

MORFOFISIOLOGIA DELL'APPARATO DIGERENTE, QUALITÀ DEI FORAGGI E GESTIONE DEI PASCOLI

Piero Rivoira

Istituto Agrario Penna – Asti

piero.rivoira@istitutopennaasti.edu.it
piero.rivoira@yahoo.it

Follow me on  /piero.rivoira.7

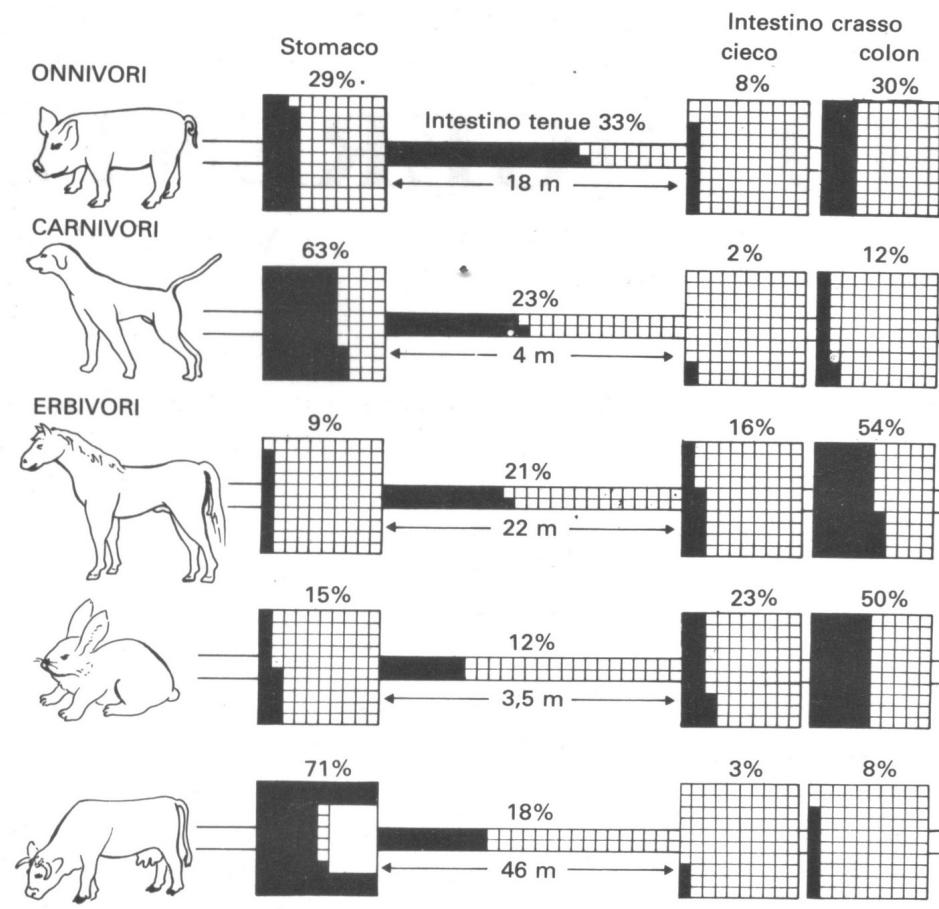
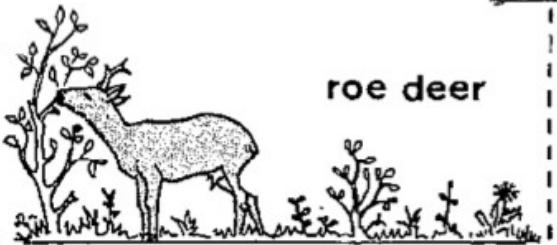


Fig. 12.1 Sviluppo relativo delle diverse porzioni del canale alimentare, espresse in percentuale rispetto alla capacità totale dell'apparato digerente, in: onnivori, carnivori, erbivori monogastrici ed erbivori poligastrici.

La digestione è attuata da enzimi specifici nello stomaco e nell'intestino tenue; è di tipo fermentativo nel cieco, nel colon e nei prestomaci dei poligastrici (da Y. Ruckebush, *Fisiologia, Farmacologia e Terapia Veterinaria*, Essegivi 1986, modificata).

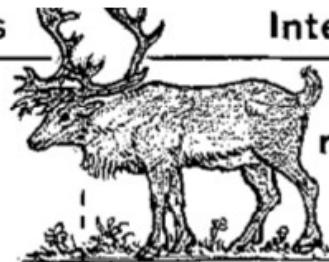
EUROPEAN RUMINANT FEEDING TYPES

Concentrate selectors



roe deer

Intermediate types



reindeer
ibex



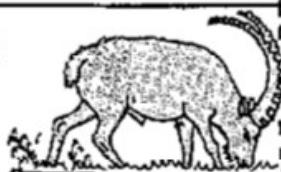
chamois



red deer

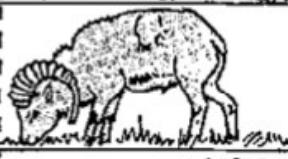


goat

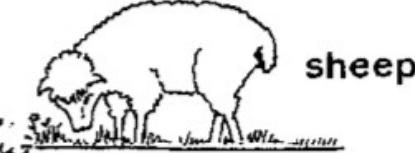


ibex

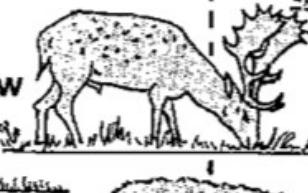
Grass/roughage eaters



mouflon



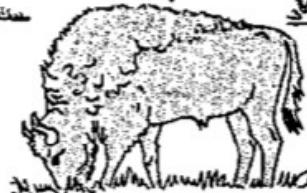
sheep



fallow



cattle



wisent



aurox

ext.

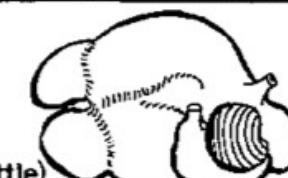
Rumen:



(e.g. roe)

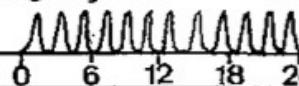


(e.g. red deer)

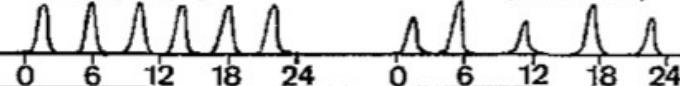


(e.g. cattle)

Feeding rhythm

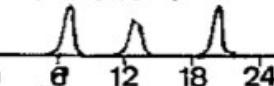


(roe deer)



(chamois)

(red deer)



(cattle)

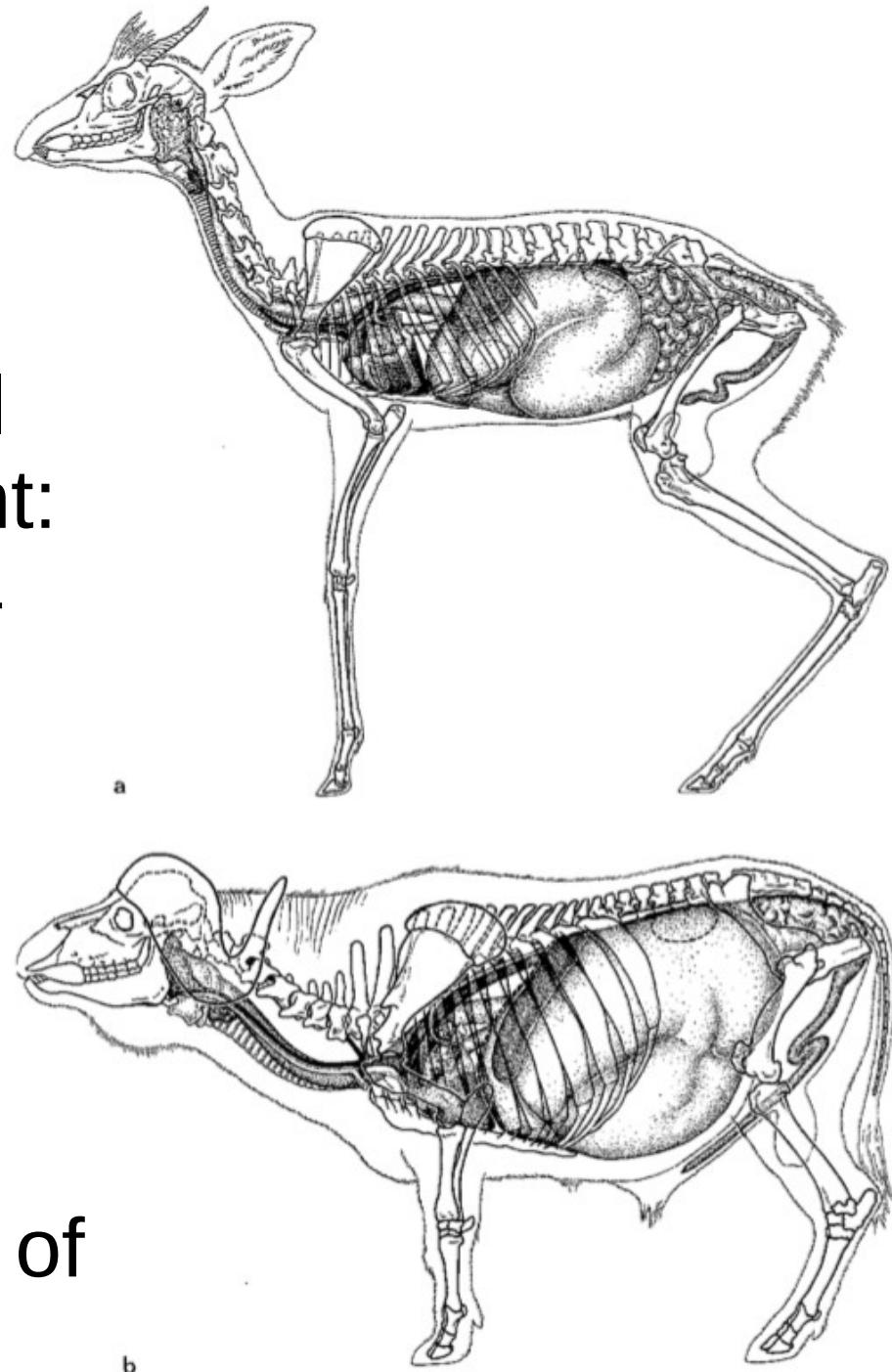
0 6 12 18 24

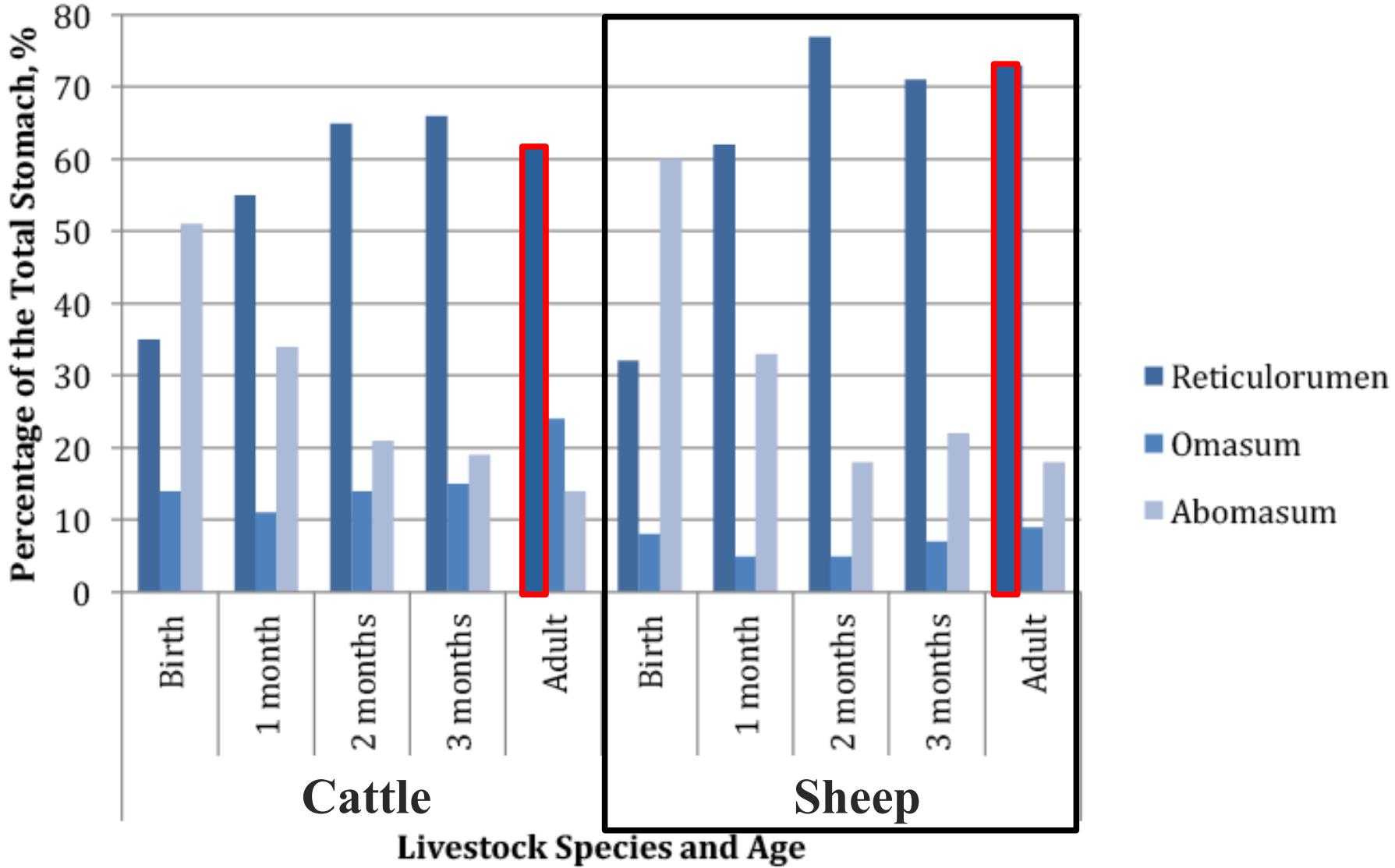
0 6 12 18 24

0 6 12 18 24

Comparison of ruminant extremes scaled to equal size irrespective of weight:
Gfinther's dik-dik (**A**), 3-4 kg, early evolved
concentrate selector;
African buffalo (**B**), 800-1000 kg, late evolved
grass and roughage eater.

Note relative dimensions of forestomach.





Original Papers | [Published: March 1989](#)

Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system

[R. R. Hofmann](#)

Oecologia 78, 443–457 (1989) | [Cite this article](#)

5097 Accesses | 1179 Citations | 20 Altmetric | [Metrics](#)

Summary

A review is made of the ruminant digestive system in its morphophysiological variations and adaptations relating to foraging behaviour, digestive physiology, to interactions between plants and ruminants and to geographic and climatic diversity of ruminants' ecological niches. Evidence is provided for evolutionary trends from an extreme selectivity mainly for plant cell contents and dependence upon a fractionated fore- and

Access via your institution 

Access options

[Buy article PDF](#)

39,95 €

Price includes VAT (Italy)

Instant access to the full article PDF.

[Rent this article via DeepDyve.](#)

[Learn more about Institutional subscriptions](#)

Quando, finalmente, all'inizio del *Triassico* ($\approx 250 * 10^6$ anni fa) comparirono i primi **Vertebrati omeotermi**, i discendenti degli archeobatteri anaerobi termofili trovarono rifugio nel loro tubo digerente, dove instaurarono una simbiosi mutualistica con l'ospite.

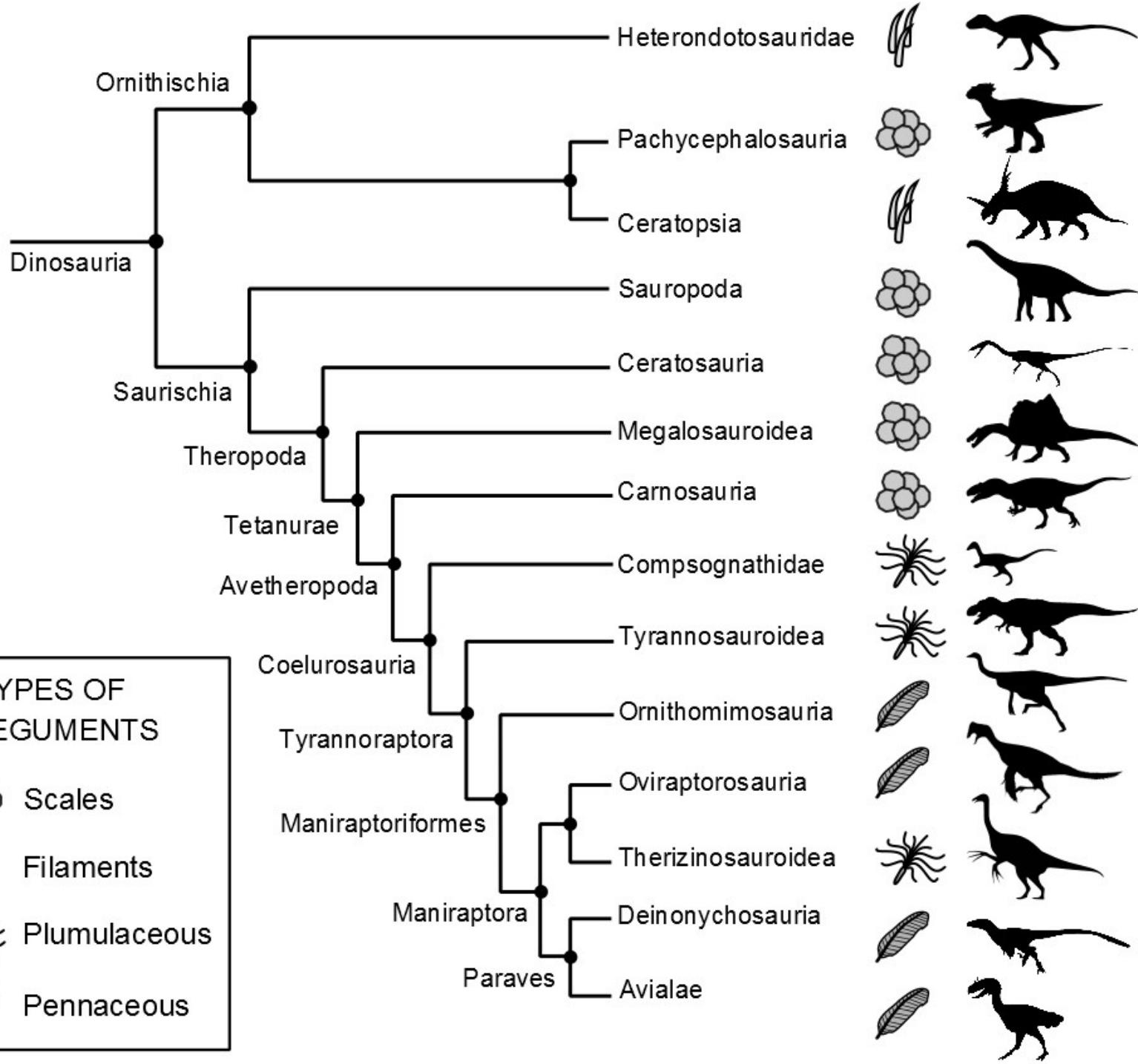




Henderson







Nel corso dell'Era CENOZOICA
(65 - 0.011 Mya) ben 11 famiglie di
Erbivori non ruminanti su un totale
noto di 14 si estinsero.

Perché?

PALEOCENE

65

EOCENE

54.8

OLIGOCENE

33.7

MIocene

23.8

PLIOCENE

5.32

1.8

QUATERNARY

Brontotheriidae

Eomorphidae

Amynodontidae

Hyracodontidae

Rhinocerotidae

Isectolophidae

Lophidontidae

Lophialetidae

Deperetellidae

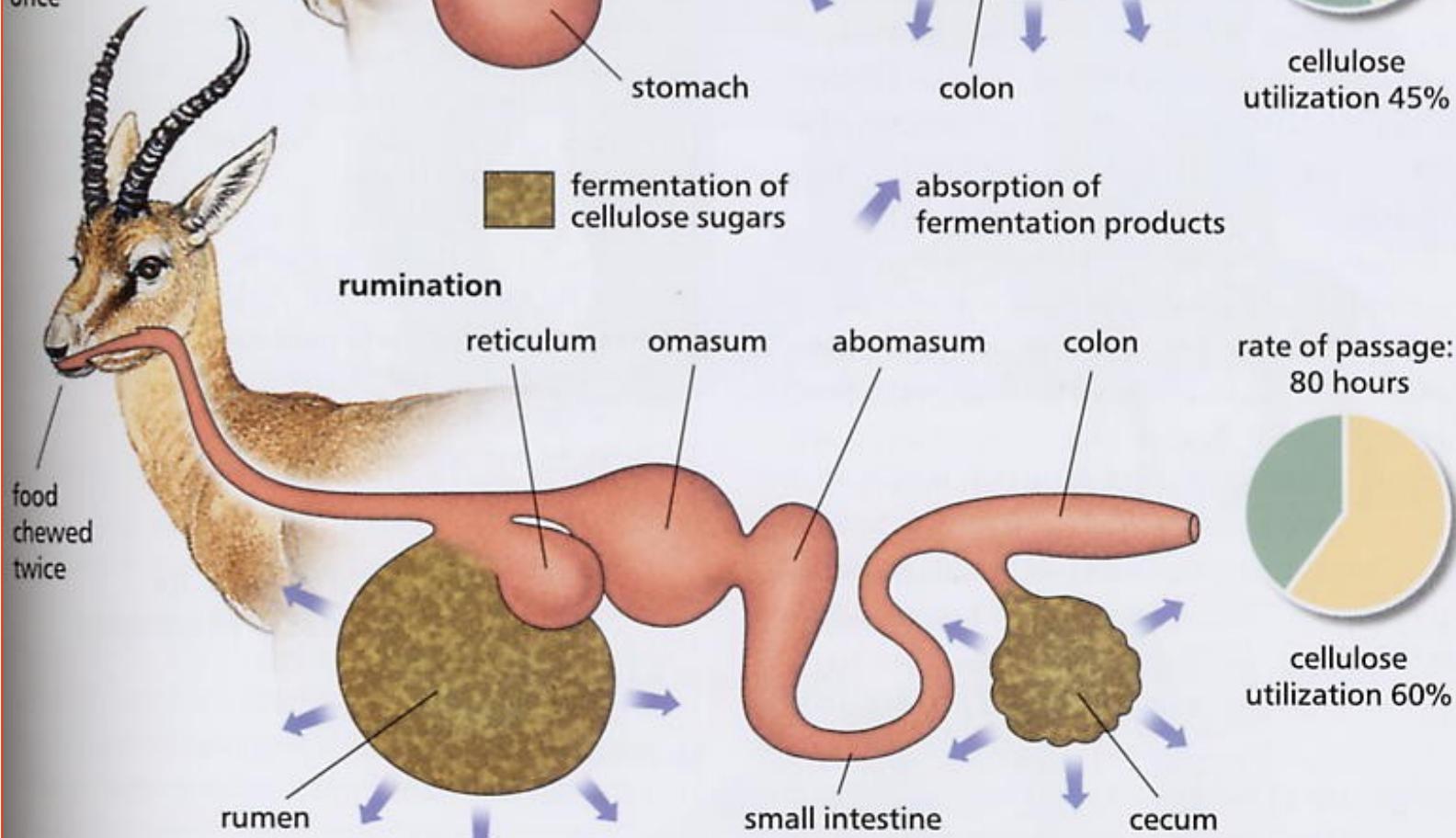
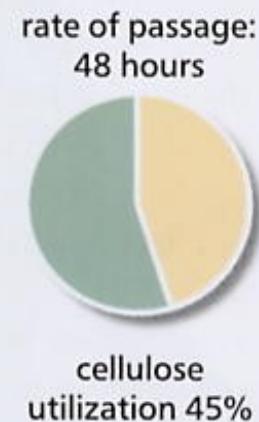
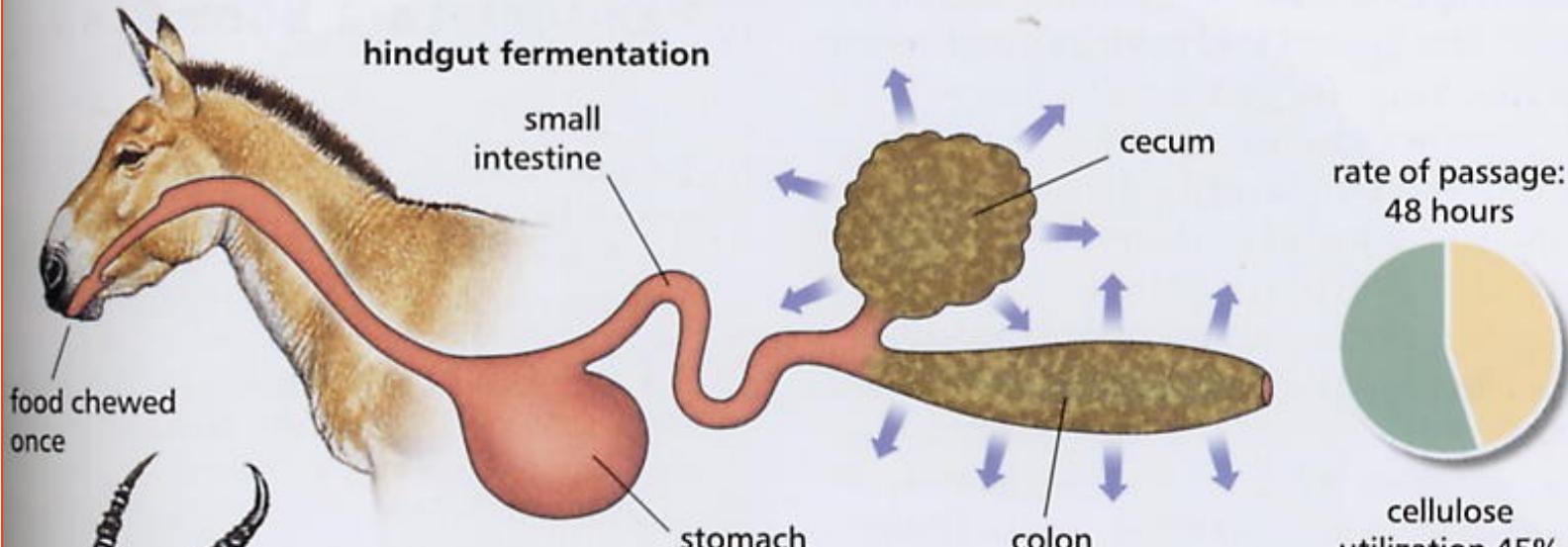
Helaletidae

Tapiridae

Chalicotheriidae

Palaeotheriidae

Equidae



INGESTIONE DI FIENO ED EFFICIENZA ENERGETICA NEI CAVALLI E NEI BOVINI

Supponiamo che lo stomaco di un cavallo di 500 Kg abbia un volume pari a
 $(20 \times 15 \times 40) \text{cm}^3 = 12000 \text{ cm}^3$;

che l'intestino abbia un volume pari a
 $(80 \times 35 \times 25) \text{cm}^3 = 70000 \text{ cm}^3$,

e che si riempia in 2 giorni; allora, in un giorno
 $70000 / 2 = 35000 \text{ cm}^3$ (volume di mezzo
intestino);

$(35000 / 12000) \text{cm}^3 \approx 3 \rightarrow$ lo stomaco si riempie e si svuota 3 volte al giorno, per metà di acqua e per metà di Materia Secca (MS)

$$(35000 / 2) \text{cm}^3 = 17500 \text{ cm}^3 / 1000 \text{ cm}^3 / \text{L} = \\ = 17,5 \text{ L}$$

Ipotizzando che il fieno di prato stabile abbia un ingombro di 1,6 L / Kg di MS, quindi

$$17,5 \text{ L} / 1,6 \text{ L} / \text{Kg di MS} \approx \mathbf{11 \text{ Kg di MS}} / 0,85 = \\ \mathbf{12,94 \text{ Kg di fieno}}$$

Nel cavallo, si stima una quantità di alimento consumata di **2,5 Kg / 100 Kg di peso vivo**, quindi:

2,5 Kg / q di PV X 5 q = 12,5 Kg di fieno;
all'85% di MS, si ottiene

(12,5 X 0,85) Kg = 10,625 Kg ≈ **11 Kg di MS**

1 Kg di MS di fieno contiene 353 g di cellulosa,
quindi:

353 g / Kg X 11 Kg ≈ 3861 g di cellulosa / die,
utilizzata per il 45%, quindi

(3861 X 0,45)g = 1737 g di cell. utilizzata / die,
la quale produce ≈ 3,8 Kcal/g

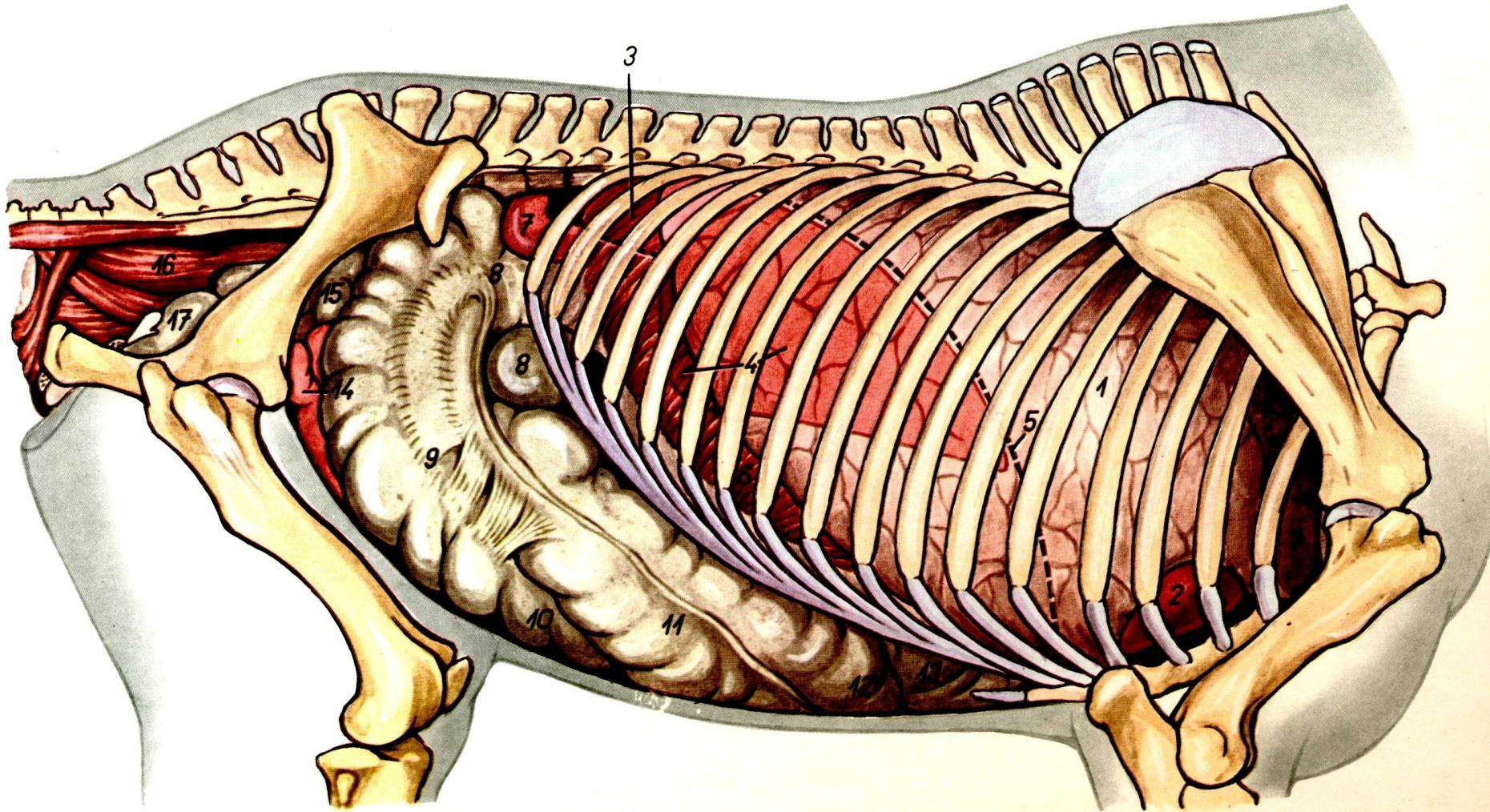
1737 g X 3,8 Kcal/g ≈ **6600 Kcal al giorno**

Un **bovino di 500 Kg** ha una capacità d'ingestione di 8,6 unità d'ingombro (UEB); il fieno di prato stabile ha un ingombro di 1,31 UEB / Kg di MS,
quindi:

$$8,6 \text{ UEB} / 1,31 \text{ UEB} / \text{Kg di MS} \approx 6,56 \text{ Kg di MS} \\ / 0,85 = \mathbf{7,7 \text{ Kg di fieno}}$$

353 g di cellulosa / Kg X 6,56 Kg \approx 2317 g di cellulosa al giorno, utilizzata per il 60%, quindi:
 $(2317 \times 0,6)g = 1390 \text{ g di cellulosa utilizzata al giorno}$, la quale produce $\approx 3,8 \text{ Kcal/g}$

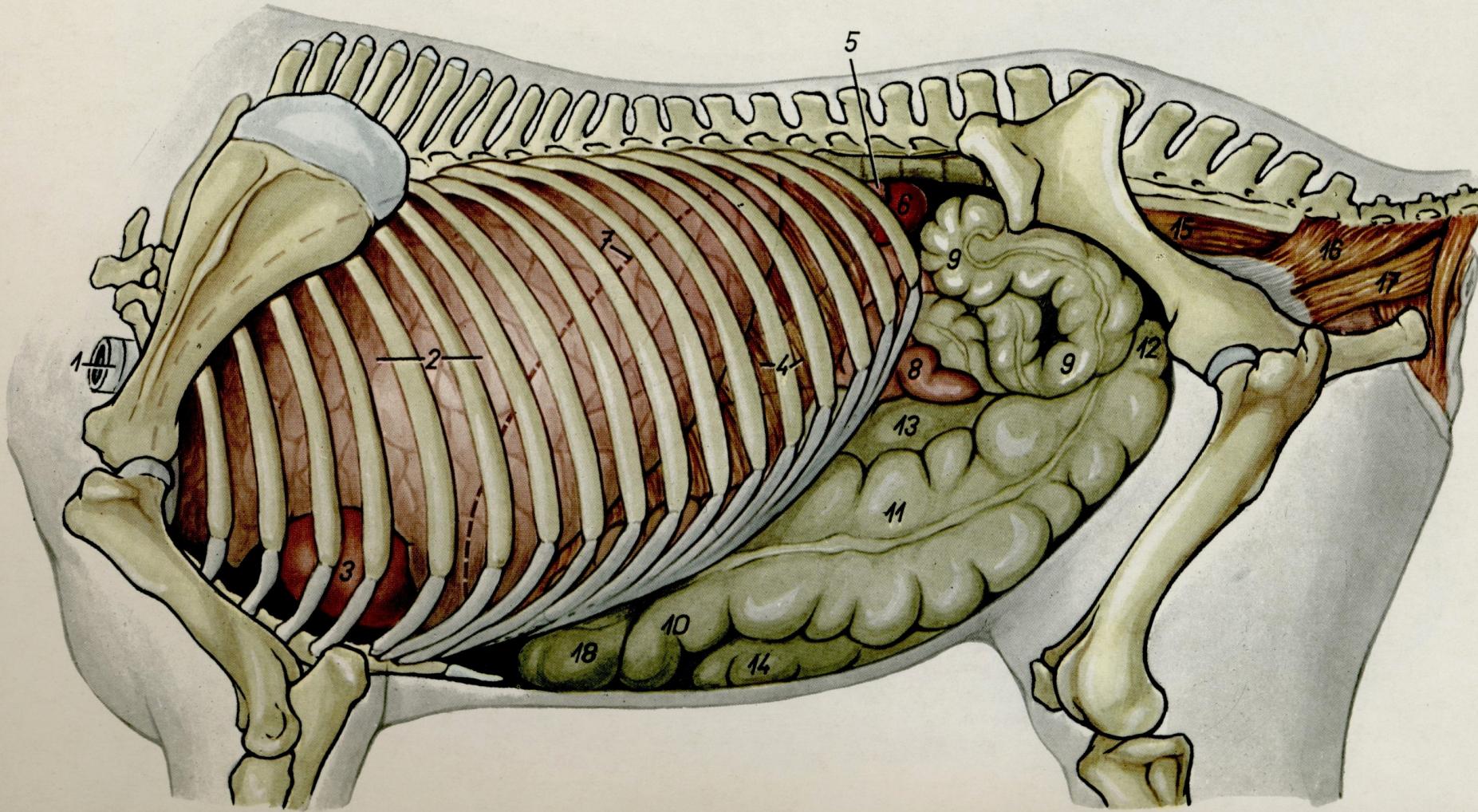
$$1390 \text{ g} \times 3,8 \text{ Kcal/g} \approx \mathbf{\underline{5284 \text{ Kcal al giorno}}}$$



1. *pulmones* – polmoni
2. *cor* – cuore
3. *ren dexter (in projectione)* – rene destro (in proiezione)
4. *hepatic (in projectione)* – fegato (in proiezione)
5. *cupula diaphragmatis (in projectione)* – cupola diaframmatica (in proiezione)
6. *pars costalis diaphragmatis* – parte costale del diaframma
7. *flexura duodeni caudalis* – curvatura caudale del duodeno

8. *basis ceci* – base del ciego
9. *corpus ceci* – corpo del ciego
10. *apex ceci* – apice del ciego
- 11.-13., 15. *colon crassum (s. ascendens)* – grosso colon (colon ascendente)
11. *colon ventrale dextrum* – colon ventrale destro
12. *flexura sternalis coli* – curvatura sternale del colon
13. *flexura diaphragmatica coli* – curvatura diaframmatica del colon
14. *jejunum* – digiuno

15. *flexura pelvina coli* – curvatura pelvica del colon
16. *rectum* – retto
17. *vesica urinaria* – vescica urinaria



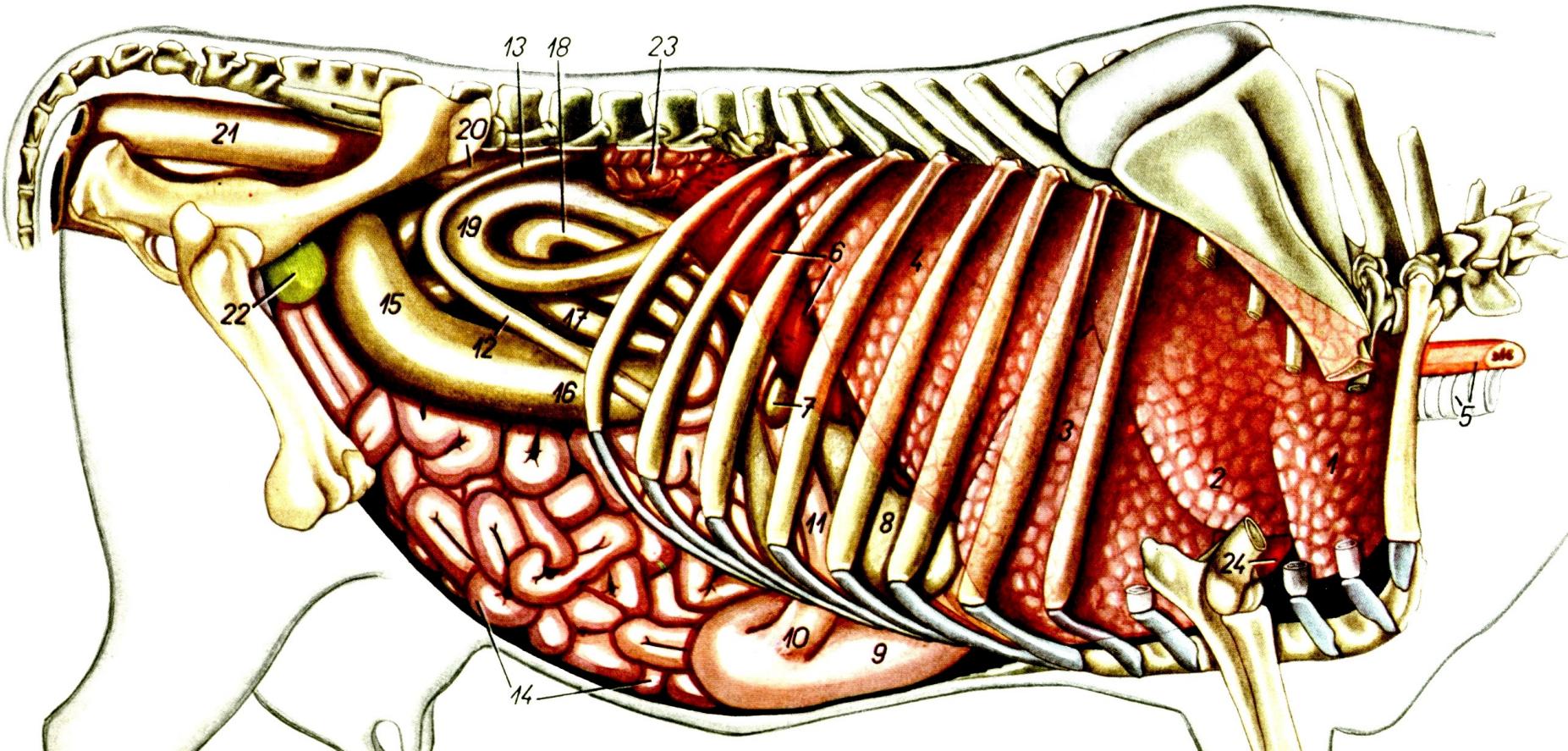
1. trachea — trachea
2. pulmones — polmoni
3. cor — cuore
4. pars costalis diaphragmatis — parte costale del diaframma
5. lien (in proiezione) — milza (in proiezione)
6. ren sinister — rene sinistro
7. cupula diaphragmatis (in proiezione) — cupola diaframmatica (in proiezione)
8. jejunum — digiuno
9. colon tenue (s. descendens) — piccolo colon (colon discendente)
- 10.—13., 18. colon crassum (s. ascendens) — grosso colon (colon ascendente)
10. flexura sternalis coli — curvatura sternale del grosso colon
11. colon ventrale sinistrum — colon ventrale sinistro
12. flexura pelvina coli — curvatura pelvica del grosso colon
13. colon dorsale sinistrum — colon dorsale sinistro
14. apex ceci — apice del cieco
15. rectum — retto
16. m. coccygeus — muscolo coccigeo
17. m. levator ani — muscolo elevatore dell'ano (retrattore dell'ano)
18. flexura diaphragmatica — curvatura diaframmatica del grosso colon

Nei Ruminanti lo stomaco vero e proprio, detto **abomaso**, è preceduto da un enorme serbatoio (proventricolo), suddiviso in 3 grandi concamerazioni:

Rumine

Reticolo o Cuffia

Omaso o Foglietto o Libro o Centopelli



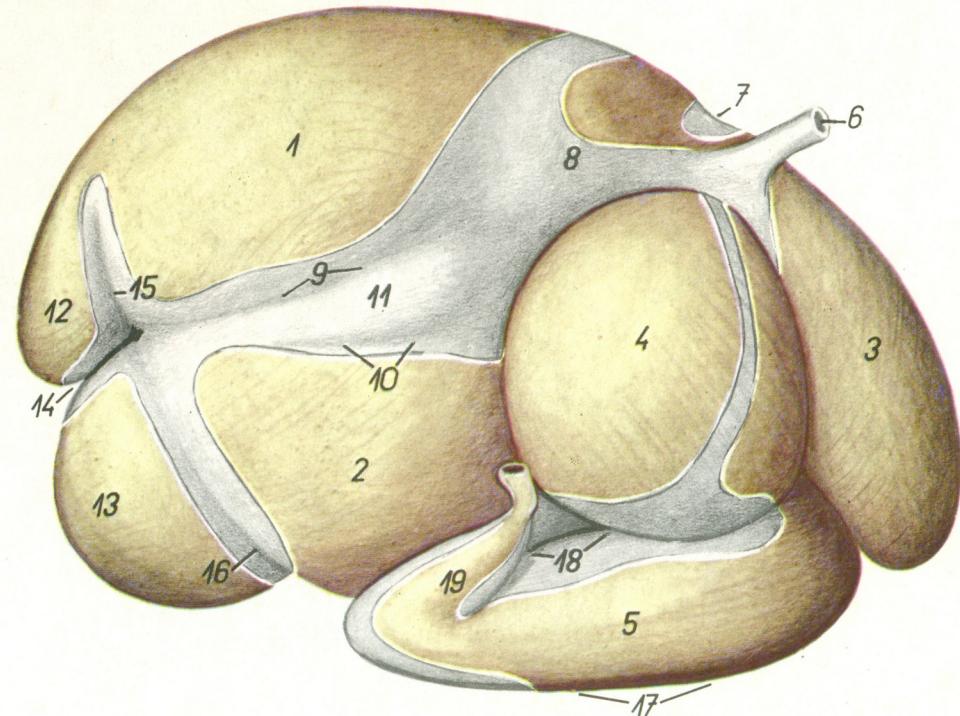
1. *pars cranialis lobi cranialis pulmonis* – parte craniale del lobo craniale del polmone
2. *pars caudalis lobi cranialis pulmonis* – parte caudale del lobo craniale del polmone
3. *lobus medius pulmonis* – lobo medio del polmone
4. *lobus caudalis pulmonis* – lobo caudale del polmone
5. *trachea, esophagus* – trachea, esofago
6. *hepar* – fegato
7. *vesica fellea* – cistifellea
8. *omasum* – omaso
9. *abomasum* – abomaso
10. *pars pylorica abomasi* – parte pilorica dell'abomaso

11. *pars cranialis duodeni* – parte craniale del duodeno
12. *pars descendens duodeni* – parte discendente del duodeno
13. *pars ascendens duodeni* – parte ascendente del duodeno
14. *jejunum* – digiuno
15. *cecum* – cieco
- 16., 17., 18., 19. *colon ascendens* – colon ascendente
- 16., 17., 18. *ansa proximalis coli* – ansa prossimale del colon
20. *colon descendens* – colon discendente
21. *rectum* – retto
22. *vesica urinaria* – vescica urinaria
23. *ren dexter* – rene destro
24. *cor* – cuore

Bovino. Prestomaci e abomaso: lato destro.

In colore diverso le zone di inserzione del peritoneo

Figura 48



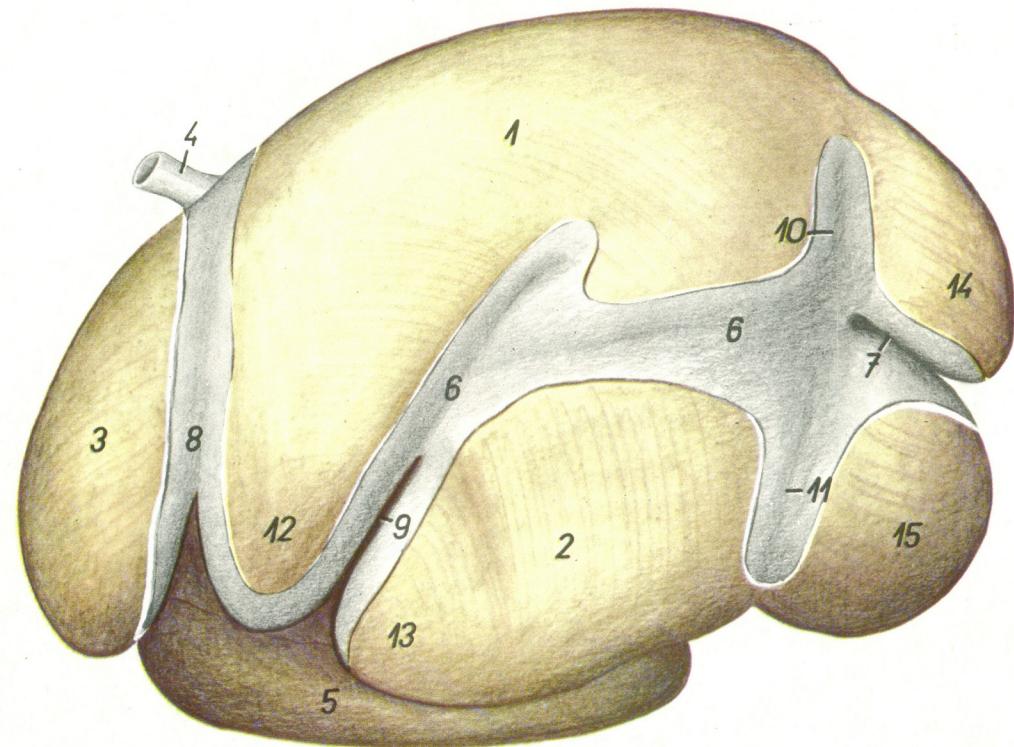
1. *saccus ruminis dorsalis* — sacco dorsale del rumine
2. *saccus ruminis ventralis* — sacco ventrale del rumine
3. *reticulum* — reticolo
4. *omasum* — omaso
5. *abomasum* — abomaso
6. *esophagus* — esofago
7. *sulcus ruminoreticularis* — solco ruminoreticolare
8. *atrium ruminis (saccus ruminis cranialis)* — atrio del rumine
9. *sulcus accessorius dexter* — solco accessorio destro
10. *sulcus longitudinalis dexter* — solco longitudinale destro
11. *insula ruminis* — insula del rumine
12. *saccus cecus caudodorsalis* — vescicola conica dorsale (fondo cieco caudale del sacco dorsale)
13. *saccus cecus caudoventralis* — vescicola conica ventrale (fondo cieco caudale del sacco ventrale)

14. *sulcus caudalis ruminis* — solco caudale del rumine
15. *sulcus coronarius dorsalis* — solco coronario dorsale
16. *sulcus coronarius ventralis* — solco coronario ventrale
17. *curvatura major abomasi* — grande curvatura dell'abomaso
18. *curvatura minor abomasi* — piccola curvatura dell'abomaso
19. *pars pylorica abomasi* — parte pilorica dell'abomaso

Bovino. Prestomaci e abomaso: lato sinistro.
In colore diverso le zone di inserzione del peritoneo

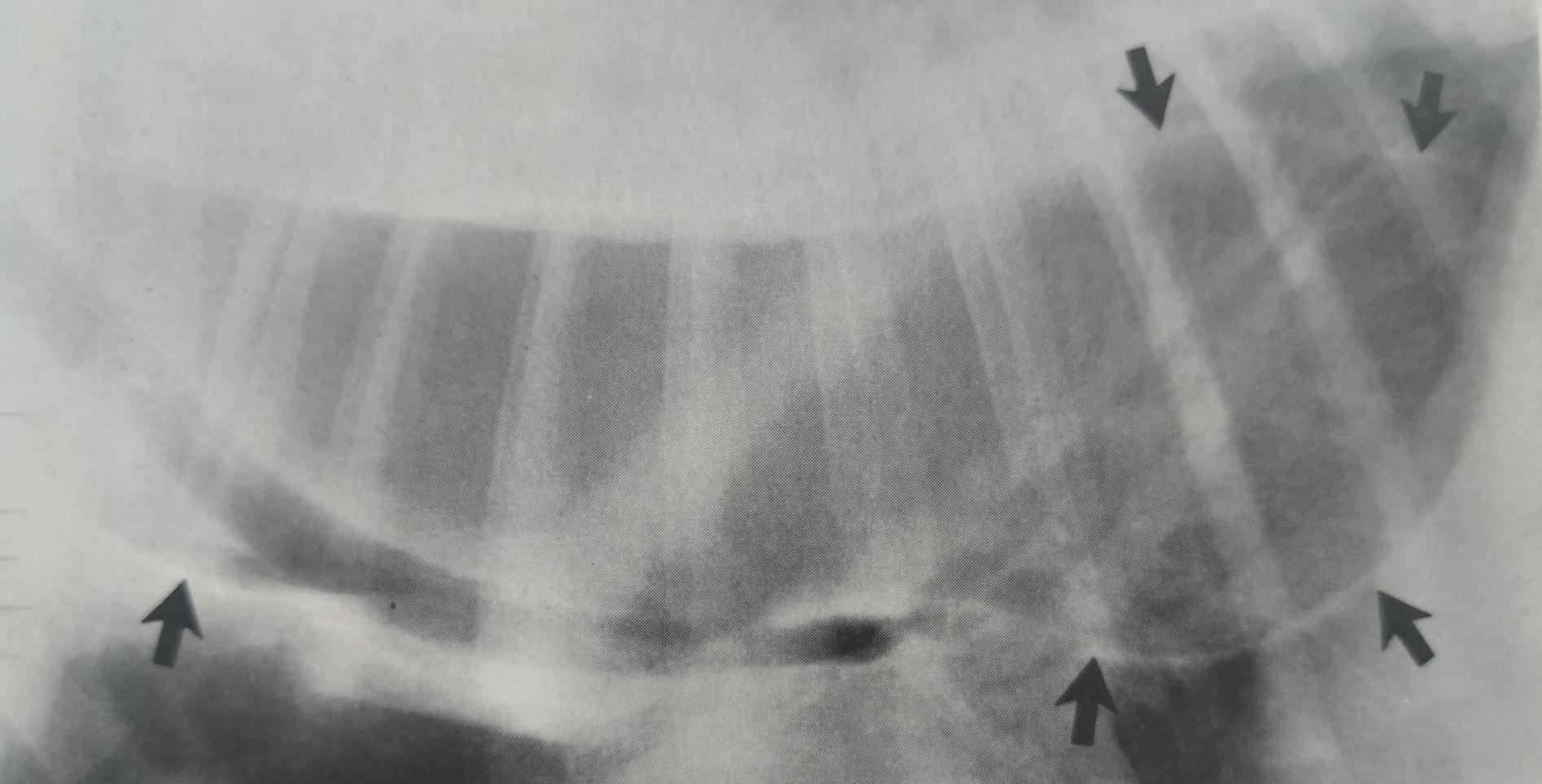
Figura 47

1. *saccus ruminis dorsalis* — sacco dorsale del rumine
2. *saccus ruminis ventralis* — sacco ventrale del rumine
3. *reticulum* — reticolo
4. *esophagus* — esofago
5. *abomasum* — abomaso
6. *sulcus longitudinalis sinister* — solco longitudinale sinistro
7. *sulcus caudalis ruminis* — solco caudale del rumine
8. *sulcus ruminoreticularis* — solco ruminoreticolare
9. *sulcus cranialis ruminis* — solco craniale del rumine
10. *sulcus coronarius dorsalis* — solco coronario dorsale
11. *sulcus coronarius ventralis* — solco coronario ventrale
12. *atrium ruminis* — atrio del rumine
13. *recessus ventercranialis ruminis* — fondo cieco craniale del sacco ventrale del rumine
14. *saccus cecus caudodorsalis* — fondo cieco caudale del sacco dorsale (vescicola conica dorsale)
15. *saccus cecus caudoventralis* — fondo cieco caudale del sacco ventrale (vescicola conica ventrale)

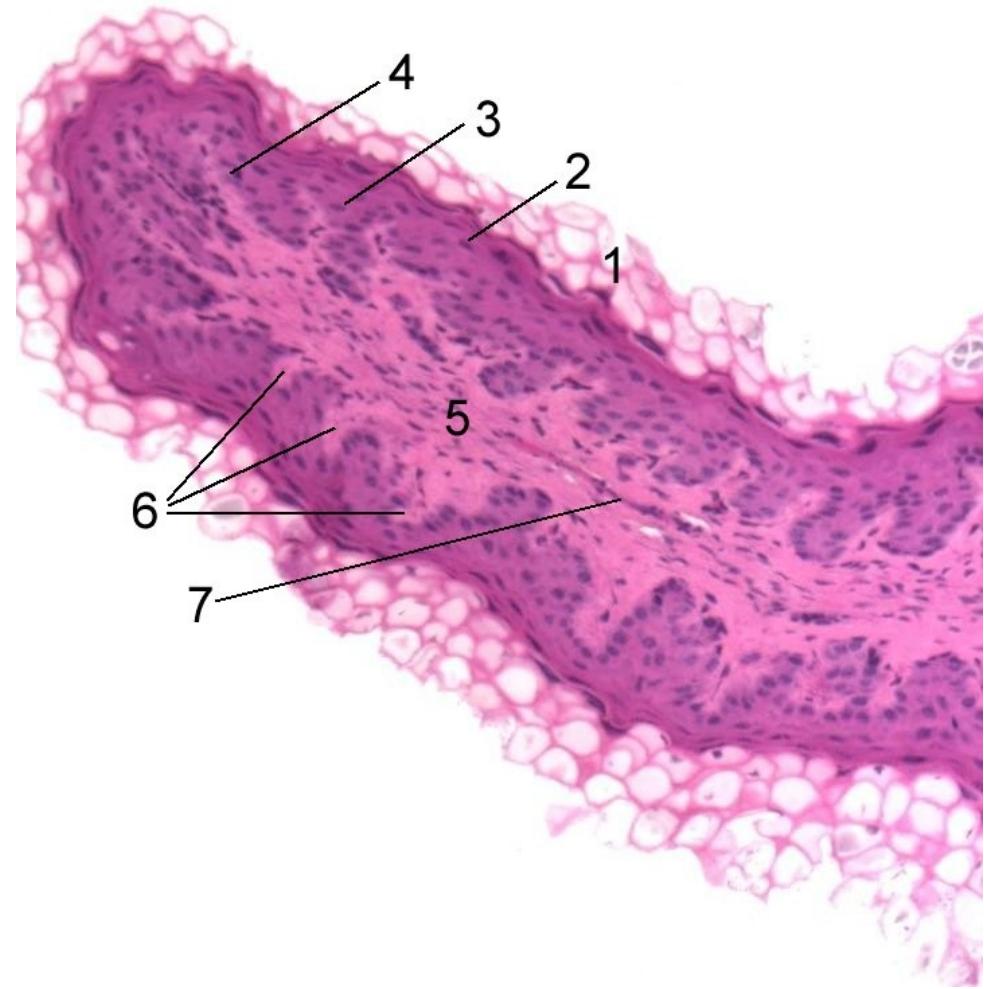
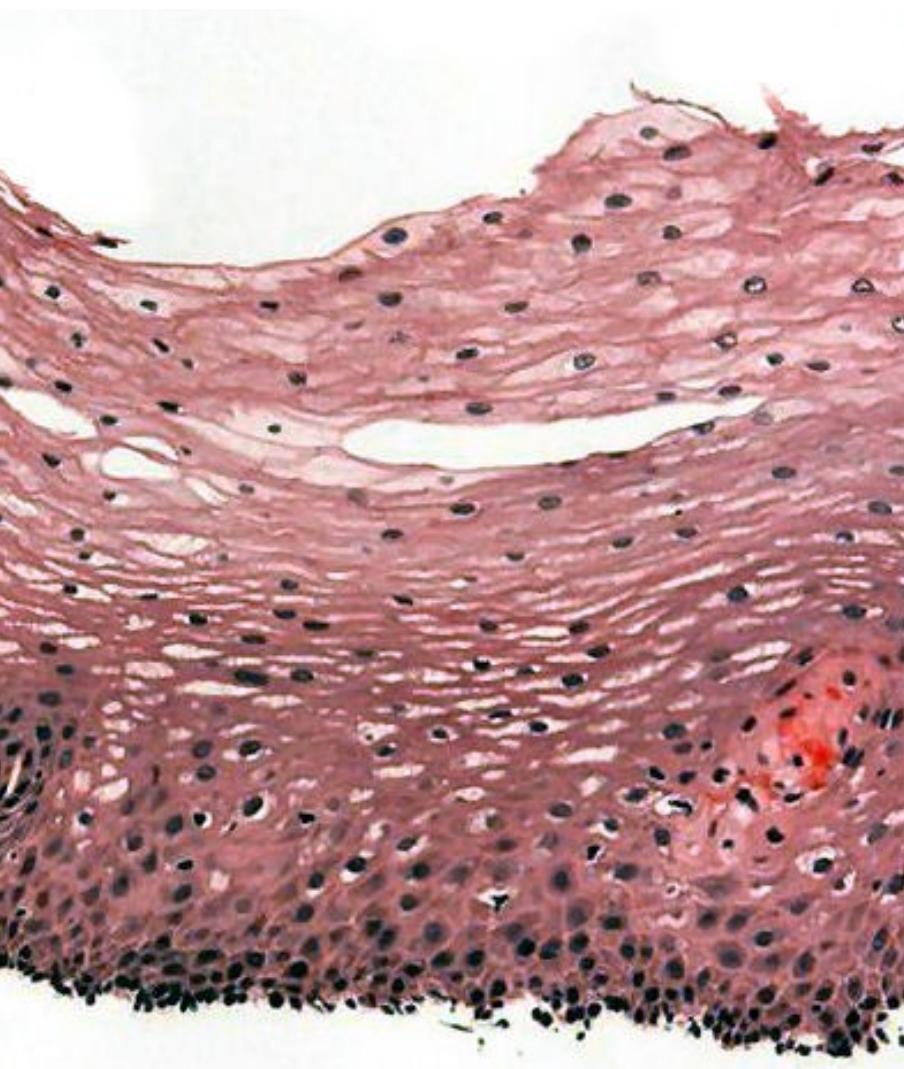




Rumen of a sheep from left. 1 Atrium ruminis, 2 Saccus dorsalis, 3 Saccus ventralis, 4 Recessus ruminis, 5 Saccus cecus caudodorsalis, 6 Saccus cecus caudoventralis, 7 Sulcus cranialis, 8 Sulcus longitudinalis sinister, 9 Sulcus coronarius dorsalis, 10 Sulcus coronarius ventralis, 11 Sulcus caudalis, 12 Sulcus accessorius sinister, 13 Insula ruminis, 14 Sulcus ruminoreticularis, 15 Reticulum, 16 Abomasum, 17 Oesophagus, 18 Spleen.

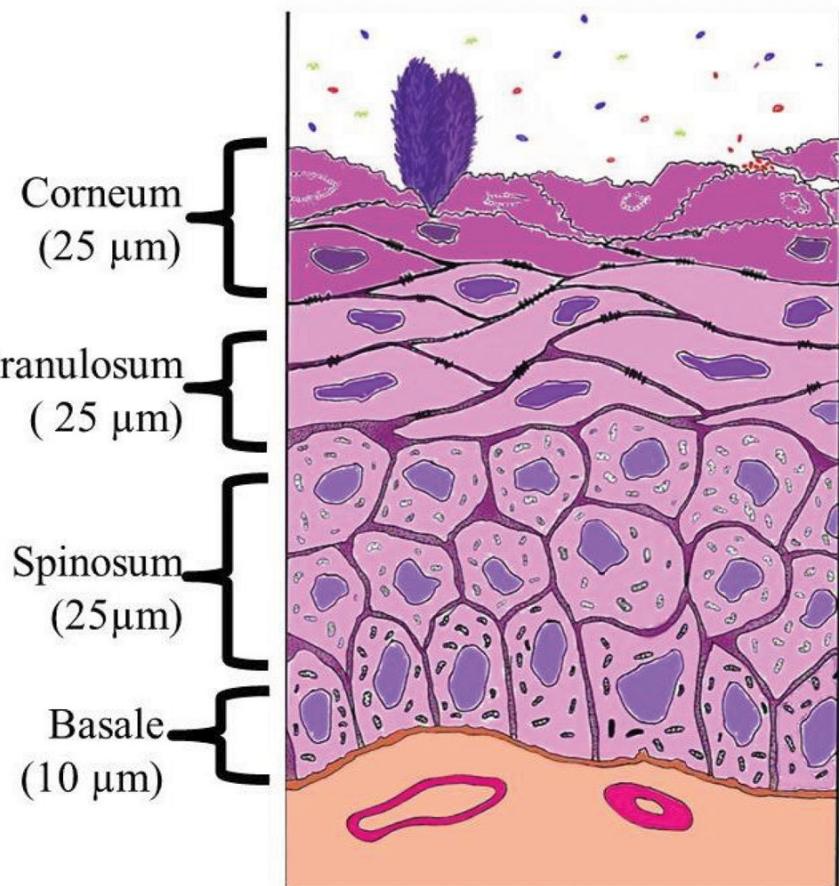


Cane Danese, ♀, di 6 mesi, **affetto da rigurtito** da tre mesi. Il tratto intratoracico dell'esofago è dilatato e pieno d'aria (le frecce indicano le pareti esofagee). Diagnosi: **megaesofago**.



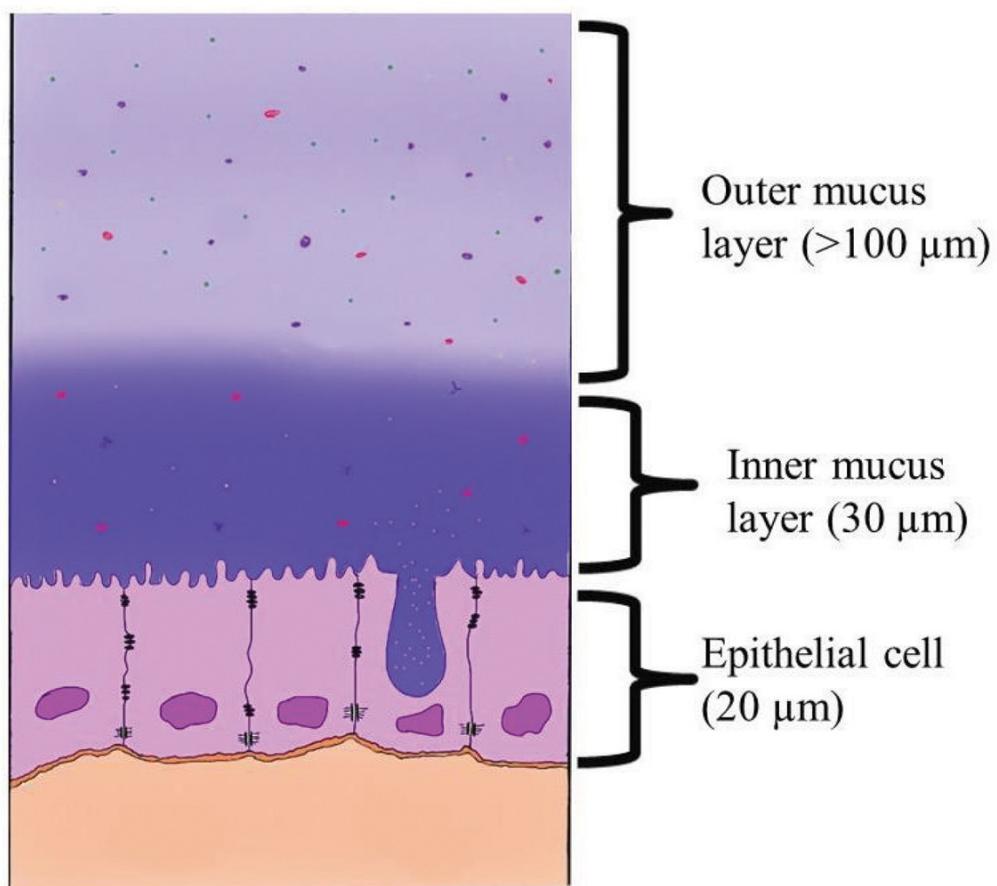
A

Ruminal



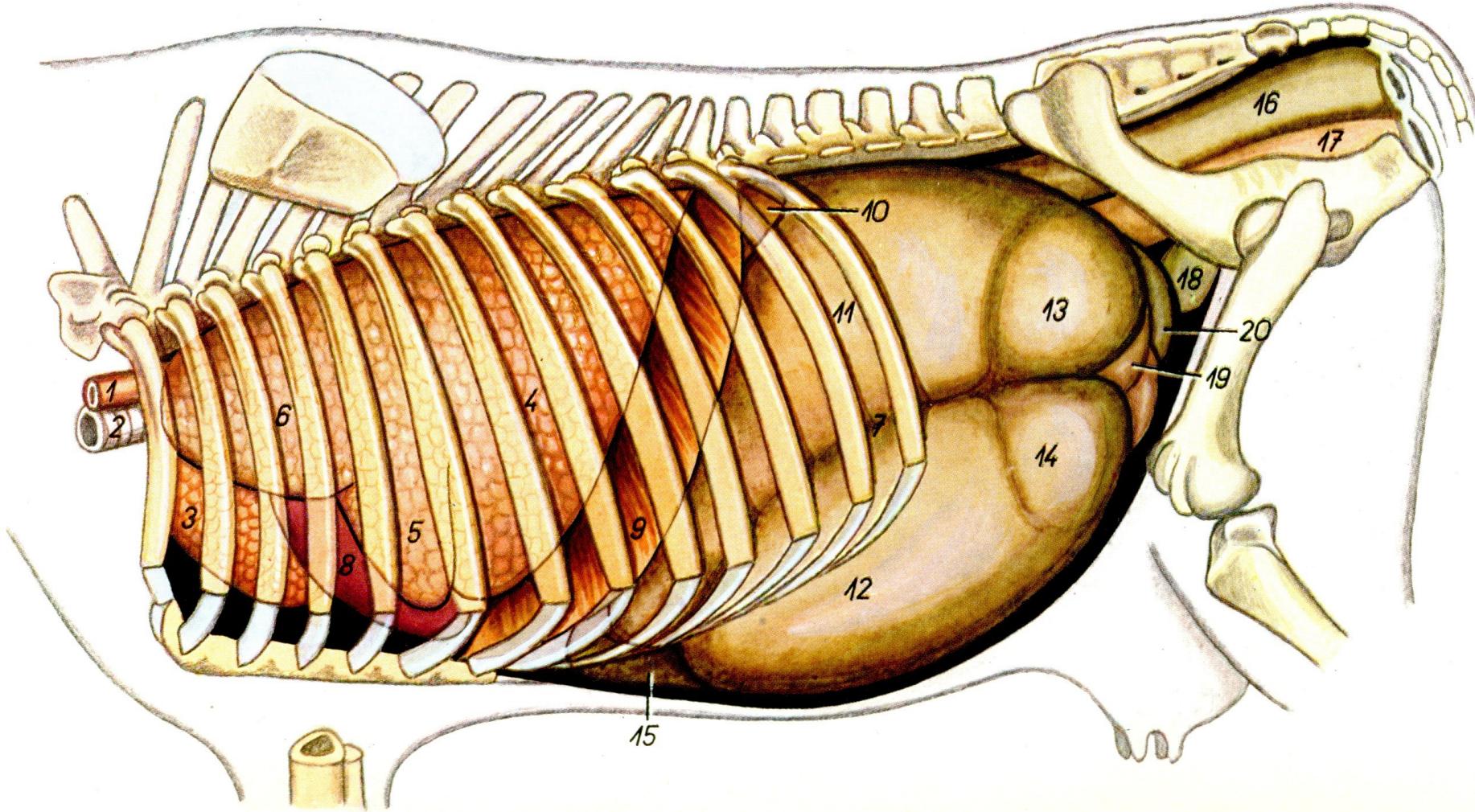
B

Intestinal

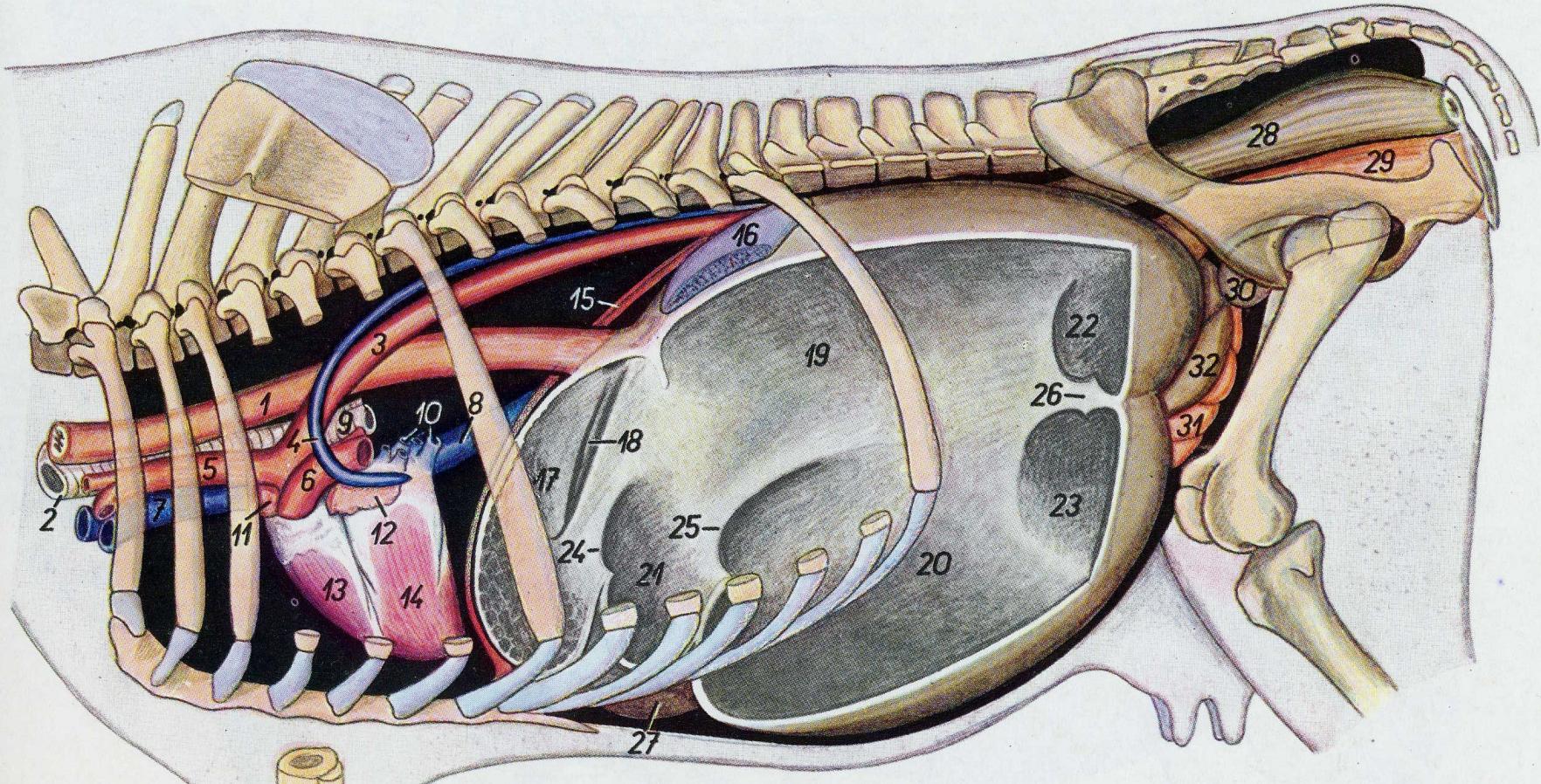


Giunzione gastro-esofagea

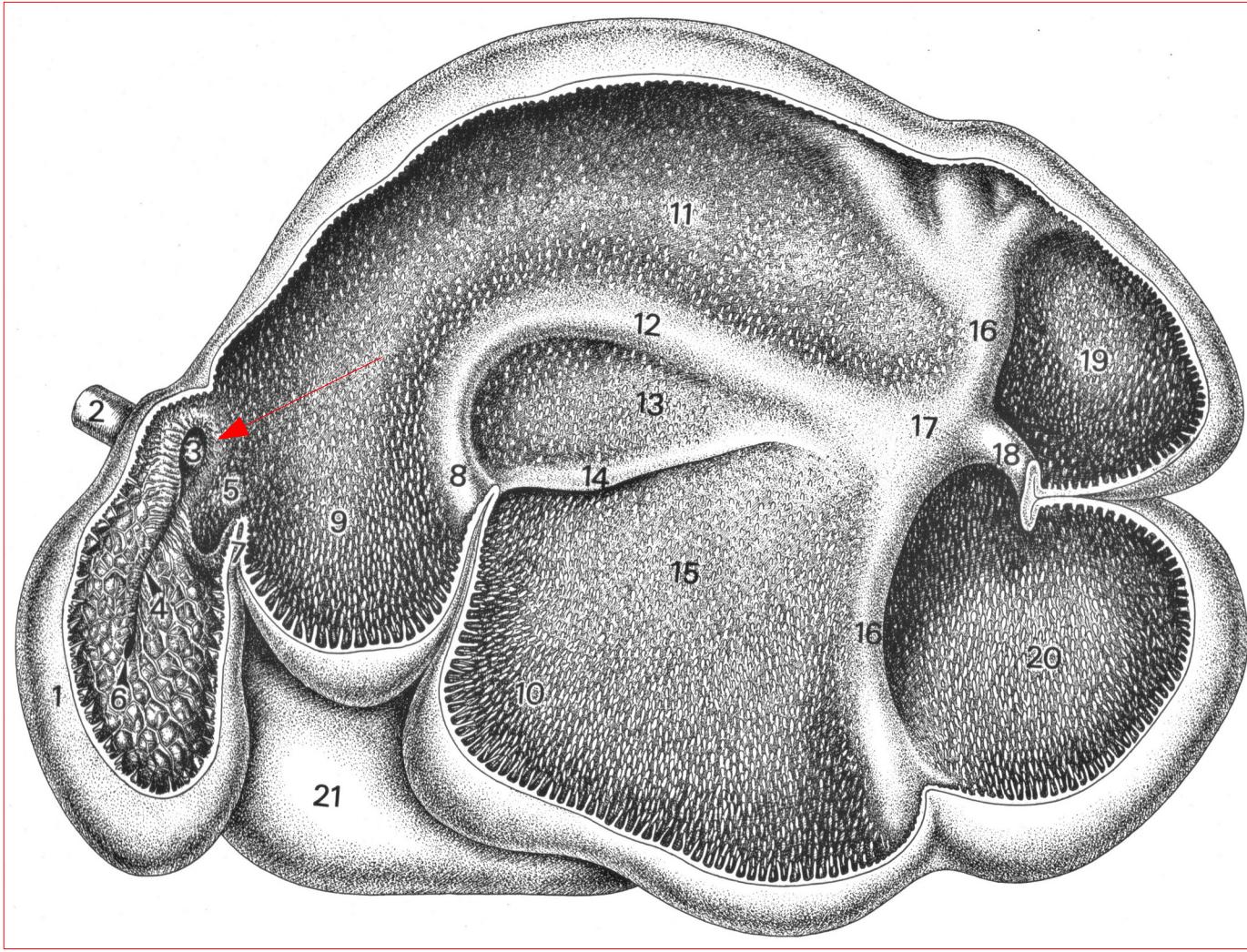




1. *esophagus* — esofago
2. *trachea* — trachea
3. *pars cranialis lobi cranialis pulmonis dextri* — parte craniale del lobo craniale del polmone destro
4. *lobus caudalis pulmonis sinistri* — lobo caudale del polmone sinistro
5. *pars caudalis lobi cranialis pulmonis sinistri* — parte caudale del lobo craniale del polmone sinistro
6. *pars cranialis lobi cranialis pulmonis sinistri* —
7. *sulcus longitudinalis sinister ruminis* — solco longitudinale sinistro del rumine
8. *cor* — cuore
9. *pars costalis diaphragmatis* — parte costale del diaframma
10. *lien* — milza
11. *saccus ruminis dorsalis* — sacco dorsale del rumine
12. *saccus ruminis ventralis* — sacco ventrale del rumine
13. *saccus cecus caudodorsalis* — fondo ciego caudodorsal
14. *saccus cecus caudoventralis* — fondo ciego caudale del sacco ventrale
15. *abomasum* — abomoso
16. *rectum* — retto
17. *vagina* — vagina
18. *vesica urinaria* — vesica urinaria
19. *jejunum* — digiuno
20. *cecum* — cieco



1. *esophagus* – esofago
2. *trachea* – trachea
3. *aorta* – aorta
4. *v. azygos sinistra* – vena azigos sinistra
5. *truncus brachiocephalicus* – tronco brachiocefalico
6. *truncus pulmonalis* – arteria polmonare
7. *v. cava cranialis* – vena cava craniale
8. *v. cava caudalis* – vena cava caudale
9. *bronchi principales* – bronchi principali
10. *vv. pulmonales* – vene polmonari
11. *auricula dextra cordis* – orecchietta destra del cuore
12. *auricula sinistra cordis* – orecchietta sinistra del cuore
13. *ventriculus dexter cordis* – ventricolo destro del cuore
14. *ventriculus sinister cordis* – ventricolo sinistro del cuore
15. *diaphragma* – diaframma
16. *lien* – milza
17. *reticulum* – reticolo
18. *sulcus reticuli* – doccia esofagea (solco reticolare)
19. *saccus dorsalis ruminis* – sacco dorsale del rumine
20. *saccus ventralis ruminis* – sacco ventrale del rumine
21. *atrium ruminis (saccus cranialis ruminis)* – atrio del rumine
22. *saccus cecus caudodorsalis* – fondo ciego caudale del sacco dorsale
23. *saccus cecus caudoventralis* – fondo ciego caudale del sacco ventrale
24. *plica ruminoreticularis* – piega ruminoreticolare
25. *pila cranialis ruminis* – pilastro craniale del rumine
26. *pila caudalis ruminis* – pilastro caudale del rumine
27. *abomasum* – abomaso
28. *rectum* – retto
29. *vagina* – vagina
30. *vesica urinaria* – vesica urinaria
31. *jejunum* – digiuno
32. *ileum* – ileo



Conformazione interna del rumine e del reticolo di bovino; sezione sagittale, metà sinistra della sezione. 1. **reticolo**; 2. **esofago**; 3. **cardia**; 4. solco reticolare; 5. ostio rumino-reticolare; 6. orificio reticolo-omasico; 7. piega rumino-reticolare; 8. pilastro craniale; 9. **atrio del rumine**; 10. recesso del rumine; 11. sacco dorsale del rumine; 12. pilastro accessorio destro; 13. insula ruminis; 14. pilastro longitudinale destro; 15. sacco ventrale del rumine; 16. pilastro coronari; 17. branca intermedia del pilastro caudale; 18. pilastro caudale; 19. fondo cieco dorsale; 20. fondo cieco ventrale; 21. **abomaso**.



Gases

Fibrous mat of
long particles

Small particles in
a liquid suspension

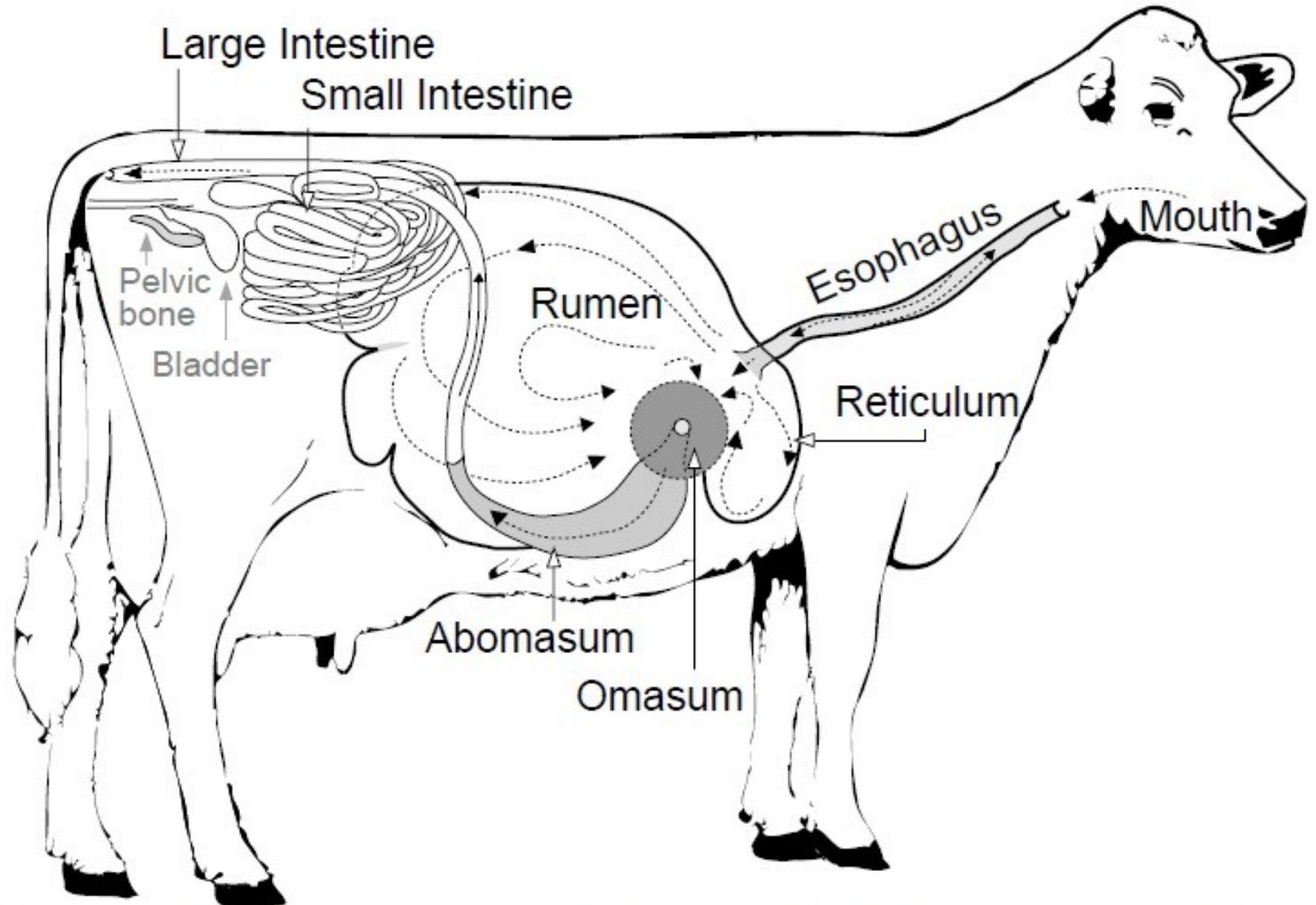
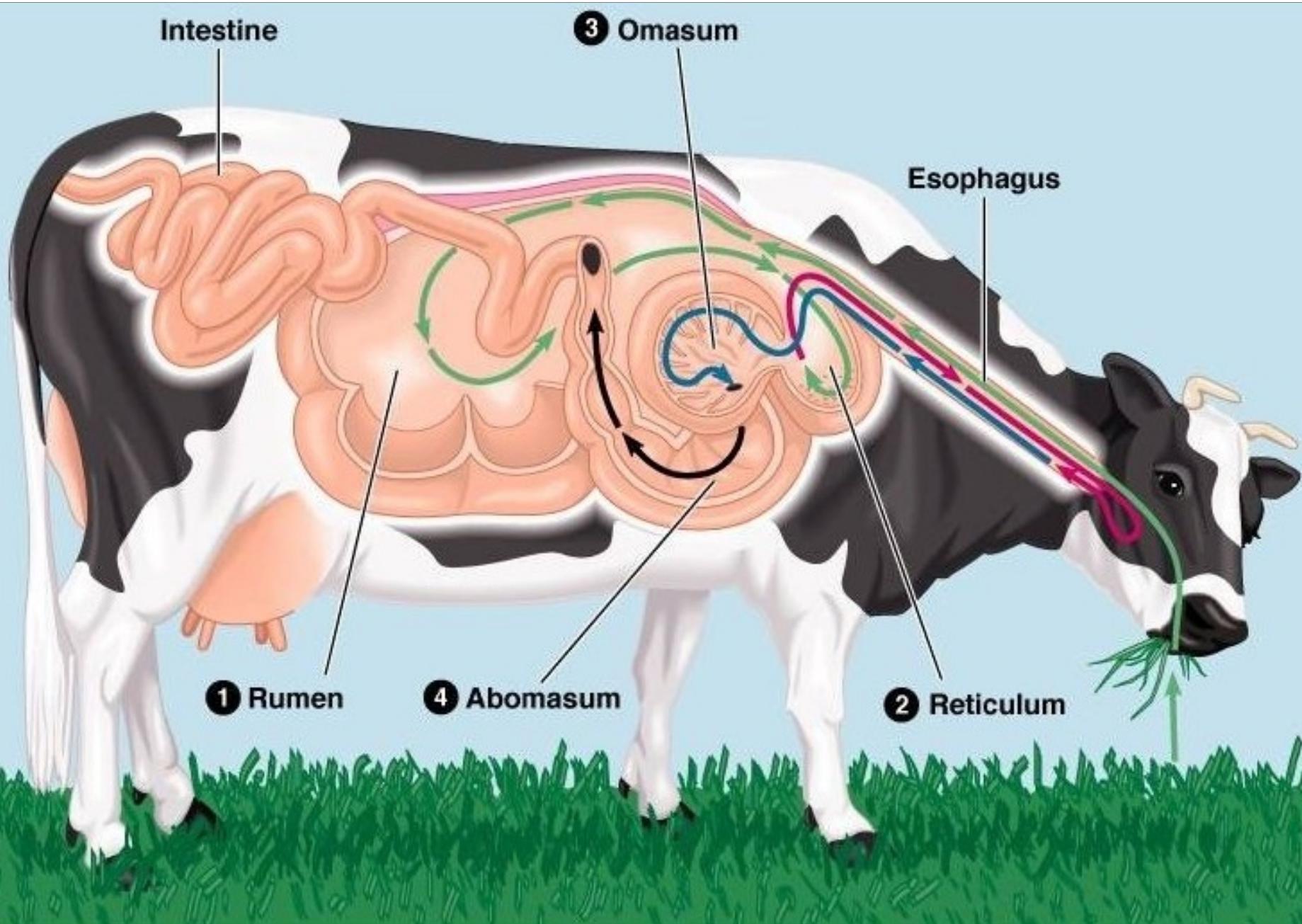


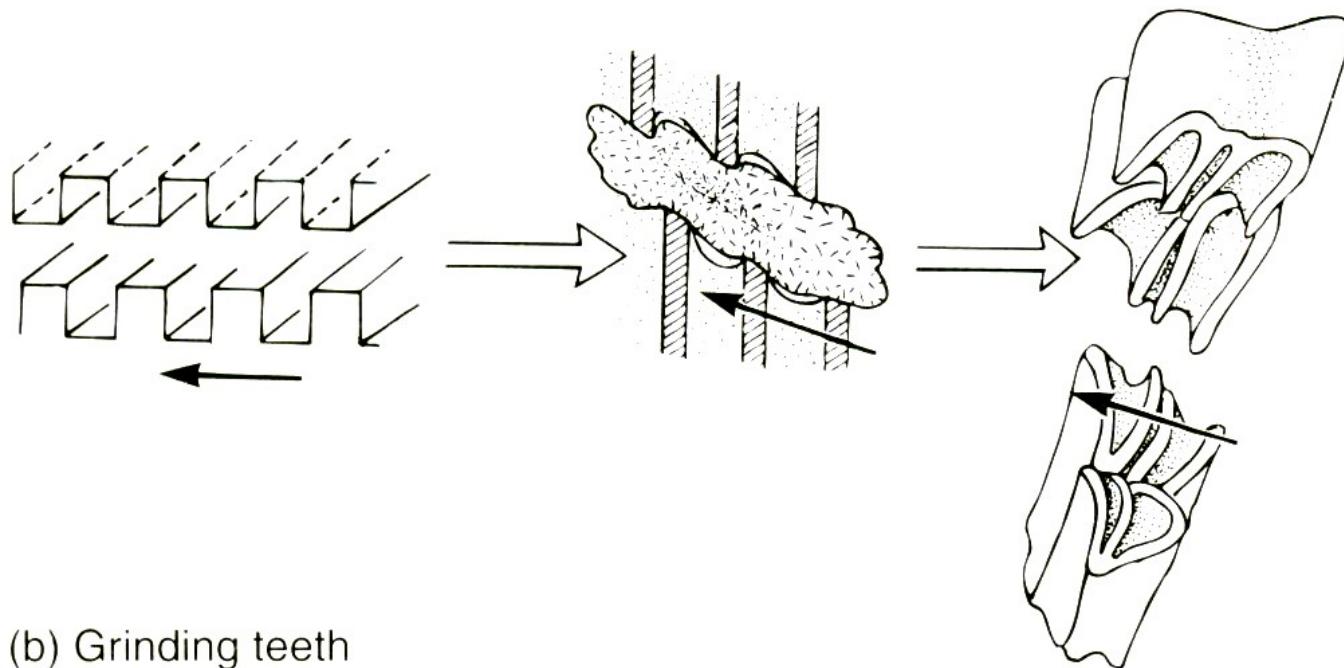
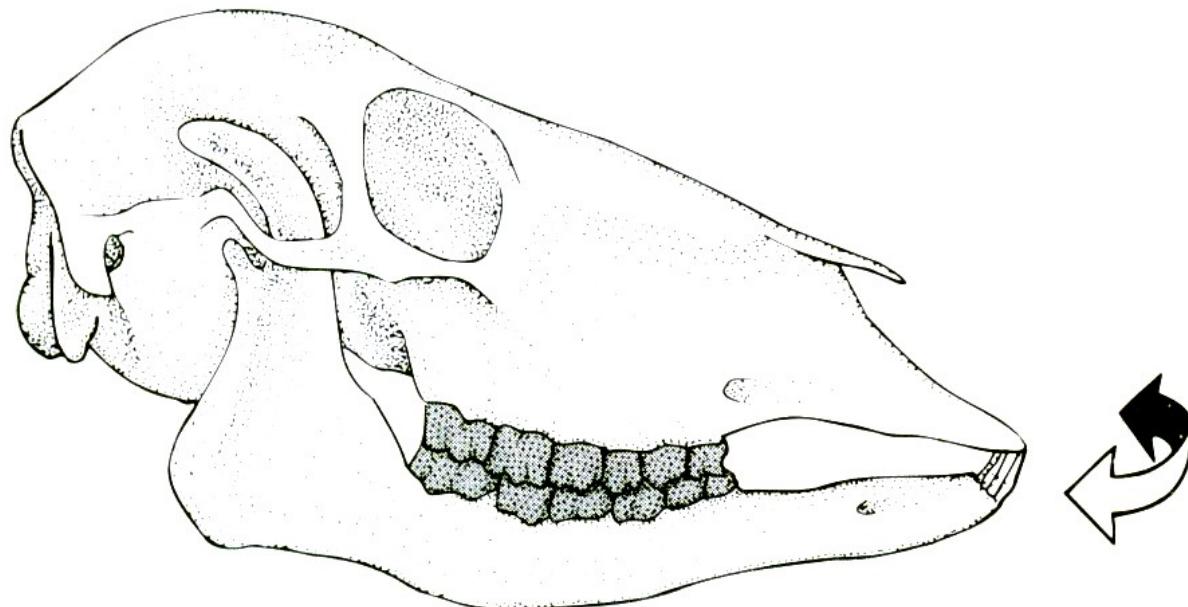
Figure 1: The digestive system of a cow includes four stomachs. The rumen is similar to a lake with a river running through one corner.



RUMINAZIONE = digestione specializzata dei Ruminanti che consiste in una complessa serie di fenomeni:

prima masticazione riduce le dimensioni delle particelle alimentari a volumi di $1 \div 1000 \mu\text{l}$ e a lunghezze fino a 10 cm;

seconda masticazione → particelle $V \geq 5 \mu\text{l}$ formano un bolo grossolano che l'animale rigurgita e rimastica con lenti, completi ed energici movimenti della mandibola contro la mascella, soprattutto in senso latero-laterale (movimenti di *diduzione*), permettendo alle tavole dentarie di eseguire un perfetto lavoro di tritazione.



(b) Grinding teeth

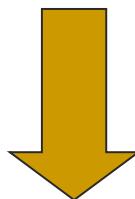
I residui di alimenti privati dell'involucro di cellulosa diventano più facilmente aggredibili e subiranno i normali e caratteristici processi digestivi enzimatici nell'abomaso e nell'intestino tenue che hanno luogo in tutti i Mammiferi.

Dopo la 2^a masticazione il materiale alimentare finemente triturato ed abbondantemente insalivato è deglutito e, avendo una **densità >, sedimenta depositandosi nel sacco ventrale del rumine.**

La masticazione mericica libera i succhi dall'interno delle cellule vegetali, ma non consente la digestione della cellulosa, poiché i vertebrati non sono in grado di produrre enzimi ad attività cellulolitica, ossia **cellulasi**, che idrolizzano le cellulose fino a cellobiose e **cellobiasi**, le quali scindono tale disaccaride a glucoso.

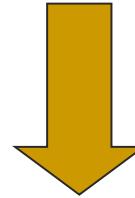
Questi enzimi sono invece ampiamente diffusi nei batteri, oltre che nel secreto del canale digerente di alcuni invertebrati, come chiocciole, vermi e coleotteri.

I giovani ruminanti, dopo lo svezzamento, ingeriscono insieme al foraggio anche spore di batteri cellulosolitici, anaerobi obbligati
→ simbiosi mutualistica ruminante / comunità batteriche che s'insediano nel rumine



SCAMBIO ZUCCHERI – ACIDI VOLATILI
A CATENA CORTA (C2 – C4)
acetico (65%), propionico (22%) e butirrico (13%)

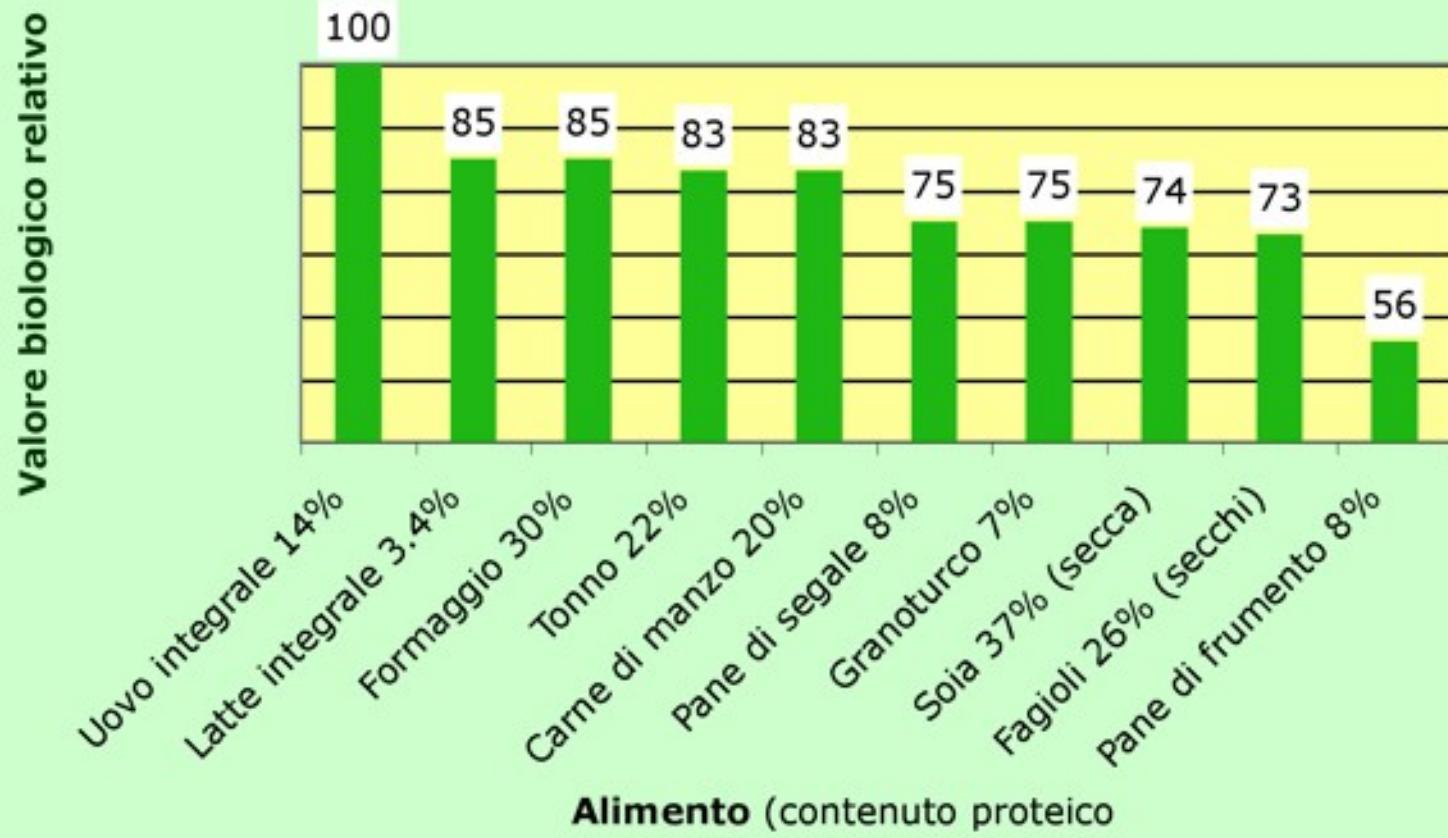
Le spoglie batteriche vengono successivamente digerite nell'abomaso



proteine microbiche di elevato valore biologico

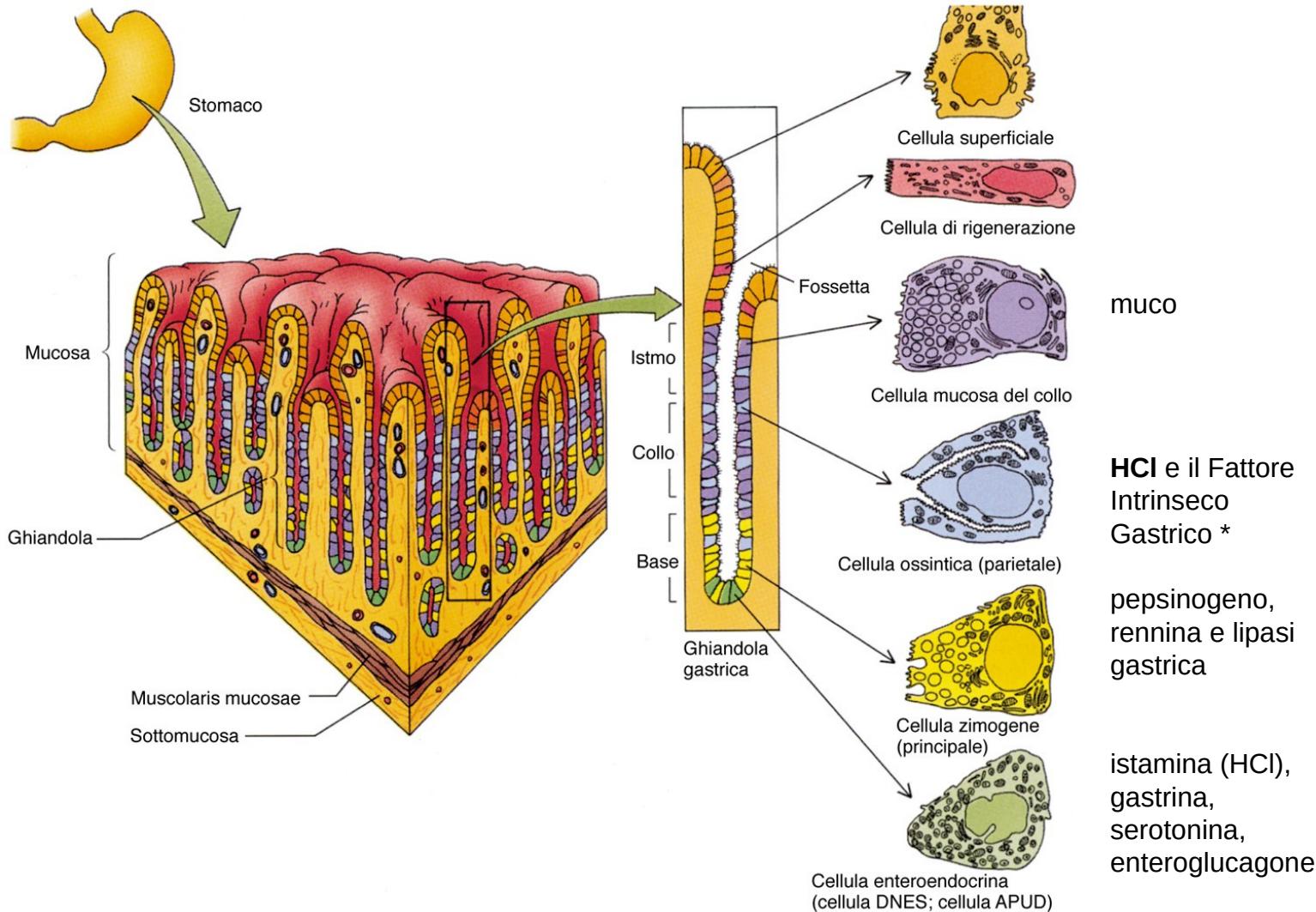
Valore biologico delle proteine in diversi alimenti

secondo Burgerstein: Handbuch der Nährstoffe; HAUG, Heidelberg 1997



$$\text{Valore Biologico} = \frac{\text{N alimenti} - \text{N feci} - \text{N urine}}{\text{N alimenti} - \text{N feci}}$$

Ghiandole della parete dello stomaco



| RAZZA | LIVELLO PRODUTTIVO (q.li/lattazione) | TIPO DI PROTEINA (%) | N batterico (g) / Kg di sostanza organica fermentata | |
|--------------------------|--|--------------------------------|---|-------|
| BATTERICA BY-PASS | | | | |
| VALDOSTANA | 30 | 85 | 15 | 30 |
| FRISONA | > 100 | 60 | 40 | 40÷45 |

Quota del fabbisogno proteico totale (Proteina Grezza) soddisfatta dalla proteina batterica e, rispettivamente, alimentare o *by-pass* in due razze bovine da latte.

Protein Production Unplugged

Cow Protein Production

Cow Rumen – the production of protein is the work of many microbes inhabiting the rumen of the cow.

Capacity: 40-50 gallons 50-190 litri

Temperature: 100°-108°F 38-42° C

Feedstock Efficiency: 4%



Rumen
Home to trillions of productive microbes



Protozoa & Bacteria

Efficienza: 4%

Precision Fermentation Protein Production

The production of protein is also the work of microbes, designed to manufacture desired proteins in tightly-controlled environments.

Capacity: 50-10,000 gallons

190-38000 litri

Temperature: Optimized

Feedstock Efficiency: 40%-80%

Efficienza: 40-80%



La masticazione mericica è accompagnata dall'abbondante produzione di una saliva molto fluida, specialmente se l'alimento è particolarmente secco e fibroso

Caratteristiche della saliva dei ruminanti

QUANTITÀ

100 ÷ 190 l/dì nel bovino

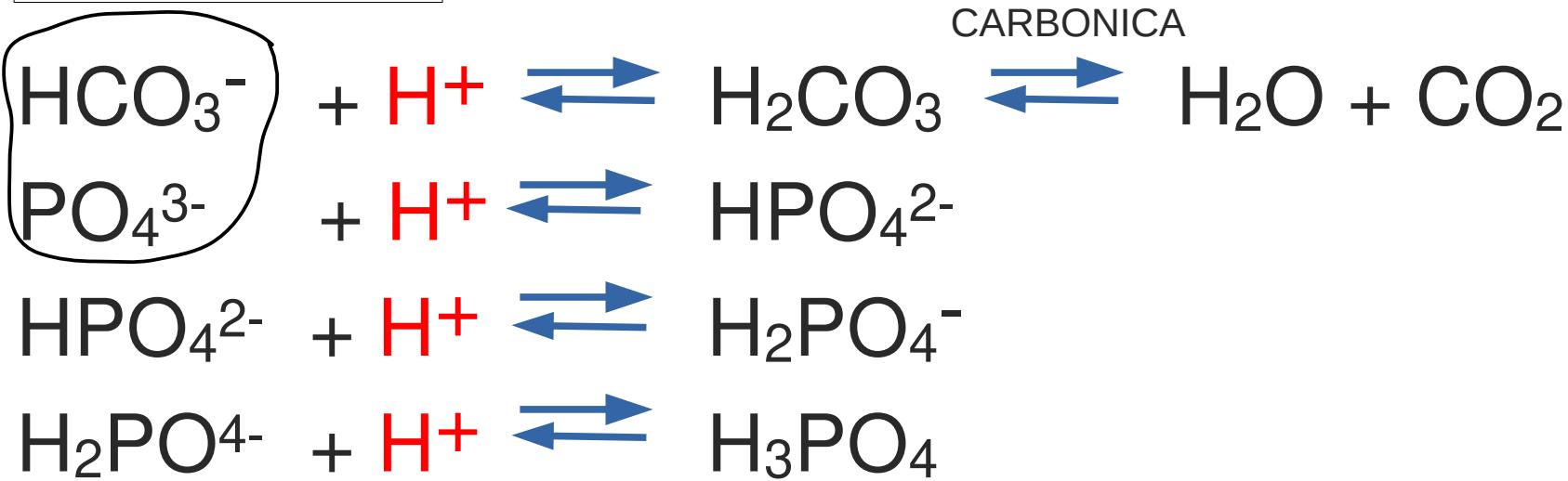
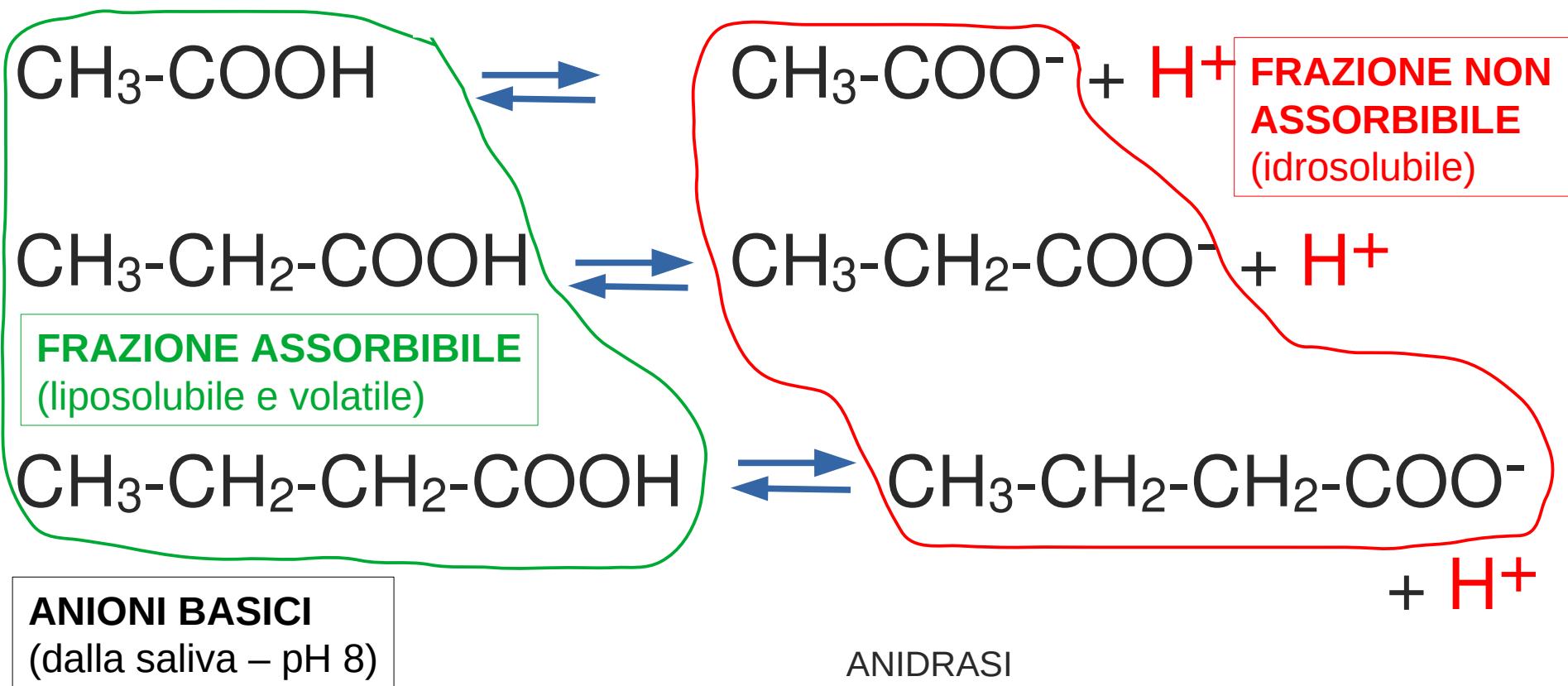
6 ÷ 16 l/dì nella pecora

pH 8

$[\text{HCO}_3^-] \approx 100 \div 140 \text{ mM}$

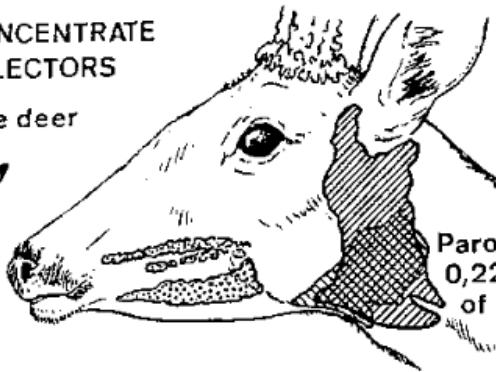
$[\text{PO}_4^{3-}] \approx 10 \div 50 \text{ mM}$

tamponano H^+ da dissociazione C2-C4 e H_2CO_3 nel rumine →
pH 5,8 ÷ 6,8 OK per sopravvivenza batteri →
densità $10^{10} \div 10^{11} \text{ ml}^{-1}$



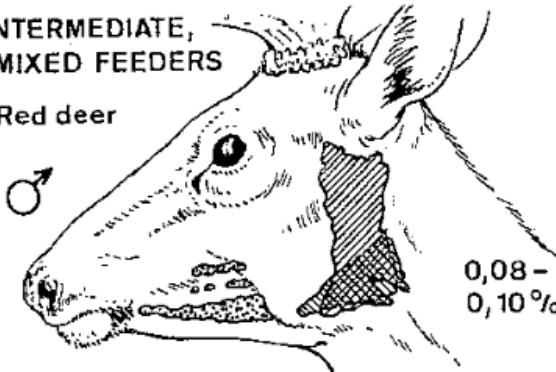
**CONCENTRATE
SELECTORS**

Roe deer



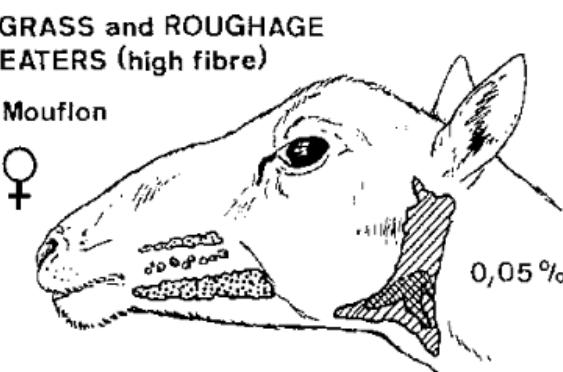
**INTERMEDIATE,
MIXED FEEDERS**

Red deer

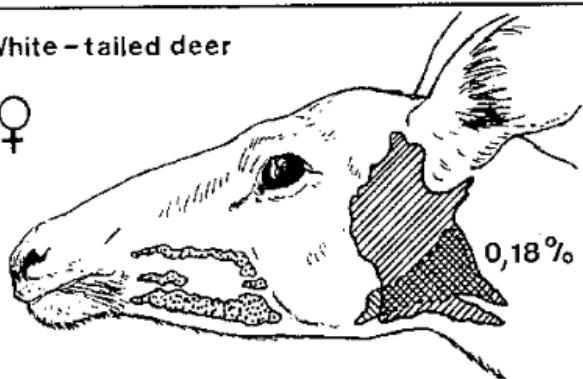


**GRASS and ROUGHAGE
EATERS (high fibre)**

Mouflon



White-tailed deer



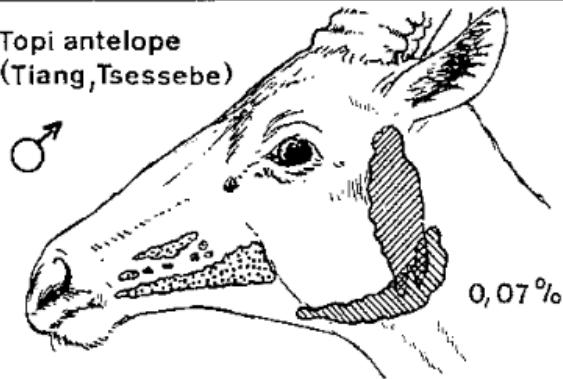
Parotid
0,22 %
of BW



Caribou ♂

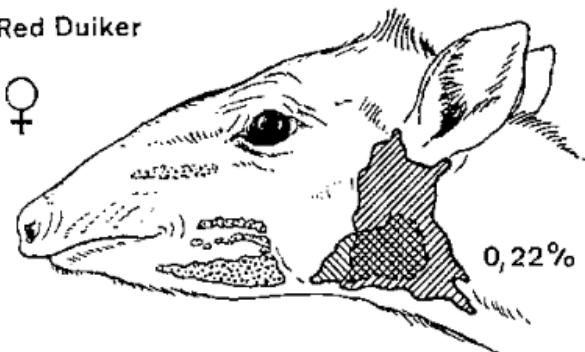
0,08 -
0,10 %

Topi antelope
(Tiang, Tsessebe)



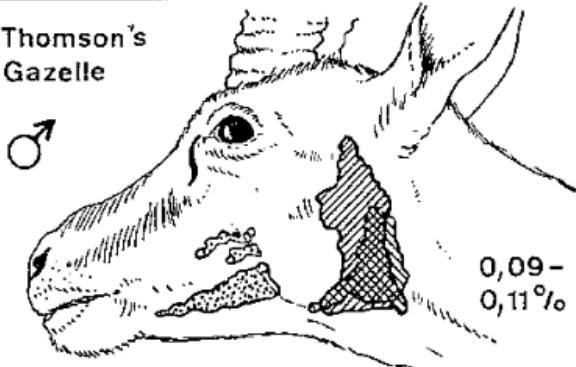
0,05 %

Red Duiker



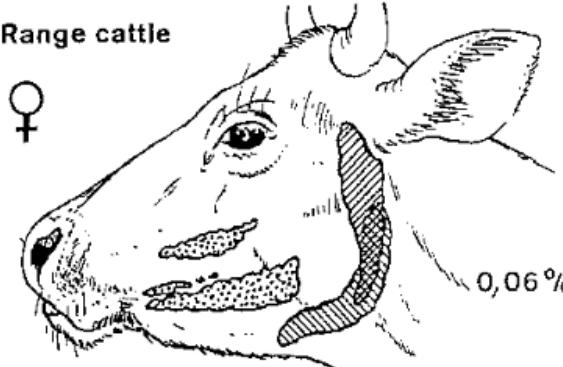
0,22 %

Thomson's
Gazelle



0,09 -
0,11 %

Range cattle



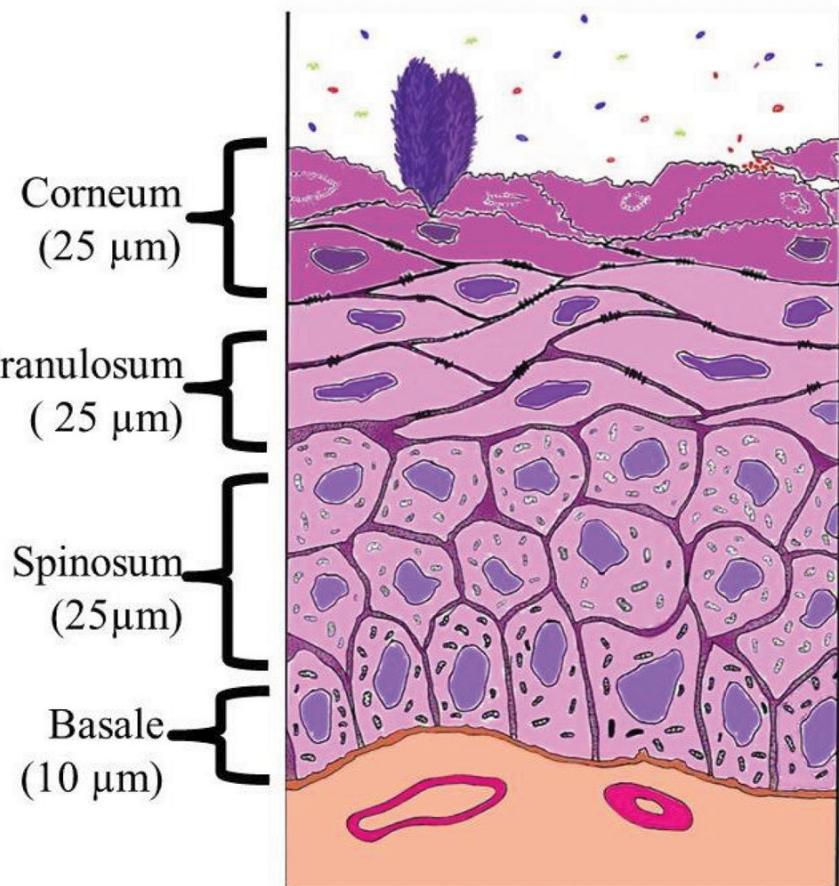
0,06 %

Comparative topographic representation of the salivary glands (from left to right: buccal, mandibular, parotid) in 9 ruminant species of 3 feeding types and the relative weight of the parotid. **All salivary glands** (incl. sublingual, not shown) **regress with increasing adaptation to plant cell wall digestion**, most distinctly the parotid, for functional reasons. From Hofmann (1988)

Slowly fermenting roughage eaters (**pascolatori**) like buffalo or sheep can well suffice with "small" glands to keep the steady state in a big ruminoreticulum (RR) with long food retention times and a slow fluid turnover rate, while CS (Concentrate Selectors - **brucatori**) with high fermentation rates and a more rapid flow through a smaller RR (shorter retention) require more buffer to protect them from a detrimental lowering of rumen pH.

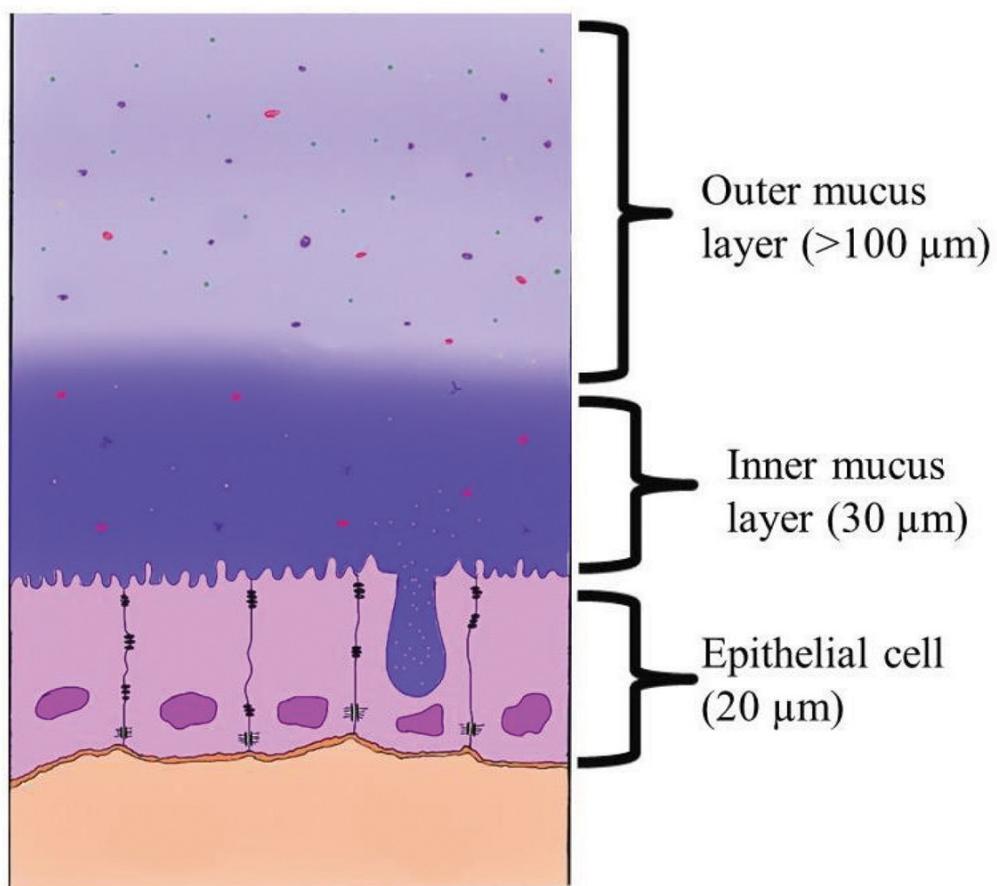
A

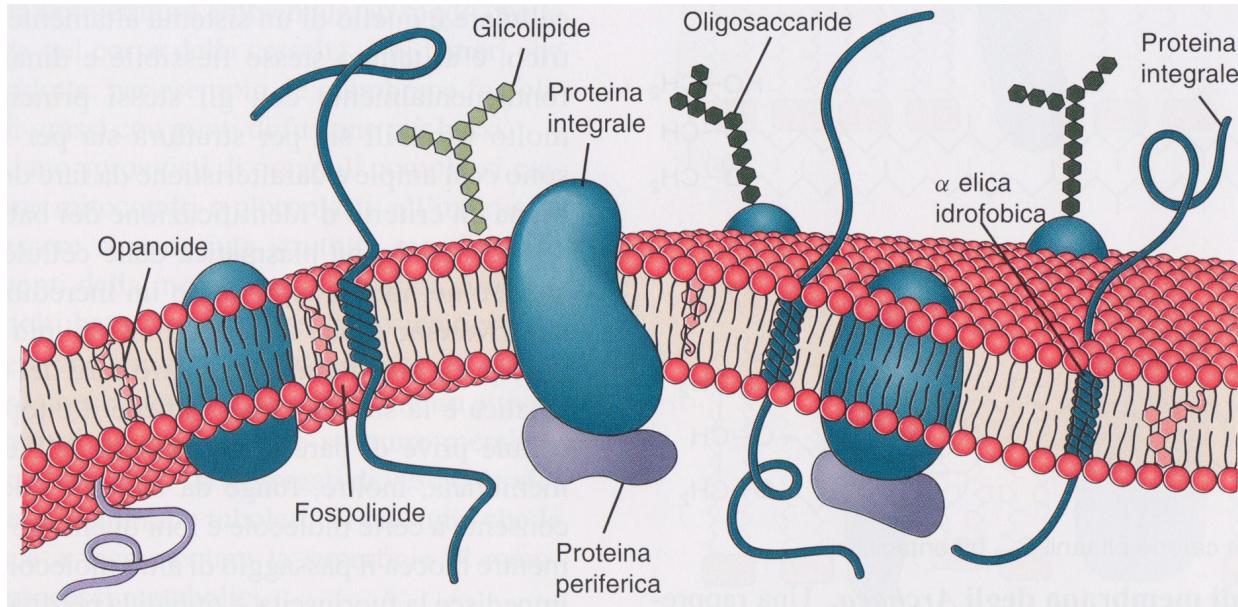
Ruminal



B

Intestinal





Struttura della membrana plasmatica.

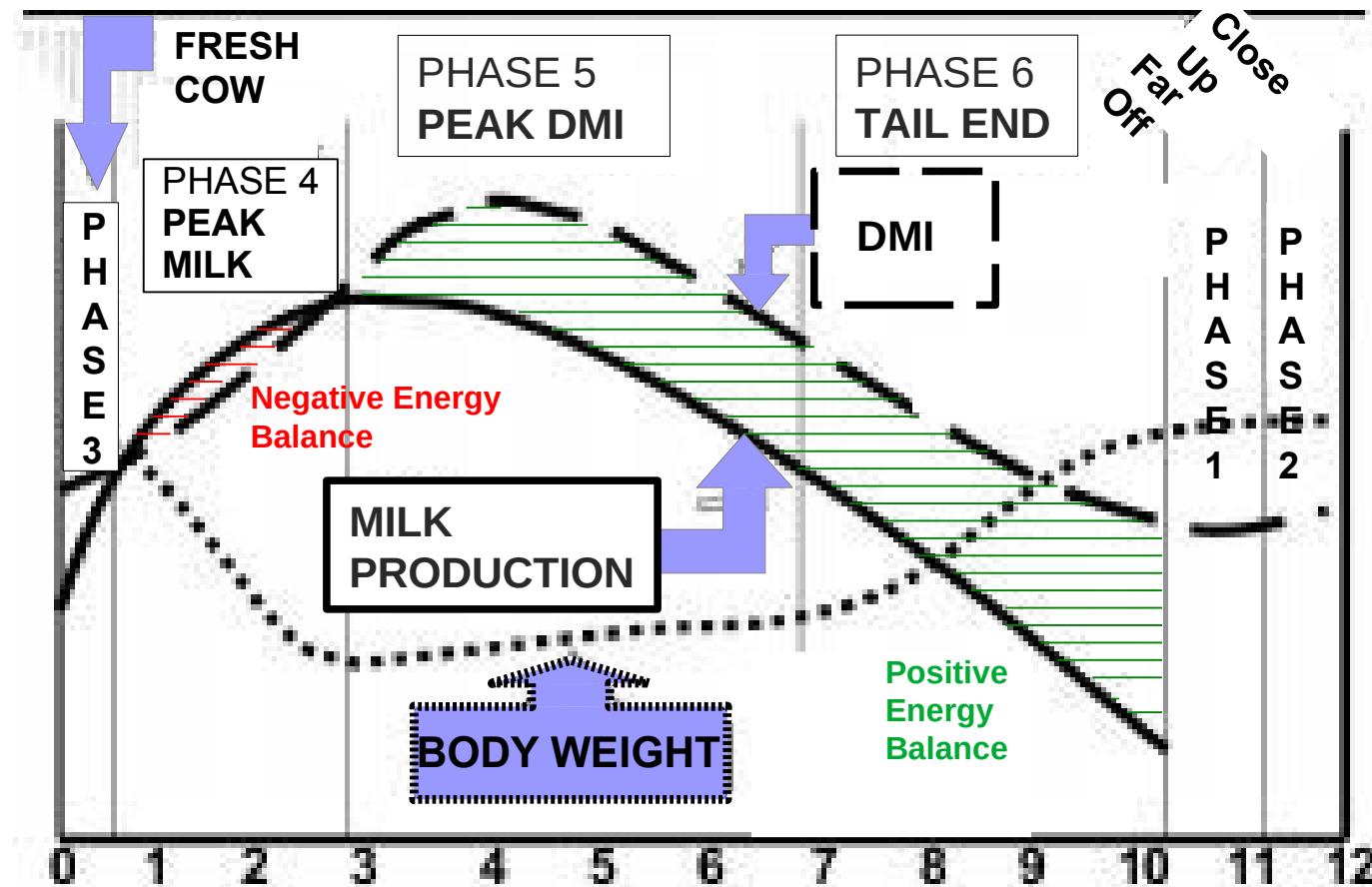
Sono visibili le proteine integrali (in blu) inserite nel doppio film lipidico. Le proteine periferiche (in viola) sono associate debolmente alla membrana. Le sferette rosse rappresentano le teste idrofile dei fosfolipidi, mentre le linee ondulate sono le code idrofobe, costituite da catene di acidi grassi.

Possono essere presenti altri lipidi, come gli opanoidi (in rosa).

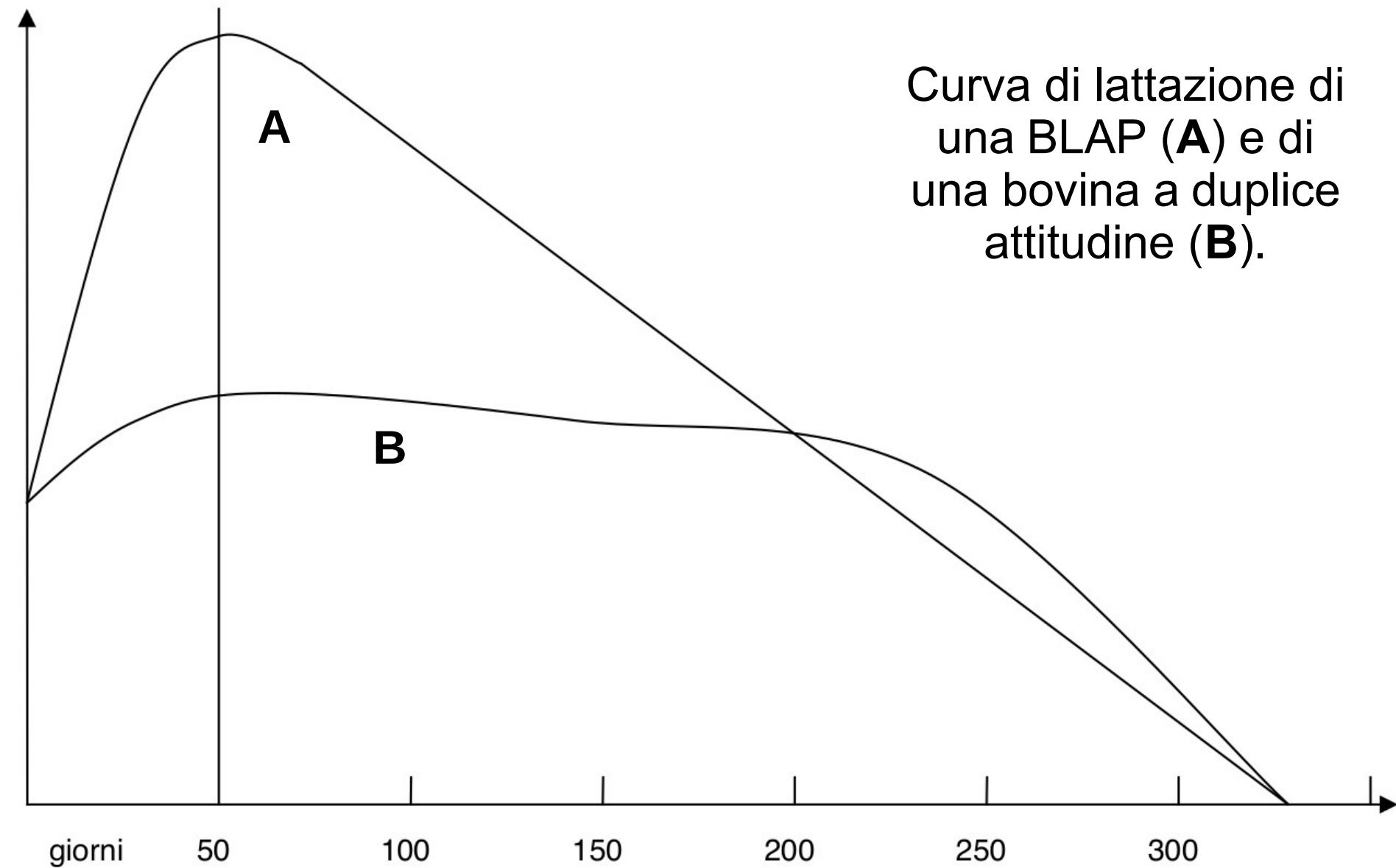
Da M.Willey, M.Sherwood e J. Woolverton, 2009.

The decline in dairy cow fertility over the past 30 years has been attributed partly to **unfavourable genetic correlations between milk yield and reproductive traits**, and partly to increasing imbalance of nutrients leading to **metabolic stress**.

Much emphasis has been placed on the effects of **negative energy balance** in early lactation on the length of the post partum anovulatory period and reduced conception rate.



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



L'aumento della prestazione produttiva delle BLAP è stato conseguito selezionando a favore di un picco di lattazione più accentuato.

Le razze a duplice attitudine, invece, non presentano un picco di lattazione elevato ma sono anche meno suscettibili ai fattori stressanti indotti da variazioni del regime alimentare e delle condizioni ambientali.

La bovina ad alta produzione reagisce allo stress del parto e dell'inizio della lattazione, con il conseguente cambiamento di dieta, continuando a produrre ed attingendo alle proprie riserve corporee, ma si espone, così, alle conseguenze degli squilibri fisiologici e dello stress.

Nelle **razze non specializzate** l'animale “protegge” maggiormente le proprie riserve corporee e reagisce ad una variazione ambientale con un calo produttivo.

Abondance: ottima utilizzatrice di foraggi grossola



Normanna: latte molto grasso (> 4%).



Rendena.

Durata media del periodo parto-concepimento di 85 giorni.

Produzione media / lattazione:

46 q.li (in montagna);
60 q.li (in pianura).

Vitelloni con rese del 58÷60%.



Vosgienne: rustica, longeva, fertile.



In un contesto difficile (**utile di 1 euro /q di latte venduto all'ingrosso**), la < produttività dell'animale a duplice attitudine garantisce un guadagno modesto ma sicuro.

I **sistemi zootechnici tradizionali** si integrano con quelli foraggeri e pascolivi locali e presentano un'intrinseca flessibilità essendo in grado (attraverso l'attribuzione di una diversa importanza relativa alle due produzioni: latte e carne) di adattarsi alle fluttuazioni e alla stagionalità del mercato, alle variazioni di condizioni meteoclimatiche, alle esigenze aziendali in relazione alle variazioni di disponibilità di lavoro familiare e alle esigenze di altre attività aziendali.

Motilità prestomacale

=

motilità ciclica continua, caratterizzata da una successione ordinata e ritmica di **due serie di contrazioni** che, nei Bovini e negli Ovini, ricorrono ad intervalli di circa un minuto

“Sequenza di contrazioni A” o *ciclo primario* → **due contrazioni distinte ma ravvicinate del reticolo**. Essa si completa in 15-30 secondi, in funzione del grado di ripienezza dei prestomaci.

“Sequenza di contrazioni B” o *ciclo secondario* → **serie di contrazioni del rumine** che, con andamento caudo-craniale, interessano dapprima il fondo cieco caudo-ventrale, quindi il fondo cieco caudo-dorsale, poi il sacco dorsale e, infine, la porzione principale del sacco ventrale del rumine.

La seconda serie non è sempre alternata alla prima ma, a seconda della quantità di alimento contenuta nei prestomaci e dell'entità dei processi fermentativi che in essi avvengono e che ne distendono le pareti, può anche comparire ogni due o più cicli primari.

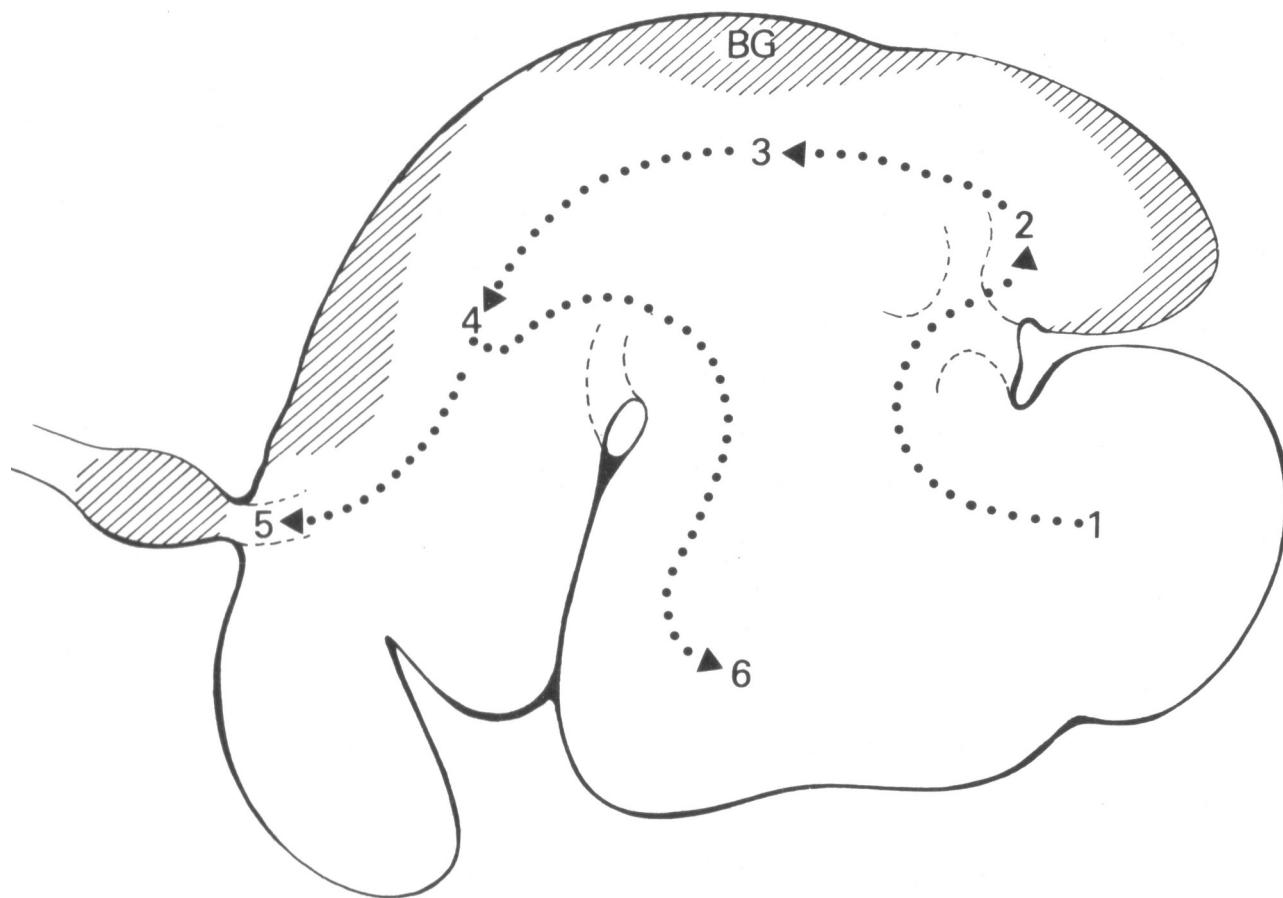
Nel reticolo il materiale grossolano, meno denso, affiora mentre quello più finemente colliquato e insalivato sedimenta sul fondo.

La separazione del contenuto reticolare in base alle dimensioni delle particelle di foraggio e al loro peso specifico è favorita dalla contrazione in due tempi del reticolo durante il ciclo primario.

Con la **prima contrazione del reticolo**, che avviene a **sfintere reticolo-omasale chiuso**, il materiale grossolano viene risospinto indietro nell'atrio del rumine che, trovandosi ancora rilassato, ne facilita il reflusso.

Durante la seconda contrazione del reticolo l'orifizio reticolo-omasale si apre e l'omaso può accogliere il materiale più finemente elaborato ivi sospinto oltre che dal reticolo, anche dall'incipiente contrazione dell'atrio del rumine.

Fig. 12.16 Spostamento dei gas di fermentazione durante le contrazioni del rumine che caratterizzano il ciclo («B») o dell'eruttazione. 1, contrazione del fondo cieco ventrale caudale; la bolla gassosa (GB) sviluppatisi dapprima nel fondo cieco dorsale caudale (2), si sposta lungo la parete del sacco dorsale (3 e 4) e, attraverso il cardia, entra (5) nell'esofago. La contrazione del sacco ventrale (6) del rumine rappresenta lo stadio finale del ciclo «B». (Modificato e ridisegnato da A.R. Akester e D.A. Tichen, J. Anat., 1969).



L'eruttazione

Fenomeno riflesso che permette l'evacuazione dei gas (CH_4 , NH_3 , CO_2 , H_2S) che continuamente si formano nei prestomaci come sottoprodotto delle fermentazioni batteriche.

Accumulo dei gas nel sacco dorsale del rumine → distensione delle pareti → stimolazione di recettori sensibili alla tensione che si trovano nella *regione cardiale* del rumine



> frequenza delle sequenze di contrazioni *B*, da cui dipende la quantità di gas eruttato



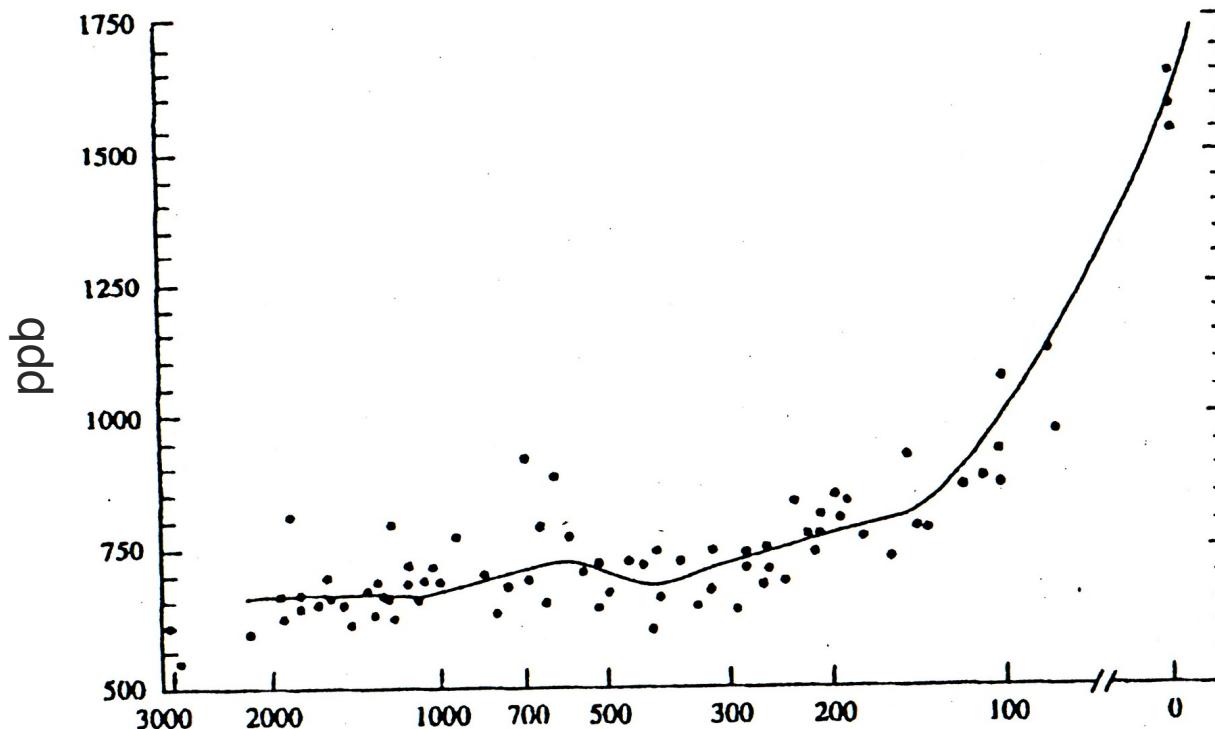
rilasciamento dello sfintere cardiale



fuoriuscita dei gas ruminali attraverso l'esofago, la faringe e la bocca

Il riflesso di apertura del cardia viene a mancare se tale sfintere si trova coperto da liquidi, come accade nella posizione di decubito, o da gas schiumosi, nel caso di formazione di gas a bolle nel rumine (**meteorismo schiumoso**), indipendentemente dal grado di tensione delle pareti ruminali.

La $[\text{CH}_4]_{\text{ATM}}$ media attuale è 1,75 ppm e sta crescendo al ritmo dell'1% all'anno (velocità di crescita >> di quella della CO_2); **l'effetto serra stimato di questo gas è 20 X quello della CO_2 .**

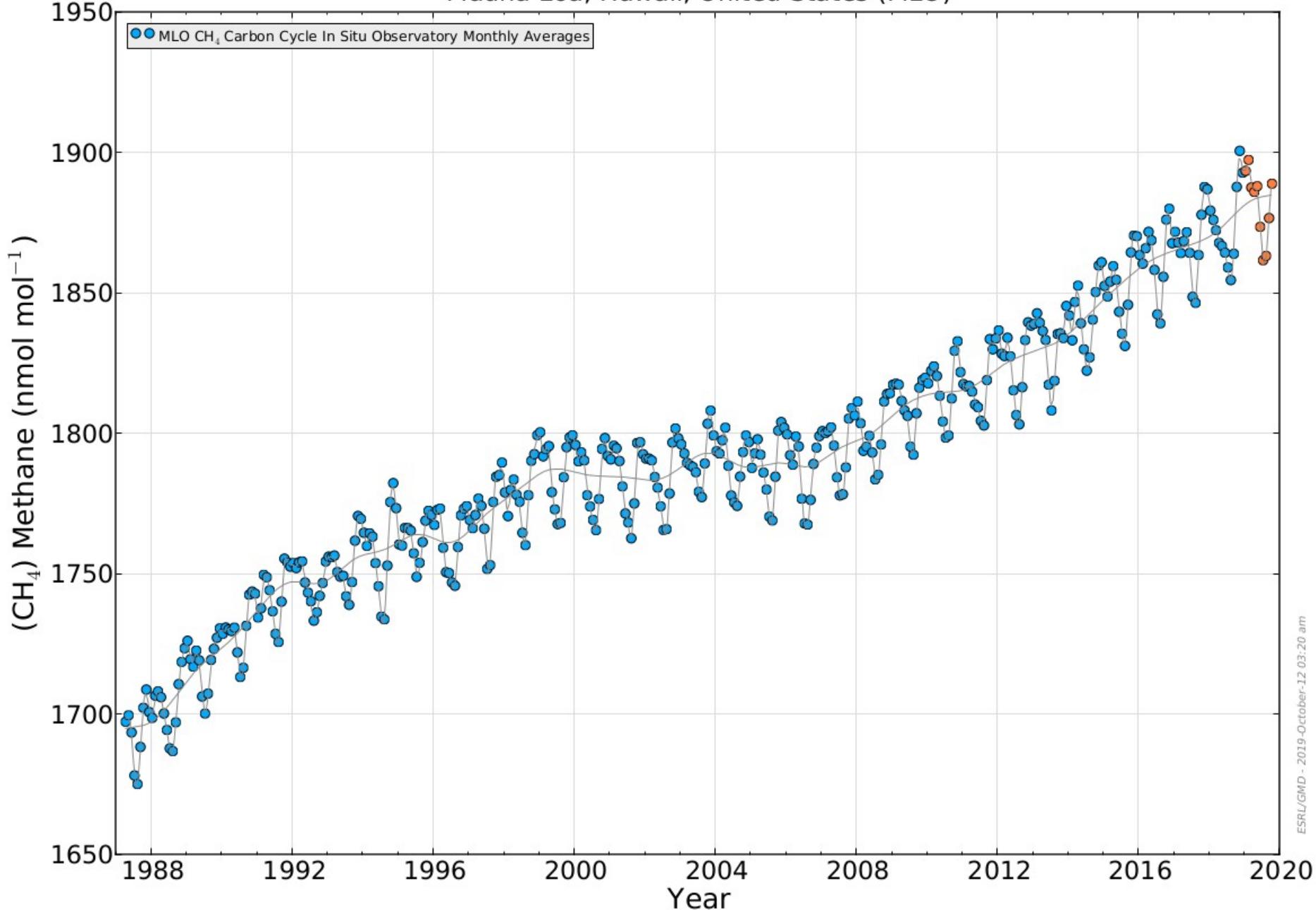


Time (yrs B. P.)
Concentration of CH₄ in air extracted from ice cores in
Greenland and Antarctica and from contemporary air samples.
From Cicerone and Oremland (1988).

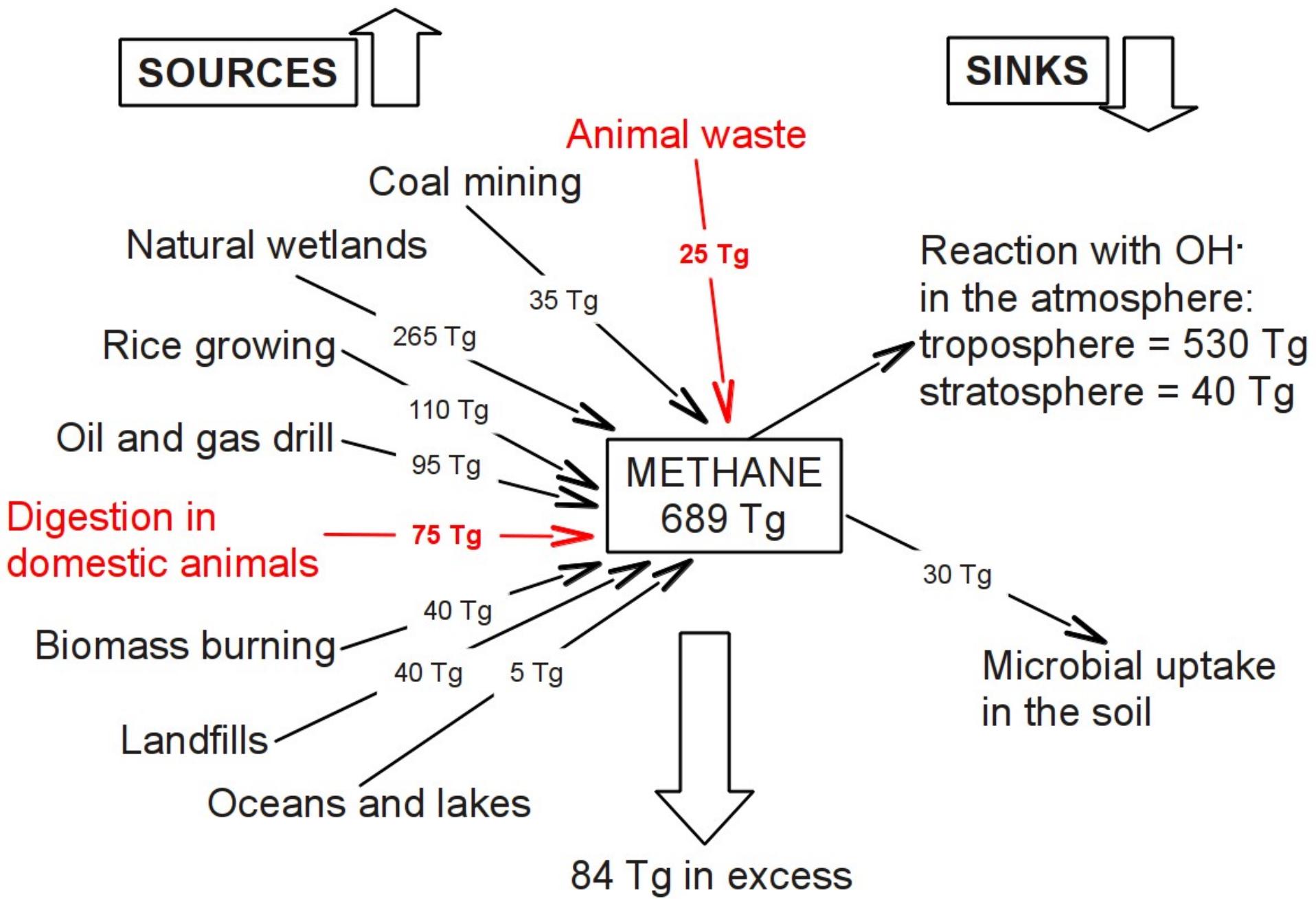
«The methane produced from enteric fermentation by domesticated livestock is estimated to contribute 21% of total U.S. anthropogenic emissions of «greenhouse gas» with cattle contributing 95% of total livestock emissions.

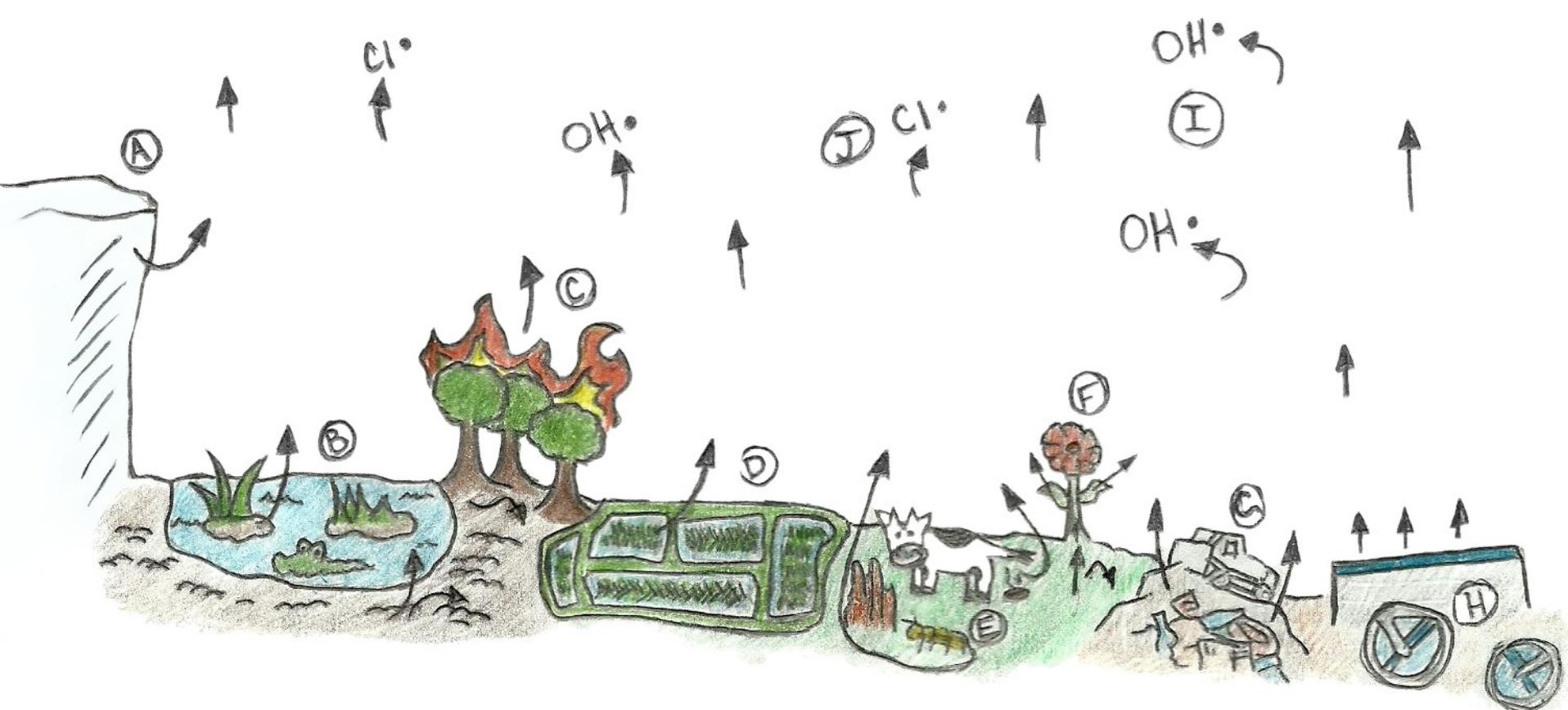
DeRamus et al., 2003

Mauna Loa, Hawaii, United States (MLO)



| | CO₂ | CH₄ | CFC-11 | CFC-12 | N₂O |
|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------|---------------|-----------------------|
| []ATM | ppm | ppm | ppbv | | |
| PRE-INDUSTRIALE | 280 | 0,8 | 0 | 0 | 288 |
| 1990 | 355 | 1,72 | 280 | 484 | 310 |
| 2019 | 415 | 1,9 | | | |
| TASSO DI CRESCITA | | | | | |
| % yr ⁻¹ | 0,4 ÷ 0,5 | 0,9 | 4 | 4 | 0,25 |
| Unità di [] yr ⁻¹ | ≈ 1,5 | | | | |
| EMIVITA IN ATM (anni) | 50÷200 | 10 | 65 | 130 | 150 |
| EFFETTO SERRA RELATIVO | | | | | |
| Per molecola | 1 | 21 | 12400 | 15800 | 206 |
| Per unità di massa | 1 | 58 | 3970 | 5750 | 206 |





This diagram depicts the flow of methane from sources into the atmosphere as well as the sinks that consume methane. A. Permafrost, Glaciers, and Ice Cores – A source that slowly releases methane trapped in frozen environments as global temperatures rise. B. Wetlands – Warm temperatures and moist environments are ideal for methane production. Most of the methane makes it past methane-consuming microorganisms. C. Forest Fires – Mass burning of organic matter releases huge amounts of methane into the atmosphere. D. Rice Paddies – The warmer and moister the rice field, the more methane is produced. E. Animals – Microorganisms breaking down difficult to digest material in the guts of ruminant livestock and termites produce methane that is then released during defecation. F. Plants – While methane can be consumed in soil before being released into the atmosphere, plants allow for direct travel of methane up through the roots and leaves and into the atmosphere. Plants may also be direct producers of methane. G. Landfills – Decaying organic matter and anaerobic conditions cause landfills to be a significant source of methane. H. Waste Water Treatment Facilities – Anaerobic treatment of organic compounds in the water results in the production of methane. I. Hydroxyl Radical – OH in the atmosphere is the largest sink for atmospheric methane as well as one of the most significant sources of water vapor in the upper atmosphere. J. Chlorine Radical – Free chlorine in the atmosphere also reacts with methane.

Il **contenuto più elaborato**, residuato nel reticolo, si viene così a trovare **compresso fra due forze** che, agendo sinergicamente l'una dall'alto (atrio del rumine) e l'altra dal basso (reticolo), lo costringono ad imboccare l'unica via percorribile, vale a dire l'orifizio reticolo-omasale.

Lo **svuotamento del reticolo durante la seconda fase della sua contrazione** è favorito, inoltre, dalla posizione anatomica più declive in cui viene a trovarsi l'omaso: quest'ultimo, in seguito al sollevamento del reticolo determinato dalla prima contrazione, si sposta in avanti e in basso agevolando il deflusso a tramoggia, nel proprio lume, del materiale elaborato.

Il rigurgito

Contrazione del reticolo → sollevamento del bolo al di sopra della regione cardiale.

Brusca inspirazione a glottide chiusa → arretramento del diaframma → pressione negativa nel torace → dilatazione dell'esofago → aspirazione del bolo nel tratto toracico dell'esofago.

Chiusura del cardia → rapida e forzata **espirazione a glottide chiusa** (*fase espulsiva*)

visibile all'esterno come breve ed energica contrazione dei muscoli addominali →

> pressione intratoracica → compressione sull'esofago → progressione del bolo fino alla cavità orale, favorita anche da una serie di **onde antiperistaltiche**.

La microfauna protozoaria del rumine

Il rumine ospita abbondanti popolazioni di protozoi ($[] \approx 10^5 \div 10^6 \text{ ml}^{-1}$), rappresentati dai seguenti gruppi:

- **ciliati**
 - **olotrichi**
 - **entodiniomorfi** (un gruppo esclusivo dell'ecosistema ruminale).
- ↓
competizione
interspecifica

Essi contribuiscono con il proprio movimento a rimescolare il contenuto ruminale.

Dal punto di vista ecologico, il rumine contiene una comunità completa, in equilibrio dinamico con gli alimenti ingeriti dall'ospite. Tutti i processi di competizione, predazione e mutualismo nonché le catene alimentari che caratterizzano le comunità terrestri sono presenti all'interno del microcosmo del rumine: la diversità e complessità morfologica delle specie batteriche e protozoarie ospitate è paragonabile a quella degli ecosistemi tropicali, in cui ambienti favorevoli sostengono una grande produttività e diversità di specie.

Presenza di **forme specializzate di protozoi ruminali**:

- **microruminanti**, fagocitano frammenti di cellulosa assieme a batteri cellulolitici;
- **predatori di batteri**: se vengono eliminati, il numero di tali microrganismi aumenta;
- **predatori di altri protozoi** (entodiniomorfi).

La microfauna protozoaria del rumine

Dennis, S. M., T. G. Nagaraja, and A. D. Dayton. "Effect of lasalocid, **monensin** and thiopeptin on rumen protozoa." *Research in veterinary science* 41.2 (1986): 251-256.

Abstract

The effects of lasalocid, **monensin** and thiopeptin on the total number and the generic composition of rumen protozoa were determined in vivo and in vitro. Feeding lasalocid or monensin to cattle on either high grain or high roughage diets reduced total protozoal counts. Addition of lasalocid or monensin (6 to 48 micrograms ml⁻¹) to the in vitro rumen fermentation resulted in marked reduction in protozoal numbers. The inhibition was dose dependent. Thiopeptin had no effect on rumen protozoa either in vivo or in vitro. Among the protozoal types, holotrichs (Dasytricha, Isotricha and Charonina) were unaffected by either lasalocid or monensin. Among the entodiniomorphs, Entodinium, Diplodinium and Ophryoscolex were more sensitive than the other types. Ophryoscolex purkynei was more sensitive to monensin than to lasalocid. Protozoal inhibition by lasalocid and monensin was transient because prolonged antibiotic feeding resulted in the selection of a resistant population in the rumen of cattle.

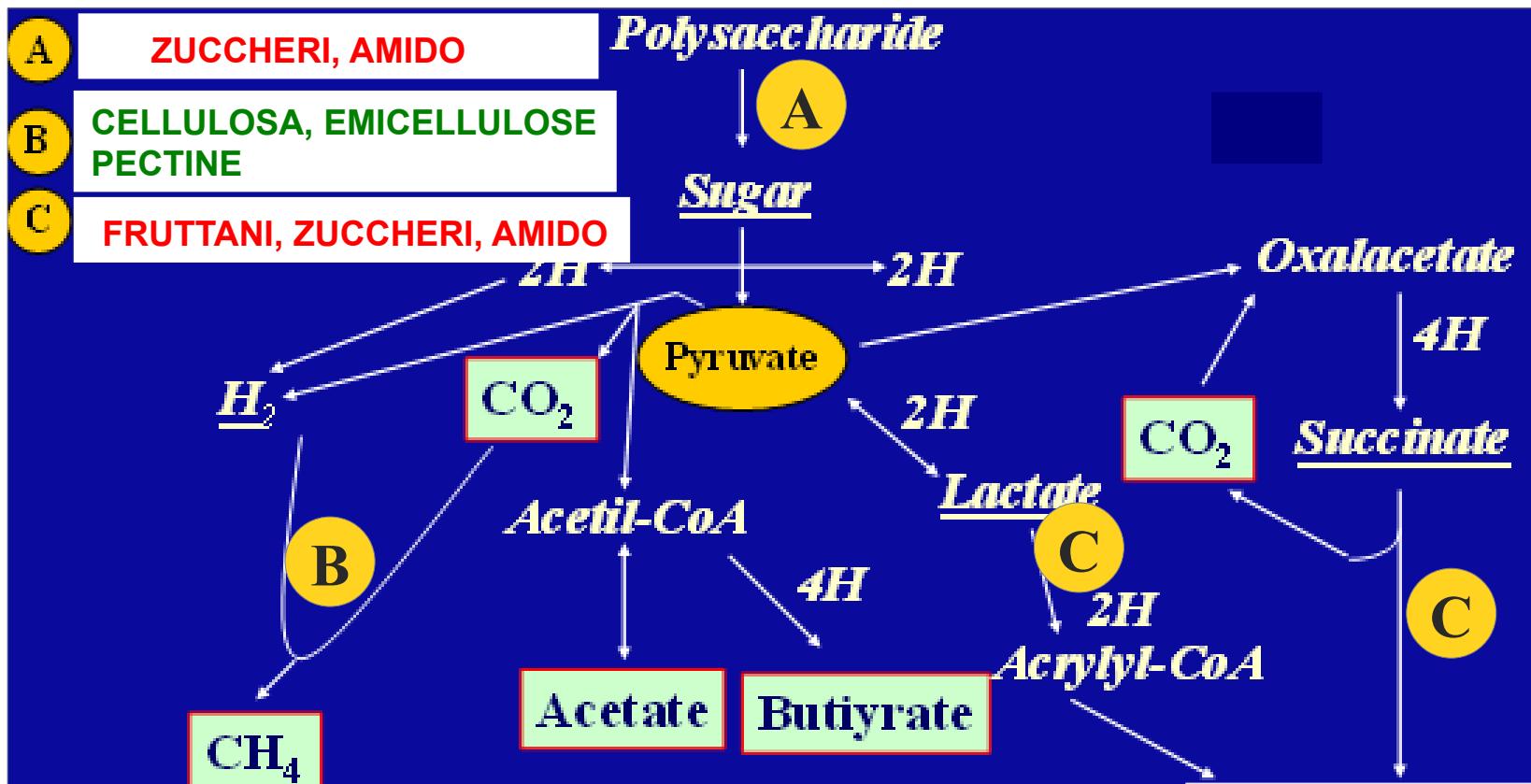
Le fermentazioni batteriche ruminali

La microflora del rumine è tutt'altro che una miscela di microrganismi generalisti: molte specie hanno specializzazioni metaboliche che le vincolano alla vita nell'ambiente, dotato di caratteristiche esclusive, del rumine.

Dal punto di vista ecologico il rumine non è un ambiente uniforme, ma contiene “nicchie metaboliche” ≠, identificate dalla disponibilità di un particolare substrato.

La reticolo-pericardite traumatica

(appunti)



| Substrate | Bacteria | | Bacteria active in nitrogen utilization |
|-----------------|--|---|---|
| | Bacteria active in carbohydrate utilization | | |
| Cellulose | <i>Fibrobacter succinogenes</i> <i>(Bacteroides succinogenes)</i> <i>Ruminococcus flavefaciens</i> <i>Ruminococcus albus</i> | 4 | Protein degraders <i>Prevotella ruminicola</i> <i>Ruminobacter amylophilus</i> <i>Clostridium bifermentans</i> <i>Megasphaera elsdenii</i> |
| Hemicellulose | <i>Clostridium cellobioparum</i> <i>Clostridium longisporum</i> <i>Clostridium lochheadii</i> <i>Eubacterium cellulosolvens</i> <i>(Cillobacterium cellulosolvens)</i> <i>Butyrivibrio fibrisolvens</i> <i>Prevotella ruminicola</i> <i>(Bacteroides ruminicola)</i> <i>Eubacterium xylanophilum,</i> <i>E. uniformis</i> | | Urea hydrolysers Other bacteria Acid utilizers <i>Megasphaera elsdenii</i> <i>(Peptostreptococcus elsdenii)</i> <i>Wolinella succinogenes</i> <i>(Vibrio succinogenes)</i> <i>Veillonella gazogenes</i> <i>(Veillonella alcalescens)</i> <i>Micrococcus lactolyticus</i> <i>Oxalobacter formigenes</i> <i>Desulphovibrio desulphuricans</i> <i>Desulphatomaculum ruminis</i> <i>Succinilasticum ruminis</i> <i>Anaerovibrio lipolytica</i> <i>Eubacterium limosum</i> <i>Acetitomaculum ruminis</i> <i>Streptococcus caprinus</i> <i>Eubacterium oxidoreducens</i> <i>Synergistes jonesii</i> |
| Starch | <i>Streptococcus bovis</i> <i>Ruminobacter amylophilus</i> <i>(Bacteroides amylophilus)</i> <i>Prevotella ruminicola</i> <i>(Bacteroides ruminicola)</i> <i>Succinivibrio dextrinosolvens</i> <i>Succinivibrio amyloytica</i> <i>Selenomonas ruminantium</i> <i>Lactobacillus acidophilus, L. casei,</i> <i>L. fermentum, L. plantarum, L. brevis,</i> <i>L. helveticus</i> <i>Bifidobacterium globosum, B. longum,</i> <i>B. thermophilum</i> <i>B. ruminale</i> | | Lipolytic bacteria Acetogenic bacteria Tannin degraders Mimosine degraders Methanogenic archaea <i>Methanobrevibacter ruminis</i> <i>Methanobacterium formicicum</i> <i>Methanosarcina barkeri</i> <i>Methanothermobacter ruminis</i> |
| Sugars/dextrins | | | |

SUBSTRATO UTILIZZATO

CELLULOSA

SPECIE BATTERICHE

Bacteroides succinogenes
Ruminococcus flavesiens
Ruminococcus albus
Butyrivibrio fibrisolvens
*Cillio**a**bacterium cellulosolvens*
Clostridium lochheadii

AMIDO

Bacteroides succinogenes
Ruminococcus flavesiens
Ruminococcus albus
Butyrivibrio fibrisolvens
*Cillio**a**bacterium cellulosolvens*
Clostridium lochheadii

PECTINE

Bacillus polymyxa

MONO- E DISACCARIDI

Lactobacillus lactis
Lactobacillus brevis
Lactobacillus acidophilus
Lactobacillus casei
Eubacterium ruminantium

ACIDO LATTICO

Veilonella alcalescens
Peptostreptococcus elsdenii
Selenomonas ruminantium
Streptococcus bovis

IDROGENO ED ACIDO FORMICO

Vibrio succinogene
Methanobacterium ruminantium