent / kg di latte significa un euro per quintale e, in una partita da 50 q.li al giorno, come quella prodotta da molte stalle di dimensioni medio-grandi nelle

nostre zone, comporterebbe un mancato ricavo di 1 euro / q.li al giorno e, dunque, di 1500 euro al mese). In questi casi, dal momento che la composizione del latte non dipende dalla genetica degli animali (pur essendoci razze che producono un latte con un tenore di grasso > 4 % ma non sono molto diffuse in quanto meno produttive della frisona e della bruna) ma dall'alimentazione, il tecnico deve modificare la razione aumentando le fonti di fibra. Queste ultime sono rappresentate soprattutto dai foraggi, freschi (erba), insilati (trinciato di mais o di sorgo o pastone di mais) e da alcuni sottoprodotto. In realtà, almeno in Italia il ricorso all'erba è estremamente raro a causa della difficoltà di inserire in una razione un alimento la cui composizione chimica cambia continuamente nel tempo in base alla fase fenologica in cui l'erba stessa si trova quando viene consumata (argomento che verrà esaurientemente approfondito in seguito); pertanto le fonti di fibra più spesso utilizzati sono i fieni (di prato stabile, di loissa ecc.) e, soprattutto, il silomais. Quest'ultimo foraggio insilato viene generalmente fornito alle bovine da latte in lattazione allevate nella zona di produzione del Grana Padano (in pratica, tutto il Norditalia ad eccezione delle zone di produzione del Parmigiano Reggiano e del Trentingrana) in grandi quantità, anche 20-25 kg al giorno, poiché è quasi sempre prodotto nell'azienda a costi relativamente bassi, soprattutto per le rese elevatissime che si possono realizzare nelle zone irrigue di pianura [fino a 600 q.li di tal quale per ha che, considerando che quando la pianta viene sfalciata, allo stadio di maturazione cerosa della granella (la cariosside ha la consistenza della cera e si lascia incidere con l'unghia) ha un tenore di sostanza secca intorno al 33÷40%, si traducono in almeno 200÷240 q.li di sostanza secca; la pianta viene sfalciata all'altezza di circa 40 cm dal suolo per ridurre la contaminazione del prodotto con particelle di terriccio e successivamente sottoposta a trinciatura; quindi si procede con lo stoccaggio del trinciato in sili a trincea e con la sua compressione per favorire l'eliminazione dell'aria dagli interstizi fra le fibre di foraggio, affinché si possano realizzare condizioni di anaerobiosi che favoriscano l'innesto di reazioni di fermentazione lattica le quali, provocando un'acidificazione della massa del foraggio ed il conseguente blocco dell'attività batterica, ne consentono la conservazione per tempi piuttosto lunghi]. Conviene, tuttavia, aumentare l'apporto di fieno, che ha una sostanza secca molto più elevata (~85%) ed essendo più ricco di fibra, è più efficace nell'aumentare il grasso del latte.

2) Bilancio energetico negativo: è necessario aumentare l'apporto di energia, fornita soprattutto dai cereali in granella, anche sottoposti a vari trattamenti termomeccanici, da cui si producono i cosiddetti «alimenti concentrati» o mangimi.

Tuttavia le cose non sono così semplici: infatti, non ci si può limitare ad aumentare l'apporto di un qualsivoglia alimento senza contestualmente diminuire l'apporto di una pari quantità di sostanza secca di uno o più altri alimenti, altrimenti si supererebbe la capacità di ingestione dell'animale (la quantità di sostanza secca che esso è in grado di ingerire nell'arco della giornata, che dipende dalle dimensioni del rumine), con la conseguenza che la razione non verrebbe consumata interamente ma ne residuerebbe un po' in mangiatoia, e ciò provocherebbe dei problemi nella stagione calda. In pratica, il refuso in mangiatoia, ossia la quantità di razione residua che non è stata consumata, va incontro a processi di fermentazione o di respirazione cellulare, attuati da batteri anaerobi ed aerobi, rispettivamente, con la conseguente produzione di calore: la miscelata «si scalda». Oltre ad essere caratterizzata da una minore appetibilità, un *unifeed* («piatto unico», sinonimo di razione alimentare mista foraggi-concentrati o *Total Mixed Ration*, TMR) parzialmente fermentato può causare l'assorbimento, attraverso la parete del rumine, di sostanze tossiche che interferiscono con la circolazione periferica, in particolare negli organi sottoposti alle più intense sollecitazioni funzionali, come le mammelle ed i piedi: aumenta, così, la frequenza di mastiti (processi infiammatori a carico dell'apparato mammario) e di zoppie.

Non solo, ma si dovrebbe anche decidere l'apporto di quale alimento diminuire.

Generalmente, per poter aumentare l'apporto energetico e proteico viene ridotta la quantità di foraggio della razione, per es. di fieno; la strategia adottata dai tecnici alimentaristi è quella di compensare il mancato guadagno derivante dall'inevitabile calo della concentrazione lipidica del latte grazie

all'incremento della quantità di latte prodotta; infatti, l'elevatissima potenzialità produttiva (attitudine genetica a produrre un'enorme quantità di latte) delle BLAP si può esprimere pienamente solo a condizione che gli altrettanto elevati fabbisogni di energia e proteina vengano soddisfatti. Gli animali, quindi, produrranno un latte leggermente meno grasso che, quindi, verrà pagato alla stalla 1 € / q.le in meno (per es.), ma ne produrranno di più.

## COLLABORAZIONE | SATA

ANALISI DI UNA STALLA ESEMPLARE

### Come arrivare a produrre 40 kg di latte per vacca



Alla domanda su come gestire al meglio il personale, l'allevatore ritiene che un passo importante sia quello di delegare alcune mansioni e, soprattutto, addottare protocolli di lavoro semplici e ripetibili.

di Michele Campiotti

Mosè Leoni, insieme ai suoi due fra-

Una stalla vicino a Bergamo ha raggiunto tra maggio e giugno i 40 kg/capo. L'allevatore ci spiega come ha migliorato la gestione, le performance produttive e la riproduzione della propria stalla aumentando il fatturato del 25% in due anni

ci hanno cresciuto, insieme alle nostre sorelle, trasmettendoci la passione per questo lavoro. Da nostro padre abbiamo imparato l'umiltà, il rispetto e l'impegno sul lavoro, mentre nostra madre ci ha sempre incitato al miglioramento, all'aggiornamento, all'istruzione e ad avere una visione futura delle scelte: sono questi valori che ci hanno fatto intraprendere e coniugare. Come succedeva in altre famiglie contadine, anche noi siamo stati coinvolti fin da piccoli nelle attività lavorative e nelle decisioni che riguardavano l'azienda.

Il nostro obiettivo è sempre stato quello di avere un'azienda ben strutturata e ben organizzata, in grado di com-

Figura 4.2 All'aumento del fatturato non corrisponde, necessariamente, un proporzionale incremento degli utili se non si riesce a tenere sotto controllo i costi di produzione. Da [https://www.aral.lom.it/public/upload/file/Pubblicazioni\\_Articoli/29018sup-Produrre40kgLatteCampiotti.pdf](https://www.aral.lom.it/public/upload/file/Pubblicazioni_Articoli/29018sup-Produrre40kgLatteCampiotti.pdf).

L'approccio mirato alla massimizzazione della produzione (Figura 4.2) è, tuttavia, sconsigliabile, soprattutto perché non tiene conto dell'inevitabile peggioramento dell'efficienza aziendale. La legge dei rendimenti decrescenti implica che ogni quintale di latte che la stalla fattura in più la giorno venga prodotto a costi crescenti, non solo per l'aumentato costo di mantenimento dovuto al fatto che si devono acquistare quantità maggiori di alimenti concentrati ma anche per l'incremento delle spese in farmaci e in assistenza medico-veterinaria: le bovine, sottoposte ad uno sforzo produttivo maggiore, saranno più suscettibili di ammalarsi, soprattutto a causa dell'immunodepressione causata dallo stress funzionale a cui il loro organismo è sottoposto. Si assisterà, così, ad un aumento dell'incidenza di problemi sanitari di varia natura, che rappresentano altrettante cause di **riforma** (Figura 3.5). Ciò comporterà una riduzione della longevità degli animali (Figura 4.3) ed il conseguente aumento della **quota di rimonta**, ossia della % di bovine che ogni anno raggiunge la fine della carriera produttiva e dev'essere sostituita con animali giovani (manze).

## L'INFORMATORE AGRARIO A CREMONA

INTERVALLO PARTO-COCONCEPIMENTO, IPOFERTILITÀ, CAMBIAMENTI FISIOLOGICI

### Perché le vacche italiane sono sempre meno longeve

Nel 2007 la percentuale di vacche uscite dalle aziende è stata del 27,5% con un'età media in stalla di 44,5 mesi e un intervallo parto-concepimento di 171,6 giorni: performance deludenti. Gli allevatori vogliono capire le cause di questo fenomeno e come porvi rimedio

anni d'età è molto costoso, come spesso è l'acquisto di vacche che alla fine della seconda latenza o al termine di una gestazione della terra vengono ritrovate, spesso per problemi sanitari, hanno appena iniziato a creare quel valore aggiunto che ne giustifica l'allevamento. Analizzando i dati della Frisina Italiana osserviamo che nel 2007 la percentuale di animali uscite dalla stalla è del 27,5% con un'età media delle vacche in stalla di 44,5 mesi e un intervallo parto-concepimento di 171,6 giorni.

Rispetto al 2004, ossia quattro anni prima, la situazione non si è evoluta così positivamente come era ragionevole attendersi. Letta al parto è addirittura calata di 15 giorni, mentre l'intervallo parto-concepimento è migliorato di soli 2,3 giorni. Le ragioni di queste performance

di Alessandro Fantini

passando da 8.194 kg nel 1998 a 9.052 kg nel 2007.

Tale produzione, unitamente a una percentuale di grasso del 3,68% e di proteine del 3,34%, ci rende di diritto una delle Nazioni al mondo a maggiore produttività. Se c'è da sentirsi orgogliosi per questi caratteri produttivi, altrettanto non si può dire per i cosiddetti caratteri

Figura 4.3 L'efficienza delle moderne stalle da latte continua ad essere condizionata dalla scarsa fertilità delle bovine.

Da <https://archivio2023-2024.ruminantia.it/wp-content/uploads/2016/05/PERCHELE-VACCHE-ITALIANE-SONO-SEMPRE-MENO-LONGEVE.pdf>.

## 4.2 Il ruolo della fibra nella prevenzione dell'acidosi ruminale

Un altro problema è rappresentato dal fatto che se la razione è povera di fibra, poiché la quantità di fieno è stata ridotta per poter aumentare l'apporto energetico e quello proteico, la secrezione salivare non sarà adeguatamente stimolata, cosicché la quantità di saliva prodotta non risulterà sufficiente a scongiurare il rischio di **acidosi ruminale**. Si tratta di un disturbo metabolico conseguente al fatto che non tutti gli ioni  $H^+$ , che si liberano costantemente nel succo ruminale dalla parziale dissociazione dei prodotti di fermentazione, di cui i più importanti sono i già citati acidi organici a catena corta acetico, propionico e butirrico, potranno essere rimossi dal liquido ruminale stesso (che è una soluzione acquosa), attraverso la loro reazione con gli anioni basici contenuti nella saliva, dal momento che quest'ultima viene prodotta in quantità insufficiente (Figura 4.4).

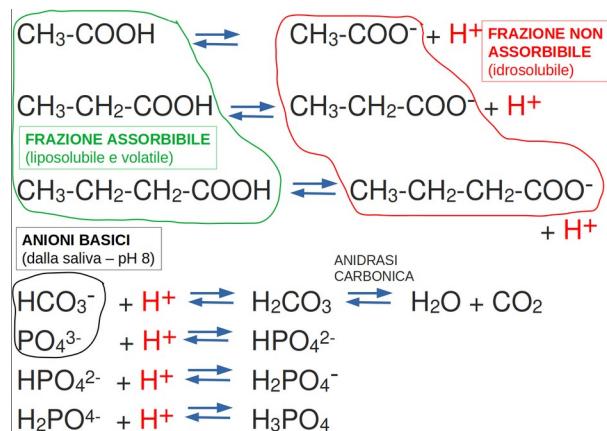


Figura 4.4 Il sistema tampone del rumine.

Sebbene gli Acidi Grassi Volatili (AGV), acetico, propionico e butirrico, vengano prodotti continuamente nel rumine ed altrettanto continuamente assorbiti attraverso la parete del prestomaco, la loro concentrazione e, quindi, il pH ruminale, non è costante ma subisce oscillazioni nel corso della giornata, legate alla frequenza della distribuzione degli alimenti (Figura 4.5).

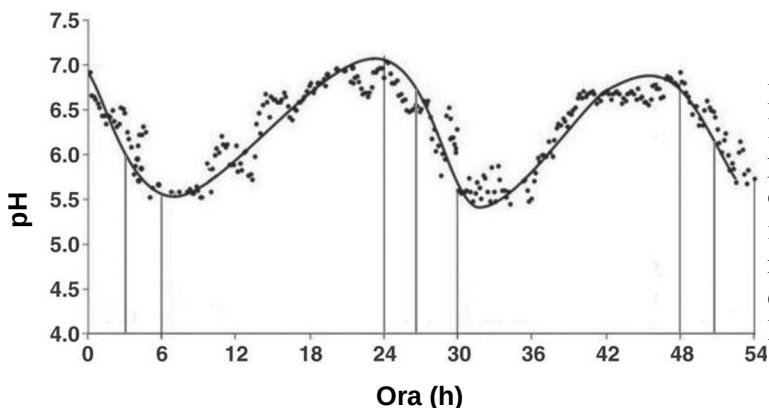


Figura 4.5 Profilo ruminale di una vacca da latte; i valori massimi di pH si osservano subito prima dei pasti, mentre quelli minimi da 6 a 7 ore dopo. Le linee verticali indicano i momenti in cui furono effettuati i prelievi di contenuto ruminale per determinare la composizione della comunità microbica.  
Da Palmonari *et al.*, 2010.

In bovine alimentate una volta al giorno il pH del rumine diminuisce dopo il pasto per alcune ore, per poi aumentare nuovamente a causa dell'assorbimento dei VFA e della produzione di saliva legata alla ruminazione. Senza un adeguato sistema tampone, infatti, la concentrazione ruminale dei VFA sarebbe troppo elevata ed il pH ruminale, quindi, troppo basso, attestandosi su valori, < 5.8, incompatibili con

la sopravvivenza dei batteri endosimbionti, in particolare di quelli cellullosolitici, particolarmente sensibili alle variazioni di pH.

Il rischio di acidosi è maggiore qualora la razione apporti elevate quantità di alimenti concentrati ricchi di amido facilmente fermentescibile, come i cereali in granella sottoposti a particolari trattamenti termo-mecanici, come la fiocatura e l'estrusione, i quali, provocando la gelatinizzazione e la destrinizzazione dell'amido<sup>5</sup>, lo rendono più facile da fermentare per i batteri. Si formeranno, così, quantità crescenti di acido lattico (Figura 4.6).

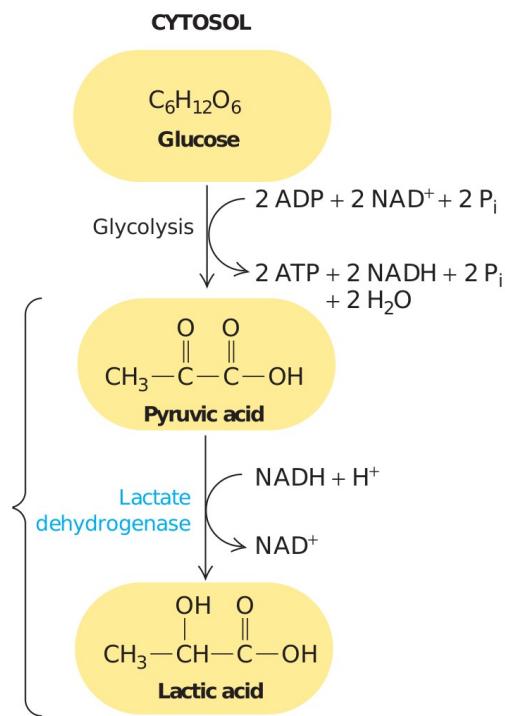
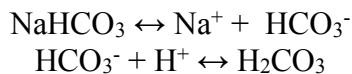


Figura 4.6 La riduzione dell'acido piruvico ad acido lattico.

L'elevata densità energetica (quantità di alimenti ricchi di energia sotto forma di amido come i cereali, soprattutto se trattati), necessaria per supportare livelli produttivi di 30÷40 litri di latte al giorno per capo, comporta il rischio di acidosi, dal momento che razioni alimentari che siano in grado di soddisfare l'elevatissimo fabbisogno energetico non possono essere equilibrate ma sono necessariamente carenti di fibra.

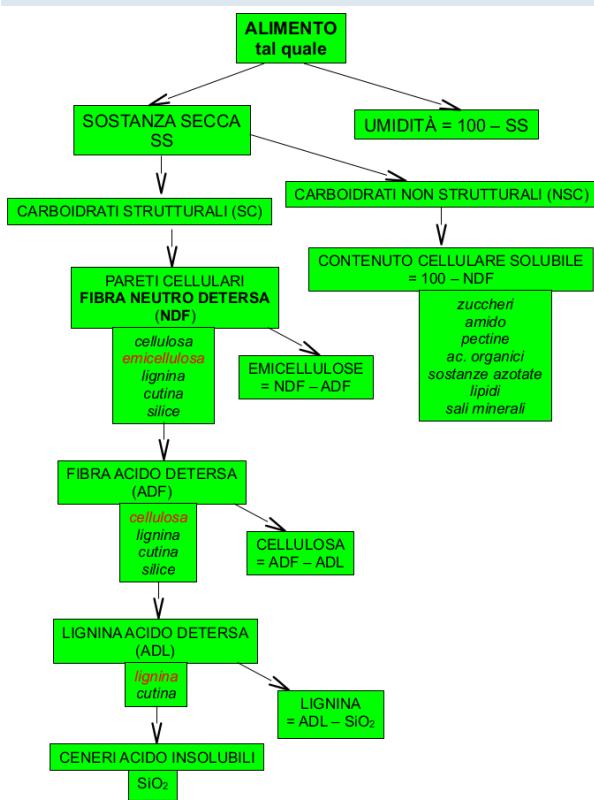
Per prevenire l'insorgenza dell'acidosi ruminale si ricorre, di solito, all'aggiunta di bicarbonato di sodio ( $NaHCO_3$ ) a razioni povere di fibra; nel rumine, allora, si svolgeranno le seguenti reazioni:



L'ultima reazione è catalizzata dall'enzima anidrasi carbonica, prodotto da alcuni batteri ruminali; il risultato netto è che la  $[H^+]$  si riduce ed il pH aumenta.

5 Si veda più avanti.

Box 4.2 L'NDF



Il metodo di Van Soest prevede la separazione della fibra in tre frazioni.

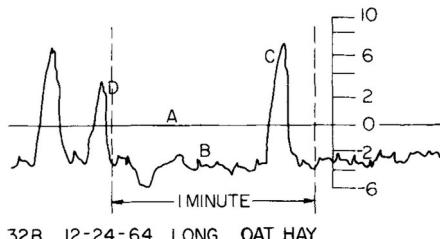
La **fibra resistente al detergente neutro** o NDF (*Neutral Detergent Fiber*) fornisce una misura accurata dei componenti della parete cellulare vegetale (*Cell Wall Constituents*). Il campione di alimento viene estratto a caldo per un'ora con 100 ml di una soluzione neutra di un detergente (il lauril sulfato di Na associato ad altri reagenti), filtrato, lavato e sottoposto ad essiccazione del residuo. La Sostanza Secca (S.S.) degli alimenti viene così suddivisa in due parti che corrispondono, dal punto di vista nutrizionale, a quella utilizzabile attraverso i normali processi digestivi (*Neutral Detergent Solubles*) ed a quella la (parziale) disponibilità della quale dipende da processi fermentativi micobici (NDF). L'NDF non è composto solo da cellulosa, emicellulosa e lignina ma anche da proteine associate alle pareti cellulari, cutina e ceneri.

La fibra resistente al detergente acido o ADF (*Acid Detergent Fiber*) è prevalentemente costituita da cellulosa e lignina e, in misura minore, da cutina, sostanze azotate, pentosani e ceneri.

Il campione viene trattato con una soluzione 1 N di  $H_2SO_4$  contenente il detergente bromuro di cetil-trimetilammonio, mantenuta in ebollizione per 1 h; dopo filtrazione il residuo viene lavato con acqua ed acetone ed essiccato.

La digeribilità e il valore nutritivo di un alimento diminuiscono all'aumentare del suo contenuto in ADF. La lignina resistente al detergente acido o ADL (*Acid Detergent Lignin*) si ottiene trattando l'ADF con  $H_2SO_4$  72% per 3 h a freddo, filtrando e lavando il residuo che viene successivamente essiccato; dopo pesata a freddo si incenerisce il residuo in forno a 500° C e lo si pesa nuovamente previo raffreddamento. La  $\Delta$  fra le due pesate fornisce la lignina acido insolubile.

Avendo ridotto la quantità di fieno presente nella razione per poter aumentare l'apporto energetico (es. mais o un altro cereale in granella) e quello proteico (es. farina di estrazione di soia, girasole ecc.), quest'ultima sarà carente della cosiddetta «**fibra fisicamente efficace**» (PeNDF), ossia di alimenti fibrosi che siano in grado di stimolare efficacemente la ruminazione e la contrazione dei prestomaci. A questo problema si può rimediare aumentando la lunghezza delle fibre del trinciato di mais, che generalmente è compresa tra 6 e 16 mm (Figure 4.6-4.7). Se si trincia più lungo, però, la compressione del foraggio stoccati nei sili a trincea sarà più difficoltosa. Il trinciato, infatti, dev'essere compresso affinché la massa del foraggio insilato si compatti attraverso l'eliminazione degli interstizi e dell'aria in essi presenti, e ricoperto con un telo in materiale plastico, sul quale dev'essere disposto uno strato di sabbia o di terra affinché il telo stesso rimanga ben teso. Si instaureranno, così, condizioni anaerobiche favorevoli alla proliferazione di batteri lattici, anaerobi obbligati, i quali fermenteranno una parte degli zuccheri, presenti nei tessuti vegetali, ad acido lattico, fino a quando l'acidificazione del foraggio provocherà l'arresto dell'attività batterica, rendendo possibile la conservazione del foraggio per tempi molto lunghi (fino ad un anno).



Fieno di avena LUNGO

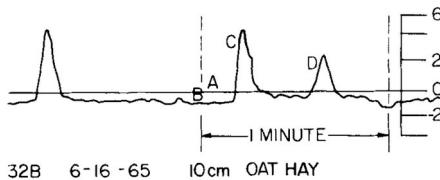


Figura 4.6 Influenza della lunghezza delle fibre di fieno di avena sull'ampiezza e sulla frequenza delle contrazioni ruminali: A) pressione atmosferica; B) pressione all'interno del rumine a riposo (fra una contrazione e l'altra delle sue pareti); C) onda di contrazione principale del rumine; D) contrazione minore del rumine (contrazione di eruttazione Fieno di avena CORTO (0,1 cm) & Belyea, 1986.

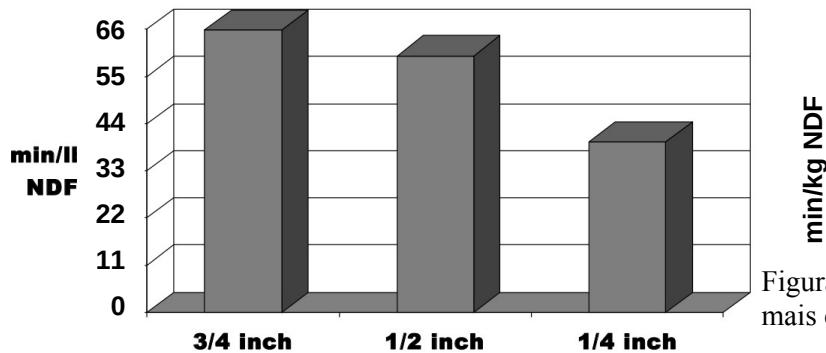


Figura 4.7 Lunghezza delle fibre di insilato di mais e tempi di masticotazione. Da Chesse 2005  
1,9                    1,27                    0,635 cm

Il valore di pH necessario per garantire una buona conservazione del silomais dipende dalla quantità di sostanza secca del medesimo: più il foraggio è umido e maggiore dovrà essere l'acidità affinché esso si conservi (Tabella 4.1).

Sostanza Secca (%)	pH
20	4,2
25	4,2
30	4,4
35	4,6
40	4,8
45	5,0
50	5,2
55	5,4

Tabella 4.1 Acidità necessaria per la conservazione dell'insilato di mais in funzione della sostanza secca.  
Da Ladetto, 1990.

Pertanto, se si ritarda lo sfalcio di alcune settimane, si otterrà un foraggio più secco, che potrà conservarsi anche con un livello di acidità minore. Per es., con una sostanza secca del 50% l'attività batterica verrà inibita a pH 5,2; con una sostanza secca del 20%, invece, il pH dovrà scendere a 4,2. Potrebbe sembrare una differenza non molto significativa ma, siccome il pH si misura su di una scala

logaritmica, una variazione di un punto in meno corrisponde ad un aumento della concentrazione idrogenionica di 10 volte. Tale strategia, comunque, non sarebbe risolutiva, dal momento che più ci si avvicina alla maturazione della cariosside e maggiore sarà il grado di lignificazione dei tessuti vegetali, con la conseguente, inevitabile riduzione della fermentescibilità della fibra (Figura 4.8).

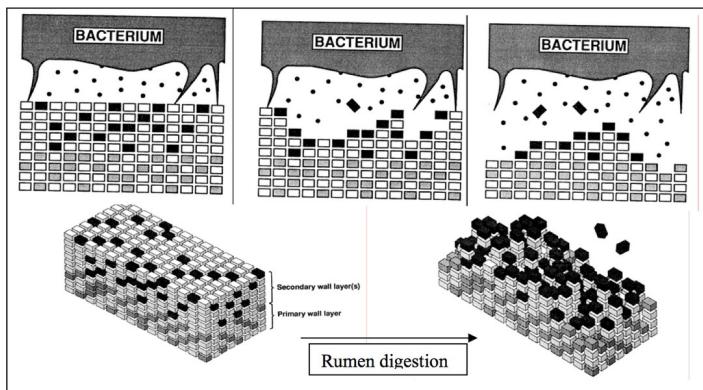


Figura 4.8 La lignificazione della parete delle cellule vegetali impedisce ai batteri cellullosolitici di fermentare la cellulosa.

Legenda:

- carboidrati altamente lignificati
- carboidrati meno lignificati
- carboidrati non lignificati

Da Grant, 2005.

#### 4.2.1 Apporto energetico, digeribilità dell’NDF e prestazioni produttive

Un importante obiettivo gestionale è la massimizzazione della DMI (*Dry Matter Intake*, quantità di sostanza secca ingerita) e, quindi, dell’apporto energetico della razione. All’inizio della lattazione le BLAP hanno spesso un bilancio energetico negativo, che influenza negativamente la persistenza del picco di lattazione. La DMI è, innanzitutto, limitata dalla zavorra costituita dai residui di alimento indigerito che, stazionando nei prestomaci, in particolare nel rumine e nel reticolo, oltre che nell’abomaso, distendono le pareti di questi tratti del tubo digerente, stimolando dei recettori di tensione che inviano segnali al centro della sazietà situato nel cervello. L’ingestione di alimento, infatti, aumenta all’aumentare della digeribilità dei foraggi mentre si riduce inserendo nei prestomaci sacchetti pieni d’acqua o d’aria, cubi di plastica o altro materiale inerte. L’NDF dei foraggi viene trattenuta nei prestomaci più a lungo rispetto ad altre sostanze alimentari, essendo formata inizialmente da particelle più grandi che, una volta immerse nel succo rumino-reticolare, tendono ad affiorare; pertanto l’effetto di riempimento dei foraggi dipende soprattutto dal loro contenuto di fibra (AAVV, 2021).

Il comportamento alimentare dei ruminanti è influenzato dallo stato fisiologico dell’organismo che, a propria volta, dipende dall’**afflusso di sostanze combustibili nel sangue** (Box 4.3). Inoltre, una bassa concentrazione di ATP nel fegato stimola l’appetito attraverso un aumento della frequenza degli impulsi nervosi che si propagano dal fegato al cervello attraverso il nervo vago (Allen, 2014). Esiste anche una regolazione ormonale: la **grelina**, un polipeptide secreto da ghiandole della parete dell’abomaso, stimola l’assunzione di alimento (anche se la sua concentrazione ematica non è correlata alla DMI in bovine da latte all’inizio della lattazione) mentre la **leptina**, prodotta dal tessuto adiposo, la inibisce inducendo sazietà e contribuendo a mantenere il peso corporeo a lungo termine dal momento che l’entità della sua secrezione da parte degli adipociti dipende dalla quantità di depositi adiposi presenti nel corpo, come dimostra il fatto che la sua concentrazione ematica nelle bovine da latte dipende dal loro stato di nutrizione o *Body Condition Score* (BCS, Figura 4.9).

Altri segnali inibitori sono la **colecistochinina** (*cholecystokinin*, CCK) un ormone secreto dopo i pasti da ghiandole della parete del duodeno nonché gli ormoni pancreatici.

Box 4.3 Le fonti di energia dei ruminanti (da Allen, 2014)

Gli **acidi grassi a catena corta** (*Fatty Acids*, FA), prodotti dalle fermentazioni ruminali (acetico, propionico, butirrico ecc.), così come il glucosio, l'acido lattico, gli aminoacidi e gli FA a catena media affluiscono al fegato attraverso la vena porta, mentre gli FA a catena lunga vengono assorbiti dal sistema linfatico. Dal sangue il **fegato** assorbe poco glucosio ed acido acetico, senza, quindi, dirottare tali sostanze da altri tessuti, e quantità maggiori di acido propionico, acidi grassi liberi (*Non-Esterified Fatty Acids*, NEFA), glicerolo, acido lattico ed aminoacidi, e ciò stimola l'assunzione di alimento. Il tessuto adiposo preleva dal sangue acido acetico, glucosio e NEFA durante la lipogenesi, mentre durante la lipolisi immette nel sangue trigliceridi, NEFA e glicerolo, composti che vengono ossidati nel fegato. I **muscoli scheletrici** utilizzano il glucosio, l'acido acetico, il glicerolo, l'acido  $\beta$ -idrossibutirrico ( $\beta$ -*Hydroxybutyric acid*, BHBA) nonché i NEFA come fonti di energia, e gli aminoacidi durante la sintesi proteica. Questi ultimi vengono mobilizzati in caso di bilancio energetico negativo, per poter essere ossidati previa deaminazione. L'acido lattico derivante dalla glicolisi anaerobia nelle fibre muscolari può essere utilizzato sia per la gluconeogenesi sia come combustibile nel fegato: nel secondo caso dovrà essere dapprima ossidato ad acido piruvico, che andrà incontro ad una decarbossilazione ossidativa nei mitocondri per poi entrare nel ciclo di Krebs come acetil-CoA (Box 5.3).

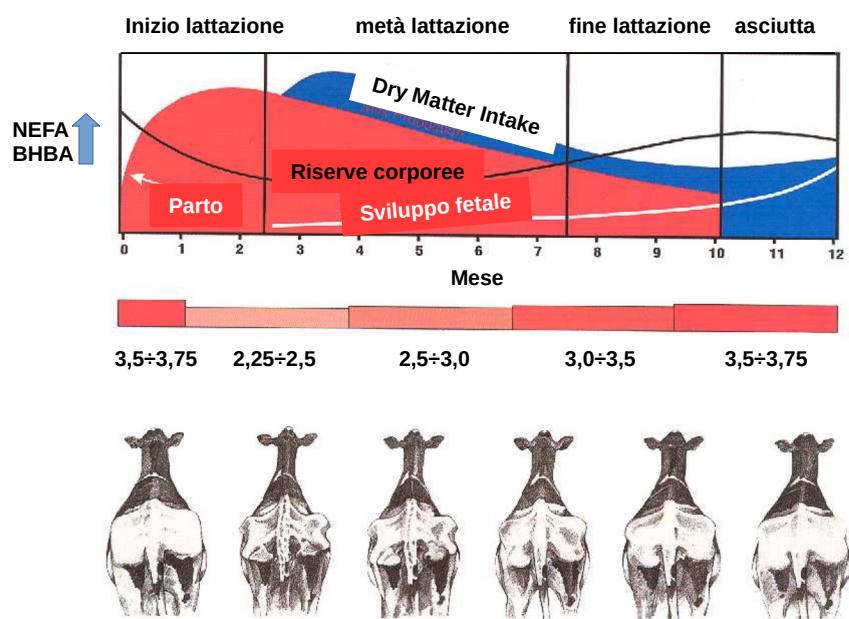


Figura 4.9 Lo stato di nutrizione (*Body Condition Score*) di una bovina da latte dipende dalla fase del ciclo produttivo in cui essa si trova.

Da [https://www.vet.cornell.edu/sites/default/files/1e\\_Elanco%20Cow%20Body\\_condition\\_scoring\\_V3.pdf](https://www.vet.cornell.edu/sites/default/files/1e_Elanco%20Cow%20Body_condition_scoring_V3.pdf).

Il riempimento del rumine è uno dei fattori che regolano la Dry Matter Intake nelle bovine da latte. La frazione fibrosa della razione ha un ingombro maggiore e, pertanto, contribuisce di più a riempire il rumine rispetto alla frazione non fibrosa; infatti la fibra, a causa della lentezza con cui viene fermentata, viene trattenuta nel rumine più a lungo. La digeribilità dell'NDF da foraggio sia in vitro (da parte di batteri coltivati in laboratorio) sia in vivo, negli animali, è estremamente variabile, tanto da influenzare le prestazioni produttive a parità di concentrazione dell'NDF stesso nella razione. Per ogni unità aggiuntiva di digeribilità dell'NDF in vitro, la DMI aumenta di 0,17 kg e la quantità di latte corretto in grasso (*Fat Corrected Milk* o FCM) al 4% di 0,25 kg al giorno.

Infine, un transito più rapido dell'NDF attraverso i prestomaci, reso possibile dalla sua maggiore digeribilità, riduce il riempimento fisico del rumine aumentando l'ingestione volontaria.

### 4.3 La proteina

#### 4.3.1 Proteina batterica e proteina alimentare

Dalla digestione enzimatica delle spoglie batteriche i ruminanti ottengono una fonte di aminoacidi, la cosiddetta «**proteina batterica**» (o proteina microbica, poiché il rumine ospita anche protozoi e miceti). Si tratta di una risorsa esclusiva dei ruminanti e dei lagomorfi (conigli e lepri, che la recuperano, tuttavia, con un meccanismo completamente diverso, ossia prelevando dall'ano e deglutendo il cosiddetto «ciecotrofo», un materiale fecale ricco di batteri). Gli erbivori monogastrici come il cavallo, invece, non possono utilizzare le proteine contenute nei batteri endosimbionti (per es. cellulatosolitici), dal momento che la camera di fermentazione che li ospita si trova a valle rispetto allo stomaco, nel cieco e, soprattutto, nel colon. La proteina microbica ha un elevato valore biologico, poiché contiene tutti e venti gli aminoacidi (a.a.) naturali, compresi quelli «essenziali», ossia quella decina circa di aminoacidi (il cui numero dipende dalla specie animale) che non possono essere sintetizzati dal fegato e, pertanto, devono essere necessariamente assunti con gli alimenti. Per esempio, una bovina lattifera con i seguenti parametri:

METODO DI CALCOLO della razione => \_CNCPS  
PESO VIVO MEDIO BOVINE IN LATTAZIONE => 650.000000 kg  
SETTIMANA DI LATTAZIONE media => 7^  
LIVELLO PRODUTTIVO medio => 45.000000 kg di latte al giorno  
TENORE DI GRASSO del latte => 3.900000x100  
TENORE DI PROTEINA del latte => 3.500000x100  
TENORE DI LATTOSIO del latte => 4.800000x100

ha un fabbisogno proteico complessivo di ben ~ 4,5 kg! Tale elevatissimo fabbisogno proteico può essere soddisfatto solo in parte dalla proteina microbica (Figura 4.10); la quota restante dev'essere fornita sotto forma di **proteina alimentare indegradabile**, detta anche «bypass» poiché «bypassa» i prestomaci senza subire modificazioni (essendo, appunto, «indegradabile») e giunge, intatta, fino all'abomaso. Le principali fonti di proteina indegradabile sono le cosiddette «**farine di estrazione**», ossia i sottoprodotti che si ottengono in seguito all'estrazione, tramite solventi chimici, dell'olio dai semi di alcune piante, come l'arachide, la colza, il cotone, il girasole, il lino e la soia.

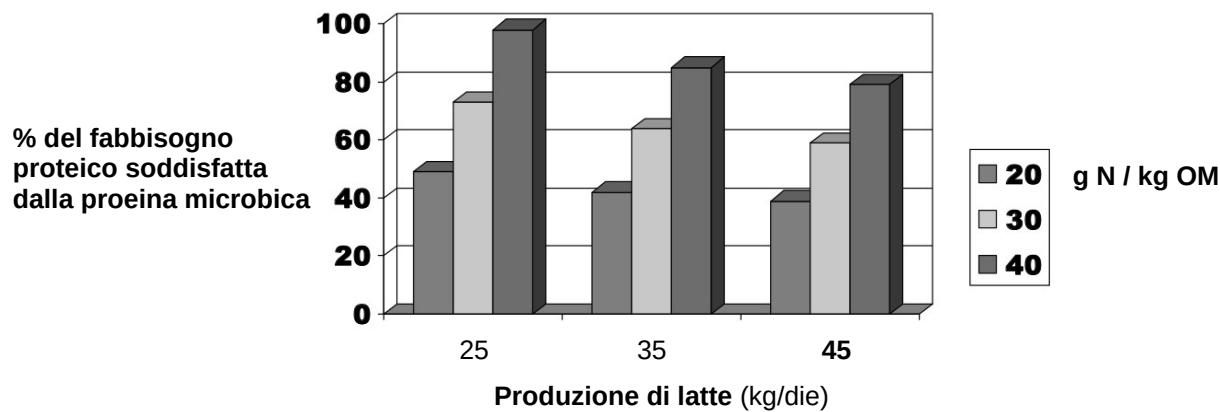


Figura 4.10 Frazione del fabbisogno proteico soddisfatta dalla proteina microbica per tre diverse quantità di azoto sintetizzate dai batteri ruminali per kg di sostanza organica fermentata (20, 30 e 40 g N / kg di OM), in funzione della quantità di latte prodotta al giorno. Con un livello produttivo di ~ 35 kg di latte / die e con una produzione di azoto da parte dei batteri ruminali di ~ 30 g / kg di sostanza organica fermentata, la proteina microbica soddisfa ~ il 60% del fabbisogno proteico della bovina. Da Chase, 2005.

#### Composizione della Razione 4.1:

5.000000 kg MAIS  
 20.000000 kg SILOMAIS  
 7.000000 kg GIR.F.E.34  
 1.185911 kg fieno di medica di I taglio  
 4.743244 kg pastazzo secco di agrumi  
 2.959000 kg semi di cotone

La Tabella 4.2 riporta la lista degli apporti e dei fabbisogni soddisfatti dalla Razione 4.1.

PRINCIPIO NUTRITIVO	APPORTO	Fabbisogno	DIFFERENZA
Sostanza Secca	25.322943 kg	25.218152 kg	0.104790 kg
PROTEINA GREZZA	4362.177904 g	4539.267424 g	-177.089521 g
PROTEINA DEGRADABILE	2961.568035 g	2723.560455 g	238.007580 g
PROTEINA INDEGRADABILE	1400.609869 g	1815.706970 g	-415.097101 g
FIBRA GREZZA	4414.237604 g	4287.085901 g	127.151703 g
NDF	8275.346044 g	7800.000000 g	475.346044 g
ADF	5376.078165 g	5043.630472 g	332.447694 g
GRASSO	1293.052777 g	1260.907618 g	32.145159 g
AMIDO	5954.986456 g	6304.538089 g	-349.551633 g
ZUCCHERI	1842.915978 g	2362.128577 g	-519.212599 g
Ca	137.808882 g	195.332895 g	-57.524013 g
P	130.446511 g	96.749283 g	33.697229 g
UFL	25.039659	25.288858	-0.249199

Tabella 4.2 Apporti e fabbisogni della Razione 4.1: l'apporto di zuccheri, insufficiente, è leggermente sottostimato a causa della carenza di dati sul contenuto di zuccheri dei fieni, mentre la carenza di calcio dovrebbe essere colmata aggiungendo una fonte di tale elemento.

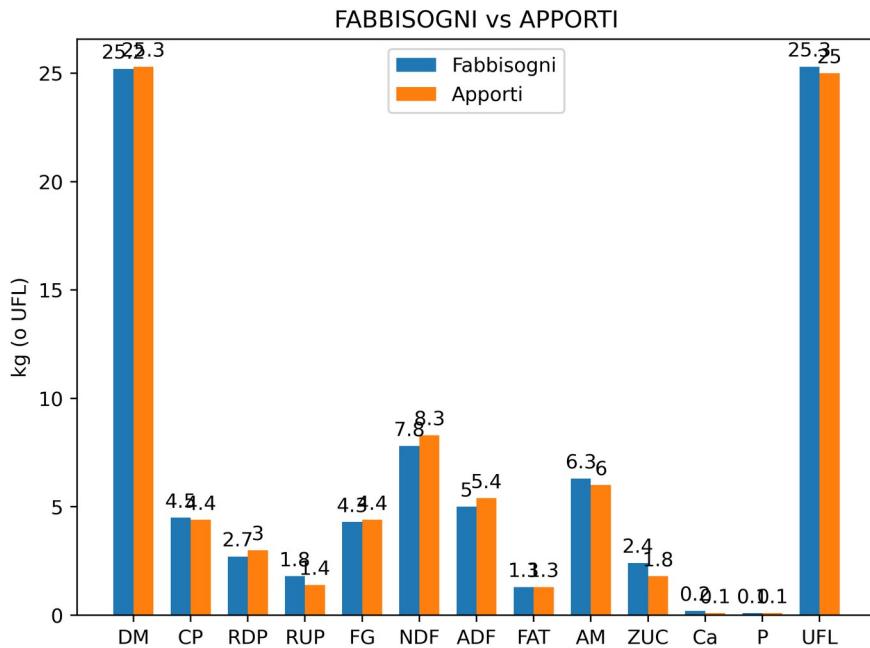


Figura 4.11 Barplot fabbisogni – apporti riguardante la Razione 4.1.

Il software PyR ([https://github.com/pierorivoira/DAIRY\\_COWS/blob/main/PYR\\_LINUX.tar.gz](https://github.com/pierorivoira/DAIRY_COWS/blob/main/PYR_LINUX.tar.gz)) consente di inserire nella razione una o più fonti proteiche; l'utente deve, però, impostare manualmente la quantità di una di queste (Figura 4.12).

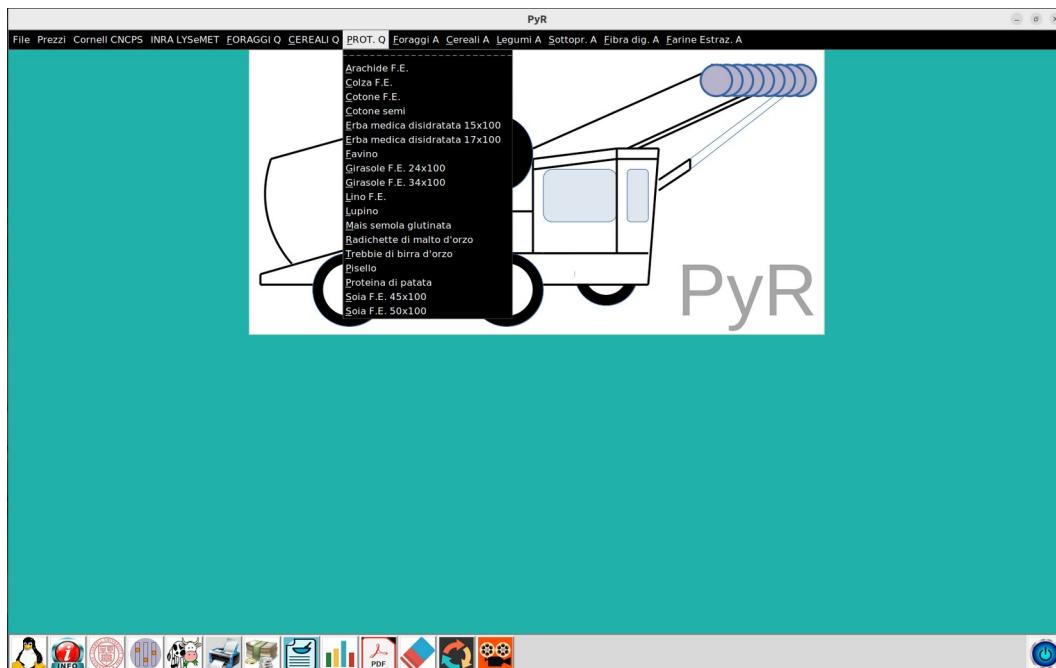


Figura 4.12 Il menù <PROT. Q> del software PyR.

Ciò impone alle stalle da latte di ricorrere all'acquisto di alimenti proteici più o meno costosi (Figura 4.13).

DENOMINAZIONI	2025				variazione		DENOMII	SO	QUOTAZ PANELLI E F
	18-feb		25-feb		positiva	negativa			
	settimana 8		settimana 9						
	min.	max.	min.	max.	min.	max.			
<b>18.1 PANELLI</b> di Germi di Grano/mais (18.1) di Lino (18.2)	245	315	245	315					<b>23. SOTT</b>
	590	NQ	590	NQ					Corpetto Mezzagr Risotto - : Granaver Farinacci Pula max Pula verg Lolla
<b>18.2 FARINE D'ESTRAZIONE</b> di Colza di Girasole integrale (18.3) di Girasole decorticato (18.4) di Soia nazionale (A; 26) di Soia estera (B; C; 26) di Soia decort. naz. (A; 18.6; 26) di Soia decor. estera (B,C;18.6; 26) di Soia decor. naz. alto prot. 48 di Soia decor. estera alto prot. 48	319	321	319	321					<b>24. RISO</b> Arborio e Roma e s Baldo e s
	212	214	217	219	5	5			
	292	302	292	302					
	376	379	371	374	-5	-5			
	373	376	368	371	-5	-5			
	384	387	379	382	-5	-5			
	381	384	376	379	-5	-5			
	409	NQ	404	NQ	-5	-5			
	406	NQ	401	NQ	-5	-5			

Figura 4.13 A fine febbraio 2025, la farina di estrazione di soia ad alto contenuto proteico è quotata, all'ingrosso, ~ 400 €/ton.

Nel caso delle razze bovine a duplice attitudine, caratterizzate da livelli produttivi molto inferiori (Tabella 4.3), il fabbisogno proteico viene soddisfatto quasi interamente dalla digestione della proteina microbica, senza dover ricorrere a costose integrazioni proteiche.

PIEMONTESE FATTRICE	PIEMONTESE MUNTA	VALDOSTANA	RENDENA	GRIGIO ALPINA	BRUNA	PEZZATA ROSSA	FRISONA
18÷20	20÷30	30	46	45÷54	67÷72	84	100÷120

Tabella 4.3 Produzione di latte (q.li/305 g) in alcune razze bovine.

Il sistema di allevamento estensivo che viene adottato dagli allevatori di queste razze nella regione alpina è sostenibile sia dal punto di vista ecologico sia da quello economico, essendo basato sul massiccio ricorso all'erba, consumata al pascolo in primavera e in autunno, ed in alpeggio durante la stagione estiva, mentre l'alimentazione invernale è prevalentemente secca. Una parte della Superficie Agricola Utilizzabile (SAU), condotta a prato-pascolo, non dovrà, quindi, essere pascolata ma riservata alla fienagione. La minore quantità di prodotto viene, così, compensata dai bassi costi di mantenimento degli animali e dal fatto che il latte munto durante la permanenza della mandria sui pascoli alpini viene destinato alla caseificazione, ossia alla trasformazione in formaggi a Denominazione di Origine Protetta (DOP) come il Raschera, il Castelmagno e la Fontina d'alpeggio, solo per citarne alcuni, i quali spuntano prezzi mediamente maggiori del ~ 30% rispetto ai corrispondenti formaggi prodotti in pianura. Attraverso la vendita diretta, inoltre, l'allevatore incamera l'intero **valore di trasformazione** della materia prima prodotta, senza considerare il fatto che la **resa al macello** dei vitelli maschi, destinati alla vendita, è significativamente più elevata di quella delle razze da latte. Anche la quota di rimonta di queste razze, che sono piuttosto longeve, è bassa, attestandosi intorno al 10÷15%, così come bassi sono i costi che l'allevatore deve sostenere per l'assistenza veterinaria e per l'acquisto di farmaci,

grazie alla **rusticità** di queste razze, mentre la loro **fertilità** è, generalmente, elevata, e ciò consente di conseguire più facilmente l'obiettivo di un parto all'anno per capo e, quindi, di un vitello e di una nuova lattazione ogni anno.

#### 4.4 I carboidrati non fibrosi (NFC = Non NDF Carbohydrates)

I carboidrati non-NDF, un'importante **fonte di energia**, non hanno tutti gli stessi effetti sullo stato di salute e sulle prestazioni produttive degli animali (Figure 4.14 - 4.15).

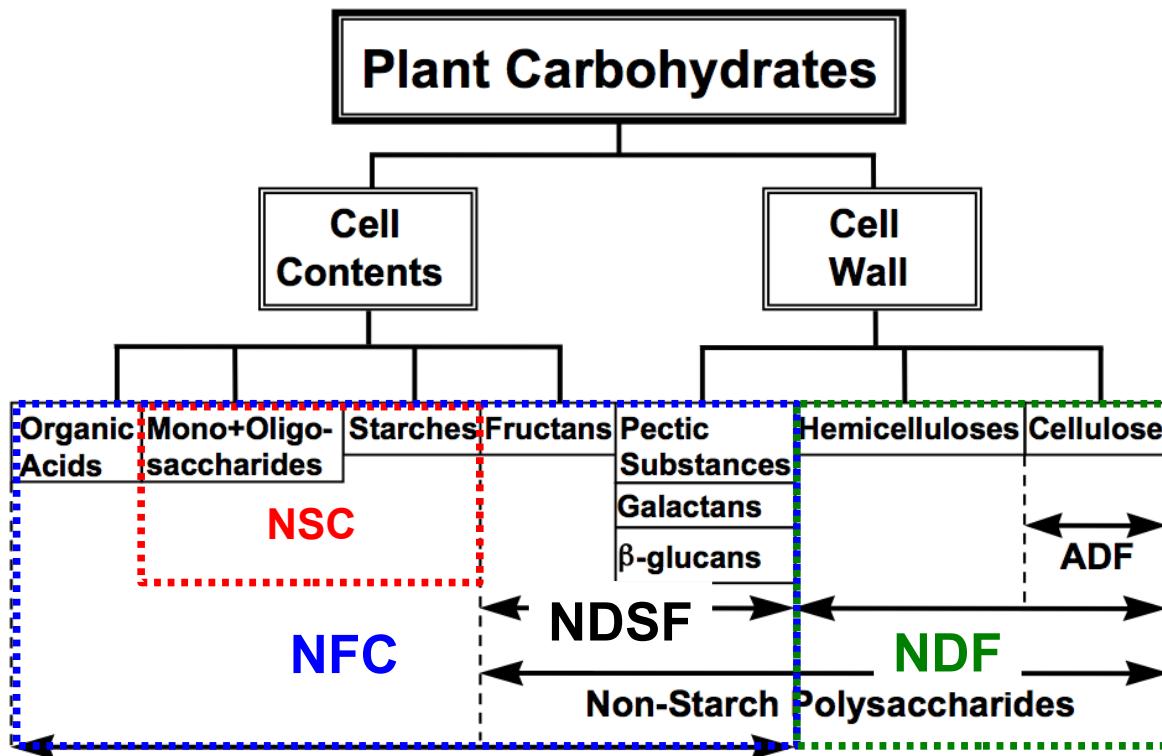


Figura 4.14 I carboidrati vegetali. ADF = Acid Detergent Fiber; NDF = Neutral Detergent Fiber; NFC = non-NDF Carbohydrates; NDSF = Neutral Detergent Soluble Fiber; NSC = Non-Structural Carbohydrates (amido + zuccheri); *starches* = amidi; *fructans* = polimeri del fruttoso; *galactans* = polimeri del galattoso;  $\beta$ -*glucans* = polimeri del  $\beta$ -glucoso. La lignina presente nell'NDF e nell'ADF non è stata inserita nello schema poiché non è un carboidrato, mentre gli acidi organici sono stati inclusi poiché fanno parte dell'NFC.

$$\boxed{\text{NFC} = 100 - (\text{NDF} + \text{CRUDE PROTEIN} + \text{ESTRATTO ETEREO} + \text{CENERE})}$$

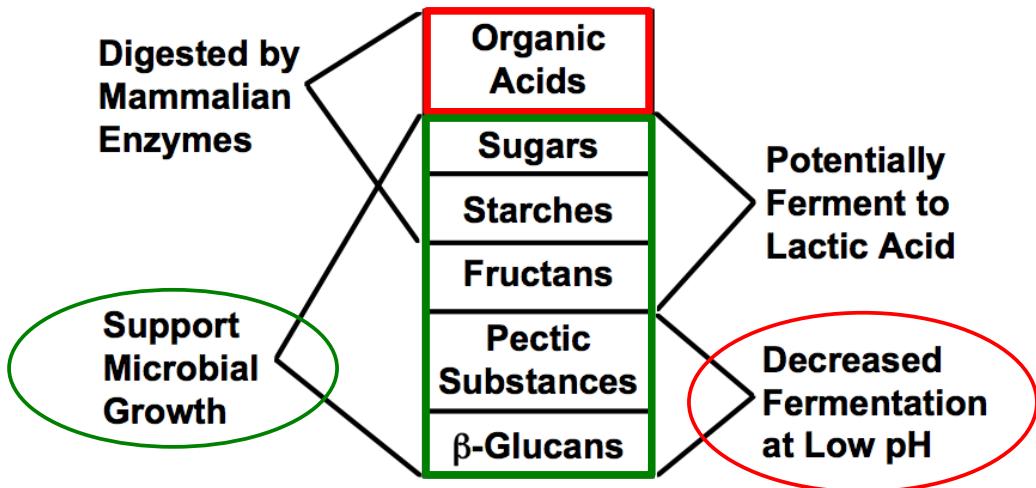


Figura 4.15 Schema che illustra l'utilizzo degli zuccheri da parte di un ruminante.

COMPOSTO	VELOCITÀ DI FERMENTAZIONE (%/h)
acidi organici	0÷?
zuccheri	±80 (?)
amido	4÷30
(buccette di soia)	(4)
fibra solubile	20÷40

Tabella 4.4 Velocità di fermentazione dei carboidrati non-NDF.

Gli **acidi organici** sono contenuti negli insilati (lattico, acetico), nei foraggi freschi e nel fieno (malico, citrico ed altri). I primi possono essere utilizzati dall'animale ma non supportano la crescita microbica. Gli «**zuccheri**» comprendono monosaccaridi (glucoso, fruttoso), disaccaridi (saccaroso) ed oligosaccaridi, i quali sono formati da catene di 2÷20 unità. Vengono fermentati molto rapidamente ad **acido lattico**, **acido butirrico** e, così come l'amido, ad **acido propionico**. Ad eccezione di alcuni oligosaccaridi, grazie all'azione di enzimi prodotti dall'organismo animale possono essere idrolizzati a monosaccaridi che verranno assorbiti dalla parete dell'intestino. Alimenti ricchi di zuccheri sono i foraggi freschi ed i fieni, il germe di frumento, il farinaccio di riso, il melasso, la farina di estrazione di arachide, la soia integrale ed i suoi sottoprodotto, la polpa di carruba, il pastazzo di agrumi, la pula di riso, le radichette di malto, il pannello di cocco e la f.e. di colza.

I carboidrati presenti negli insilati sono zuccheri non fermentati.

L'**amido** è composto da catene di  $\alpha$ -glucoso immagazzinate dalle piante sotto forma di granuli cristallini. I legami  $\alpha$ - possono essere idrolizzati sia dall'animale sia dai batteri con velocità variabile in funzione di vari fattori.

La degradabilità ruminale dell'amido dipende da:

- rapporto amilosio/amilopectina;
- struttura del granulo;

- modalità di conservazione;
- trattamenti fisico-chimici (insilamento; macinazione; trattamenti termici, la cui efficacia dipende dalla specie: sorgo > mais > orzo >> frumento).

Degradabilità ruminale dell'amido di  
**frumento > orzo > avena > mais > sorgo**

**L'amido consente alte produzioni ma può provocare acidosi ruminale** se fornito in quantità eccessiva o se viene fermentato troppo rapidamente (Tabella 4.5).

ALIMENTO	S.S. (% del tal quale)	AMIDO (% del tal quale)	DEGRADABILITÀ	DEGRADATO (% S.S.)	Kd (%/h)
mais granella	88	69	0,65	0	5÷10
mais farina	88	69	0,76	0	20÷30
mais fiocchi	88	69	0,85	0	20÷30
mais pastone	69	49,5	0,86	0	20÷30
orzo farina	88	52	0,88	0	20÷30
mais insilato	33	10	0,82	0	25÷30
orzo fiocchi	88	52	0,93	0	25÷35
frumento farina	88	59	0,89	0	40
frumento crusca	88	15	0,88	0	40
mais semola	88	14	0,81	0	50

Tabella 4.5 Contenuto e degradabilità ruminale dell'amido di alcuni alimenti.

La **fibra solubile nel detergente neutro (NDSF)** comprende le sostanze pectiche, i  $(1 \rightarrow 3)(1 \rightarrow 4)$ - $\beta$  glucani, i fruttani ed i galattani. Questi carboidrati non possono essere digeriti dagli enzimi dell'animale ma devono essere fermentati dai batteri del rumine. La fibra solubile viene fermentata molto rapidamente (20÷40%/h), ad eccezione delle buccette di soia ( $\approx$  4%/h). Gli zuccheri predominanti nella fibra solubile sono le **pectine**, le quali vengono fermentate soprattutto ad ac. acetico. Con l'eccezione dei fruttani, la fermentazione della fibra solubile non dà luogo alla produzione di ac. lattico ma viene inibita a pH acido. Sono fonti di fibra solubile le leguminose, il pastazzo di agrumi, le polpe di bietola, le buccette e la farina di estrazione di soia.

## 4.5 L'energia

### 4.5.1 Suddivisione della mandria in gruppi

Per il calcolo dei fabbisogni nutritivi con il *software* PyR è necessario scegliere il gruppo di bovine a cui la razione stessa è destinata (Figure 4.16 – 4.17), per tener conto del fatto che i fabbisogni stessi dipendono dalla quantità di latte prodotta al giorno la quale, a propria volta, varia in funzione del tempo trascorso dal parto (Figura 2.1).

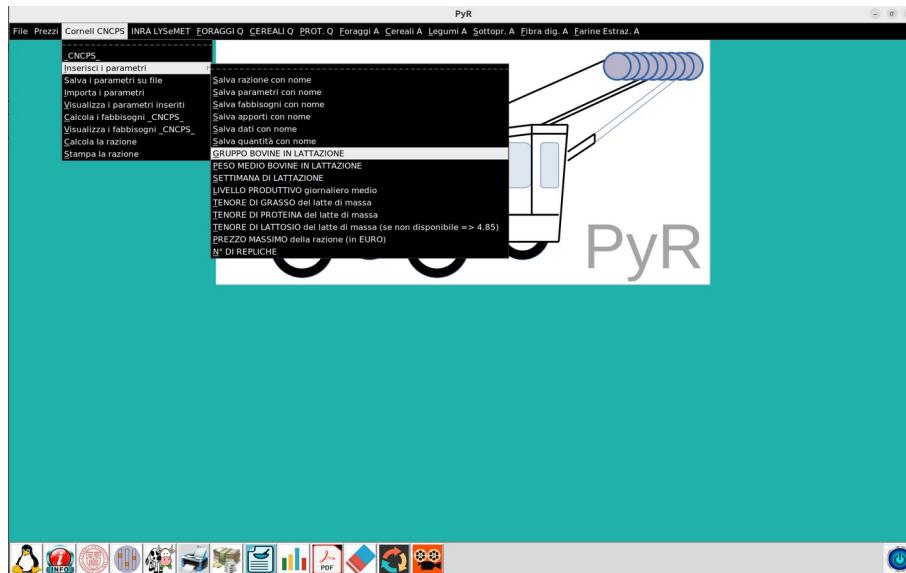


Figura 4.16 Uno dei parametri che devono essere inseriti per il calcolo dei fabbisogni nutritivi con il *software* PyR è il gruppo di appartenenza delle bovine in lattazione.

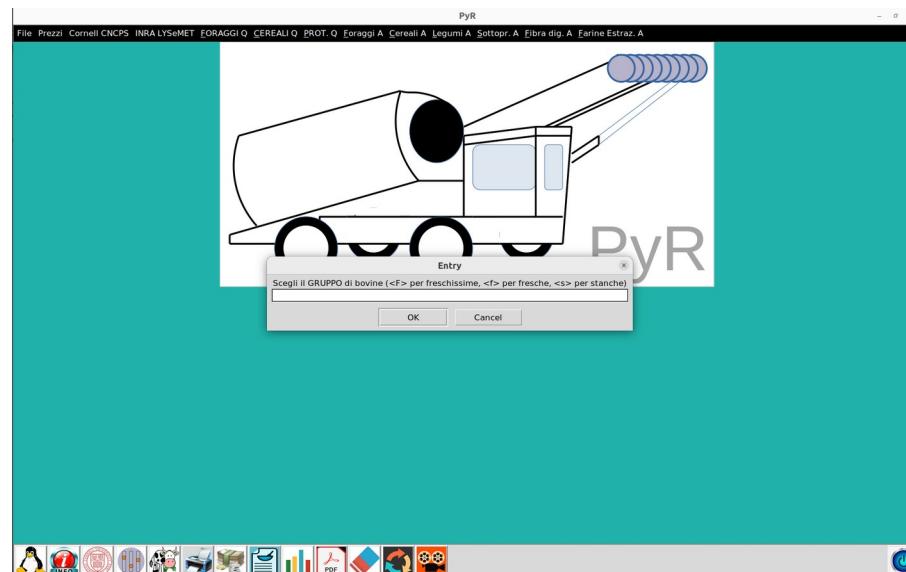


Figura 4.17 È possibile scegliere uno di tre gruppi: freschissime (<F>), fresche (<f>) e stanche (<s>). La lattazione, infatti, può essere suddivisa in tre fasi:

- inizio** (fase delle «freschissime»): rapido incremento quantitativo  $\Rightarrow$  picco (montata lattea); dura 10÷12 settimane, dal parto all'inizio del calo produttivo;
- metà** (fase delle «fresche»): lento e regolare declino produttivo (4÷6% / mese), dalla 10<sup>a</sup>÷12<sup>a</sup> alla 30<sup>a</sup> settimana;
- fine** (fase delle «stanche»): inizia con la fase di > declino e dura dal 5°÷6° mese alla fine della lattazione stessa (43<sup>a</sup>÷44<sup>a</sup> settimana).

#### 4.5.2 Razze a duplice attitudine e sistema di allevamento estensivo

Le razze bovine a duplice attitudine (Abondance, Normanna, Rendena, Vosgienne, Pustertaler, Bruna Svizzera, Grigio Alpina) producono quantità di latte minori (dal 50 al 75 % in meno di una frisona); tuttavia presentano alcune caratteristiche che le rendono una valida alternativa alle BLAP:

- 1) hanno esigenze nutritive molto più modeste, che possono essere soddisfatte da razioni alimentari composte esclusivamente, o prevalentemente, da foraggi, consumati in stalla durante l'inverno (fieno) o al pascolo nelle altre stagioni;
- 2) anche se hanno una lattazione più breve, la quantità giornaliera di latte prodotta è più costante nel tempo (Figura 4.18); manca un vero e proprio picco di lattazione, pertanto la bovina non deve fare ricorso alle proprie riserve adipose e, quindi, non corre il rischio di andare incontro a disturbi metabolici;
- 3) i vitelli maschi, venduti scolostrati a 3-4 settimane di età, spuntano prezzi più alti dei frisoni, essendo caratterizzati da una conformazione da carne migliore, grazie ad una discreta muscolosità.

Nella Figura 34 è rappresentato, in modo schematico, il ciclo riproduttivo e dell'attività delle bovine allevate con un sistema estensivo, basato sul pascolo e sull'alpeggio.

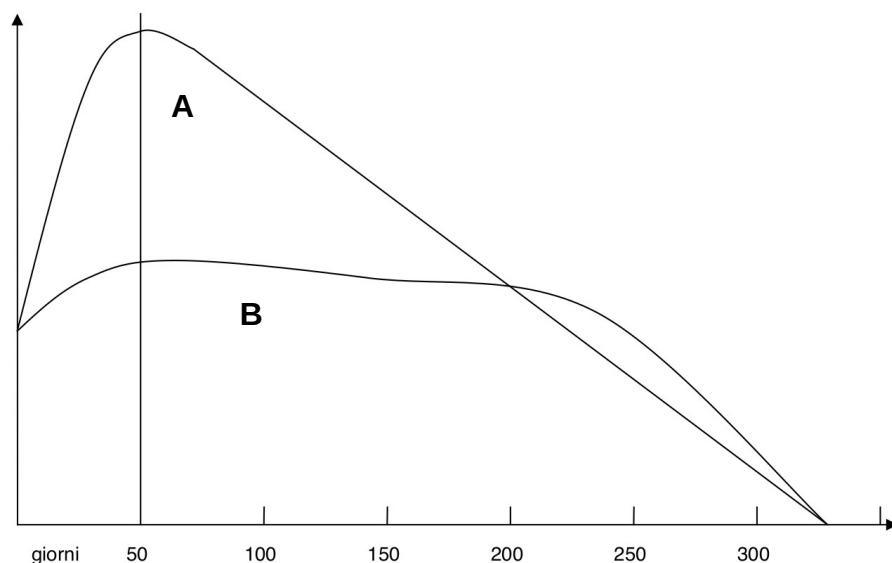


Figura 4.18 Curva di lattazione di una BLAP (A) e di una bovina a duplice attitudine (B).

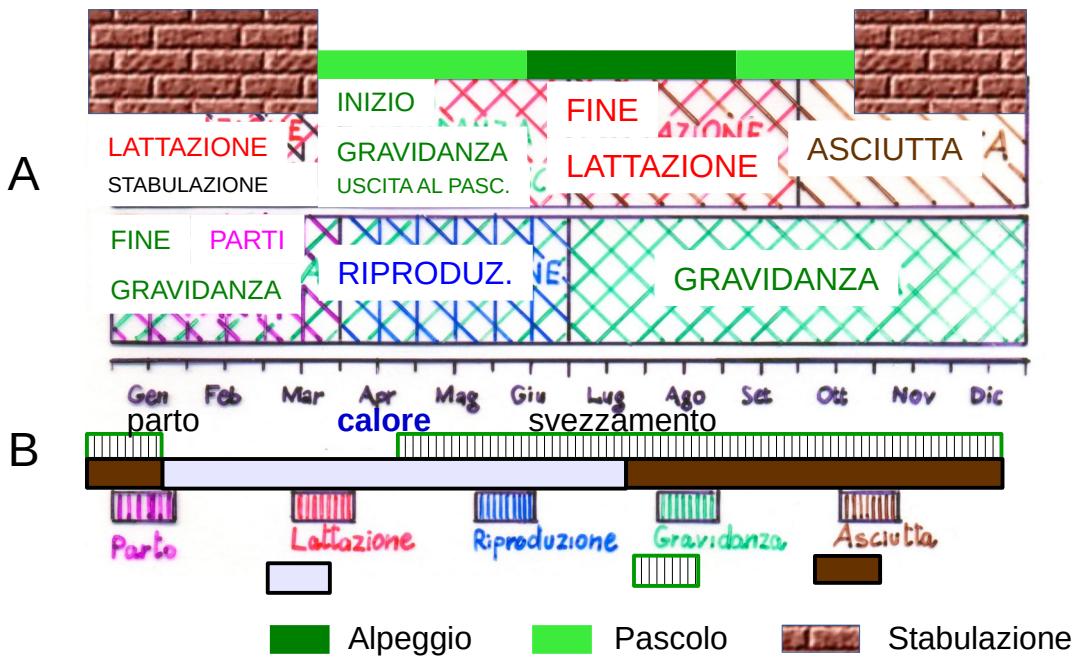


Figura 4.19 A) Ciclo annuale dell'attività (rettangolo superiore) e della riproduzione (rettangolo inferiore) delle bovine allattanti allevate con un sistema estensivo, basato sul pascolo e sull'alpeggio; B) Esempio riferito ad una bovina che partorisce alla fine di gennaio.

Tale ciclo può essere suddiviso in quattro fasi, corrispondenti alle stagioni dell'anno.

**INVERNO:** è la stagione in cui la maggior parte delle bovine partorisce; si conclude la gravidanza ed inizia la lattazione; nella maggior parte delle aziende in cui si alleva la razza Piemontese la mungitura non viene più effettuata, pertanto il latte è destinato al consumo da parte del vitello, che viene venduto allo svezzamento. Si pratica il cosiddetto «svezzamento naturale», il quale prevede che il vitello segua la madre al pascolo e, oltre a consumare l'erba, continui ad assumere il latte materno fino all'età di circa sei mesi, quando pesa 180-220 kg e viene venduto, come vitello svezzato («mangiarin»), al prezzo di 1000-1300 €. Nelle stalle in cui le bovine vengono munte, spesso in modo manuale a causa delle irregolarità nella forma e nelle dimensioni dei capezzoli, i vitelli vengono venduti a 30-60 giorni di età come vitelli scolostrati in fase di svezzamento (puparin), al prezzo massimo di 500 €.

**PRIMAVERA:** è la stagione riproduttiva. Con l'uscita al pascolo, nella seconda metà di marzo, le bovine passano dalla razione invernale che, prevedendo il consumo esclusivo o prevalente di fieno in stalla, è molto povera e soddisfa a malapena il fabbisogno energetico di mantenimento degli animali, ad una dieta molto più nutriente, basata sul consumo della cosiddetta «erba corta», tenera e ricca di sostanze nutritive. Il maggiore apporto energetico e di nutrienti (zuccheri, fosfolipidi, proteine, vitamine, sali minerali), rende possibile la **ripresa dell'attività ovarica ciclica**, che si era interrotta in seguito alla fecondazione: un nuovo follicolo ovarico primordiale viene reclutato e va incontro alle varie fasi della maturazione, fino allo scoppio (**ovulazione**). Ciò dovrebbe avvenire entro circa 6 settimane ed, in ogni caso, entro 3 mesi dal parto precedente. Quindi, se si adotta questo sistema di allevamento, la biologia riproduttiva delle bovine passa da «poliestrale annuale» (cicli estrali tutto l'anno, come nella scrofa) a «**poliestrale stagionale**».

Gli attuali obiettivi della selezione dei tori di razza Piemontese che vengono abilitati alla produzione delle dosi di sperma da utilizzare per l'inseminazione strumentale delle bovine non comprendono il miglioramento dell'attitudine lattifera delle figlie; pertanto, gli allevatori stanziali che non hanno mai

rinunciato alla mungitura, così come molti di quelli che conducono le loro mandrie in alpeggio durante l'estate (margari), si avvalgono della monta naturale, scegliendo come toro aziendale il figlio della migliore lattifera della mandria, ossia della bovina che produce la maggiore quantità di latte. Quest'ultimo esce al pascolo insieme alle bovine (Figura 4.20) e, a mano a mano che queste ritornano in calore, si accoppia con loro; con la monta naturale la fertilità dello sperma è più alta, dal momento che esso non ha subito tutte quelle lavorazioni che sono necessarie per poter inseminare le bovine strumentalmente: prelievo, diluizione, confezionamento, conservazione, congelamento in azoto liquido e successivo scongelamento. Inoltre le razze bovine da carne o a duplice attitudine non hanno particolari problemi di fertilità, quindi non è difficile riuscire ad ottenere un vitello all'anno per vacca. Ogni toro aziendale non può, tuttavia, restare in servizio per più di 2-3 anni; trascorso tale periodo di tempo, esso dev'essere sostituito affinché non monti le proprie figlie, dal momento che tale accoppiamento «incestuoso» aumenterebbe la consanguineità della mandria, con gli inevitabili problemi ad essa associati: nascita di soggetti poco vitali, riduzione della taglia, velocità di accrescimento e produzione di latte, resistenza alle malattie e aumento della frequenza delle malformazioni congenite nonché di altri difetti ereditari. L'insieme di tali fenomeni prende il nome di **«depressione da consanguineità»**. Sarebbe, dunque, auspicabile una collaborazione fra aziende che hanno lo stesso indirizzo produttivo, ossia in cui si allevano bovine di razza Piemontese a duplice attitudine, le quali si scambino i tori; si aumenterebbe, così, la cosiddetta **«grandezza effettiva della popolazione»**, ossia il numero degli individui, non imparentati fra loro, che, trasmettendo i propri geni alle generazioni successive, contribuiscono a mantenere alta la variabilità genetica.

Le manze vengono messe insieme al toro (o inseminate artificialmente, nel caso in cui il latte prodotto sia interamente destinato all'alimentazione dei vitelli) all'età di 15-18 mesi; se si ricorre all'inseminazione strumentale è possibile scegliere, come dose di sperma da utilizzare, quella di un toro «da carne», ossia di un toro i figli e le figlie del quale nascono facilmente, essendo snelli e longilinei e, soprattutto nel caso delle femmine, avendo una groppa relativamente stretta.



Figura 4.20 Nelle aziende in cui le bovine vengono munte si continua a fare ricorso alla monta naturale.

ESTATE: è la stagione che la mandria trascorre sui pascoli alpini; tutte le vacche dovrebbero essere nuovamente gravide, ad eccezione di quelle che hanno partorito per ultime, che sono ancora in lattazione e vengono munte (Figura 4.21). Il latte viene destinato alla caseificazione in alpeggio.

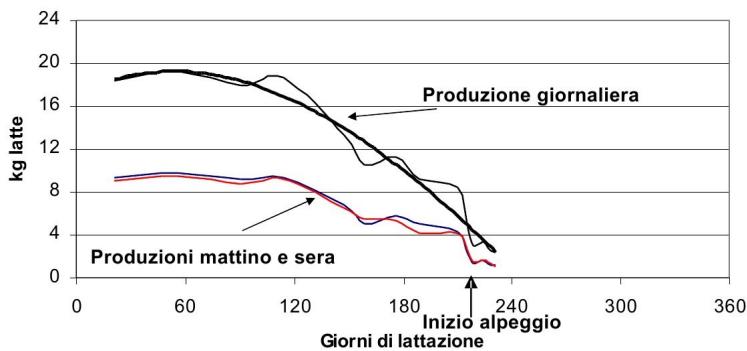


Figura 4.21. Le bovine che hanno partorito all'inizio dell'inverno, quando la mandria raggiunge i pascoli alpini sono ormai giunte alla fine della lattazione.

**AUTUNNO:** verso la fine di settembre e, in ogni caso, entro la metà di ottobre, si assiste alla transumanza di ritorno verso la cascina di pianura che ospita la mandria e la famiglia del margaro. Quest'ultimo, generalmente, è proprietario solo degli animali ma non dei terreni o dei fabbricati della cascina in cui trascorrerà gran parte dell'anno, fino all'inizio della nuova stagione di alpeggio. Pertanto deve stipulare un contratto con il proprietario di una cascina, il quale prevede che, dietro il pagamento della cosiddetta «carrata», una sorta di canone di affitto che corrisponde al valore della quantità di fieno necessaria al mantenimento di una bovina per tutto l'inverno, in pratica un carro di fieno, l'agricoltore provveda, appunto, alla fornitura del fieno necessario, che sarà stato prodotto durante l'estate, quando la mandria si trovava in alpeggio. Lo stesso contratto prevede anche il diritto di pascolo autunnale e primaverile e di utilizzo dei fabbricati (stalla ed abitazione per la famiglia del margaro). Il pascolo autunnale viene praticato finché c'è erba e, quindi, a causa del cambiamento climatico in corso, si protrae sempre più spesso fino ad inverno inoltrato.

## 5. LA GESTIONE DEI PASCOLI

### 5.1 L'allevamento delle bovine allattanti e la ripartizione dell'energia del fieno

Le mandrie di bovine che allattano il proprio vitello consumano foraggi producendo carne di qualità. Forniscono più della metà del consumo nazionale francese di carne e contribuiscono alla **conservazione dei pascoli**. Questa doppia finalità implica una visione economica della gestione della mandria: quale che sia la finalità, l'utile lordo sarà tanto più elevato quanto le spese sono ridotte, in particolare quelle alimentari, che incidono di più sui costi di allevamento. Il sistema più utilizzato per l'allevamento delle bovine allattanti è basato su un utilizzo massiccio dell'erba, raccolta o pasturata. I partori hanno generalmente luogo in inverno, da gennaio a marzo (Figura 34), cosicché i vitelli svezzati (*mangierin* o *broutards*) possono essere venduti alla fine dell'estate o all'inizio dell'autunno, dopo 6÷7 mesi di allattamento.

Se la razione alimentare invernale è basata esclusivamente sul fieno (metodo francese e piemontese tradizionale), le bovine che partoriscono nei primi mesi dell'anno produrranno una quantità di latte appena sufficiente a soddisfare il fabbisogno nutritivo del proprio vitello, ossia 6÷7 Kg di latte a un mese dal parto, quando il vitello pesa 50÷60 Kg. Un Kg di sostanza secca di fieno, infatti, pur contenendo ben 4400 Kcal di Energia Lorda (Box 5.1), apporta soltanto 1090 Kcal di Energia Netta (energia che può essere utilizzata dall'animale per soddisfare il proprio fabbisogno di mantenimento e che può essere trasformata in tessuti, muscolare e adiposo, o in latte). Gran parte dell'Energia Lorda, quindi, viene persa sotto varie forme (feci, urine, metano, calore di fermentazione) e non può essere utilizzata dall'animale (Figura 5.1).

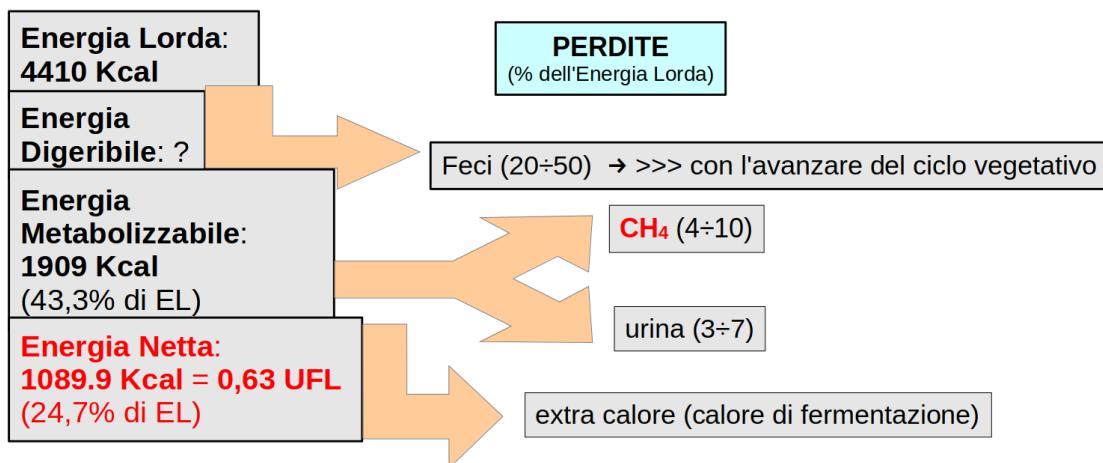


Figura 5.1 Ripartizione dell'Energia Lorda del fieno nelle sue componenti (dati INRA).

Il bilancio energetico di quest'ultimo (Energia che entra con il fieno – energia che viene consumata per il mantenimento e per produrre il latte) diventa negativo: la bovina consuma più energia di quella che introduce con gli alimenti. Tale deficit energetico non si traduce, tuttavia, in un calo produttivo (ossia, la bovina allattante non produce meno latte perché non mangia abbastanza), dal momento che le femmine allattanti di tutti i mammiferi sono in grado di compensare una eventuale carenza energetica e proteica **mobilizzando le proprie riserve corporee**, rappresentate, nelle bovine da carne, essenzialmente da tessuto muscolare e, in misura minore, da tessuto adiposo.

Box 5.1 L'Energia Lorda

L'**energia totale contenuta in un alimento** si chiama **Energia Lorda** (EL); è la somma delle energie di legame dei legami covalenti fra l'idrogeno e gli altri elementi ai quali l'idrogeno stesso è legato nelle molecole dei composti organici (carbonio, azoto, zolfo). Tali legami sono ad alta energia, nel senso che gli elettroni dell'idrogeno, quando quest'ultimo è legato ad elementi meno elettronegativi dell'ossigeno, hanno un livello energetico elevato, che hanno raggiunto grazie all'energia solare nel corso della fotosintesi. Quando, attraverso la **respirazione cellulare**, i legami idrogeno-carbonio (H-C), idrogeno-azoto (H-N) ecc. si rompono, gli atomi di idrogeno passano dal carbonio (o dall'azoto e così via) all'ossigeno, che si comporta da accettore finale di elettroni, cosicché il livello energetico degli elettroni stessi diminuisce. Gli elettroni dell'idrogeno, quando questo elemento è legato all'ossigeno nella molecola dell'acqua, hanno, pertanto, un basso livello energetico e questo è il motivo per cui l'acqua non può essere usata come fonte di energia chimica; ciò richiederebbe, infatti, che tale sostanza reagisse con un elemento ancora più elettronegativo dell'ossigeno, per esempio con il fluoro, affinché il livello energetico degli elettroni dell'idrogeno diminuisse ulteriormente. Un **motore ad acqua**, tuttavia, non può essere costruito poiché il fluoro, a differenza dell'ossigeno, è raro e si trova soltanto in alcune rocce, dalle quali dovrebbe essere estratto, purificato e distribuito con un grande dispendio energetico, azzerando il potenziale vantaggio derivante dall'utilizzo dell'acqua come combustibile.

Per misurare l'EL di un campione di alimento occorre provocare la rottura dei legami covalenti dell'idrogeno attraverso la combustione, in condizioni controllate, del campione stesso. Affinché la quantità di energia che si libera sotto forma di calore possa essere misurata, è necessario ricorrere ad un apposito strumento, detto **bomba calorimetrica** (Figura B1.1). Si tratta di un contenitore a doppia parete, l'intercapedine del quale è riempita d'acqua a temperatura nota; nel contenitore interno, contenente il campione da analizzare, viene pressurizzato dell'ossigeno (fino a  $\sim 20$  atm) al fine di ottenere una combustione completa e la conseguente rottura di tutti i legami covalenti dell'idrogeno e, quindi, innescata la combustione attraverso la chiusura di un circuito elettrico. Attraverso la parete interna della bomba, il calore di reazione si propaga all'acqua, riscaldandola; dalla differenza di temperatura dell'acqua fra il momento precedente e quello successivo alla combustione si può facilmente risalire alla quantità di calore, in kcal.

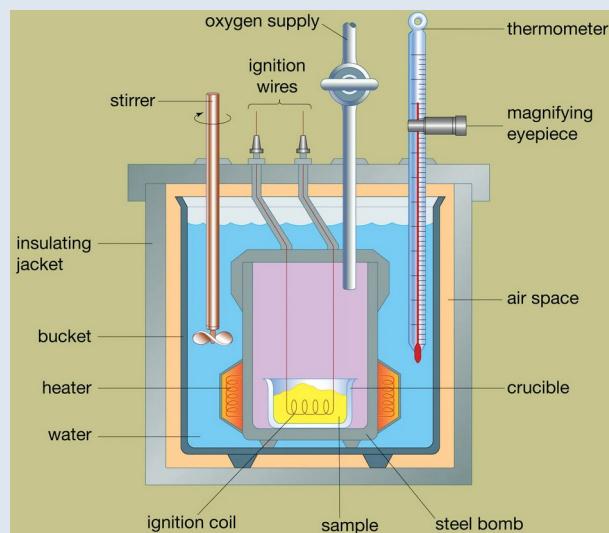
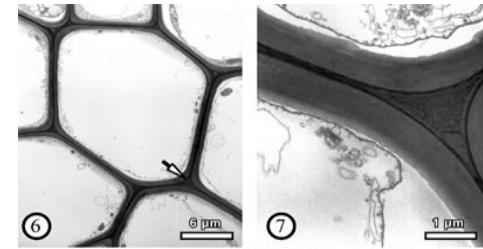


Figura B5.1 Sezione longitudinale di bomba calorimetrica.

Non tutta l'EL di un alimento può, tuttavia, essere utilizzata; nell'organismo animale ci sono, infatti, diverse cause di perdita energetica, la prima delle quali è l'**incompleta digeribilità** degli alimenti. La digeribilità dell'erba, per esempio, dipende dalla fase fenologica in cui essa si trova quando viene consumata: all'inizio della primavera, durante la ripresa vegetativa, l'erba giovane e corta si presenta sotto forma di singoli ciuffi di foglie, poiché il fusto, che è un organo di sostegno, non si è ancora formato; le cellule del tessuto fogliare hanno, inoltre, pareti sottili e flessibili, non ancora lignificate (Figura 5.2). Quest'erba è molto digeribile e nutriente, essendo ricca di proteine, acidi organici, zuccheri, amido, fruttani (polimeri del fruttosio), vitamine e sali minerali. A mano a mano che si succedono le diverse fasi fenologiche (accestimento, levata) e l'erba si avvicina alla fioritura, le succitate sostanze iniziano a migrare verso i semi e, nelle essenze pluriennali o perenni, anche nelle radici. Nello stesso tempo si assiste allo sviluppo del fusto nonché ad un graduale inspessimento delle pareti cellulari (Figura 5.3), che si irrobustiscono, attraverso la sintesi di un aumentato numero di microfibrille di cellulosa, una sorta di 'cemento armato' della cellula (Figura 5.4), per soddisfare le esigenze meccaniche di sostegno di una pianta in crescita. Come se non bastasse, quantità sempre maggiori di **lignina**, un composto polifenolico di elevato peso molecolare, totalmente indegradabile, tanto da essere paragonato, dagli autori anglosassoni, ad una sorta di 'plastica'. Essa si lega chimicamente all'**emicellulosa**, un altro polisaccaride strutturale di tipo fibroso, come la cellulosa, ma che si differenzia da questa per la propria struttura ramificata, costituita da vari tipi di zuccheri semplici, pentosi ed esosi. Poiché l'emicellulosa è legata anche alle microfibrille di cellulosa, si forma una complessa struttura tridimensionale cellulosa-emicellulosa-lignina: i carboidrati (cellulosa ed emicellulosa) che ne fanno parte risulteranno tanto meno degradabili quanto più sono lignificati, ossia tanto più elevato è il numero delle molecole di lignina presenti. Queste ultime, infatti, facendo da 'schermo', impediscono agli enzimi prodotti dai batteri cellulosolitici, e dai batteri che fermentano le emicellulose, di legarsi ai propri substrati (Figura 4.8).

Pertanto, con l'avanzare della stagione, il foraggio si impoverisce dal punto di vista nutritivo, diventando sempre meno digeribile: l'Energia Digeribile (ED), ossia la differenza fra l'EL e l'energia persa con le feci, diminuisce, dal momento che le feci stesse conterranno quantità crescenti di fibre di foraggio indigerite o solo parzialmente digerite (Figura 5.1).

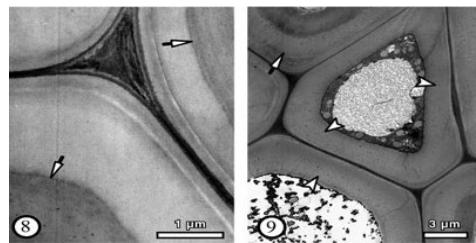
Per ottenere l'Energia Metabolizzabile (EM) dall'ED, è necessario sottrarre da quest'ultima la quantità di energia persa con il metano e con l'urina.



A

B

Figura 5.2 L'erba corta primaverile è formata da ciuffi di foglie (A), e le cellule del tessuto fogliare hanno pareti sottili (B).



A

B

Figura 5.3 L'erba matura (A) è scarsamente digeribile, soprattutto a causa della crescente lignificazione delle pareti cellulari; l'aumento di spessore di queste ultime contrasta con la riduzione del citoplasma.

### 5.1.1 Energia persa sotto forma di metano

La produzione di metano ( $\text{CH}_4$ ) da parte dei ruminanti è dovuta alla presenza, nel rumine, di **Archaea metanogeni**, ossia di batteri anaerobi obbligati, termofili, che discendono direttamente dalle prime forme di vita batterica comparse sul nostro pianeta durante il Precambriano (3,8÷3,5 Gya). Questi microrganismi utilizzano, come ossidante degli zuccheri presenti in soluzione nel rumine (e derivanti dalla fermentazione dei polisaccaridi vegetali), la  $\text{CO}_2$  derivante dalla reazione di decarbossilazione dell'acido piruvico, a sua volta derivante dalla fermentazione della cellulosa, delle emicellulose e delle pectine, che produce acido acetico (Figure 5.4 – 5.5). Il metano è una sostanza ricca di energia poiché ogni sua molecola contiene ben 4 legami covalenti C-H.

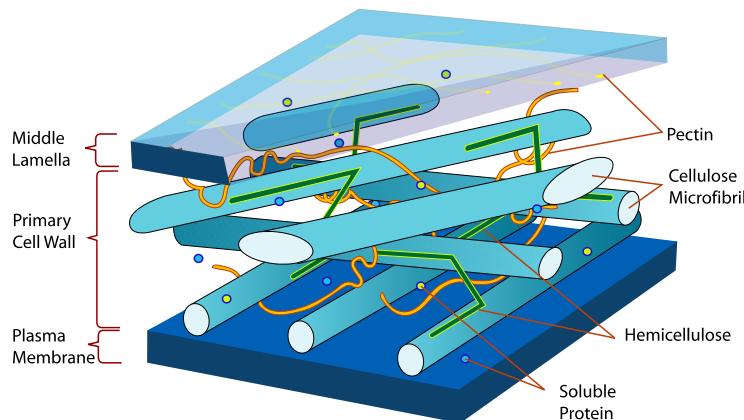


Figura 5.4 Le microfibrille di cellulosa, fasci di molecole di questo polimero del  $\beta$ -glucosio, orientandosi in varie direzioni, conferiscono resistenza alla pianta nei confronti del vento.

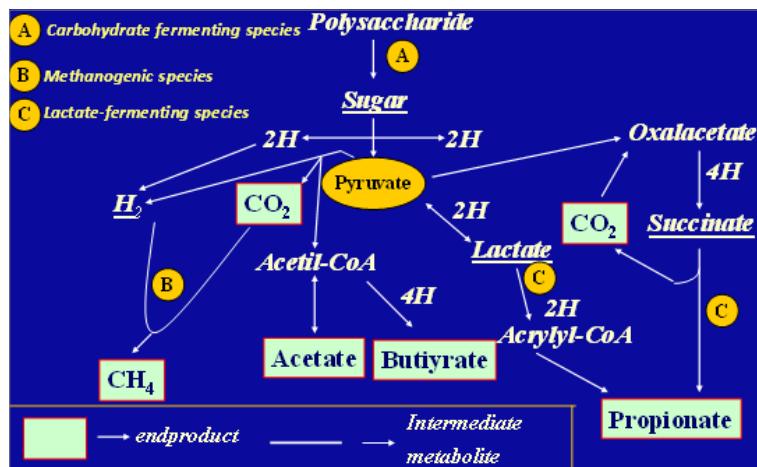


Figura 5.5 Schema delle fermentazioni ruminali.

Se si adotta un sistema di allevamento estensivo, in cui il foraggio sia la risorsa trofica principale, la quantità di metano emessa dai ruminanti domestici può essere ridotta con il pascolamento turnato di piccoli appezzamenti, come dimostrano i risultati di uno studio effettuato in Louisiana (USA, DeRamus *et al.*, 2003; Figura 5.6, Tabella 5.1), grazie al **consumo di erba più giovane** e, pertanto, più povera di fibra, da parte degli animali.



Figura 5.6 Il pascolamento turnato su piccole superfici, praticato in Italia settentrionale da secoli, prevede che la mandria venga spostata all'appezzamento successivo solo quando non ci sia più erba residua.

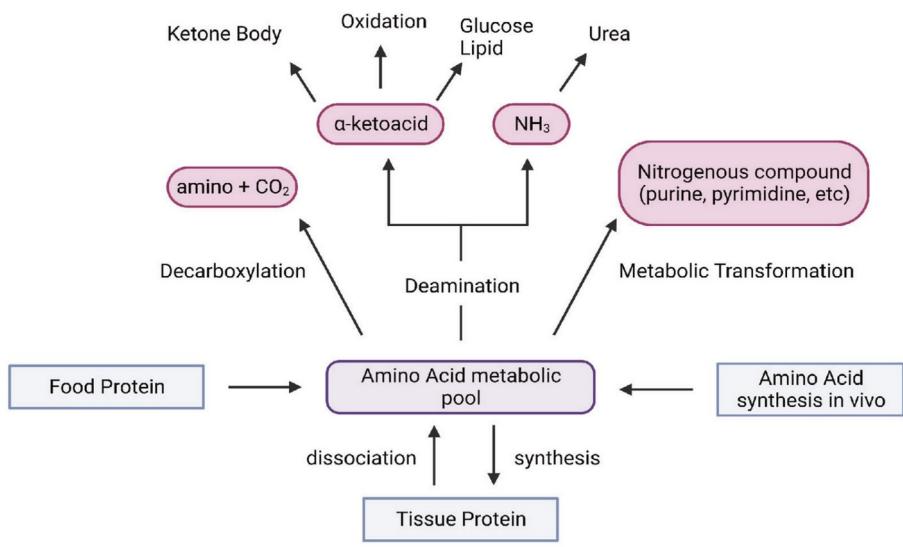
		AUTUNNO 1996		ESTATE 1997		AUTUNNO 1997		ESTATE 1998	
		PASCOLAMENTO							
		CONT	BMP	CONT	BMP	CONT	BMP	CONT	BMP
V A C C H E	PESO INIZIALE (Kg)	560	551	614	600	631	621		
	IPG # (Kg)	0.34	0.5	0.55	0.66	0.21	0.38		
	CH4								
	g / die	255	219	226	179	249	225		
	g/Kg0.75/die*	2.22	1.93	1.83	1.48	1.98	1.81		
M A N Z E	PESO INIZIALE (Kg)	390	368	327	323	341	343	470	482
	IPG # (Kg)	0.11	0.29	0.44	0.61	0.21	0.31	0.55	0.68
	CH4								
	g / die	193	143	138	129	166	160	189	157
	g/Kg0.75/die*	2.20	1.7	1.79	1.69	2.09	2.01	1.87	1.53

Tabella 5.1 Effetti delle *Best Management Practices* (BMP, pascolamento turnato) sull'Incremento Ponderale Giornaliero (IPG) e sulla quantità di metano prodotta al giorno in grammi, totale e, rispettivamente, per kg di peso metabolico, da parte di bovini da carne nel Sud-est degli Stati Uniti, rispetto al controllo, rappresentato dal pascolamento continuo. Da DeRamus *et al.*, 2003.

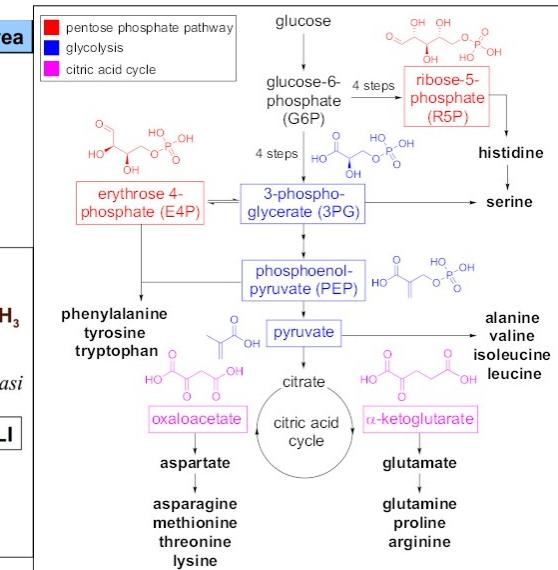
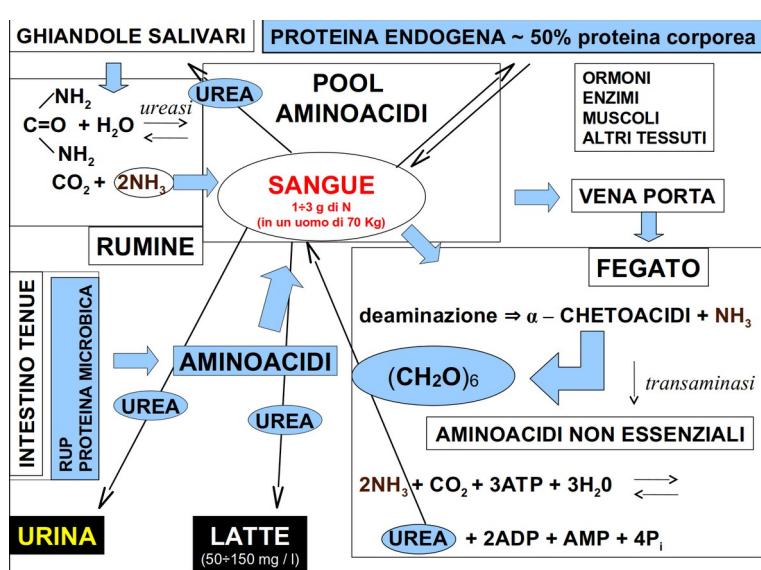
### 5.1.2 Energia persa con l'urina: il ciclo salivare dell'azoto

La Figura 5.7 illustra schematicamente il metabolismo dell'azoto nei ruminanti. Nel primo tratto dell'intestino tenue (duodeno) prosegue la digestione enzimatica, già iniziata nell'abomaso, della proteina. Quest'ultima può essere classificata in due categorie distinte:

- RUP (Rumen Undegradable Protein) o **proteina indegradabile** o '*bypass*'; si chiama così poiché i batteri proteolitici ruminali non sono in grado di idrolizzarla, cosicché essa transita inalterata attraverso i prestomaci, '*bypassando*', così, il rumine. Come si è accennato, le principali fonti di proteina indegradabile sono le farine di estrazione, in particolare quella di **soia** (Figure 5.8 – 5.9).
- PROTEINA MICROBICA.



A



B

C

Figura 5.7 Schema del metabolismo dell'azoto nei monogastrici (A) e nei ruminanti (B). Schema delle vie metaboliche di sintesi aminoacidica.

Il software PyR consente di scegliere una tra più fonti proteiche, sia nella modalità manuale, in cui l'utente deve anche indicare la quantità di alimento da inserire nella razione, sia in quella automatica, in cui la quantità viene calcolata dal programma (Figura 5.8).

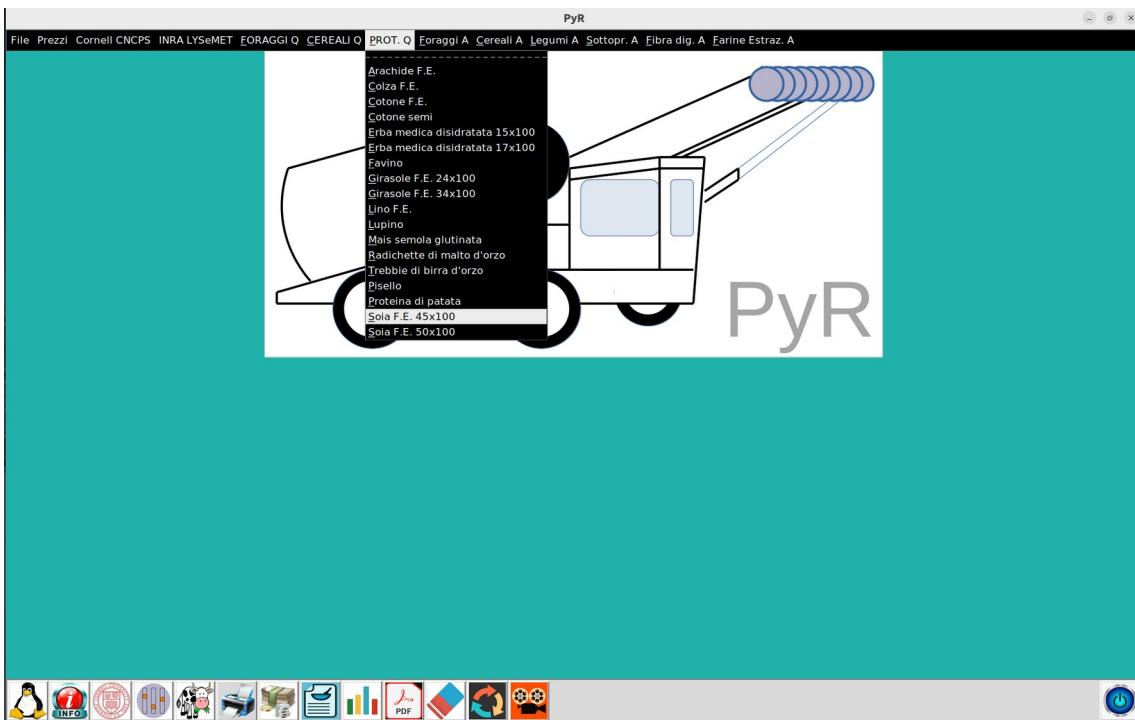


Figura 5.8 Il menù con cui il *software* PyR consente di scegliere una tra più fonti proteiche.

COMPOSIZIONE CHIMICA dell'alimento <**FARINA DI ESTRAZIONE DI SOIA 45%**>  
 Tutti i valori sono espressi per kg di tal quale  
 Dry Matter (DM, Sostanza Secca) => 0.900000 kg  
**Crude Protein (CP, Proteina Grezza) => 434.000000 g**  
 Rumen Degradable Protein (RDP, Proteina Degradabile) => 312.500000 g  
**Rumen Undegradable Protein (RUP, Proteina Indegradabile) => 121.500000 g**  
 Fibra Grezza (FG) => 69.000000 g  
 Neutral Detergent Fiber (NDF, Fibra resistente al Detergente Neutro) => 142.000000 g  
 Acid Detergent Fiber (ADF, Fibra resistente al Detergente Acido) => 95.000000 g  
 FAT (Grasso) => 11.000000 g  
 AM (Amido) => 33.000000 g  
 ZUC (Zuccheri) => 103.000000 g  
 Ca (Calcio) => 2.700000 g  
 P (Fosforo) => 6.000000 g  
 UFL (Unità Foraggere Latte) => 1.030000

Figura 5.9 Una frazione significativa della proteina contenuta nella farina di estrazione di soia 45% è indegradabile.

### 5.1.2.1 Il metabolismo degli aminoacidi e le transaminasi epatiche

Gli aminoacidi naturali si possono classificare in due categorie (Tabella 5.2):

- **aminoacidi essenziali**, che il fegato di tutti i vertebrati non può sintetizzare e che, quindi, devono essere presenti nella dieta;
- **aminoacidi non essenziali**, che possono essere sintetizzati dagli epatociti (cellule del fegato), utilizzando come precursori vari aminoacidi essenziali.

L'eventuale carenza di uno o più a.a. non essenziali, quindi, non provoca alcuna conseguenza, ad eccezione degli animali appartenenti alle specie e categorie più produttive, come le Bovine Lattifere ad Alta Produzione (BLAP) in lattazione e le scrofe allattanti, in cui il fabbisogno dei singoli a.a. è molto elevato.

Mammals <sup>b</sup>			Poultry			Fish		
EAA	NEAA	CEAA <sup>c</sup>	EAA	NEAA	CEAA <sup>c</sup>	EAA	NEAA	CEAA <sup>c</sup>
Arg*	Ala	Gln*	Arg*	Ala	Gln*	Arg*	Ala	Gln*
Cys*	Asn	Glu*	Cys*	Asn	Glu*	Cys*	Asn	Glu*
His	Asp*	Gly*	Gly*	Asp*	Tau*	His	Asp*	Gly*
Ile	Ser	Pro*	His	Ser		Ile	Ser	Tau*
Leu*		Tau*	Ile			Leu*		
Lys			Leu*			Lys		
Met*			Lys			Met*		
Phe			Met*			Phe		
Thr			Phe			Pro*		
Trp*			Pro*			Thr		
Tyr*			Thr			Trp*		
Val			Trp*			Tyr*		
			Tyr*			Val		
			Val					

Tabella 5.2 Classificazione degli aa dal punto di vista nutrizionale.

La classificazione degli aa in essenziali (EAA), non essenziali (NEAA) o condizionatamente essenziali (CEAA) dipende dalla specie, dall'età e dallo stato fisiologico degli animali (gravidanza, lattazione), da fattori ambientali e da eventuali stati patologici. (b) I giovani ruminanti in fase di svezzamento hanno fabbisogni aminoacidici simili a quelli dei non ruminanti. Nei ruminanti svezzati, la quantità di proteina indegradabile presente nei foraggi e di proteina microbica non consente di supportare il massimo potenziale di crescita o di produzione di latte. (c) Per i neonati, compresi i bimbi ed i suinetti, gli adulti in condizioni di stress (da calore, malattie ecc.) e per i riproduttori di entrambi i sessi. La taurina è un aminoacido essenziale per i carnivori come i gatti, mentre l'arginina e la glicina sono condizionatamente essenziali nei suini.

Da Wu, G., Bazer, F. W., Dai, Z., Li, D., Wang, J., & Wu, Z. (2014). Amino acid nutrition in animals: protein synthesis and beyond. Annu. Rev. Anim. Biosci., 2(1), 387-417.

«The local vitamin and nutrition store is popular in my neighborhood. Recently, I walked into this store and realized it is similar to the biotechnology companies in which many scientists purchase their amino acids, media, and cell-culture reagents. There were the usual supplements to treat every disease you can imagine, but by far the most popular items showcased were amino acids. The clerk told me that many people purchase amino acids and spike their smoothie (frullati) drinks to boost muscle performance and enhancement. Of course, many of us prefer to eat eggs, lentils, fish, and meat as a source of protein, which is digested to generate the amino acids required for intracellular de novo protein synthesis. There are 20 amino acids. Animals have seven conditionally essential amino acids that can be synthesized and are usually not required in the diet. However, they are essential components of the diet for specific populations that cannot synthesize them in adequate amounts. There are four «nonessential» amino acids that can be synthesized and, thus, are not required in diet. The remaining nine «essential» amino acids are obtained from diet.» (Figura 5.10). «Most plants and bacteria, however, can synthesize all 20 amino acids. Most of us usually think of amino acids as important for protein synthesis, but they can also generate glucose, ATP, and fatty acids, and they are metabolic precursors for numerous biomolecules, including heme groups, nucleotide bases, and signaling molecules (catecholamines, neuro-transmitters). In addition, they are essential for epigenetic modifications. There are 20 amino acids. Animals cannot synthesize nine amino acids, which are called «essential» amino acids; therefore, they are taken from diet. The remaining 11 are «nonessential» or «conditionally essential» amino acids. Glycolytic and TCA cycle intermediates generate the nonessential and conditionally essential amino acids. Free amino acids produced from degradation of either cellular proteins or dietary proteins are deaminated to yield  $\text{NH}_4^+$  and a carbon skeleton.  $\text{NH}_4^+$  enters the urea cycle and the carbon skeleton can enter metabolic pathways to generate ATP, glucose, and fatty acids. Glutamate acts as both a nitrogen donor and acceptor and is the central amino acid for the movement of nitrogen among amino acids.»

(Chandel, N. S., 2021. Amino acid metabolism. *Cold Spring Harbor perspectives in biology*, 13(4), a040584).

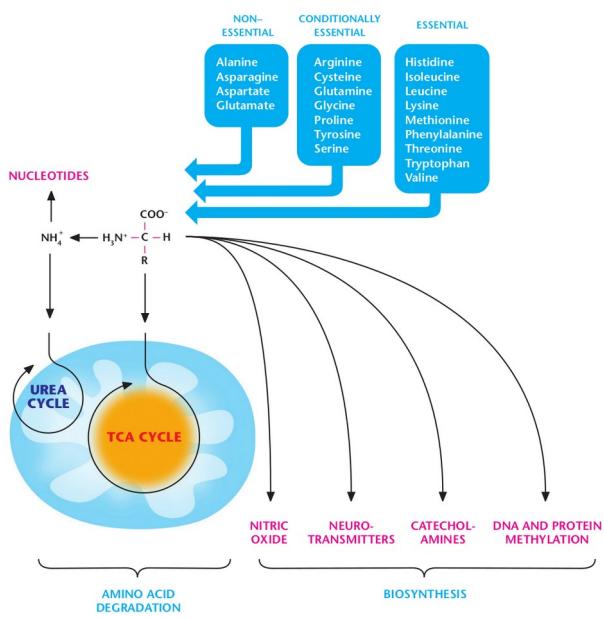


Figura 5.10 Schema del metabolismo degli aminoacidi. Gli aa vengono deaminati producendo  $\text{NH}_4^+$ , che entra nel ciclo dell'urea, ed uno scheletro carbonioso che può essere utilizzato come precursore dell'ATP, del glucosio e degli acidi grassi. Gli aa vengono anche usati per produrre ossido nitrico, neurotrasmettitori e catecolamine (come l'adrenalina). L'aminoacido metionina fornisce gruppi amminici a molte metiltransferasi al DNA ed agli istoni (proteine legate al DNA stesso), necessari alla regolazione della trascrizione genica attraverso meccanismi epigenetici.

La proteina viene idrolizzata, per catalisi enzimatica, ad aminoacidi liberi che, dopo aver attraversato la parete del duodeno, entrano nel circolo ematico e la **vena porta** li convoglia al fegato (Figura 5.6 B). Qui, se assunti in quantità eccessiva rispetto alle esigenze della sintesi proteica, possono andare incontro a reazioni di **deaminazione** (rimozione di gruppi amminici), ed essere convertiti ad  $\alpha$ -chetoacidi, come l'acido  $\alpha$ -chetoglutarico (Figura 5.13), o a vari altri intermedi del ciclo di Krebs (Figure 5.7 C, B5.2.1-B5.2.2).

Dall'acido  **$\alpha$ -chetoglutarico**, un intermedio del ciclo di Krebs, viene sintetizzato l'**acido glutammico** (Figura 5.11).

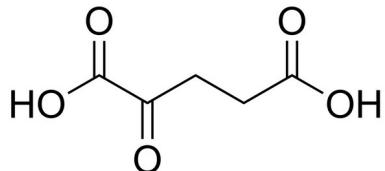


Figura 5.11 Struttura dell'acido glutammico.

Dall'**acido glutammico** vengono sintetizzati gli aa:

- glutamina
- prolina
- arginina

Dall'**acido ossalacetico**, un intermedio del ciclo di Krebs, viene sintetizzato l'**acido aspartico**.

Dall'**acido aspartico** vengono sintetizzati gli aa:

- asparagina
- metionina
- treonina
- lisina

Dall'**acido piruvico**, il prodotto finale della **glicolisi anaerobia**, vengono sintetizzati gli aa:

- alanina
- valina
- isoleucina
- leucina

Dall'**eritroso 4-fosfato** e dall'**acido fosfoenolpiruvico** (un intermedio della glicolisi anaerobia) vengono sintetizzati gli aa:

- fenilalanina
- tirosina
- triptofano

Dall'**acido 3-fosfoglicerico** (un intermedio della glicolisi anaerobia) viene sintetizzato l'aminoacido serina.

Dal **riboso-5-fosfato** viene sintetizzato l'aminoacido **istidina**.

Dall'aminoacido essenziale **istidina** viene sintetizzata la serina.

Gli  $\alpha$ -chetoacidi derivanti dalla deaminazione degli aa assunti in quantità eccedente rispetto al fabbisogno vengono trasformati in glucosio attraverso la **gluconeogenesi** (Figura 5.12).

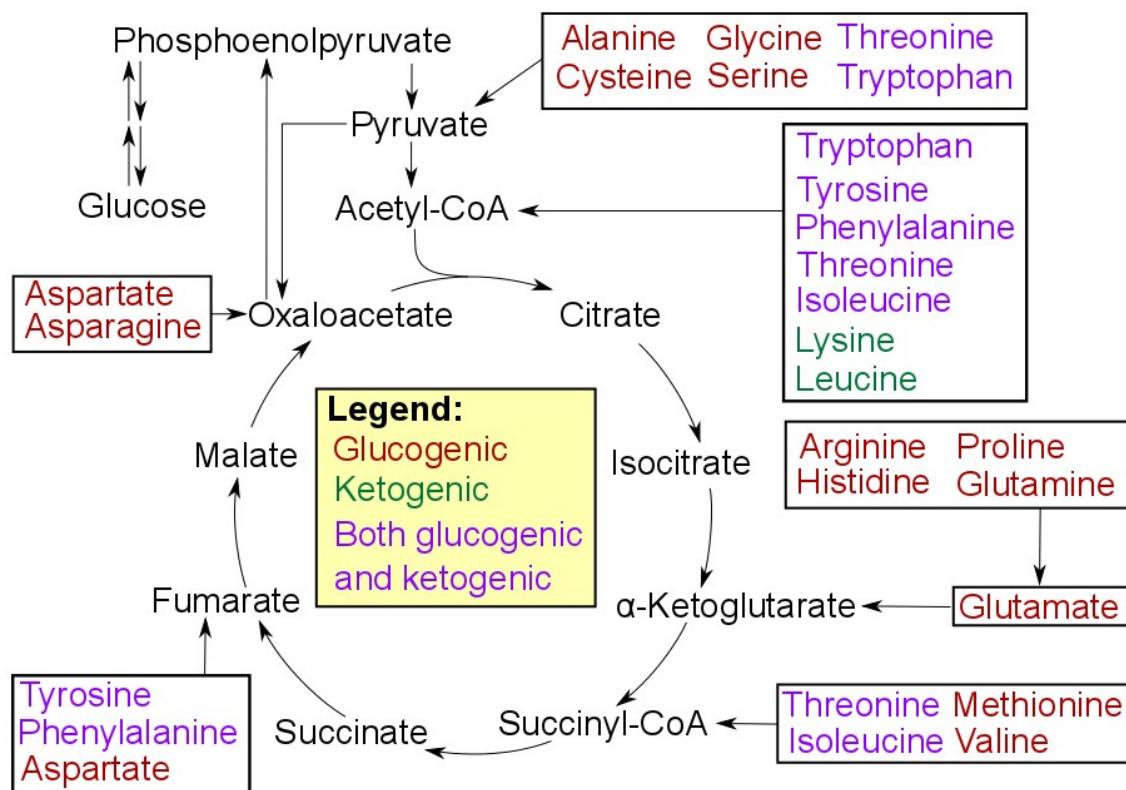


Figura 5.12 Attraverso la gluconeogenesi alcuni amminoacidi possono essere trasformati in nuovo glucosio.  
Da [https://en.wikipedia.org/wiki/Gluconeogenesis#/media/File:Amino\\_acid\\_catabolism\\_revised.png](https://en.wikipedia.org/wiki/Gluconeogenesis#/media/File:Amino_acid_catabolism_revised.png).

Le **transaminasi**, o aminotransferasi, sono una sotto-sottoclasse di enzimi, appartenenti alla classe delle transferasi, che catalizzano la reazione di transaminazione, ovvero il trasferimento del gruppo amminico  $\alpha$  da un amminoacido ad un  $\alpha$ -chetoacido. La scoperta delle transaminasi avvenne all'Università di Napoli nel 1955 grazie alle ricerche di Fernando De Ritis, Mario Coltorti e Giuseppe Giusti. Le transaminasi sono usate in medicina come **indicatori di danno epatico**, e i loro valori normali sono indicati nei referti di laboratorio.

Le transaminasi più note sono:

- la **transaminasi glutammato-ossalacetato**, GOT (dall'inglese Glutamic Oxaloacetic Transaminase), detta anche aspartato aminotransferasi, AST.
- la **transaminasi glutammato-piruvato**, GPT, detta anche alanina aminotransferasi, ALT.

La reazione di transaminazione è la prima tappa del catabolismo degli amminoacidi e trasferisce i gruppi amminici all'acido  **$\alpha$ -chetoglutarico**, che viene convertito in **acido glutammico**; quest'ultimo

verrà sottoposto a una reazione di deaminazione ossidativa (catalizzata dalla glutammato deidrogenasi), per formare uno ione ammonio  $\text{NH}_4^+$ , il quale entrerà nel **ciclo dell'urea**.

La reazione catalizzata dalle transaminasi è la seguente:



ESEMPIO:

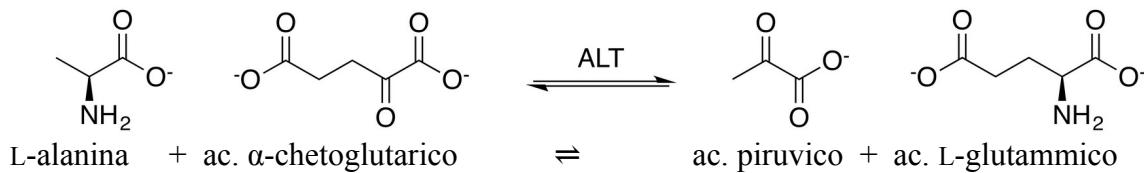


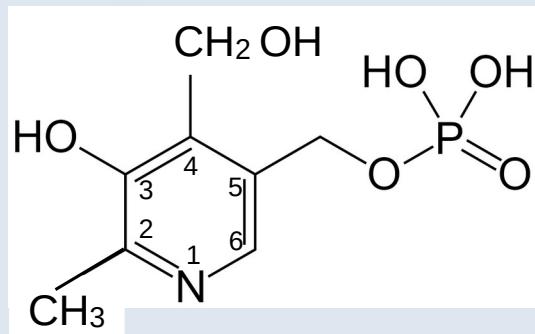
Figura 5.13 Trasferimento di un gruppo amminico dall'aa alanina all'ac.  $\alpha$ -chetoglutarico e conseguente sintesi dell'ac. glutammico.

Esistono molti tipi di transaminasi che utilizzano l'ac.  $\alpha$ -chetoglutarico come accettore del gruppo amminico ma si differenziano tra loro per l'amminoacido che fa da donatore del gruppo amminico stesso.

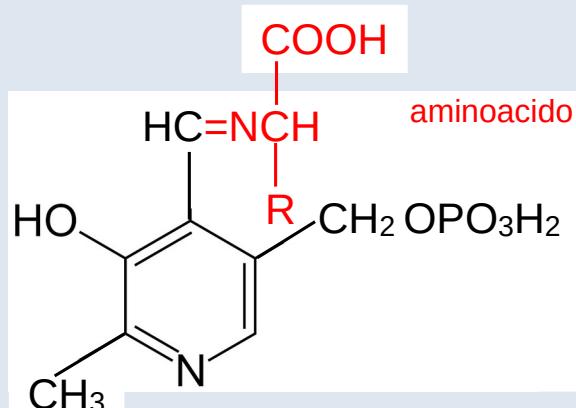
Box 5.2 I cofattori: gruppi prostetici

In molti casi, affinché una reazione enzimatica possa procedere, non è sufficiente che ci siano l'enzima ed il suo substrato ma è necessaria la presenza di un altro composto, definito **cofattore**. Se quest'ultimo fa parte della molecola dell'enzima, prende il nome di **gruppo prostetico**.

Tutte le transaminasi utilizzano lo stesso gruppo prostetico, il **piridossal fosfato** (Figura B5.2), forma coenzimatica della **vitamina B6**, quale trasportatore temporaneo del gruppo amminico.



A



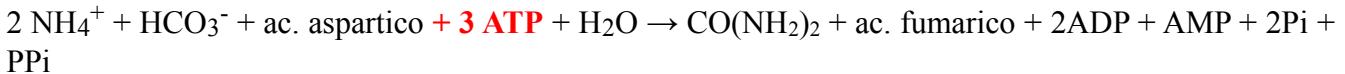
B

Figura B5.2 (A) Il piridossalfosfato; (B) durante la reazione si forma un intermedio in seguito al legame fra l'aa ed il gruppo prostetico della transaminasi; in seguito si libera un chetoacido mentre il gruppo amminico rimane temporaneamente legato al piridossalfosfato, che diventa acido piridossamin-5-fosforico.

La vitamina B6 è presente in alimenti sia di origine animale sia di origine vegetale (semi, banane, ceci, patate, pistacchi).

### 5.1.2.2 Le possibili strategie per soddisfare i fabbisogni aminoacidici

In tutti i mammiferi e in molti anfibi adulti (organismi ureotelici<sup>6</sup>) l'ammoniaca, un composto molto tossico derivante dal catabolismo degli aa, viene convertita nel fegato in urea, meno tossica e destinata ad essere eliminata con le urine, attraverso una sequenza ciclica di reazioni detta **ciclo dell'urea**, la cui reazione netta è:



Dal punto di vista nutrizionale, non esiste un generico fabbisogno proteico ma **venti fabbisogni aminoacidici diversi**, tanti quanti sono gli aa i quali, infatti, vengono assorbiti e metabolizzati in modo indipendente gli uni dagli altri.

È pertanto, possibile adottare due strategie differenti (Figura 5.14):

i) dieta ad **alto contenuto proteico**;

ii) dieta a **basso contenuto proteico**.

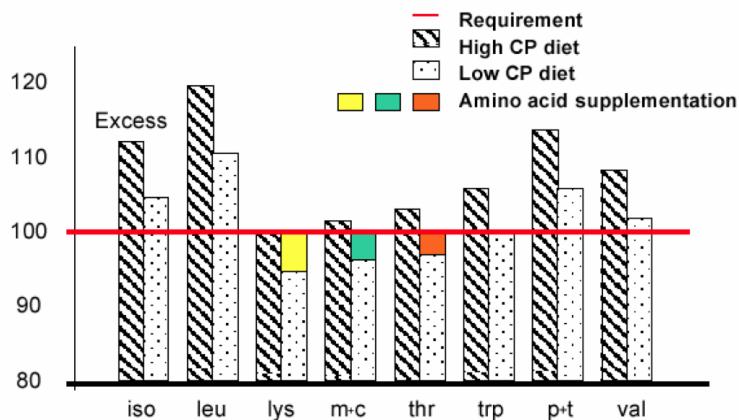


Figura 5.14 Le due possibili strategie che si possono adottare per soddisfare il fabbisogno aminoacidico degli animali.

Nel primo caso i fabbisogni di tutti gli aminoacidi vengono soddisfatti, ma alcuni aa, assunti in quantità eccessiva, dovranno essere utilizzati, previa deaminazione, come fonte di energia mediante il loro ingresso nel **ciclo di Krebs** (Box 5.3). Ciò avrà due importanti conseguenze:

1) **Diminuzione della quantità di Energia Digeribile che viene convertita in Energia Metabolizzabile**. Infatti, da un lato occorre tener conto del fatto che gli epatociti consumano 3 moli di ATP per ogni 2 moli di ione ammonio che vengono consumate per produrre una mole di urea; dall'altro che l'energia contenuta in quest'ultimo composto azotato, destinato ad essere escreto con l'urina, non può essere utilizzata dall'organismo animale.

2) **Aumento dell'impatto ambientale** conseguente alla maggior escrezione azotata (Figura 5.15).

<sup>6</sup> Nei pesci l'ammoniaca viene escreta come tale, mentre nei rettili e negli uccelli viene trasformata metabolicamente in acido urico.

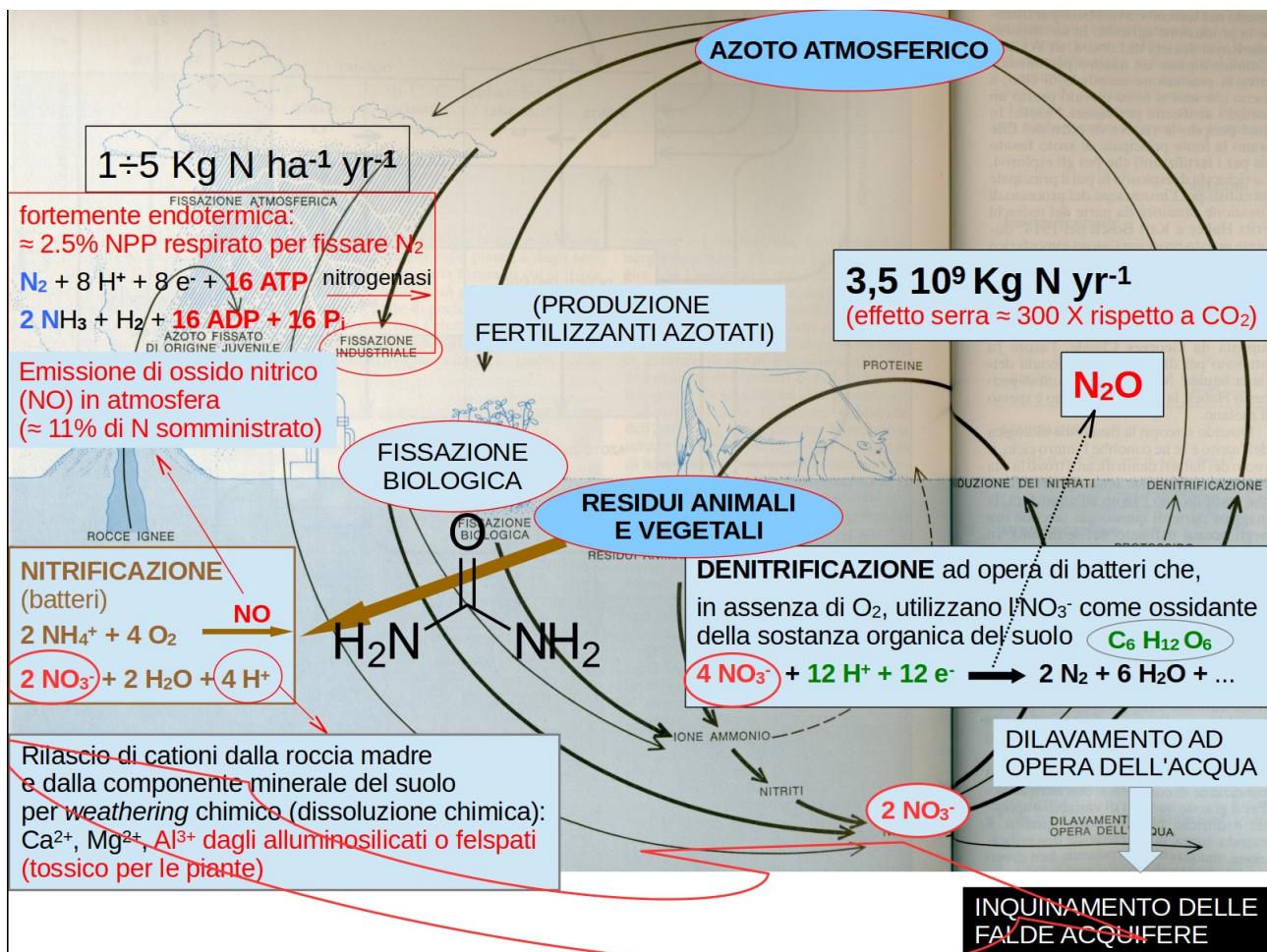


Figura 5.15 Il ciclo dell'azoto. L'urea contenuta nei reflui zootecnici viene deaminata, con liberazione di ione ammonio; quest'ultimo viene ossidato a nitrato da batteri nitrificanti aerobi, ma più del 10% dell'azoto contenuto nei reflui viene emesso in atmosfera sotto forma di ossido nitrico. In assenza di ossigeno, per es. qualora il suolo sia intriso d'acqua, il nitrato viene utilizzato come ossidante della sostanza organica del suolo da batteri anaerobi (reazione di denitrificazione), con liberazione di azoto molecolare gassoso e, come prodotto collaterale, di protossido di azoto (N<sub>2</sub>O), un potente gas serra. Nel caso in cui i liquami vengano sparsi in quantità eccessiva, non tutto il nitrato potrà essere assorbito attraverso l'apparato radicale delle piante: la frazione restante potrà dilavare nelle falde acquifere, inquinandole, oppure andrà incontro a lisciviazione nel sottosuolo, provocando la dissoluzione chimica dei minerali: nel caso, molto comune in Piemonte, in cui la roccia madre sia un alluminosilicato, il *rock weathering* provocherà il passaggio in soluzione dello ione Al<sup>3+</sup>, tossico per le piante. Si verifica anche una deposizione atmosferica di azoto, di entità compresa fra 1 e 5 kg di N per ettaro e per anno. Completa il ciclo la fissazione dell'azoto atmosferico ad opera dei batteri azotofissatori: tale reazione consuma ben 16 moli di ATP per ogni mole di azoto molecolare fissata e ciò spiega perché sia così importante la simbiosi mutualistica fra azotofissatori e leguminose: è la pianta a fornire ai batteri la grande quantità di energia necessaria. Da Delwiche (1970), mod.

Per es., nel 1986 in Olanda, il primo anno di cui sono disponibili dati sull'input e sull'output di azoto per ettaro e per anno, la perdita di tale elemento ammontò a ben 265 kg di N \* ha<sup>-1</sup>yr<sup>-1</sup>, con gravi conseguenze per l'integrità degli ecosistemi e per la qualità delle acque superficiali e sotterranee (Spek, 2013).

OUTPUT	QUANTITÀ
Escrezione fecale (kg/bovina*giorno)	43,5
Escrezione urinaria (kg/bovina*giorno)	20,9
N fecale (g/bovina*giorno)	242
N urinario (g/bovina*giorno)	183
N totale (g/bovina*giorno)	420
Efficienza di utilizzo dell'N (% dell'N totale)	35
N produttivo / N urinario	1,26:1,00
N nelle deiezioni / N totale (%)	65
P fecale (g/bovina*giorno)	53
P urinario (g/bovina*giorno)	1
P nelle deiezioni (g/bovina*giorno)	54
Efficienza di utilizzo del P (% del P totale)	41
P nelle deiezioni / P totale (%)	59
<b>CH<sub>4</sub> (g/kg di latte)</b>	<b>10,1</b>
CO <sub>2</sub> (g/kg di latte)	323
NH <sub>3</sub> potenziale (g, 65 % dell'N urinario)	116

Tabella 5.3 Output ambientali di una bovina che produce 45 kg di latte al giorno e riceve una razione con le seguenti caratteristiche: DMI = 25 kg, PG = 16,1 %, NDF = 31,7 %, grasso = 4,2 %, amido = 25,3 %.  
Da Chase & Fortina, 2023.

### 5.1.2.3 CASO STUDIO: La Razione 4.1

A titolo di esempio, la Razione 4.1 (Tabella 5.5), formulata per un gruppo di bovine in lattazione i cui parametri fisiologici sono riportati nella Tabella 5.4, è stata analizzata con il *software* NASEM Dairy-8 R2022.10.08 per Windows 11 ([https://nap.nationalacademies.org/resource/25806/Installation\\_Instructions\\_NASEM\\_Dairy8.pdf](https://nap.nationalacademies.org/resource/25806/Installation_Instructions_NASEM_Dairy8.pdf)) liberamente disponibile per il *download* ([https://drive.google.com/drive/folders/1mbfzZuzfZS\\_Z8I7I-msB3DfNkrn8eDEX](https://drive.google.com/drive/folders/1mbfzZuzfZS_Z8I7I-msB3DfNkrn8eDEX)).

Item	Value	Unit
Animal Type	Lactating Cow	
Breed	Holstein	
Body Weight	650	kg
Mature Weight	700	kg
Age	40.0	months
Condition Score	2.25	(1-5)
Percent First Parity	33	(0-100)
<b>Days in Milk</b>	<b>50</b>	<b>days</b>
Age At First Calving	24	months
Days Pregnant	0	days
Temperature	22	deg C
Feeding Monensin	No	
Grazing	No	
Topography	Mild	Topography
Distance (Pasture to Parlor)	0.000	km
One-Way Trips	N/A	times/day

Tabella 5.4 Parametri fisiologici del gruppo di bovine in lattazione sui quali si basa il calcolo della Razione 4.1.

Ingredient	As Fed kg/d	% As Fed	DM kg/d	% of DM
01 Corn silage, typical	20.000000	48.914107	7.072200	27.560444
02 Corn grain dry	5.000000	12.228527	4.345350	16.933879
03 Sunflower meal	7.000000	17.119937	6.316800	24.616642
04 Legume hay, mature	1.186000	2.900607	1.039553	4.051149
05 Citrus pulp, dry	4.743000	11.599980	4.183326	16.302469
06 Cottonseed, whole	2.959000	7.236842	2.703461	10.535417
Totals	40.888	100.00	25.661	100.00

Tabella 5.5 Composizione della Razione 4.1.

Le variabili produttive previste (Tabella 5.7) indicano che gli apporti nutritivi e di energia non sono sufficienti a supportare gli obiettivi produttivi previsti dall'utente (Tabella 5.6). **Le bovine dovranno, allora, fare ricorso alla mobilizzazione delle loro riserve corporee** di energia (tessuto adiposo), proteina (tessuto muscolare) e di calcio e fosforo (tessuto osseo). Anche il bilancio energetico degli

animali è leggermente negativo (Figura 4.11), come atteso dato l'elevato livello produttivo di bovine che si trovano alla fine della settima settimana di lattazione e che, pertanto, non hanno ancora raggiunto il picco di capacità d'ingestione (Figura 2.1).

Item	Value	Unit
Milk Production	45.0	kg
Milk Fat	3.90	%
Milk True Protein	3.50	%
Milk Lactose	4.80	%
Milk Fat	1.76	kg/d
<b>Milk True Protein</b>	<b>1.58</b>	<b>kg/d</b>
Milk Lactose	2.16	kg/d
Milk True Protein RHA	396	kg/305 d
Milk, Energy/Protein Corrected (ECM)	49.5	kg/d
Intake (As Fed)	40.89	kg/d
Estimated Intake Based on Animal (As Fed)	0.07	kg/d
Dry Matter Intake as Percent of Body Weight	3.95	% BW
ECM/DMI	1.93	kg/kg
Frame Gain	0.10	kg/d
Body Reserves Gain	0.00	kg/d
Gravid Uterine Gain	-0.04	kg/d
Total Body Gain	0.10	kg/d

Tabella 5.6 Obiettivi produttivi inseriti dall'utente.

Item	Value	Unit
Milk, NEL Allowable	41.53	kg/d
<b>Milk, MP Allowable</b>	<b>28.12</b>	<b>kg/d</b>
Milk Production, Nutrient Predicted	41.9	kg
<b>Milk True Protein, Nutrient Predicted</b>	<b>1.11</b>	<b>kg/day</b>
Milk Fat, Nutrient Predicted	1.33	kg/day

Tabella 5.7 Variabili produttive previste per le bovine alle quali viene somministrata la Razione 4.1.

Si evidenzia, in particolare, il fatto che, dal punto di vista produttivo, il fattore limitante più significativo è rappresentato dall'**apporto di proteina metabolizzabile** (*Metabolizable Protein*, MP); incatti, il contenuto di proteina grezza (*Crude Protein*, CP) che, in assenza di integrazione aminoacidica con aminoacidi rumino-protetti, dovrebbe essere del 18 % della sostanza secca, è piuttosto basso (Tabella 5.8). La quantità di proteina del latte, prevista in funzione dell'apporto di nutrienti, è di 1,11 kg / die a fronte di un obiettivo di 1,58 kg / die.

Nutrient	Content
Dry Matter, %	62.8
Forage, % DM	31.6
<b>CP, % DM</b>	<b>17.0</b>
ME, Mcal/kg	2.65
MP, % DM	8.18
NEL, Mcal/kg	1.75
RDP, % DM	0.0
RUP, Base, % DM	2849.6
Dig. RUP, % DM	2295.1
ADF, % DM	23.3
NDF, % DM	34.0
ADF/NDF, Ratio	0.69
Forage NDF, % DM	13.2
Starch, % DM	21.6
WSC, % DM	8.1
Ash, % DM	5.1
Fatty Acids, % DM	3.80
Ca, % DM	0.56
P, % DM	0.49
Mg, % DM	0.29
K, % DM	1.16
Na, % DM	0.04
Cl, % DM	0.18
S, % DM	0.20
DCAD, mEq/kg	133

Tabella 5.8 Apporti in macronutrienti della Razione 4.1.

Le Tabelle 5.9 e 5.10 riportano, invece, i parametri dell'impatto ambientale della Razione 4.1.

Item	Value	Unit
Water Intake	100.8	kg/d
Wet Manure Output	78.4	kg/d
Manure Volatile Solids	8.89	kg/d
<b>Enteric Methane Production</b>	<b>520</b>	<b>g/d</b>
Enteric Methane Production	778	L/d
Water Intake	2.4	L H <sub>2</sub> O/kg Milk
Manure Water	1.7	L H <sub>2</sub> O/kg Milk
Manure Volatile Solids	1.7	kg/kg Milk
Enteric Methane Production	12	g CH <sub>4</sub> /kg Milk
Enteric Methane Production	19	L CH <sub>4</sub> /kg Milk

Tabella 5.9 Consumo idrico, produzione di metano e di solidi volatili delle bovine.

Come si può notare, la produzione di metano (520 g / die) è un po' maggiore di quella calcolata da Chase e Fortina (2023), 454,5 g / die, per lo stesso livello produttivo ma di cui non viene indicata la composizione del latte.

**L'efficienza di utilizzo dell'azoto è del 26 %**, in quanto su un apporto giornaliero totale di 700 g di N solo 185 g vengono trattenuti dall'animale per il ripristino delle riserve corporee (*Growth*), l'eventuale gravidanza (*Conceptus*) e per la produzione di latte (Tabella 5.10).

Item	Intake	Retained in Milk, Growth & Conceptus		Fecal & Urinary	Retained/Intake
		g/d	g/d		
Nitrogen and Macro-minerals					
Nitrogen	700	185	<b>446</b>		<b>0.26</b>
Ca	144	52	92		0.36
P	126	38	88		0.30
Mg	75	5	70		0.07
Cl	46	45	1		0.97
K	297	68	229		0.23
Na	9	18	-9		2.01
Micro-minerals	mg/d	mg/d	mg/d		g/g
Cu	320	2	318		0.01
Fe	4114	48	4066		0.01
Mn	681	1	679		0.00
Zn	1002	182	820		0.18

Tabella 5.10 Utilizzo ed escrezione dell'azoto e dei minerali.

Nel caso di una dieta povera di azoto, le inevitabili carenze aminoacidiche dovranno essere compensate attraverso la somministrazione di aa di sintesi: sarà necessario ricorrere all'acquisto di **integratori aminoacidici**, con un conseguente aumento dei costi e della dipendenza dall'industria farmaceutica.

### Box 5.3 Il ciclo di Krebs

Negli organismi aerobi il **ciclo di Krebs** o ciclo degli acidi tricarbossilici (o ciclo dell'acido citrico) è la via metabolica in cui confluiscono il catabolismo dei carboidrati, dei grassi e delle proteine, portando alla produzione di energia chimica tramite la sintesi di sostanze (NAD e FAD ridotti) fondamentali per la **catena di trasporto degli elettroni** che, insieme al ciclo di Krebs stesso, costituisce la **respirazione cellulare**. Si tratta di una via anfibolica poiché partecipa anche a processi anabolici, cioè di sintesi, fornendo alcuni precursori di aminoacidi, ad es. gli acidi  $\alpha$ -chetoglutarico ed ossalacetico (Figura B5.3.1).

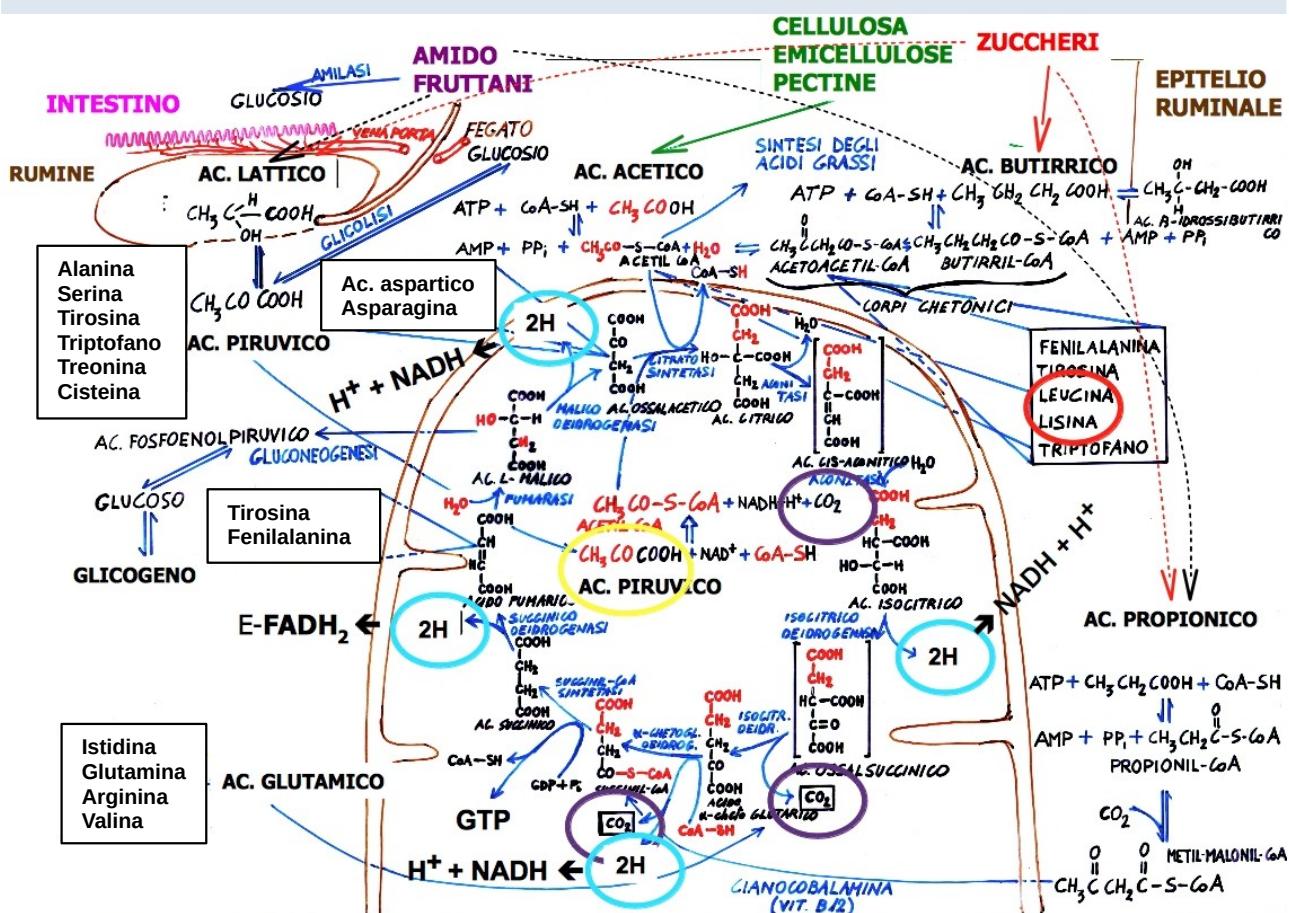


Figura B5.3.1 Il ciclo di Krebs.

Il composto di partenza del ciclo di Krebs può essere considerato l'**acido acetico**, derivante da:

- 1) ossidazione degli acidi grassi (**lipolisi**), in tutti i vertebrati;
  - 2) decarbossilazione ossidativa dell'ac. piruvico derivante dalla **glicolisi anaerobia**, con **liberazione di una molecola di CO<sub>2</sub>**;
  - 3) fermentazione ruminale dei carboidrati strutturali di origine vegetale, fibrosi (cellulosa ed emicellulose) e non fibrosi (sostanze pectiche).

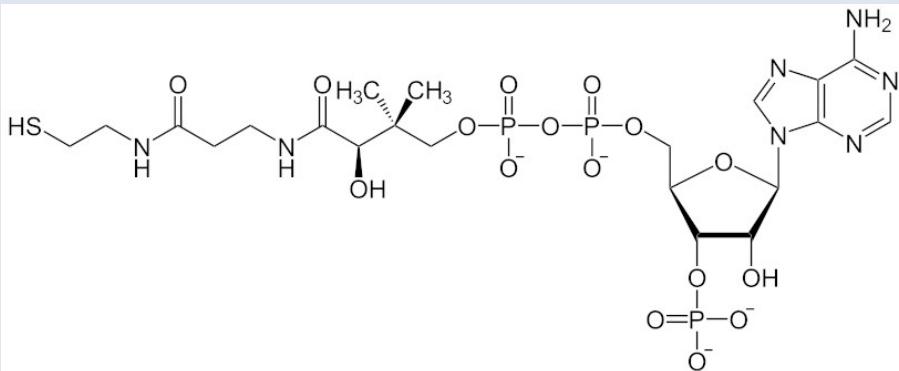
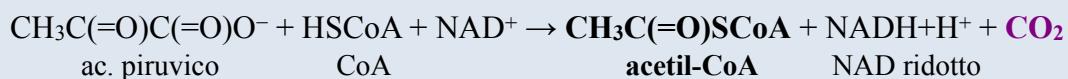


Figura B5.3.2 Il coenzima A (CoA).

L'acido acetico reagisce con il coenzima A (CoA, Figura B5.3.2), formando **acetil-CoA**.



Attraverso una reazione di condensazione, l'acetil-CoA reagisce con l'**ac. ossalacetico** trasferendogli il gruppo acetile e convertendolo in **ac. citrico**, il primo degli acidi tricarbossilici. Quest'ultimo viene convertito in **ac. isocitrico**, passando attraverso il composto intermedio **ac. cisaconitico**. L'ac. cisaconitico subisce una reazione di ossidoriduzione, ossidandosi ad ac. **ossalsuccinico** e **riducendo il NAD a NAD ridotto** ( $\text{NADH} + \text{H}^+$ , Figura B3.3).

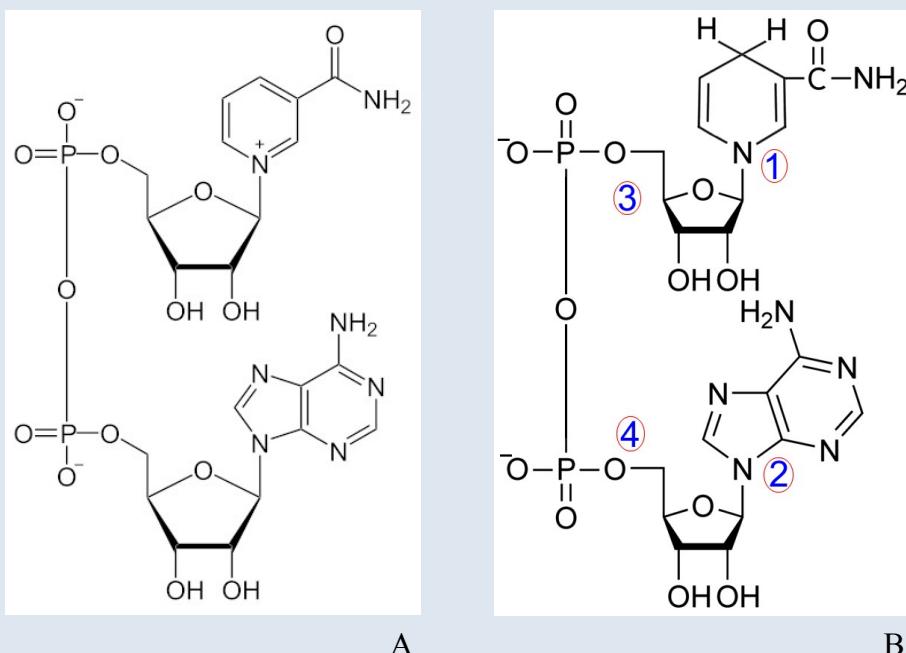


Figura B5.3.3 Forma ossidata (A) e forma ridotta (B) del **nicotinammide adenina dinucleotide** (NAD).

Quindi l'ac. ossalsuccinico viene decarbossilato ad  **$\alpha$ -chetoglutarico**, con liberazione di una molecola di **CO<sub>2</sub>**. Segue una seconda decarbossilazione ossidativa, che porta alla formazione di succinil CoA ed alla produzione di un **legame tioestere** ad alta energia con il coenzima A.

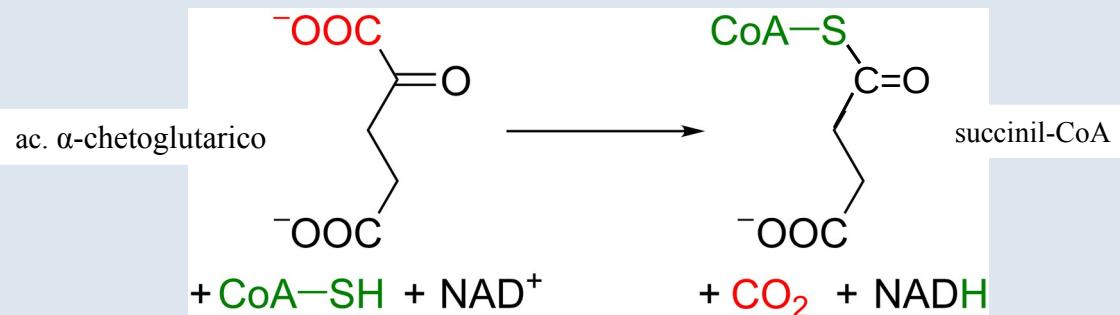


Figura B5.3.4 Decarbossilazione ossidativa dell'ac.  $\alpha$ -chetoglutarico.

L'ingresso nel ciclo di Krebs dell'**ac. propionico**, derivante dalla fermentazione ruminale degli zuccheri, dell'amido e dei fruttani, previa conversione del metil-malonil-CoA in succinil-CoA, dipende dalla **vitamina B12** (cianocobalamina), come ben sanno gli allevatori che ne fanno largo uso per prevenire l'insorgenza della **chetosi** (Box 5.4).

Nella reazione successiva dal succinil-CoA e dal guanosin-difostato (GDP) si formano, rispettivamente, l'**acido succinico**, il CoA ed il guanosin-trifosfato (GTP, Figura B5.3.5).

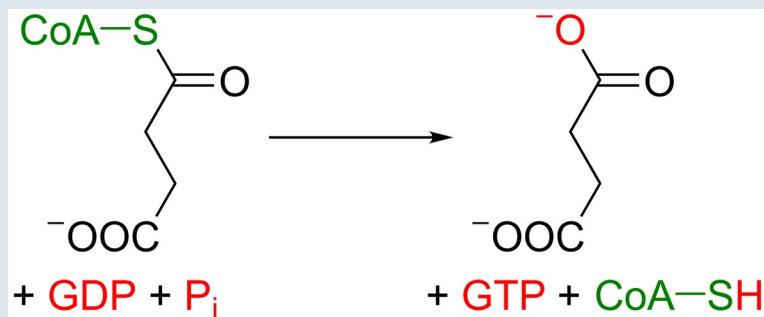


Figura B5.3.5 Formazione dell'ac. succinico dal succinil-CoA.

La successiva ossidazione dell'ac. succinico ad **ac. fumarico** utilizza come accettore di idrogeno il **flavin adenina dinucleotide** (FAD), che viene ridotto a FADH2 (Figura B5.3.6).

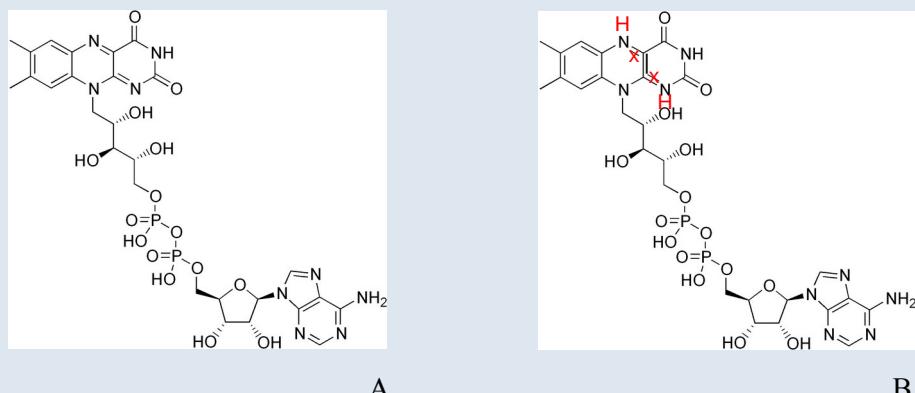


Figura B5.3.6 Forma ossidata (A) e forma ridotta (B) del **flavin adenina dinucleotide** (FAD).

Nell'ultima reazione del ciclo di Krebs, l'**ac. malico**, che si era formato in seguito all'aggiunta di un protone e di un gruppo OH<sup>-</sup> provenienti da una molecola d'acqua all'ac. fumarico in posizione trans (Figura B5.3.7), viene ossidato ad ac. Ossalacetico mentre il NAD<sup>+</sup> viene ridotto a NADH+H<sup>+</sup> (Figura B5.3.8).

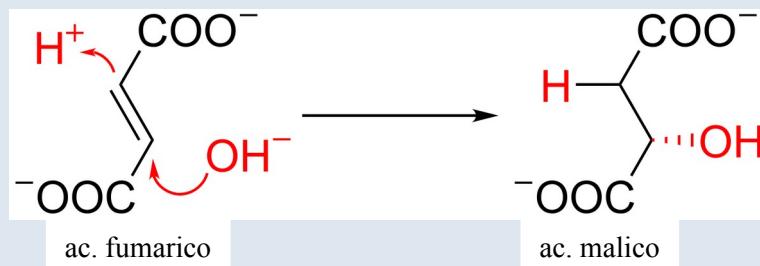


Figura B5.3.7 Formazione dell'ac. malico dall'ac. fumarico.

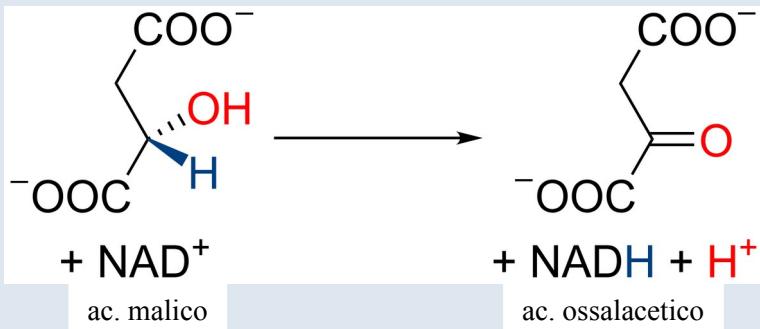
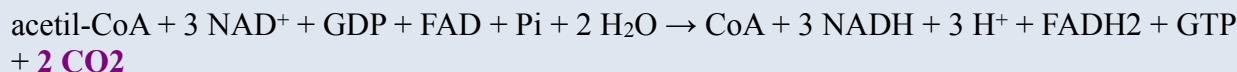


Figura B5.3.8 Ossidazione dell'ac. malico ad ac. ossalacetico.

La reazione netta è la seguente:



L'**energia che si ricava dalla completa demolizione di una molecola di glucosio** attraverso i quattro diversi stadi della respirazione cellulare (glicolisi, piruvato deidrogenasi, ciclo di Krebs e catena di trasporto di elettroni), è di ~ **30 molecole di ATP**.

#### Box 5.4 La chetosi

La chetosi è un disturbo metabolico tipico delle BLAP (Bovine Lattifere ad Alta Produzione) che arrivano al parto con una capacità d'ingestione troppo ridotta. Il conseguente deficit energetico viene compendato dall'organismo animale facendo un eccessivo ricorso alla lipolisi, ossia alla demolizione del tessuto adiposo. L'ossidazione degli acidi grassi dei trigliceridi determina la produzione di quantità molto elevate di acetil-CoA; tale composto, tuttavia, non può essere smaltito completamente a causa di una carenza di intermedi del ciclo di Krebs, in particolare di acido propionico, dal momento che la bovina non è in grado di introdurre una quantità sufficiente di sostanza secca. Due molecole di acetil-CoA condensano, così, tra loro formando acetoacetil-CoA, un corpo chetonico che viene escreto con l'urina e con il latte. Dal punto di vista clinico, l'animale manifesta inappetenza, ossia riduce l'ingestione volontaria di alimento: si aggravano, così, sia il deficit energetico sia l'ipoglicemia che si traducono in un calo produttivo più o meno accentuato. La terapia consiste nell'infusione endovenosa di soluzioni glucosate e nella somministrazione di precursori dell'acido propionico, ma è meglio puntare sulla prevenzione di questo disturbo, attraverso un corretto razionamento durante la fase di asciutta, che deve mirare al progressivo recupero della capacità d'ingestione della bovina senza, però, provocare l'accumulo di quantità eccessive di tessuto adiposo.

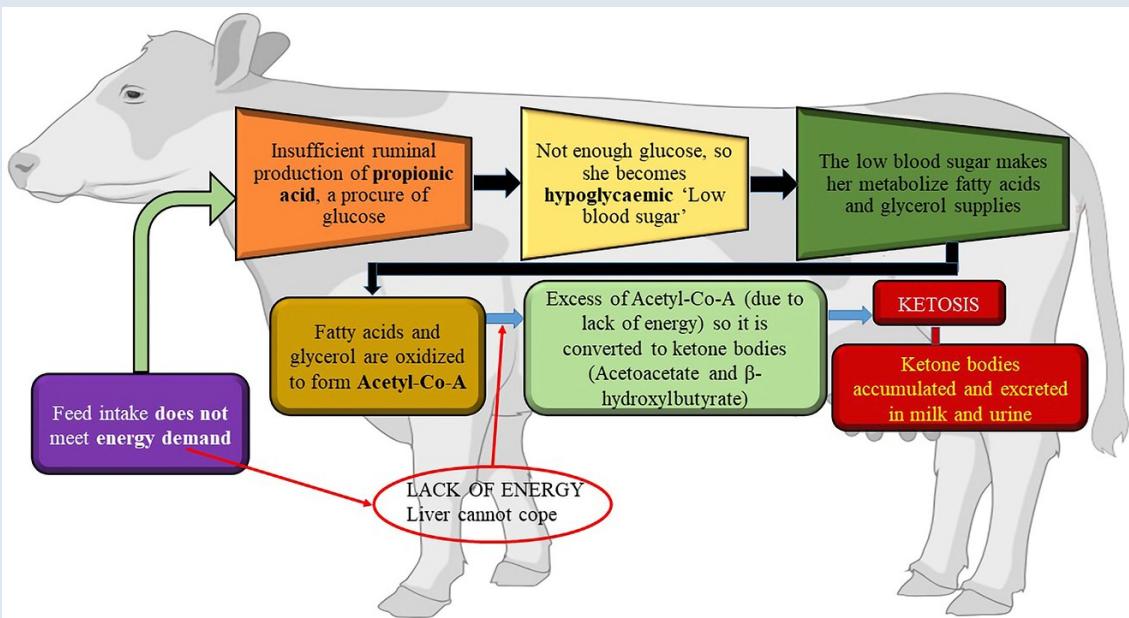


Figura B5.4 Patogenesi della chetosi. Da [https://it.images.search.yahoo.com/yhs/search;\\_ylt=Awr.pOKV2ylpyJwnKCJHDwx.;\\_ylu=Y29sbwMEcG9zAzEEdnRpZAMEc2VjA3BpdnM-?p=ketosis+dairy+cattle&type=Y143\\_F163\\_225899\\_012825&hsim=yhs-018&hspart=trp&ei=UTF-8&fr=yhs-trp-018#id=24&iurl=https%3A%2Fwww.frontiersin.org%2Ffiles%2FArticles%2F1470391%2Ffvets-12-1470391-HTML-r1%2Fimage\\_m%2Ffvets-12-1470391-g003.jpg&action=click](https://it.images.search.yahoo.com/yhs/search;_ylt=Awr.pOKV2ylpyJwnKCJHDwx.;_ylu=Y29sbwMEcG9zAzEEdnRpZAMEc2VjA3BpdnM-?p=ketosis+dairy+cattle&type=Y143_F163_225899_012825&hsim=yhs-018&hspart=trp&ei=UTF-8&fr=yhs-trp-018#id=24&iurl=https%3A%2Fwww.frontiersin.org%2Ffiles%2FArticles%2F1470391%2Ffvets-12-1470391-HTML-r1%2Fimage_m%2Ffvets-12-1470391-g003.jpg&action=click)

#### 5.1.2.4 L'urea nel latte e nell'urina

**L'azoto ureico del latte** (Milk Urea Nitrogen, MUN) è un indicatore dell'efficienza con cui le femmine dei ruminanti utilizzano l'azoto. Se l'apporto energetico della razione, sotto forma di carboidrati fermentescibili, è adeguato, i batteri ruminali utilizzano, come fonte di gruppi amminici per la sintesi di nuovi aminoacidi, anche l'**urea endogena** prodotta nel fegato, attraverso il **ciclo dell'urea**, per smaltire gli ioni ammonio  $\text{NH}_4^+$  derivanti dalla deaminazione degli aa assunti in quantità eccedente il fabbisogno, che raggiunge il rumine attraverso la saliva (Figure 5.7B, 5.16).

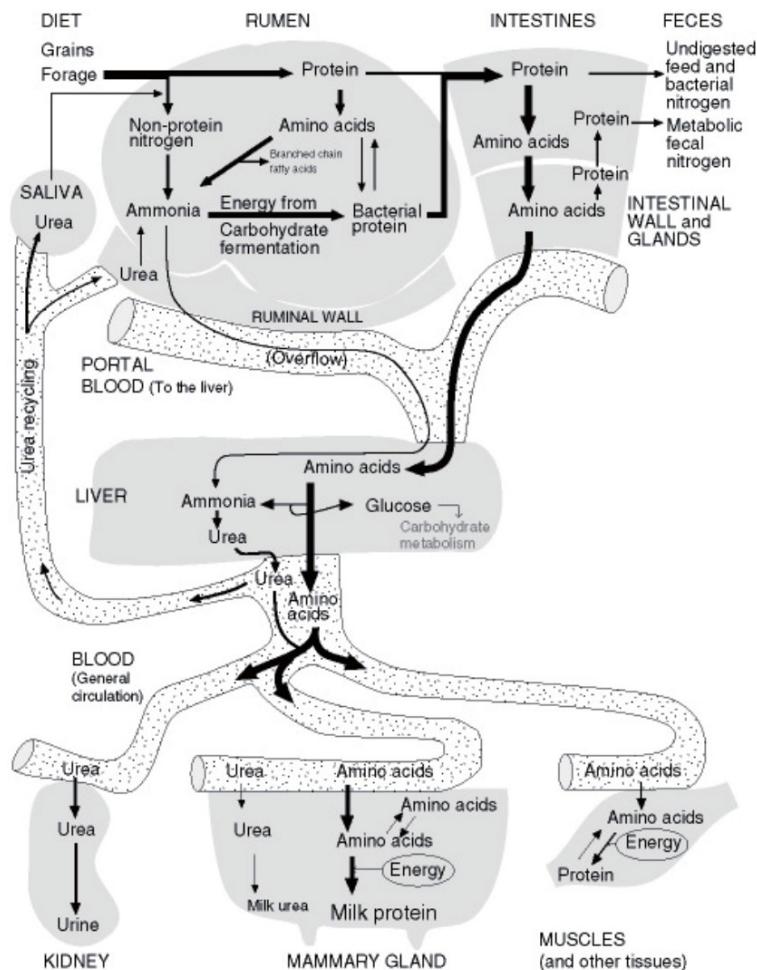


Figura 5.16 Schema del metabolismo dei composti azotati nelle femmine dei ruminanti (da Guliński, P., Salamończyk, E., & Młynek, K. (2016). Improving nitrogen use efficiency of dairy cows in relation to urea in milk—a review. *Animal Science Papers and Reports*, 34(1), 5-24).

Tuttavia nelle BLAP, in particolare durante i primi mesi di lattazione, a causa dell'**insufficiente apporto di energia della razione**, i batteri ruminali non possono utilizzare completamente l'ammoniaca derivante dall'idrolisi (catalizzata dall'enzima ureasi) dell'urea endogena, trasformandola in proteina batterica. La frazione restante, non utilizzata, dell' $\text{NH}_4^+$  viene assorbita dalla parete del rumine e, attraverso il flusso ematico, raggiunge il fegato, che la converte nuovamente ad urea. Nello stesso tempo, aumenterà non solo la concentrazione di urea nel sangue ma anche l'escrezione di tale composto con l'urina e con il latte. Pertanto il livello del MUN ci dà un'importante informazione sulla frazione dell'azoto, presente nella razione alimentare, che, non essendo utilizzata per la sintesi della

proteina microbica, viene eliminata con il latte; questa quantità rappresenta  $\sim 3\%$  dell'urea totale dell'organismo.

Esiste una relazione lineare fra la concentrazione dell'urea nel latte (in mg di N per litro di latte) e la quantità totale di azoto (UN) escreta con le urine in g di N al giorno (Figura 5.17).

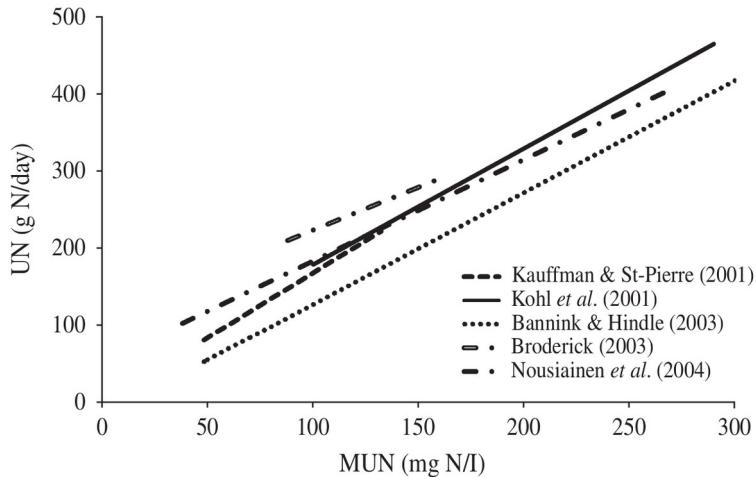


Figura 5.17 All'aumentare della concentrazione di azoto ureico nel latte aumenta anche la quantità totale di questo elemento escreta con le urine in un giorno (da Spek et al., 2013).

Il valore del MUN dipende dall'equilibrio fra l'apporto energetico e quello proteico della razione: se questi sono bilanciati, con un tenore proteico del latte pari a  $3.2\div3.6\%$ , l'urea del latte dovrebbe attestarsi intorno a  $50\div150$  mg / litro.

Un **incremento del MUN** si potrà verificare nei seguenti casi:

- 1) l'apporto proteico della razione è eccessivo ma quello energetico è adeguato: la concentrazione proteica del latte sarà alta;
- 2) l'apporto energetico è carente: la concentrazione proteica del latte sarà bassa.

Viceversa MUN e proteina del latte bassi con un apporto energetico adeguato indicano che c'è una carenza proteica nella razione.

In entrambi i casi, i batteri ruminali non sono in grado di utilizzare tutto l' $\text{NH}_4^+$  che hanno a disposizione. Inoltre, all'aumentare dell'apporto proteico della razione aumenta anche la quantità di azoto ureico escreta con il latte (Figura 5.18 A), mentre diminuisce la frazione dell'urea endogena che viene riciclata nel rumine (Figura 5.18 B, Tabella 5.11).

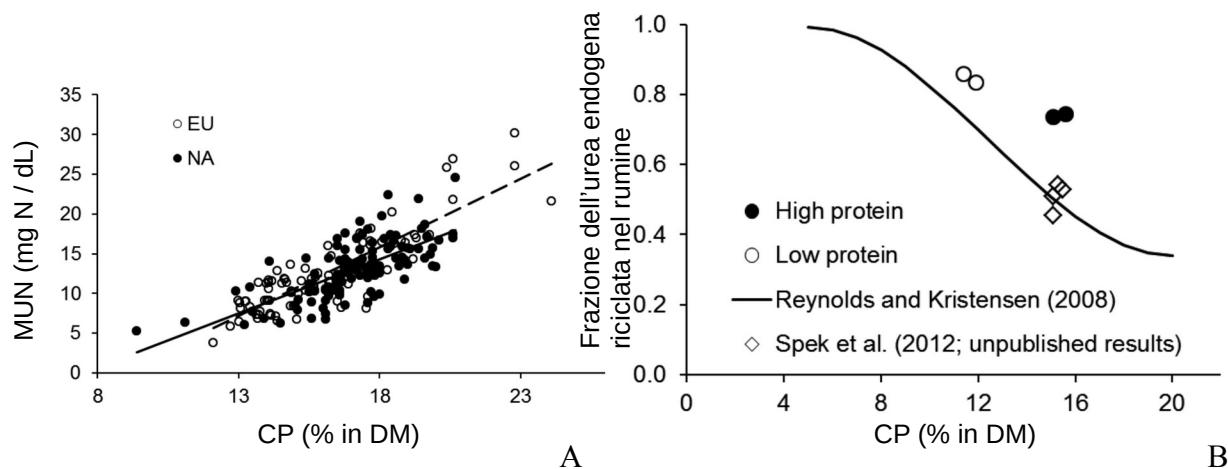


Figura 5.18 (A) Relazione esistente fra l'apporto proteico della razione (espresso in % della sostanza secca rappresentata dalla proteina grezza) e quantità di urea presente nel latte (in mg di azoto per decilitro di latte). (B) All'aumentare della proteina grezza nella razione la quantità di urea endogena che viene riciclata nel rumine diminuisce.

CP: Crude Protein (proteina grezza);

MUN: Milk Urea Nitrogen (azoto ureico nel latte). Da Spek, 2013.

RUMINANTI	Quantità di proteina nella razione (% di D.M.)	Entità del riciclo metabolico (%)
SELVATICI	?	92
DOMESTICI	5÷8 10÷14 17÷20	86 25 7

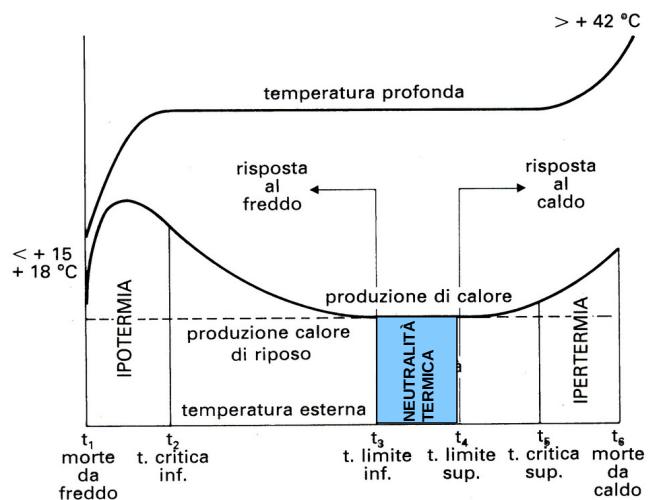
Tabella 5.11 Effetto del livello proteico della razione sull'entità del riciclo metabolico dell'urea.

### 5.1.3 Energia persa sotto forma di extra-calore

Con l'espressione «**extra-calore**» si indica la quantità di calore prodotta, dalle fermentazioni ruminali, in eccesso rispetto alle esigenze della termoregolazione, che, pertanto, dev'essere dissipata per evitare che l'animale vada in **ipertermia** (Figura 5.19).



A



B

Figura 5.19 (A) Nei ruminanti che vivono nelle regioni artiche o in alta montagna tutto il calore di fermentazione viene utilizzato per mantenere costante la temperatura corporea. (B) Produzione di calore (termogenesi) e andamento della T profonda in funzione della T esterna in un omeotermo: i valori di T limite inferiore e superiore sono espressi in °C e si riferiscono alla specie bovina, nella quale il limite inferiore della zona di neutralità termica è ~ -5 °C. A T ambiente minore, il ricambio energetico aumenta progressivamente: per es., se la T esterna scende da -5 °C a -7,5 °C il dispendio energetico aumenta di 880 Kcal/die per il fabbisogno supplementare di calore necessario alla termoregolazione. Il limite superiore della zona di neutralità termica è ~ 20 °C. A T ambientale compresa fra 20 e 25 °C il bovino conserva una T rettale costante (38÷39,5 °C) per qualsivoglia valore di umidità atmosferica, grazie ad efficaci meccanismi di termodispersione (vasodilatazione cutanea, lieve aumento della frequenza respiratoria). A T comprese fra +25°C e +40°C e con un'umidità del 50% la temperatura rettale inizia a salire: a +30°C e con umidità relativa > 70% il ricambio energetico cresce in modo rilevante. Sebbene i dati riportati siano suscettibili di variazione nel corso dei processi di acclimatazione, occorre sottolineare che le bovine da latte sono poco adattabili ai climi caldi. Da Giulio *et al.*, 1992.

È soprattutto la fibra a produrre una grande quantità di calore di fermentazione, tanto che le bovine da latte, in estate, trovandosi già in una situazione di stress da calore dovuta al clima caldo ed umido della Pianura Padana, riducono l'ingestione volontaria di fieno, scartandone le fibre benché siano mescolate con gli altri alimenti e producendo, così, un latte meno grasso.

Box 5.5 Il metabolismo basale

L'apporto energetico degli alimenti equivale alla somma della variazione di calore  $\Delta Q$  (mammiferi e uccelli sono omeotermi), del lavoro  $\Delta W$  (muscolare, produzione di tessuti, pelli, lana, latte) e di perdite di vario genere  $\Delta R$ :  $\Delta E = \Delta Q + \Delta W + \Delta R$ . In caso di digiuno completo da un certo numero di ore, di riposo il più possibile assoluto, di neutralità termica (Figura 5.18 B), la perdita di energia del corpo si traduce pressoché integralmente in dispersione di calore (altrimenti la temperatura corporea aumenterebbe):  $\Delta E = \Delta Q$ . In queste *condizioni*, dette *basali*, l'animale utilizza una quantità di energia minima, appena sufficiente affinché non si arrestino le funzioni vitali: si tratta dell'attività metabolica basale o **Metabolismo Basale** (MB). Il MB è proporzionale all'area della superficie corporea (Tabella B5.5), mentre all'aumentare della massa corporea aumenta in modo meno che proporzionale. Attraverso una trasformazione logaritmica dei dati si ottiene una relazione lineare (Figura B5.5).

SPECIE	PESO CORPOREO (Kg)	Kcal TOTALI / die	Kcal/Kg DI PESO	Kcal/m <sup>2</sup> DI SUPERFICIE
Topo selvatico dal dorso striato <i>(Apodemus agrarius)</i> #	0,0205	11,316	552	-
colibrì	0,01	2,2	220	-
topo	0,1	12,5	125	(1185)
cavia	0,5	-	-	1246
faraona	1	70	70	-
ovaiola	2	120	60	(943)
cane	10	400	40	-
cane	15	773	-	1039
uomo	70	1700	24	(1042)
suino	100	2200	22	(1074)
cavallo	441	4983	11,3	948
bovina da latte	500	7500	15	-
toro	1000	12500	12,5	-
balena	10000	70000	7	-

Tabella B5.5 Peso corporeo, MB complessivo al giorno, per kg di peso e per m<sup>2</sup> di superficie corporea, in diverse specie di vertebrati. I valori riportati fra parentesi nella quinta colonna non si riferiscono ai dati riferiti alle colonne 2-4. Da Giulio, 1992. # Górecki, 1969.

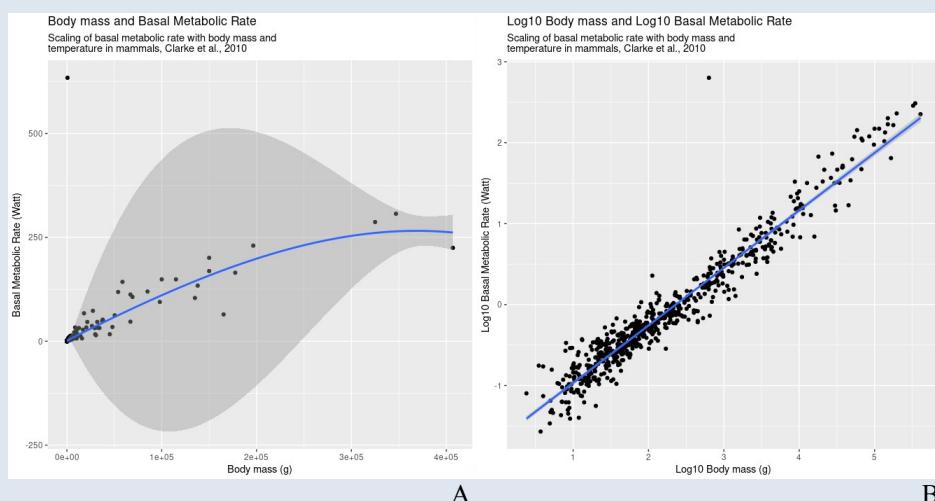


Figura B5.5 (A) Relazione fra la massa corporea (in g) ed il MB (in Watt) in 635 specie di mammiferi; in (B) è rappresentata la stessa relazione dopo aver trasformato entrambe le variabili in forma logaritmica. I dati sono di Clarke *et al.*, 2010.

#### 5.1.4 Energia Netta

L'Energia Netta (EN) di un alimento è la quantità di energia che può essere utilizzata dall'organismo per soddisfare il proprio fabbisogno di mantenimento e di produzione. Si ottiene dall'Energia Metabolizzabile (EM) sottraendo l'extra calore, ossia il calore di fermentazione degli alimenti e la quantità di energia che l'animale consuma per digerire gli alimenti stessi (motilità prestomacale, masticazione ecc.). La differenza tra l'EM e l'EN è altresì ascrivibile al fatto che i nutrienti, in particolare le proteine, possono anche essere utilizzati a fini plastici piuttosto che come fonte di E: in tal caso, l'E che essi contengono viene ritenuta dall'organismo. L'orzo è l'alimento di riferimento per definire l'unità di misura dell'E netta. Valore energetico dei più comuni foraggi e mangimi determinato sulla base del loro rendimento in latte vaccino, rapportandolo a quello ottenuto con 1 Kg di orzo «standard» (DM = 86%).

L'unità di misura dell'EN è l'**Unità Foraggere**.

$$1 \text{ Kg di orzo} \Rightarrow 2,3 \text{ l di latte al } 4\% \text{ di grasso} \cong \\ \cong 1730 \text{ Kcal} = \mathbf{1 \text{ Unità Foraggere Latte (UFL)}}$$

$$1 \text{ Kg di orzo} \cong 1820 \text{ Kcal} = \\ = \mathbf{1 \text{ Unità Foraggere Carne (UFC)}}$$

L'EN viene utilizzata dall'animale per soddisfare due fabbisogni:

- 1) **fabbisogno energetico di mantenimento**: è la somma del Metabolismo Basale, dell'energia spesa per la **termoregolazione** e per l'**attività locomotoria**;
- 2) **fabbisogno energetico di produzione**: negli animali da latte dipende dalla quantità di latte prodotta al giorno e dalla sua composizione chimica, mentre in quelli da carne dall'incremento ponderale giornaliero medio.

La frazione dell'Energia Lorda che può essere effettivamente utilizzata dall'animale dipende dall'entità delle perdite, in particolare con le feci, ossia dalla digeribilità dei vari alimenti. Quest'ultima, a sua volta, è influenzata dal contenuto di fibra dell'alimento stesso (Figura 5.20).

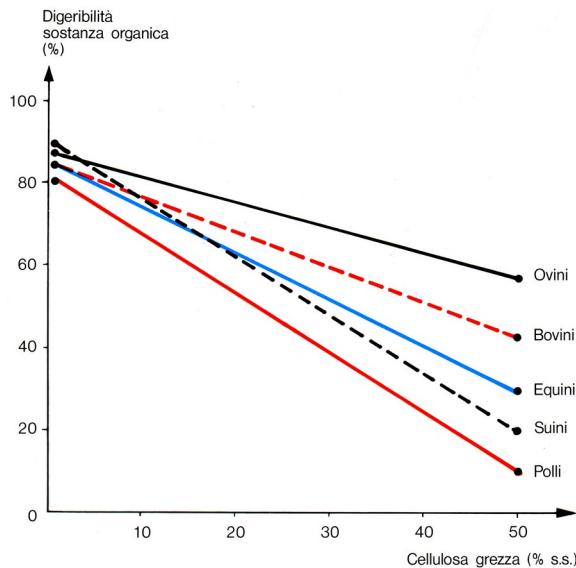


Figura 5.20 Effetto del contenuto in cellulosa sulla digeribilità degli alimenti. Da Bittante et al., 1990.

## 5.2 Epoca di sfalcio dell'erba per la fienagione

Perchè, in Italia settentrionale, il primo taglio di fieno (maggeng o '*mienc*' in Piemontese) si fa nella prima metà di maggio? Come si può constatare analizzando i dati della Tabella 5.12, con il trascorrere del tempo ed il susseguirsi delle varie fasi fenologiche, si assiste ad una graduale riduzione del contenuto di Energia Netta dell'erba; viceversa, l'Energia Lorda rimane pressoché costante.

ALIMENTO	MS (%)	ENERGIA NETTA		ENERGIA METABOLIZZABILE	ENERGIA LORDA
		UF / Kg			
		UFL	UFC	Kcal / Kg	
FIENO	85	0.63	0.53	1089.9	1909
ERBA					
25/04	15.5	1.01	0.98	1747.3	2790
10/05	16.6	0.97	0.92	1678.1	2684
25/05	17.2	0.89	0.83	1539.7	2514
10/06	20.2	0.79	0.72	1366.7	2293
25/06	19.2	0.70	0.60	1211	2060
10/07	22.7	0.60	0.50	1038	1826
					4410
					4386
					4399
					4410
					4438
					4413
					4381

Tabella 5.12 Ripartizione dell'energia del fieno e dell'erba di un prato stabile in Normandia in funzione dell'epoca di sfalcio. Da AAVV, 2010.

Infatti, in seguito alla progressiva lignificazione delle pareti cellulari vegetali, diminuisce la quantità di polisaccaridi strutturali fibrosi, cellulosa ed emicellulose, che, essendo accessibili agli enzimi prodotti dai batteri ruminali (Figura 4.8), possono fornire energia all'animale, mentre aumenta la quantità di energia persa con le feci, dal momento che il foraggio sarà sempre meno digeribile. Pertanto l'Energia Netta diminuisce; l'Energia Lorda, invece, rimane pressoché costante, dal momento che dalla combustione della lignina, un composto polifenolico, si libera una quantità di energia simile a quella ottenuta bruciando i polisaccaridi.

### 5.3 La sottoalimentazione invernale delle bovine allattanti

Le mandrie di bovine che allattano il proprio vitello consumano foraggi producendo carne di qualità. Forniscono più della metà del consumo nazionale francese di carne e contribuiscono alla **conservazione dei pascoli**. Questa doppia finalità implica una visione economica della gestione della mandria: quale che sia la finalità, l'utile lordo sarà tanto più elevato quanto le spese sono ridotte, in particolare quelle alimentari, che incidono di più sui costi di allevamento. Il sistema più utilizzato per l'allevamento delle bovine allattanti è basato su di un utilizzo massiccio dell'erba, raccolta o pasturata. I parti hanno generalmente luogo in inverno, da gennaio a marzo (Figura 34), cosicché i vitelli svezzati (*mangierin o broutards*) possono essere venduti alla fine dell'estate o all'inizio dell'autunno, dopo 6÷7 mesi di allattamento.

Se la razione alimentare invernale è basata esclusivamente sul fieno (metodo francese e piemontese tradizionale), le bovine che partoriscono nei primi mesi dell'anno produrranno una quantità di latte appena sufficiente a soddisfare il fabbisogno nutritivo del proprio vitello, ossia 6÷7 Kg di latte a un mese dal parto, quando il vitello pesa 50÷60 Kg. Un Kg di sostanza secca di fieno, infatti, pur contenendo ben 4400 Kcal di energia linda, apporta soltanto 1090 Kcal di Energia Netta (energia che può essere utilizzata dall'animale per soddisfare il proprio fabbisogno di mantenimento e che può essere trasformata in tessuti, muscolare e adiposo, o in latte). Gran parte dell'Energia Lorda, quindi, viene persa sotto varie forme (feci, urine, metano, calore di fermentazione) e non può essere utilizzata dall'animale. Il bilancio energetico di quest'ultimo (Energia che entra con il fieno – energia che viene consumata per il mantenimento e per produrre il latte) diventa negativo: la bovina consuma più energia di quella che introduce con gli alimenti. Tale deficit energetico non si traduce, tuttavia, in un calo produttivo (ossia, la bovina allattante non produce meno latte perché non mangia abbastanza), dal momento che le femmine allattanti di tutti i mammiferi sono in grado di compensare una eventuale carenza energetica e proteica mobilizzando le proprie riserve corporee, rappresentate, nelle bovine da carne, essenzialmente da tessuto muscolare.

I bovini di razza piemontese, anche se sovrallimentati, accumulano pochissimo grasso sottocutaneo ma producono nuovo tessuto muscolare, che maschera molti rilievi ossei utilizzati come indicatori nella valutazione dello stato di nutrizione dell'animale.

I soggetti di questa razza rispondono alle maggiori esigenze energetiche facendo ricorso alla **proteolisi**, ossia alla demolizione delle proteine muscolari, ossia della **proteina endogena** (Figura 46B); gli aminoacidi (aa) liberi, che vengono, così, messi a disposizione dell'organismo, possono essere utilizzati per sintetizzare nuovo glucoso (gluconeogenesi) oppure direttamente ossidati nel ciclo di Krebs (Box 3), con produzione di energia immagazzinata sotto forma di ATP. Nel *post partum* si evidenzia spesso, infatti, una certa ipotrofia muscolare, ossia una riduzione delle masse muscolari delle bovine allattanti. Invece nelle razze francesi, che possiedono maggiori riserve di tessuto adiposo, dopo il parto si assiste, in media, ad una perdita di 40÷45 Kg di massa corporea di cui 25÷35 di grasso.

Con l'uscita primaverile al pascolo ed il conseguente consumo di erba corta, ricca di proteine, vitamine, fosfolipidi, sali minerali e zuccheri, le bovine che hanno partorito per prime (all'inizio dell'inverno), entro tre o quattro settimane ritornano in calore benché stiano ancora allattando il proprio vitello e vengono montate al pascolo dal toro aziendale. A partire da questo momento, le bovine saranno contemporaneamente gravide ed in lattazione: la gravidanza successiva si sovrappone alla lattazione precedente.

## Appendice

### Composizione degli alimenti disponibili con il *software* PyR

erba\_loietto

{'DM': 17.0, 'PG': 1.7, 'RDP': 1.3, 'RUP': 0.4, 'FG': 4.4, 'NDF': 9.7, 'ADF': 5.2, 'FAT': 0.5, 'AM': 0.001, 'ZUC': 0.001, 'ASH': 1.7, 'Ca': 0.06, 'P': 0.05, 'Mg': 0.02, 'K': 0.39, 'S': 0.03, 'Na': 0.003, 'UFC': 0.15, 'UFL': 0.15, 'kcal': 259.5, 'Mj': 1.09}

erba\_medica\_disidratata\_15x100

{'DM': 91.0, 'PG': 14.8, 'RDP': 6.07, 'RUP': 8.73, 'FG': 27.9, 'NDF': 43.6, 'ADF': 34.5, 'FAT': 2.5, 'AM': 0.001, 'ZUC': 3.0, 'ASH': 8.7, 'Ca': 1.32, 'P': 0.21, 'Mg': 0.23, 'K': 1.8, 'S': 0.2, 'Na': 0.08, 'UFC': 0.54, 'UFL': 0.57, 'kcal': 986.1, 'Mj': 4.13}

erba\_medica\_disidratata\_17x100

{'DM': 92.0, 'PG': 16.8, 'RDP': 6.89, 'RUP': 9.91, 'FG': 26.5, 'NDF': 43.2, 'ADF': 32.1, 'FAT': 2.8, 'AM': 1.63, 'ZUC': 7.53, 'ASH': 9.5, 'Ca': 1.32, 'P': 0.26, 'Mg': 0.26, 'K': 2.15, 'S': 0.23, 'Na': 0.09, 'UFC': 0.56, 'UFL': 0.59, 'kcal': 1020.7, 'Mj': 4.27}

erba\_medica\_II\_taglio

{'DM': 20.0, 'PG': 4.5, 'RDP': 3.4, 'RUP': 1.1, 'FG': 7.0, 'NDF': 9.7, 'ADF': 5.2, 'FAT': 0.5, 'AM': 0.001, 'ZUC': 0.001, 'ASH': 1.7, 'Ca': 0.06, 'P': 0.05, 'Mg': 0.02, 'K': 0.39, 'S': 0.03, 'Na': 0.003, 'UFC': 0.21, 'UFL': 0.15, 'kcal': 259.5, 'Mj': 1.09}

erba\_prato\_stabile

{'DM': 17.0, 'PG': 2.2, 'RDP': 1.8, 'RUP': 0.4, 'FG': 4.8, 'NDF': 9.1, 'ADF': 5.7, 'FAT': 0.7, 'AM': 0.001, 'ZUC': 0.001, 'ASH': 1.6, 'Ca': 0.11, 'P': 0.06, 'Mg': 0.05, 'K': 0.25, 'S': 0.03, 'Na': 0.002, 'UFC': 0.15, 'UFL': 0.15, 'kcal': 259.5, 'Mj': 1.09}

fieno\_loietto

{'DM': 87.0, 'PG': 8.08, 'RDP': 5.0, 'RUP': 3.0, 'FG': 27.0, 'NDF': 48.0, 'ADF': 31.3, 'FAT': 2.6, 'AM': 2.26, 'ZUC': 15.14, 'ASH': 9.4, 'Ca': 0.31, 'P': 0.25, 'Mg': 0.08, 'K': 2.0, 'S': 1.7, 'Na': 0.02, 'UFC': 0.57, 'UFL': 0.63, 'kcal': 1089.9, 'Mj': 4.56}

fieno\_medica\_I\_taglio

{'DM': 87.0, 'PG': 15.3, 'RDP': 11.0, 'RUP': 4.3, 'FG': 26.3, 'NDF': 45.0, 'ADF': 39.5, 'FAT': 2.2, 'AM': 2.47, 'ZUC': 3.83, 'ASH': 8.5, 'Ca': 1.4, 'P': 0.26, 'Mg': 0.17, 'K': 1.8, 'S': 0.42, 'Na': 0.18, 'UFC': 0.43, 'UFL': 0.57, 'kcal': 986.1, 'Mj': 4.13}

fieno\_medica\_II\_taglio

{'DM': 87.0, 'PG': 16.6, 'RDP': 12.0, 'RUP': 4.6, 'FG': 27.2, 'NDF': 47.0, 'ADF': 40.9, 'FAT': 2.5, 'AM': 2.47, 'ZUC': 3.83, 'ASH': 8.5, 'Ca': 1.4, 'P': 0.26, 'Mg': 0.17, 'K': 1.8, 'S': 0.42, 'Na': 0.18, 'UFC': 0.63, 'UFL': 0.58, 'kcal': 1003.4, 'Mj': 4.2}

fieno\_prato\_stabile\_I\_taglio

{'DM': 87.0, 'PG': 9.5, 'RDP': 6.0, 'RUP': 3.5, 'FG': 30.0, 'NDF': 46.5, 'ADF': 34.8, 'FAT': 2.6, 'AM': 1.78, 'ZUC': 7.34, 'ASH': 7.7, 'Ca': 0.42, 'P': 0.23, 'Mg': 0.25, 'K': 1.3, 'S': 0.15, 'Na': 0.009, 'UFC': 0.41, 'UFL': 0.61, 'kcal': 1055.3, 'Mj': 4.42}

fieno\_prato\_stabile\_II\_taglio

{'DM': 87.0, 'PG': 10.0, 'RDP': 6.3, 'RUP': 3.7, 'FG': 26.0, 'NDF': 45.0, 'ADF': 29.7, 'FAT': 3.2, 'AM': 1.78, 'ZUC': 7.34, 'ASH': 7.0, 'Ca': 0.6, 'P': 0.3, 'Mg': 0.25, 'K': 1.3, 'S': 0.15, 'Na': 0.009, 'UFC': 0.54, 'UFL': 0.65, 'kcal': 1124.5, 'Mj': 4.71}

fieno\_silos\_medica

{'DM': 40.0, 'PG': 8.8, 'RDP': 7.0, 'RUP': 1.8, 'FG': 13.6, 'NDF': 21.6, 'ADF': 16.5, 'FAT': 1.28, 'AM': 0.001, 'ZUC': 0.001, 'ASH': 4.0, 'Ca': 0.7, 'P': 0.14, 'Mg': 0.13, 'K': 1.0, 'S': 0.11, 'Na': 0.55, 'UFC': 0.27, 'UFL': 0.28, 'kcal': 484.4, 'Mj': 2.03}

insilato\_loietto

{'DM': 35.0, 'PG': 3.05, 'RDP': 2.45, 'RUP': 0.6, 'FG': 10.8, 'NDF': 22.4, 'ADF': 12.25, 'FAT': 1.12, 'AM': 0.59, 'ZUC': 2.62, 'ASH': 2.52, 'Ca': 0.11, 'P': 0.09, 'Mg': 0.03, 'K': 0.7, 'S': 0.06, 'Na': 0.005, 'UFC': 0.31, 'UFL': 0.26, 'kcal': 449.8, 'Mj': 1.88}

insilato\_mais

{'DM': 33.0, 'PG': 2.54, 'RDP': 1.85, 'RUP': 0.69, 'FG': 6.7, 'NDF': 14.9, 'ADF': 8.5, 'FAT': 1.0, 'AM': 10.0, 'ZUC': 0.99, 'ASH': 1.56, 'Ca': 0.07, 'P': 0.08, 'Mg': 0.04, 'K': 0.31, 'S': 0.04, 'Na': 0.003, 'UFC': 0.28, 'UFL': 0.28, 'kcal': 484.4, 'Mj': 2.03}

paglia\_frumento

{'DM': 88.0, 'PG': 3.2, 'RDP': 0.64, 'RUP': 2.56, 'FG': 40.0, 'NDF': 70.0, 'ADF': 50.0, 'FAT': 2.0, 'AM': 0.001, 'ZUC': 0.001, 'ASH': 8.0, 'Ca': 3.2, 'P': 0.9, 'Mg': 0.1, 'K': 1.24, 'S': 0.17, 'Na': 0.12, 'UFC': 0.3, 'UFL': 0.37, 'kcal': 640.1, 'Mj': 2.68}

pastone\_mais\_granella

{'DM': 68.8, 'PG': 6.88, 'RDP': 4.34, 'RUP': 2.54, 'FG': 1.7, 'NDF': 6.9, 'ADF': 2.3, 'FAT': 2.9, 'AM': 49.5, 'ZUC': 1.2, 'ASH': 1.0, 'Ca': 0.01, 'P': 0.21, 'Mg': 0.08, 'K': 0.3, 'S': 0.07, 'Na': 0.01, 'UFC': 0.8, 'UFL': 0.84, 'kcal': 1453.2, 'Mj': 6.08}

pastone\_mais\_integrale

{'DM': 57.2, 'PG': 4.9, 'RDP': 3.1, 'RUP': 1.8, 'FG': 3.6, 'NDF': 11.4, 'ADF': 4.5, 'FAT': 2.34, 'AM': 34.8, 'ZUC': 1.1, 'ASH': 0.97, 'Ca': 0.03, 'P': 0.19, 'Mg': 0.08, 'K': 0.29, 'S': 0.07, 'Na': 0.02, 'UFC': 0.55, 'UFL': 0.58, 'kcal': 1003.4, 'Mj': 4.2}

avena

{'DM': 88.0, 'PG': 10.9, 'RDP': 9.05, 'RUP': 1.85, 'FG': 10.9, 'NDF': 27.0, 'ADF': 13.5, 'FAT': 4.5, 'AM': 38.6, 'ZUC': 1.4, 'ASH': 3.2, 'Ca': 0.08, 'P': 0.34, 'Mg': 0.14, 'K': 0.45, 'S': 0.16, 'Na': 0.02, 'UFC': 0.82, 'UFL': 0.91, 'kcal': 1574.3, 'Mj': 6.59}

frumento\_tenero

{'DM': 88.0, 'PG': 11.3, 'RDP': 9.04, 'RUP': 2.26, 'FG': 2.4, 'NDF': 10.5, 'ADF': 3.3, 'FAT': 1.6, 'AM': 58.7, 'ZUC': 2.5, 'ASH': 1.8, 'Ca': 0.05, 'P': 0.34, 'Mg': 0.13, 'K': 0.44, 'S': 0.13, 'Na': 0.01, 'UFC': 1.05, 'UFL': 1.03, 'kcal': 1781.9, 'Mj': 7.46}

mais\_granella

{'DM': 88.0, 'PG': 9.1, 'RDP': 3.19, 'RUP': 5.91, 'FG': 2.2, 'NDF': 8.9, 'ADF': 3.2, 'FAT': 3.7, 'AM': 69.0, 'ZUC': 1.3, 'ASH': 1.3, 'Ca': 0.02, 'P': 0.26, 'Mg': 0.1, 'K': 0.37, 'S': 0.09, 'Na': 0.01, 'UFC': 1.1, 'UFL': 1.1, 'kcal': 1903.0, 'Mj': 7.96}

orzo

{'DM': 88.0, 'PG': 11.3, 'RDP': 9.04, 'RUP': 2.26, 'FG': 5.1, 'NDF': 19.2, 'ADF': 7.5, 'FAT': 1.8, 'AM': 51.7, 'ZUC': 2.2, 'ASH': 2.2, 'Ca': 0.06, 'P': 0.35, 'Mg': 0.12, 'K': 0.49, 'S': 0.1, 'Na': 0.02, 'UFC': 1.0, 'UFL': 1.0, 'kcal': 1730.0, 'Mj': 7.24}

sorgo

{'DM': 88.0, 'PG': 12.6, 'RDP': 6.3, 'RUP': 6.3, 'FG': 5.0, 'NDF': 20.3, 'ADF': 9.9, 'FAT': 3.1, 'AM': 52.6, 'ZUC': 2.0, 'ASH': 1.8, 'Ca': 0.03, 'P': 0.37, 'Mg': 0.15, 'K': 0.37, 'S': 0.1, 'Na': 0.02, 'UFC': 1.01, 'UFL': 1.0, 'kcal': 1730.0, 'Mj': 7.24}

triticale

{'DM': 86.8, 'PG': 10.0, 'RDP': 7.8, 'RUP': 2.2, 'FG': 2.5, 'NDF': 13.0, 'ADF': 3.3, 'FAT': 1.2, 'AM': 58.9, 'ZUC': 3.0, 'ASH': 1.8, 'Ca': 0.06, 'P': 0.33, 'Mg': 0.11, 'K': 0.49, 'S': 0.14, 'Na': 0.006, 'UFC': 1.04, 'UFL': 1.02, 'kcal': 1815.0, 'Mj': 7.55}

arachide\_farina\_estrazione

{'DM': 91.0, 'PG': 49.5, 'RDP': 37.13, 'RUP': 12.37, 'FG': 8.7, 'NDF': 16.1, 'ADF': 10.0, 'FAT': 1.2, 'AM': 6.8, 'ZUC': 8.6, 'ASH': 5.4, 'Ca': 0.2, 'P': 0.6, 'Mg': 0.29, 'K': 1.18, 'S': 0.29, 'Na': 0.02, 'UFC': 0.98, 'UFL': 1.03, 'kcal': 1781.9, 'Mj': 7.46}

colza\_farina\_estrazione

{'DM': 90.0, 'PG': 34.4, 'RDP': 25.8, 'RUP': 8.6, 'FG': 11.8, 'NDF': 29.4, 'ADF': 20.5, 'FAT': 2.5, 'AM': 4.3, 'ZUC': 10.0, 'ASH': 7.3, 'Ca': 0.63, 'P': 1.0, 'Mg': 0.21, 'K': 0.81, 'S': 0.35, 'Na': 0.02, 'UFC': 0.81, 'UFL': 0.85, 'kcal': 1470.5, 'Mj': 6.15}

cotone\_farina\_estrazione

{'DM': 91.0, 'PG': 40.8, 'RDP': 26.52, 'RUP': 14.28, 'FG': 13.0, 'NDF': 29.8, 'ADF': 21.1, 'FAT': 1.4, 'AM': 4.5, 'ZUC': 1.0, 'ASH': 13.0, 'Ca': 0.19, 'P': 1.04, 'Mg': 0.54, 'K': 1.5, 'S': 0.36, 'Na': 0.05, 'UFC': 0.75, 'UFL': 0.79, 'kcal': 1366.7, 'Mj': 5.72}

cotone\_farina\_estrazione

{'DM': 91.0, 'PG': 40.8, 'RDP': 26.52, 'RUP': 14.28, 'FG': 13.0, 'NDF': 29.8, 'ADF': 21.1, 'FAT': 1.4, 'AM': 4.5, 'ZUC': 1.0, 'ASH': 13.0, 'Ca': 0.19, 'P': 1.04, 'Mg': 0.54, 'K': 1.5, 'S': 0.36, 'Na': 0.05, 'UFC': 0.75, 'UFL': 0.79, 'kcal': 1366.7, 'Mj': 5.72}

girasole\_farina\_estrazione\_34x100

{'DM': 90.0, 'PG': 33.6, 'RDP': 24.86, 'RUP': 8.74, 'FG': 19.7, 'NDF': 31.9, 'ADF': 21.8, 'FAT': 2.9, 'AM': 5.4, 'ZUC': 3.0, 'ASH': 6.2, 'Ca': 0.34, 'P': 1.0, 'Mg': 0.57, 'K': 1.35, 'S': 0.35, 'Na': 0.04, 'UFC': 0.73, 'UFL': 0.77, 'kcal': 1332.1, 'Mj': 5.57}

lino\_farina\_estrazione

{'DM': 90.0, 'PG': 34.5, 'RDP': 19.32, 'RUP': 15.18, 'FG': 9.1, 'NDF': 23.5, 'ADF': 16.5, 'FAT': 1.7, 'AM': 2.8, 'ZUC': 3.1, 'ASH': 6.2, 'Ca': 0.4, 'P': 0.82, 'Mg': 0.51, 'K': 1.12, 'S': 0.33, 'Na': 0.08, 'UFC': 0.84, 'UFL': 0.88, 'kcal': 1522.4, 'Mj': 6.37}

soia\_farina\_estrazione\_45x100

{'DM': 90.0, 'PG': 43.4, 'RDP': 31.25, 'RUP': 12.15, 'FG': 6.9, 'NDF': 14.2, 'ADF': 9.5, 'FAT': 1.1, 'AM': 3.3, 'ZUC': 10.3, 'ASH': 6.0, 'Ca': 0.27, 'P': 0.6, 'Mg': 0.27, 'K': 2.0, 'S': 0.4, 'Na': 0.03, 'UFC': 1.01, 'UFL': 1.03, 'kcal': 1781.9, 'Mj': 7.46}

soia\_farina\_estrazione\_50x100

{'DM': 90.0, 'PG': 49.0, 'RDP': 34.3, 'RUP': 14.7, 'FG': 4.0, 'NDF': 9.4, 'ADF': 6.1, 'FAT': 1.7, 'AM': 3.0, 'ZUC': 9.9, 'ASH': 5.9, 'Ca': 0.28, 'P': 0.65, 'Mg': 0.26, 'K': 2.15, 'S': 0.35, 'Na': 0.02, 'UFC': 1.04, 'UFL': 1.07, 'kcal': 1851.1, 'Mj': 7.75}

bietola\_polpe\_secche

{'DM': 90.0, 'PG': 8.4, 'RDP': 4.62, 'RUP': 3.78, 'FG': 18.3, 'NDF': 46.8, 'ADF': 27.9, 'FAT': 0.6, 'AM': 0.0, 'ZUC': 4.6, 'ASH': 3.9, 'Ca': 0.65, 'P': 0.1, 'Mg': 0.001, 'K': 0.001, 'S': 0.001, 'Na': 0.001, 'UFC': 0.95, 'UFL': 0.94, 'kcal': 1626.2, 'Mj': 6.8}

bietola\_polpe\_surpressate

{'DM': 21.0, 'PG': 2.1, 'RDP': 0.001, 'RUP': 2.1, 'FG': 5.4, 'NDF': 9.9, 'ADF': 5.6, 'FAT': 0.1, 'AM': 0.001, 'ZUC': 1.0, 'ASH': 1.0, 'Ca': 2.9, 'P': 0.22, 'Mg': 0.001, 'K': 0.001, 'S': 0.001, 'Na': 0.001, 'UFC': 0.21, 'UFL': 0.22, 'kcal': 380.6, 'Mj': 1.59}

carruba\_polpa\_denocciolata

{'DM': 91.0, 'PG': 4.4, 'RDP': 0.001, 'RUP': 4.4, 'FG': 5.8, 'NDF': 0.001, 'ADF': 0.001, 'FAT': 0.5, 'AM': 0.001, 'ZUC': 33.0, 'ASH': 2.5, 'Ca': 0.29, 'P': 0.06, 'Mg': 0.001, 'K': 0.001, 'S': 0.001, 'Na': 0.001, 'UFC': 0.88, 'UFL': 0.93, 'kcal': 1608.9, 'Mj': 6.73}

cotone\_semi

{'DM': 92.0, 'PG': 19.8, 'RDP': 11.88, 'RUP': 7.92, 'FG': 25.4, 'NDF': 39.0, 'ADF': 27.7, 'FAT': 19.9, 'AM': 3.3, 'ZUC': 1.0, 'ASH': 3.9, 'Ca': 0.14, 'P': 0.67, 'Mg': 0.33, 'K': 1.03, 'S': 0.21, 'Na': 0.01, 'UFC': 1.04, 'UFL': 1.09, 'kcal': 1885.7, 'Mj': 7.89}

crusca\_frumento\_duro

{'DM': 88.0, 'PG': 15.0, 'RDP': 12.0, 'RUP': 3.0, 'FG': 13.9, 'NDF': 46.6, 'ADF': 11.8, 'FAT': 3.8, 'AM': 10.6, 'ZUC': 4.4, 'ASH': 4.4, 'Ca': 0.11, 'P': 1.2, 'Mg': 0.46, 'K': 1.16, 'S': 0.18, 'Na': 0.03, 'UFC': 0.69, 'UFL': 0.73, 'kcal': 1262.9, 'Mj': 5.28}

crusca\_frumento\_tenero

{'DM': 88.0, 'PG': 15.0, 'RDP': 12.0, 'RUP': 3.0, 'FG': 12.0, 'NDF': 43.2, 'ADF': 12.2, 'FAT': 2.4, 'AM': 15.0, 'ZUC': 5.3, 'ASH': 6.1, 'Ca': 0.11, 'P': 1.2, 'Mg': 0.46, 'K': 1.16, 'S': 0.18, 'Na': 0.03, 'UFC': 0.71, 'UFL': 0.77, 'kcal': 1332.1, 'Mj': 5.57}

cruschello\_frumento\_duro

{'DM': 88.0, 'PG': 15.2, 'RDP': 12.16, 'RUP': 3.04, 'FG': 12.9, 'NDF': 43.7, 'ADF': 12.6, 'FAT': 5.0, 'AM': 16.0, 'ZUC': 6.1, 'ASH': 5.5, 'Ca': 0.13, 'P': 0.93, 'Mg': 0.36, 'K': 1.21, 'S': 0.16, 'Na': 0.03, 'UFC': 0.72, 'UFL': 0.76, 'kcal': 1314.8, 'Mj': 5.5}

cruschello\_frumento\_tenero

{'DM': 88.0, 'PG': 16.1, 'RDP': 12.88, 'RUP': 3.22, 'FG': 11.2, 'NDF': 42.2, 'ADF': 10.6, 'FAT': 3.3, 'AM': 16.0, 'ZUC': 6.1, 'ASH': 4.8, 'Ca': 0.13, 'P': 0.93, 'Mg': 0.36, 'K': 1.21, 'S': 0.16, 'Na': 0.03, 'UFC': 0.76, 'UFL': 0.79, 'kcal': 1366.7, 'Mj': 5.72}

frumento\_duro\_farinaccio

{'DM': 88.0, 'PG': 15.7, 'RDP': 12.56, 'RUP': 3.14, 'FG': 6.3, 'NDF': 22.0, 'ADF': 6.1, 'FAT': 4.7, 'AM': 42.0, 'ZUC': 7.4, 'ASH': 3.5, 'Ca': 0.09, 'P': 0.43, 'Mg': 0.38, 'K': 1.22, 'S': 0.13, 'Na': 0.03, 'UFC': 0.95, 'UFL': 1.0, 'kcal': 1730.0, 'Mj': 7.24}

frumento\_tenero\_farinaccio

{'DM': 88.0, 'PG': 15.7, 'RDP': 12.56, 'RUP': 3.14, 'FG': 6.2, 'NDF': 21.7, 'ADF': 5.5, 'FAT': 3.7, 'AM': 39.2, 'ZUC': 6.7, 'ASH': 3.4, 'Ca': 0.09, 'P': 0.43, 'Mg': 0.38, 'K': 1.22, 'S': 0.13, 'Na': 0.03, 'UFC': 0.91, 'UFL': 0.96, 'kcal': 1660.8, 'Mj': 6.95}

frumento\_tritello

{'DM': 88.0, 'PG': 17.2, 'RDP': 13.76, 'RUP': 3.44, 'FG': 8.4, 'NDF': 30.9, 'ADF': 12.1, 'FAT': 3.7, 'AM': 21.1, 'ZUC': 8.0, 'ASH': 4.8, 'Ca': 0.09, 'P': 0.76, 'Mg': 0.34, 'K': 1.18, 'S': 0.15, 'Na': 0.02, 'UFC': 1.02, 'UFL': 0.87, 'kcal': 1505.1, 'Mj': 6.3}

mais\_glutine

{'DM': 90.0, 'PG': 59.3, 'RDP': 26.69, 'RUP': 32.61, 'FG': 2.3, 'NDF': 13.0, 'ADF': 5.0, 'FAT': 2.4, 'AM': 18.6, 'ZUC': 0.85, 'ASH': 1.7, 'Ca': 0.03, 'P': 0.45, 'Mg': 0.13, 'K': 0.41, 'S': 0.77, 'Na': 0.04, 'UFC': 1.06, 'UFL': 1.08, 'kcal': 1868.4, 'Mj': 7.82}

mais\_residui\_distilleria

{'DM': 92.0, 'PG': 25.3, 'RDP': 9.61, 'RUP': 15.69, 'FG': 10.9, 'NDF': 39.8, 'ADF': 14.9, 'FAT': 8.5, 'AM': 11.2, 'ZUC': 2.3, 'ASH': 2.6, 'Ca': 0.12, 'P': 0.45, 'Mg': 0.25, 'K': 0.9, 'S': 0.4, 'Na': 0.27, 'UFC': 0.94, 'UFL': 0.99, 'kcal': 1712.7, 'Mj': 7.17}

mais\_semola\_glutinata

{'DM': 88.0, 'PG': 21.7, 'RDP': 16.28, 'RUP': 5.42, 'FG': 9.0, 'NDF': 35.4, 'ADF': 10.6, 'FAT': 3.0, 'AM': 14.2, 'ZUC': 1.9, 'ASH': 6.9, 'Ca': 0.06, 'P': 0.78, 'Mg': 0.38, 'K': 1.31, 'S': 0.4, 'Na': 0.12, 'UFC': 0.97, 'UFL': 0.95, 'kcal': 1643.5, 'Mj': 6.88}

orzo\_radichette\_malto

{'DM': 92.0, 'PG': 25.8, 'RDP': 19.35, 'RUP': 6.45, 'FG': 13.7, 'NDF': 41.6, 'ADF': 15.6, 'FAT': 1.6, 'AM': 9.6, 'ZUC': 9.5, 'ASH': 6.8, 'Ca': 0.22, 'P': 0.66, 'Mg': 0.16, 'K': 1.09, 'S': 0.25, 'Na': 0.03, 'UFC': 0.79, 'UFL': 0.89, 'kcal': 1539.7, 'Mj': 6.44}

orzo\_trebbie\_birra

{'DM': 90.0, 'PG': 23.4, 'RDP': 10.53, 'RUP': 12.87, 'FG': 13.8, 'NDF': 38.0, 'ADF': 19.5, 'FAT': 6.8, 'AM': 35.8, 'ZUC': 4.0, 'ASH': 4.0, 'Ca': 0.28, 'P': 0.4, 'Mg': 0.23, 'K': 0.45, 'S': 0.34, 'Na': 0.03, 'UFC': 0.68, 'UFL': 0.81, 'kcal': 1401.3, 'Mj': 5.86}

riso\_farinaccio

{'DM': 88.0, 'PG': 12.7, 'RDP': 0.001, 'RUP': 12.7, 'FG': 6.4, 'NDF': 14.7, 'ADF': 7.3, 'FAT': 16.8, 'AM': 2.6, 'ZUC': 9.1, 'ASH': 10.1, 'Ca': 0.05, 'P': 1.35, 'Mg': 0.001, 'K': 0.001, 'S': 0.001, 'Na': 0.001, 'UFC': 1.05, 'UFL': 1.1, 'kcal': 1903.0, 'Mj': 7.96}

soia\_buccette

{'DM': 90.0, 'PG': 12.2, 'RDP': 7.93, 'RUP': 4.27, 'FG': 35.1, 'NDF': 59.6, 'ADF': 43.4, 'FAT': 2.2, 'AM': 4.35, 'ZUC': 8.0, 'ASH': 5.2, 'Ca': 0.44, 'P': 0.19, 'Mg': 0.2, 'K': 1.35, 'S': 0.1, 'Na': 0.01, 'UFC': 0.73, 'UFL': 0.77, 'kcal': 1332.1, 'Mj': 5.57}

favino

{'DM': 90.0, 'PG': 24.93, 'RDP': 15.51, 'RUP': 9.42, 'FG': 8.19, 'NDF': 16.47, 'ADF': 10.35, 'FAT': 1.09, 'AM': 40.05, 'ZUC': 2.98, 'ASH': 3.28, 'Ca': 0.1, 'P': 0.59, 'Mg': 0.13, 'K': 1.26, 'S': 0.27, 'Na': 0.02, 'UFC': 0.98, 'UFL': 1.03, 'kcal': 1791.0, 'Mj': 7.5}

lupino

{'DM': 88.1, 'PG': 33.5, 'RDP': 27.47, 'RUP': 6.03, 'FG': 11.6, 'NDF': 18.9, 'ADF': 14.1, 'FAT': 8.5, 'AM': 6.2, 'ZUC': 6.0, 'ASH': 3.5, 'Ca': 0.27, 'P': 0.38, 'Mg': 0.14, 'K': 0.98, 'S': 0.25, 'Na': 0.03, 'UFC': 1.29, 'UFL': 1.26, 'kcal': 2220.0, 'Mj': 9.3}

pisello

{'DM': 77.9, 'PG': 14.49, 'RDP': 12.54, 'RUP': 1.95, 'FG': 4.83, 'NDF': 9.97, 'ADF': 6.23, 'FAT': 1.01, 'AM': 41.52, 'ZUC': 6.0, 'ASH': 2.41, 'Ca': 0.09, 'P': 0.35, 'Mg': 0.13, 'K': 0.88, 'S': 0.001, 'Na': 0.001, 'UFC': 0.91, 'UFL': 0.96, 'kcal': 1656.31, 'Mj': 6.93}

soia\_integrale

{'DM': 90.0, 'PG': 36.7, 'RDP': 27.16, 'RUP': 9.54, 'FG': 6.3, 'NDF': 13.5, 'ADF': 8.8, 'FAT': 19.1, 'AM': 6.5, 'ZUC': 10.0, 'ASH': 5.2, 'Ca': 0.6, 'P': 0.6, 'Mg': 0.22, 'K': 1.8, 'S': 0.27, 'Na': 0.01, 'UFC': 1.13, 'UFL': 1.16, 'kcal': 2006.8, 'Mj': 8.4}

agrumi\_pastazzo\_secco

{'DM': 90.0, 'PG': 5.9, 'RDP': 4.425, 'RUP': 1.475, 'FG': 11.0, 'NDF': 19.6, 'ADF': 14.8, 'FAT': 1.9, 'AM': 0.001, 'ZUC': 27.3, 'ASH': 5.1, 'Ca': 1.65, 'P': 0.18, 'Mg': 0.11, 'K': 0.99, 'S': 0.09, 'Na': 0.05, 'UFC': 0.95, 'UFL': 0.98, 'kcal': 1695.4, 'Mj': 7.09}

birra\_lievito

{'DM': 92.0, 'PG': 44.9, 'RDP': 26.04, 'RUP': 18.86, 'FG': 2.2, 'NDF': 0.001, 'ADF': 0.001, 'FAT': 0.9, 'AM': 0.001, 'ZUC': 0.001, 'ASH': 6.7, 'Ca': 0.14, 'P': 1.4, 'Mg': 0.23, 'K': 1.7, 'S': 0.001, 'Na': 0.08, 'UFC': 0.94, 'UFL': 1.0, 'kcal': 1730.0, 'Mj': 7.24}

calcio\_saponi

{'DM': 95.0, 'PG': 0.001, 'RDP': 0.001, 'RUP': 0.001, 'FG': 0.001, 'NDF': 0.001, 'ADF': 0.001, 'FAT': 0.001, 'AM': 0.001, 'ZUC': 0.001, 'ASH': 15.0, 'Ca': 8.5, 'P': 0.001, 'Mg': 0.001, 'K': 0.001, 'S': 0.001, 'Na': 0.001, 'UFC': 2.6, 'UFL': 2.73, 'kcal': 4722.9, 'Mj': 19.76}

cocco\_pannello

{'DM': 90.0, 'PG': 21.4, 'RDP': 11.77, 'RUP': 9.63, 'FG': 13.4, 'NDF': 40.2, 'ADF': 22.7, 'FAT': 2.6, 'AM': 2.8, 'ZUC': 8.3, 'ASH': 6.8, 'Ca': 0.18, 'P': 0.6, 'Mg': 0.27, 'K': 1.08, 'S': 0.001, 'Na': 0.09, 'UFC': 0.9, 'UFL': 0.97, 'kcal': 1678.1, 'Mj': 7.02}

frumento\_tenero\_germe

{'DM': 88.0, 'PG': 25.7, 'RDP': 20.56, 'RUP': 5.14, 'FG': 3.3, 'NDF': 16.5, 'ADF': 5.3, 'FAT': 9.3, 'AM': 34.1, 'ZUC': 12.2, 'ASH': 4.2, 'Ca': 0.05, 'P': 1.0, 'Mg': 0.001, 'K': 0.001, 'S': 0.001, 'Na': 0.001, 'UFC': 0.99, 'UFL': 1.04, 'kcal': 1799.2, 'Mj': 7.53}

latte\_magro\_polvere

{'DM': 94.0, 'PG': 34.9, 'RDP': 0.001, 'RUP': 34.9, 'FG': 0.001, 'NDF': 0.001, 'ADF': 0.001, 'FAT': 0.001, 'AM': 0.001, 'ZUC': 0.001, 'ASH': 7.6, 'Ca': 1.3, 'P': 1.0, 'Mg': 0.001, 'K': 0.001, 'S': 0.001, 'Na': 0.001, 'UFC': 1.03, 'UFL': 1.08, 'kcal': 1868.4, 'Mj': 7.82}

latte\_siero

{'DM': 93.0, 'PG': 13.3, 'RDP': 0.001, 'RUP': 13.3, 'FG': 0.001, 'NDF': 0.001, 'ADF': 0.001, 'FAT': 0.001, 'AM': 0.001, 'ZUC': 0.001, 'ASH': 8.8, 'Ca': 0.4, 'P': 0.7, 'Mg': 0.001, 'K': 0.001, 'S': 0.001, 'Na': 0.001, 'UFC': 1.08, 'UFL': 1.14, 'kcal': 1972.2, 'Mj': 8.25}

manioca

{'DM': 86.0, 'PG': 2.2, 'RDP': 1.54, 'RUP': 0.66, 'FG': 4.0, 'NDF': 12.5, 'ADF': 5.5, 'FAT': 0.7, 'AM': 69.5, 'ZUC': 3.5, 'ASH': 3.13, 'Ca': 0.2, 'P': 0.15, 'Mg': 0.13, 'K': 0.94, 'S': 0.001, 'Na': 0.04, 'UFC': 1.0, 'UFL': 1.06, 'kcal': 1833.8, 'Mj': 7.67}

melasso\_barbabietola

{'DM': 78.0, 'PG': 6.9, 'RDP': 4.49, 'RUP': 2.41, 'FG': 0.001, 'NDF': 0.001, 'ADF': 0.001, 'FAT': 0.1, 'AM': 0.001, 'ZUC': 48.5, 'ASH': 8.9, 'Ca': 0.15, 'P': 0.02, 'Mg': 0.001, 'K': 0.001, 'S': 0.001, 'Na': 0.001, 'UFC': 0.73, 'UFL': 0.8, 'kcal': 1384.0, 'Mj': 5.79}

melasso\_canna

{'DM': 75.0, 'PG': 3.8, 'RDP': 2.47, 'RUP': 1.33, 'FG': 0.001, 'NDF': 0.001, 'ADF': 0.001, 'FAT': 0.001, 'AM': 0.001, 'ZUC': 46.0, 'ASH': 8.7, 'Ca': 0.11, 'P': 1.2, 'Mg': 0.001, 'K': 0.001, 'S': 0.001, 'Na': 0.001, 'UFC': 0.72, 'UFL': 0.67, 'kcal': 1159.1, 'Mj': 4.85}

patate\_essiccate

{'DM': 88.0, 'PG': 9.5, 'RDP': 7.13, 'RUP': 2.37, 'FG': 2.2, 'NDF': 4.0, 'ADF': 2.5, 'FAT': 0.3, 'AM': 62.8, 'ZUC': 7.0, 'ASH': 4.5, 'Ca': 0.05, 'P': 0.15, 'Mg': 0.08, 'K': 2.2, 'S': 0.001, 'Na': 0.04, 'UFC': 1.0, 'UFL': 1.06, 'kcal': 1833.8, 'Mj': 7.67}

proteina\_patata

{'DM': 93.0, 'PG': 75.0, 'RDP': 22.5, 'RUP': 52.5, 'FG': 0.5, 'NDF': 0.001, 'ADF': 0.001, 'FAT': 0.3, 'AM': 0.001, 'ZUC': 0.001, 'ASH': 3.2, 'Ca': 0.48, 'P': 0.18, 'Mg': 0.001, 'K': 0.001, 'S': 0.001, 'Na': 0.001, 'UFC': 1.11, 'UFL': 1.17, 'kcal': 2024.1, 'Mj': 8.47}

riso\_gemma

{'DM': 88.0, 'PG': 20.2, 'RDP': 0.001, 'RUP': 20.2, 'FG': 5.0, 'NDF': 25.0, 'ADF': 15.4, 'FAT': 18.9, 'AM': 19.36, 'ZUC': 0.001, 'ASH': 7.7, 'Ca': 0.08, 'P': 1.51, 'Mg': 0.001, 'K': 0.001, 'S': 0.001, 'Na': 0.001, 'UFC': 0.92, 'UFL': 0.97, 'kcal': 1678.1, 'Mj': 7.02}

riso\_grana\_verde

{'DM': 88.0, 'PG': 8.9, 'RDP': 0.001, 'RUP': 8.9, 'FG': 2.1, 'NDF': 8.7, 'ADF': 2.6, 'FAT': 3.6, 'AM': 64.9, 'ZUC': 4.3, 'ASH': 2.1, 'Ca': 0.04, 'P': 0.21, 'Mg': 0.001, 'K': 0.001, 'S': 0.001, 'Na': 0.001, 'UFC': 1.0, 'UFL': 1.05, 'kcal': 1816.5, 'Mj': 7.6}

riso\_pula\_commerciale

{'DM': 90.0, 'PG': 14.8, 'RDP': 8.15, 'RUP': 6.65, 'FG': 14.2, 'NDF': 24.7, 'ADF': 15.8, 'FAT': 12.0, 'AM': 20.5, 'ZUC': 8.9, 'ASH': 9.3, 'Ca': 0.08, 'P': 1.41, 'Mg': 0.73, 'K': 1.41, 'S': 0.17, 'Na': 0.02, 'UFC': 0.83, 'UFL': 0.87, 'kcal': 1505.1, 'Mj': 6.3}

riso\_pula\_verGINE

{'DM': 90.0, 'PG': 13.4, 'RDP': 7.4, 'RUP': 6.0, 'FG': 9.2, 'NDF': 17.8, 'ADF': 9.1, 'FAT': 15.5, 'AM': 4.5, 'ZUC': 9.0, 'ASH': 8.2, 'Ca': 0.07, 'P': 1.43, 'Mg': 0.73, 'K': 1.41, 'S': 0.17, 'Na': 0.02, 'UFC': 0.96, 'UFL': 1.01, 'kcal': 1747.3, 'Mj': 7.31}

riso\_rottura

{'DM': 88.0, 'PG': 7.8, 'RDP': 0.0, 'RUP': 7.8, 'FG': 0.4, 'NDF': 3.6, 'ADF': 0.3, 'FAT': 1.1, 'AM': 75.1, 'ZUC': 0.8, 'ASH': 0.7, 'Ca': 0.03, 'P': 0.19, 'Mg': 0.001, 'K': 0.001, 'S': 0.001, 'Na': 0.001, 'UFC': 1.02, 'UFL': 1.07, 'kcal': 1851.1, 'Mj': 7.75}

## BIBLIOGRAFIA

- AAVV, 2021. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2021. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Eighth Revised Edition*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/25806>.
- Allen, M. S., 2014. Drives and limits to feed intake in ruminants. *Animal Production Science*, 54(10), 1513-1524.
- Barasa, A., 1997. ISTOLOGIA GENERALE E SPECIALE – I TESSUTI (Tredicesima edizione), Cooperativa Libraria Universitaria – TORINO.
- Beauchemin, K. A., 2018. Invited review: Current perspectives on eating and rumination activity in dairy cows. *Journal of dairy science*, 101(6), 4762-4784.
- Beauchemin, K. A., & Buchanan-Smith, J. G. (1989). Effects of dietary neutral detergent fiber concentration and supplementary long hay on chewing activities and milk production of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 72(9), 2288-2300.
- Beghelli, V., 1992. *Apparecchio digerente*, pag. 523-566. G. Aguccini, V. Beghelli e L.F. Giulio ed., Fisiologia degli Animali Domestici con Elementi di Etologia, UTET, Torino.
- Begon, M., Harper, J. L., & Townsend, C. R., 1989. *Ecologia: individui, popolazioni, comunità*. Zanichelli.
- Bittante, I. Andriguetto e M. Ramanzin, 1990. *FONDAMENTI DI ZOOTECNICA – MIGLIORAMENTO GENETICO, NUTRIZIONE E ALIMENTAZIONE*, LIVIANA ed.
- Bittante, G., Andriguetto, I., & Ramanzin, M., 2005. *Tecniche di produzione animale*. Liviana scolastica.
- Bortolami, R., Callegari, E., & Beghelli, V., 1985. ANATOMIA E FISIOLOGIA DEGLI ANIMALI DOMESTICI. Edagricole.
- Burk, R. L., & Ackerman, N., 1991. *Testo atlante di radiologia dei piccoli animali*. UTET.
- Cattaneo, L., Lopreiato, V., Trevisi, E., & Minuti, A., 2020. Association of postpartum uterine diseases with lying time and metabolic profiles of multiparous Holstein dairy cows in the transition period. *The Veterinary Journal*, 263, 105533.
- Chase, L. E., 2005. *The Magical, Mystical Rumen*. 2005 DAIRY NUTRITION AND MANAGEMENT – A Shortcourse for Agriservice Professionals. Cornell University, Dept. Of Animal Science, Ithaca, NY.
- Chase, L. E., & Fortina, R. (2023). Environmental and economic responses to precision feed management in dairy cattle diets. *Agriculture*, 13(5), 1032.
- Clarke, A., Rothery, P., & Isaac, N. J., 2010. Scaling of basal metabolic rate with body mass and temperature in mammals. *Journal of Animal Ecology*, 79(3), 610-619.

Crossley, R. E., Harlander-Mataushek, A., & DeVries, T. J., 2017. Variability in behavior and production among dairy cows fed under differing levels of competition. *Journal of dairy science*, 100(5), 3825-3838.

Dado, R. G., & Allen, M. S., 1994. Variation in and relationships among feeding, chewing, and drinking variables for lactating dairy cows. *Journal of dairy science*, 77(1), 132-144.

Delwiche, C.C., 1970. Il ciclo dell'azoto. *LE SCIENZE*, 28, dicembre 1970.

De Mol, R. M., Goselink, R. M. A., Van Riel, J. W., Knijn, H. M., & Van Knegsel, A. T. M., 2016. The relation between eating time and feed intake of dairy cows. In *Precision dairy farming 2016* (pp. 387-392). Wageningen Academic.

DeRamus, H. A., Clement, T. C., Giampola, D. D., & Dickison, P. C. (2003). Methane emissions of beef cattle on forages: efficiency of grazing management systems. *Journal of environmental quality*, 32(1), 269-277.

DeVries, T. J., Von Keyserlingk, M. A. G., Weary, D. M., & Beauchemin, K. A. (2003). Measuring the feeding behavior of lactating dairy cows in early to peak lactation. *Journal of Dairy Science*, 86(10), 3354-3361.

DeVries, T. J., Von Keyserlingk, M. A. G., & Weary, D. M., 2004. Effect of feeding space on the inter-cow distance, aggression, and feeding behavior of free-stall housed lactating dairy cows. *Journal of dairy science*, 87(5), 1432-1438.

Dirksen, G. U., Liebich, H. G., & Mayer, E., 1985. Adaptive changes of the ruminal mucosa and their functional and clinical significance. *The Bovine Practitioner*, 116-120.

Drackley, J. K., 1999. Biology of dairy cows during the transition period: The final frontier?. *Journal of dairy science*, 82(11), 2259-2273.

Fox, D. G., Sniffen, C. J., O'connor, J. D., Russell, J. B., & Van Soest, P. J., 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: III. Cattle requirements and diet adequacy. *Journal of animal science*, 70(11), 3578-3596.

Giulio, L.F., 1992. *Ricambio energetico e termoregolazione degli animali domestici*, pag. 287-308. G. Aguccini, V. Beghelli e L.F. Giulio ed., *Fisiologia degli Animali Domestici con Elementi di Etologia*, UTET, Torino.

Gooch, C.A., 2005. *Cow Comfort Basics*. 2005 DAIRY NUTRITION AND MANAGEMENT – A Shortcourse for Agriservice Professionals. Cornell University, Dept. Of Animal Science, Ithaca, NY.

Gorecki, A., 1969. Metabolic rate and energy budget of the striped field mouse. *Acta theriologica*, 14(14), 181-190.

Grant, R., 2005. Formulating Dairy Rations for Fiber and Nonfiber Carbohydrates to Optimize Dairy Cow Health and Productivity

Hummel, J., Südekum, K. H., Bayer, D., Ortmann, S., Streich, W. J., Hatt, J. M., & Clauss, M., 2009. Physical characteristics of reticularoruminal contents of oxen in relation to forage type and time after feeding. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 93(2), 209-220.

Ketelaar-de Lauwere, C. C., Devir, S., & Metz, J. H. M., 1996. The influence of social hierarchy on the time budget of cows and their visits to an automatic milking system. *Applied animal behaviour science*, 49(2), 199-211.

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.

Larsen, M. K., Andersen, K. K., Kaufmann, N., & Wiking, L., 2014. Seasonal variation in the composition and melting behavior of milk fat. *Journal of Dairy Science*, 97(8), 4703-4712.

Maekawa, M., Beauchemin, K. A., & Christensen, D. A. (2002). Chewing activity, saliva production, and ruminal pH of primiparous and multiparous lactating dairy cows. *Journal of dairy science*, 85(5), 1176-1182.

Martz, F. A., & Belyea, R. L. (1986). Role of particle size and forage quality in digestion and passage by cattle and sheep. *Journal of dairy science*, 69(7), 1996-2008.

Munksgaard, L., Jensen, M. B., Pedersen, L. J., Hansen, S. W., & Matthews, L., 2005. Quantifying behavioural priorities—Effects of time constraints on behaviour of dairy cows, *Bos taurus*. *Applied Animal Behaviour Science*, 92(1-2), 3-14.

Nickel, R., Schummer, A., & Seiferle, E., 1992. *Trattato di anatomia degli animali domestici – APPARATO CIRCOLATORIO E APPARATO TEGUMENTARIO*. Casa Editrice Ambrosiana, Milano.

Nocek, J. E. (1997). Bovine acidosis: implications on laminitis. *Journal of dairy science*, 80(5), 1005-1028.

Oba, M., & Allen, M. S. (2000). Effects of brown midrib 3 mutation in corn silage on productivity of dairy cows fed two concentrations of dietary neutral detergent fiber: 1. Feeding behavior and nutrient utilization. *Journal of Dairy Science*, 83(6), 1333-1341.

Palmonari, A., Stevenson, D. M., Mertens, D. R., Cruywagen, C. W., & Weimer, P. J. (2010). pH dynamics and bacterial community composition in the rumen of lactating dairy cows. *Journal of dairy science*, 93(1), 279-287.

Paudyal, S., Maunsell, F., Richeson, J., Risco, C., Donovan, A., & Pinedo, P. (2016). Peripartal rumination dynamics and health status in cows calving in hot and cool seasons. *Journal of dairy science*, 99(11), 9057-9068.

Olofsson, J., 1999. Competition for total mixed diets fed for ad libitum intake using one or four cows per feeding station. *Journal of dairy science*, 82(1), 69-79.

Popesko, P., 1980. *Atlante di Anatomia topografica degli animali domestici: edizione italiana a cura di Giovanni Godina e Armando Gobetto*. Editoriale Grasso.

Smith, J., 2005. *Preparing for a Successful First Transition: Understanding the Biology of the Calf*. 2005 DAIRY NUTRITION AND MANAGEMENT – A Shortcourse for Agriservice Professionals. Cornell University, Dept. Of Animal Science, Ithaca, NY.

Spek, J. W., 2013. *Variation of milk urea in dairy cattle: A study on factors that affect the relationship between urea concentration in milk and urea excretion in urine*. Wageningen University and Research.

Spek, J. W., Dijkstra, J., Van Duinkerken, G., & Bannink, A., 2013. A review of factors influencing milk urea concentration and its relationship with urinary urea excretion in lactating dairy cattle. *The Journal of Agricultural Science*, 151(3), 407-423.

Steele, M. A., Penner, G. B., Chaucheyras-Durand, F., & Guan, L. L., 2016. Development and physiology of the rumen and the lower gut: Targets for improving gut health. *Journal of dairy science*, 99(6), 4955-4966.

Watt, L. J., Clark, C. E. F., Krebs, G. L., Petzel, C. E., Nielsen, S., & Utsumi, S. A. (2015). Differential rumination, intake, and enteric methane production of dairy cows in a pasture-based automatic milking system. *Journal of dairy science*, 98(10), 7248-7263.

White, R. R., Hall, M. B., Firkins, J. L., & Kononoff, P. J. (2017). Physically adjusted neutral detergent fiber system for lactating dairy cow rations. I: Deriving equations that identify factors that influence effectiveness of fiber. *Journal of Dairy Science*, 100(12), 9551-9568.

