



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA**

SEDE AMMINISTRATIVA: UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
DIPARTIMENTO DI SCIENZE ANIMALI

SCUOLA DI DOTTORATO DI RICERCA IN SCIENZE ANIMALI

INDIRIZZO: ALLEVAMENTO, ALIMENTAZIONE, AMBIENTE,
BENESSERE ANIMALE E QUALITÀ DEI PRODOTTI

CICLO XXII

**STRATEGIE DI QUANTIFICAZIONE E
RIDUZIONE DELL'IMPATTO AMBIENTALE
DEGLI ALLEVAMENTI**

DIRETTORE DELLA SCUOLA : CH.MO PROF. LUIGI GALLO

COORDINATORE D'INDIRIZZO: CH.MO PROF. LUCIA BAILONI

SUPERVISORE :CH.MO PROF. STEFANO SCHIAVON

DOTTORANDO : MATTEO DAL MASO

RINGRAZIAMENTI

Ringrazio di vero cuore il mio supervisore prof. Stefano Schiavon per la sua grande disponibilità e generosità, per avermi guidato, spronato e consigliato durante tutto il mio percorso di dottorato, senza la sua costante presenza non avrei raggiunto questo traguardo.

Desidero ringraziare la Provincia di Padova per aver finanziato la borsa di studio di Dottorato di ricerca in Scienze Animali sul tema “strategie di riduzione dell’impatto ambientale negli allevamenti bovini” di cui ho usufruito.

Ringrazio tutti i professori del Dipartimento di Scienze Animali per la loro disponibilità e amicizia.

Ringrazio in modo particolare tutto il personale del Dipartimento di Scienze Animali, le splendide segretarie, i tecnici del laboratorio, i colleghi dell’azienda zootecnica e tutto il personale tecnico amministrativo.

Ringrazio tutti gli amici e colleghi dottorandi incontrati durante questo periodo di studi con i quali ho condiviso dei bei momenti. Un ringraziamento speciale va a tutti i miei compagni del XXII ciclo Silvia, Fiorella, Meriam, Marta, Valentina e Duilio.

Infine un particolare ringraziamento va a mia moglie Lorena, per avermi sostenuto, incoraggiato ed essermi stata sempre vicina durante questi anni molto impegnativi.

RIASSUNTO

Questo lavoro di tesi ha affrontato il tema dell'escrezione di nutrienti nell'ambiente delle principali tipologie di allevamenti zootecnici. La Direttiva Nitrati (91/676/CE) è stata recepita in Italia con il DM 7/4/2006. Questo regolamento fissa una serie di coefficienti standard per valutare l'escrezione dell'azoto delle diverse categorie di animali da reddito. Il decreto ministeriale demanda alle regioni il compito di adottare strategie opportune, supportate a livello scientifico, per il controllo del rilascio di nutrienti nell'ambiente. L'obiettivo principale di questa tesi è stato quello di sviluppare delle strategie in grado di quantificare e contenere le escrezioni di nutrienti negli allevamenti zootecnici, con particolare riguardo per l'azoto. La peculiarità del presente lavoro risiede in primo luogo nella realizzazione di uno strumento che, basandosi su criteri scientifici, possa conciliare esigenze istituzionali e tecnico-applicative nel promuovere modelli zootecnici di sviluppo sostenibili sia dal punto di vista economico che ambientale.

Nel primo contributo si sono messi a punto modelli di quantificazione delle escrezioni di azoto e di fosforo da adottare nelle principali tipologie di allevamento. L'applicazione di questi modelli permette di valutare l'emissione di nutrienti su scala aziendale. Nel realizzare questi modelli si è tenuta presente la necessità di impiegare un numero limitato di informazioni facilmente rilevabili e reperibili nelle aziende. Gli input da acquisire per redigere i piani di escrezione aziendale, riguardano la raccolta dei dati di consistenza di allevamento (n. di capi allevati suddivisi per categoria), livelli produttivi, modalità di alimentazione e caratteristiche delle razioni impiegate. In questa tesi, per ragioni di spazio, ci si limita alla descrizione dei modelli proposto per la quantificazione delle escrezioni di azoto e di fosforo negli allevamenti di vacche da latte, vitelloni da carne e vitelli a carne bianca. L'applicazione di questi modelli su specifiche realtà aziendali ha consentito di concludere che essi sono in grado di prevedere l'entità delle escrezioni in modo più preciso ed affidabile rispetto alla semplice applicazione di valori standard.

Nel secondo contributo di questa tesi, tenendo presenti la necessità delle Istituzioni di conoscere la realtà territoriale, si è proceduto alla raccolta di informazioni relative ai principali indici tecnici e di bilancio dei nutrienti di 89 allevamenti di vacche da latte del Veneto. Nel lavoro si descrivono aspetti relativi alle caratteristiche di formulazione e di

composizione chimico-nutrizionale delle razioni impiegate, livelli produttivi e bilanci dell'azoto e del fosforo. I risultati possono consentire confronti con altre realtà nazionali ed internazionali necessari per giustificare l'adozione di coefficienti di escrezione basati sulle effettive condizioni territoriali.

Nel terzo contributo ci si è prefissi di studiare le prestazioni produttive (performance di crescita, ingestione alimentare, indici di conversione, bilancio dell'azoto e caratteristiche delle carcasse al macello) di vitelloni piemontesi doppia coscia alimentati con razioni unifeed con livelli di proteina grezza convenzionali e ridotti, in associazione o meno con CLA. Quarantotto vitelloni piemontesi doppia coscia (279 ± 24 kg PV iniziale), divisi in quattro gruppi sperimentali, sono stati distribuiti in 12 box con pavimentazione grigliata. I vitelloni sono stati alimentati con 2 diverse diete a differenti tenori di PG (dieta HP: PG = 14.7% SS; dieta LP: PG = 11.0% SS) e "top dressed" con 80 g/d di coniugato dell'acido linoleico rumino protetto (CLA) oppure con 65 g/d di olio di soia idrogenato (HSO). Sono state registrate anche la resa al macello e i punteggi di conformazione SEUROP. Durante l'intera durata della prova non si sono osservate differenze significative, dovute ai trattamenti, sull'incremento medio giornaliero ($IMG = 1.186 \pm 0.14$ kg/d) e sull'ingestione di SS ($ISS = 8.5 \pm 0.27$ kg/d). L'indice di conversione alimentare (ICA) è stato influenzato significativamente dall'interazione fra PG e integratore (ICA: 6.90, 7.22, 7.49 e 7.11 kg SS /kg accrescimento per HPHSO, HPCLA, LPHSO and LPCLA, rispettivamente; $P < 0.05$). L'escrezione totale di azoto netto è stata di 39.7.0 kg/capo/anno per gli animali HP e di 28.9 kg/capo/anno per gli animali LP. Non sono state rilevate differenze significative dovute al trattamento per le caratteristiche delle carcasse al macello. Dalla ricerca è emerso che una razione LP può essere somministrata a vitelloni Piemontesi a doppia coscia da 450 fino 670 kg PV, senza influire negativamente sulle performance di crescita, sull'indice di conversione alimentare e sulla qualità della carcassa ma riducendo l'azoto escreto del 28%. Gli effetti di questa riduzione sono discussi in relazione alle possibili strategie per migliorare l'economia aziendale.

Infine nel quarto contributo si è sviluppato un modello di previsione dei volumi di effluenti escreti per allevamenti di suini in accrescimento. Questo contributo si è reso necessario dal momento che l'attuale normativa (MIPAF, DM 152 del 7/4/2006) ha

proposto standard di produzione di reflui non sufficientemente rappresentativi delle attuali condizioni ordinarie degli allevamenti nel nostro territorio. Anche in questo caso, seguendo criteri scientifici, si è giunti a proporre un modello che, basandosi su pochi rilievi aziendali, è in grado di prevedere le produzioni di reflui con maggiore accuratezza e precisione rispetto alle pratiche correntemente usate. Il modello proposto è inoltre facilmente integrabile con modelli dedicati alla quantificazione delle escrezioni di nutrienti.

Nel suo insieme questa tesi propone come aspetto innovativo lo sviluppo di modelli di quantificazione delle escrezioni di nutrienti e della produzione di reflui su scala aziendale che, riconosciuti dall'autorità pubblica, possano consentire al settore di introdurre modelli di sviluppo più sostenibili sia dal punto di vista ambientale che economico. Nel nuovo contesto normativo che si è generato a seguito dell'acquisizione di queste metodologie da parte delle Istituzioni, possono derivare importanti opportunità di approfondimento scientifico sulle possibili strategie di miglioramento dell'efficienza d'uso delle risorse naturali nei processi produttivi.

SUMMARY

The activities of dairy farm contribute to environmental pollution through the surplus of nitrogen and phosphorous that they produce. The development of sustainable farming systems with environmental friendly production management is one of the most important aim of European Commission of Agriculture. A strategy to decrease these surplus on environment could be an optimization of animal feeding and farm management.

Aim of this thesis was to perform some strategy to reduce environmental pollution caused by animal farming system (chapter 1), to evaluate the characteristics of dairy farms in the North-Eastern part of Italy in terms of ration composition, milk yield and N and P excretions (chapter 2), to investigate the long term effects of conventional and reduced level of dietary CP with or without the addition of rumen protected conjugated linoleic acid on feed consumption, growth performance and nitrogen balance of growing bulls fed corn silage-soybean TMR (chapter 3) and to propose a simplified approach to predict the amount of slurry produced by growing pigs on farm basis, starting from simple inputs available on farm (chapter 4). The characteristic of this work was to combine scientific aspects with operative and institutional one.

In the first contribution we define some model to quantify nitrogen and phosphorous excretion in the main animal farming system. The objective of this study was to develop a tool to implement nutrient balance at farm level using a limited numbers of parameters, easily to collect on farm. The application of this model at farm level, could be an instrument to study the real value of excretion with respect to the value proposed by the current regulation.

In the second chapter nutrient balances were edited for a sample of dairy farms in Veneto Region. From the institutional point of view, a picture of the dairy farms in a given area is a required information to establish expected level of N and P excretion. Eighty-nine dairy farms located in the province of Padua were selected and analyzed for feed and nutritional characteristic of rations, milk yield and quality and nitrogen and phosphorous excretion. We collected information about rations and feed composition for each farm. The farms

were classified in four groups for diet crude protein level (L_{CP} 14.3% DM; H_{CP} 15.9 % DM) and for milk yield (L_{MY} < 30 kg/d; H_{MY} >30 kg/d). Crude protein did not affected milk yield and quality. Nitrogen excreted, after discounting for 28% of N losses in atmosphere, were 72, 80, 83 and 95 kg/cow per year, and P excreted were 18, 17, 17 and 20, respectively for the $L_{CP}L_{MY}$, $L_{CP}H_{MY}$, $H_{CP}L_{MY}$, $H_{CP}H_{MY}$ groups. Milk yield around 31 kg/cow/day, can be sustained by rations with 14.2% of crude protein on DM.

In the third contribution growth performance of double muscled Piemontese bulls kept on 2 TMR differing for crude protein density (diet HP: CP = 14.7% DM; diet LP: CP = 11.0% DM) and top dressed with 80 g/d of rumen protected CLA mixture (CLA) or with 65 g/d of hydrogenated soybean oil (HSO) were studied. Forty-eight bulls (279 + 24 kg initial LW), were divided in four experimental groups, were housed in 12 fully slatted floor pens. Dressing percentage and conformation indexes were performed at slaughter. Over the whole trial, no significant differences due to the treatment on average daily gain and DM intake were found. Over the whole trial, feed conversion ratio (FCR) was significantly affected by the interaction of crude protein level per CLA addition. No significant differences due to the treatments were observed for the slaughter traits. Low protein ration can be used on Piemontese double muscle bulls from 450 to 670 kg LW without negative consequence on growth performance, FCR and carcass quality, whereas a reduction of 28% of N excretion (28%) can be achieved.

In chapter 4 we proposed a simplified approach to predict the amount of slurry produced by growing pigs at farm level. This last contribution could be necessary, since the present Ministerial Decree proposed some values not representative of the real operative conditions. Also in this case, we developed a model to quantify the amount of slurry produced at farm level using a limited numbers of parameters and easily to collect on farm.

To conclude, this thesis proposed some model to quantify the nutrient excretion and production of manure at farm level. This could represent an important tool for intensive farming systems to identify or to study the nutritional and management strategies to reach high efficiency systems and to reduce environment pollution.

SOMMARIO

RIASSUNTO	V
SUMMARY	IX
INTRODUZIONE GENERALE	17
Evoluzione della Normativa	17
Modelli di quantificazione delle escrezioni su base aziendale	19
Caratterizzazione della realtà territoriale	20
Applicazioni sperimentali di diete a ridotto tenore proteico.....	20
Modello di previsione dei volumi di effluenti escreti su scala aziendale	22
LETTERATURA.....	25
OBIETTIVI GENERALI.....	29
PRIMO CONTRIBUTO SPERIMENTALE	31
MODELLI DI QUANTIFICAZIONE DELLE ESCREZIONI DI AZOTO E FOSFORO NELLE PRINCIPALI TIPOLOGIE DI ALLEVAMENTO INTENSIVO IN ITALIA: QUANTIFICAZIONE SU BASE AZIENDALE	31
SUMMARY	33
RIASSUNTO	34
INTRODUZIONE	34
Bilanci aziendali dei nutrienti	35
IMPOSTAZIONE METODOLOGICA.....	37
Azoto.....	37
Fosforo	40
CONCLUSIONI	41
Ringraziamenti.....	43

LETTERATURA	43
I. ALLEVAMENTI DI VACCHE DA LATTE.....	49
Definizione del modello	49
Consistenze di allevamento	49
Valori attesi di produzione di azoto totale e netto delle lattifere	57
Indici tecnici e procedure di calcolo riferite ai capi da rimonta.....	59
Esempio applicativo	61
LETTERATURA	62
TABELLE E FIGURE	65
II. ALLEVAMENTI DI VITELLONI	71
Tratti essenziali dei sistemi di produzione	71
Definizione degli inputs	73
Modello di bilancio	76
Valori attesi di produzione di azoto	83
Esempio applicativo	84
LETTERATURA	87
TABELLE E FIGURE	89
III. ALLEVAMENTI DI VITELLI A CARNE BIANCA.....	95
Tratti essenziali del sistema di produzione	95
Definizione degli inputs	96
Modello di bilancio	98
Valori attesi di produzione di azoto	103
Esempio applicativo	104
LETTERATURA	107
TABELLE E FIGURE	109

SECONDO CONTRIBUTO SPERIMENTALE	113
CHARACTERISTICS OF DAIRY FARMS IN THE NORTH-EASTERN PART OF ITALY: RATIONS, MILK YIELD AND NUTRIENTS EXCRETION	113
ABSTRACT.....	115
INTRODUCTION	115
MATERIAL AND METHODS.....	116
RESULTS AND CONCLUSIONS	117
REFERENCES	119
TABLES AND FIGURES	121
TERZO CONTRIBUTO SPERIMENTALE.....	125
LOW PROTEIN DIETS AND LONG TERM RUMEN PROTECTED CONJUGATED LINOLEIC ACID SUPPLY ON DOUBLE-MUSCLED PIEMONTESE YOUNG BULLS: EFFECTS ON PRODUCTION AND CARCASS TRAITS AND NITROGEN EXCRETION.....	125
ABSTRACT.....	127
INTRODUCTION	128
MATERIALS AND METHODS.....	129
Animals and diets.....	129
Measurements, controls and analysis.....	131
Nitrogen balance	133
Carcass traits	134
Statistical analysis.....	134
RESULTS	135
Evaluation of the diets	135
Average daily gain and live weight	136
DMI and feed efficiency	137

Status of the locomotion system.....	138
Body conditions.....	138
Carcass traits	139
Nitrogen balance	140
DISCUSSION	141
DMI and dietary CP	141
Growth performance and dietary CP.....	142
Conditions of the locomotion system and dietary CP	147
Effects of CLA	149
N excretion	151
LITERATURE CITED	155
TABLES AND FIGURES	167
QUARTO CONTRIBUTO SPERIMENTALE	179
A SIMPLIFIED APPROACH TO CALCULATE SLURRY PRODUCTION OF GROWING PIGS AT FARM LEVEL.....	179
RIASSUNTO	182
INTRODUCTION.....	185
MATERIAL AND METHODS	187
Inputs available at farm level and conceptual basis	187
Water balance under spontaneous and “forced” drinking conditions	188
Functions to predict spontaneous water intake and excretions	190
Functions to predict “forced” water intake and excretion.....	190
Faecal dry matter excretion	192
Quantification of the equations’ coefficients	192
Changes due to the dietary crude protein level	195

Changes of slurry occurring after excretion	196
Dry matter and water losses occurring after excretion	197
Additional amounts of water that dilute the slurry	197
RESULTS AND DISCUSSION	201
Test of the model	201
Expected annual slurry productions.....	204
CONCLUSIONS	206
REFERENCES	207
TABLES AND FIGURES	215
Appendix 1.....	221
DISCUSSIONE GENERALE	225

INTRODUZIONE GENERALE

Evoluzione della Normativa

E' documentato da più autori (Tamminga, 2003; Rotz, 2004; Flachowsky e Lebzien, 2004) che gli allevamenti intensivi di animali da reddito contribuiscono in modo rilevante all'emissione nell'ambiente di sostanze potenzialmente inquinanti quali l'azoto ed il fosforo. L'eccessivo utilizzo di fertilizzanti di sintesi in combinazione con lo spandimento degli effluenti di origine zootecnica ha portato ad un accumulo di nutrienti nel terreno, in primo luogo dei nitrati, con conseguente peggioramento della qualità delle acque di superficie e delle falde ed alla comparsa dei fenomeni di eutrofizzazione. Questi fenomeni hanno portato la Commissione Europea ad emanare la "Direttiva Nitrati" (91/676/CE) con l'obiettivo di proteggere le acque dai nitrati di origine agricola. Prima di questa direttiva in Italia il quadro legislativo di riferimento era rappresentato dalla legge Merli (n. 319 del 10/05/1976) e dai Piani di Risanamento delle Acque (PRRA) emanati dalle singole Regioni. La Direttiva Nitrati è stata recepita in Italia con il Decreto Legislativo n. 152 dell'11 maggio 1999 (*Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole*) alla quale ha fatto seguito il Decreto Ministeriale attuativo n. 152 del 7 aprile 2006 (*Criteri e norme tecniche generali per la disciplina regionale dell'utilizzazione agronomica dei reflui di allevamento*). Queste normative pongono una serie di vincoli riguardanti l'intera filiera di produzione, gestione e utilizzazione agronomica dei reflui zootecnici che hanno come obiettivo la ricostituzione dello storico legame tra attività zootecnica e attività agricola a garanzia di un'efficiente utilizzazione dei nutrienti contenuti nei reflui per il mantenimento della fertilità dei suoli e il minimo rilascio di inquinanti. In questa normativa si considerano diverse soluzioni per la gestione dei reflui, in funzione delle differenti caratteristiche e qualità del territorio e all'intensità dei fenomeni di inquinamento. Per questa ragione il territorio è stato classificato in aree *vulnerabili e non vulnerabili* all'inquinamento da composti azotati dove

le disposizioni di legge consentono la distribuzione di quantitativi massimi di azoto di origine animale rispettivamente pari a 170 e 340 kg N/ettaro/anno.

Un altro aspetto innovativo introdotto dalla normativa riguarda i coefficienti di escrezione di azoto per le diverse categorie e specie domestiche. La legge Merli congiuntamente ai Piani Regionali di Risanamento delle Acque (PRRA) definiva un carico di peso vivo allevabile in funzione della superficie agricola (quintali di peso vivo medio per ettaro di superficie). Oggi, la normativa (n. 152/2006) definisce, in funzione delle diverse specie domestiche e categorie, degli indici di emissione di N nell'ambiente per capo/anno. Nel caso delle vacche da latte la produzione di N netto al campo, assumendo perdite di volatilizzazione del 28%, è pari a 83 kg/vacca/anno, ovvero un valore circa doppio di quello (45 kg/vacca/anno) che può essere ricavato dalle indicazioni della precedente normativa. Ne consegue quindi che nelle aree non vulnerabili e vulnerabili sono consentiti carichi massimi di circa 4 e 2 capi/ha rispettivamente, valori questi nettamente inferiori a quelli imposti dalla precedente normativa che prevedeva fino un massimo di 8 capi/ha, corrispondenti a 40 q.li di peso vivo medio. Tuttavia, l'applicazione automatica di coefficienti fissi di escrezione, non ha favorito la ricerca e l'applicazione di strategie di riduzione delle potenziali emissioni di inquinanti, dal momento che l'adozione di una "buona tecnica di allevamento" a basso impatto non si traduceva in tangibili vantaggi rispetto a pratiche di allevamento meno desiderabili. A questo proposito si sottolinea che la normativa vigente indica alle regioni la possibilità di applicare sistemi in grado di ridurre a monte la produzione di reflui e il loro contenuto di nutrienti potenzialmente inquinanti. Infatti, nell'allegato I della normativa (MIPAF, DM 152 del 7 aprile 2006), è riportata la seguente dicitura:

"I valori riportati nelle seguenti tabelle corrispondono a quelli riscontrati con maggiore frequenza a seguito di misure dirette effettuate in numerosi allevamenti, appartenenti ad una vasta gamma di casi quanto a indirizzo produttivo e a tipologia di stabulazione".

Tuttavia, nel caso fossero ritenuti validi per il proprio allevamento valori differenti rispetto a quelli riportati nelle tabelle di riferimento, si possono presentare gli stessi in una relazione tecnico-scientifica che illustri dettagliatamente:

- materiali e metodi utilizzati per la definizione del bilancio azotato aziendale basato sulla misura dei consumi alimentari, delle ritenzioni nei prodotti e delle perdite di volatilizzazione, redatto seguendo le indicazioni contenute in relazioni scientifiche e manuali indicati dalle regioni. In alternativa possono essere utilizzati valori analitici riscontrati negli effluenti, di cui vanno documentate le metodiche e il piano di campionamento adottati;
- risultati di studi e ricerche riportati su riviste scientifiche atti a dimostrare la buona affidabilità dei dati riscontrati nella propria azienda e la buona confrontabilità con i risultati ottenuti in altre realtà aziendali;
- piano di monitoraggio per il controllo, nel tempo, del mantenimento dei valori dichiarati”.

In altri punti del testo del decreto MIPAF (2006), viene riportata esplicitamente la necessità di demandare alle regioni la possibilità di intervenire sulla gestione degli effluenti di origine zootecnica (MIPAF, DM 152 del 7 aprile 2006; Titolo V, artt. 21 e 27). Risulta quindi, fondamentale predisporre dei modelli che mirino a quantificare le escrezioni di nutrienti negli allevamenti utilizzando informazioni facilmente reperibili presso le aziende zootecniche.

Modelli di quantificazione delle escrezioni su base aziendale

In questa cornice, con il DGR n. 2439 del 7 agosto 2007, la Regione Veneto ha finanziato un progetto volto a definire modelli di quantificazione delle escrezioni di azoto e fosforo su base aziendale. La possibilità di produrre dei bilanci dei nutrienti, secondo le specifiche realtà aziendali, può consentire all'allevatore di applicare tecniche di allevamento a basso impatto ambientale riducendo l'emissione di nutrienti. Questo introduce nel sistema un importante elemento di flessibilità, non solo nello stabilire i rapporti tra capi allevati e superficie disponibile, ma anche per migliorare l'efficienza di conversione dei principi nutritivi e il risparmio di risorse naturali (alimenti, acqua, superficie agricola, ecc). Per applicare questa procedura di bilancio, che rappresenta una notevole innovazione rispetto all'applicazione di coefficienti fissi di escrezione, è necessario che i parametri da rilevare in azienda siano pochi e di semplice raccolta. In questo lavoro di tesi si sono quindi studiati e proposti all'ente pubblico modelli di stima

delle escrezioni di azoto e fosforo applicabili nelle singole aziende zootecniche, come viene descritto nel primo contributo.

Caratterizzazione della realtà territoriale

La conoscenza della realtà territoriale costituisce un elemento di conoscenza fondamentale, non solo per giustificare e sostenere la definizione di coefficienti standard anche diversi da quelli stabiliti in sede europea e/o nazionale, ma anche per identificare in quali contesti si possono applicare con successo possibili strategie di contenimento delle escrezioni. Da un punto di vista geografico, un'indagine di questo tipo, permette di quantificare in modo puntiforme, non solo la distribuzione nel territorio dei carichi di azoto, ma anche di evidenziare quelle situazioni che potrebbero risultare critiche da un punto di vista idrogeologico. Da un punto di vista istituzionale ed operativo, la conoscenza dei livelli di escrezione su scala territoriale, consente di evidenziare quelle tipologie di allevamento le cui escrezioni sono già inferiori a quelle di riferimento (es. allevamenti di bovine di razza Rendena o allevamenti con livelli produttivi bassi) e quindi la possibilità di risparmiare sulle superfici agricole. Dall'analisi dei dati ottenuti esiste anche la possibilità effettuare valutazioni di carattere economico riguardanti non solo i costi alimentari ma anche quelli inerenti allo smaltimento dei reflui prodotti. I dati ottenuti dall'indagine, oltre a rappresentare un buon sistema di riferimento, possono diventare un utile punto di partenza per sviluppare prove sperimentali con l'obiettivo di verificare strategie alimentari e gestionali per la riduzione dell'impatto ambientale.

Applicazioni sperimentali di diete a ridotto tenore proteico

La concreta applicazione di razioni a basso contenuto di proteina può essere estesa a livello commerciale solo quando, a seguito di specifiche prove sperimentali, si conoscano le reali ricadute sulle performance produttive, sulla qualità dei prodotti e sull'effettivo rendimento economico dei sistemi di gestione applicati. Poiché un minore livello di escrezione può permettere un aumento del numero di capi allevabili, ne consegue l'interesse a studiare possibili strategie di aumento dell'efficienza d'uso dell'N. Vi sono diversi sistemi energetici e proteici pubblicati in Europa, Nord America e Australia per la valutazione degli apporti nutritivi in rapporto ai fabbisogni di bovini in accrescimento

(Beever and Cottrill, 1994). Su queste basi alcune opportunità per ridurre le escrezioni di azoto sono state messe in evidenza da Tamminga (2006), Todd et al. (2006), Vasconcelos et al. (2006) e Archibeque et al. (2005). Tuttavia gli elementi di incertezza in questi sistemi di valutazione sono numerosi, sia sul versante della valutazione degli alimenti, che su quello della valutazione dei fabbisogni. Così, a causa delle incertezze dei sistemi energetici e proteici nei bovini in accrescimento l'impiego di proteina in eccesso è considerata inevitabile e le razioni per vitelloni raramente hanno contenuti di PG inferiori a 12.5% (Tamminga 2006). In Italia livelli di PG intorno al 14-15% sono comunemente applicati in razioni basate sul silomais per l'intero ciclo di produzione (Mazzenga et al., 2007; Xiccato, 2005). Una riduzione dei livelli di PG può penalizzare l'attività microbica ruminale, influenzare l'ingestione alimentare e prolungare il periodo necessario per il raggiungimento della maturità commerciale. Ciò nonostante, se la riduzione del livello proteico comporta piccole riduzioni delle prestazioni di accrescimento, questo potrebbe consentire un aumento del numero di capi per ettaro, nel rispetto dei carichi di N previsti dalla normativa, con conseguenti benefici per gli allevatori e per il settore.

Va anche osservato che diversi allevamenti stanno utilizzando razioni a basso contenuto di proteina grezza, con l'aggiunta di coniugati dell'acido linoleico (CLA). Tale pratica è in qualche modo derivata da alcune osservazioni scientifiche che hanno evidenziato come sui monogastrici l'uso di CLA possa migliorare gli indici di conversione e ridurre la massa grassa. Una serie di pubblicazioni ha evidenziato come l'aggiunta di CLA riduca marcatamente la deposizione di grasso, aumenti la massa magra e riduca gli indici di conversione in suini (Ostrowska et al., 1999; Lauridsen et al., 2004) (Dugan et al., 1997; Cook et al., 1999; Thiel-Cooper et al., 2001; Wiegand et al., 2002) e ratti (Chin et al., 1994, Park et al., 1997, West et al., 1998 e Jahreis et al. 2000). Anche sui ruminanti esistono prove sperimentali che evidenziano effetti sul metabolismo proteico e lipidico. Sulle vacche da latte molti studi scientifici sono stati condotti e principalmente focalizzati sulla produzione e sulla qualità del latte (Baumgard et al., 2001; Moore et al., 2004; Colmenero et al. 2006).

Nei vitelloni Piemontesi doppia coscia le modeste dimensioni del comparto digerente e la diversa composizione dell'incremento in peso vivo (scarso accrescimento lipidico in rapporto a quello proteico) accentua i dubbi sull'applicabilità dei sistemi

energetici e proteici ora a disposizione. Nella razza piemontese i fabbisogni nutrizionali e i livelli di ingestione sono poco studiati a differenza della razza a doppia coscia Bianco e Blu del Belgio. De Campeneere *et al.* (1999) e Fiems *et al.* (1998) hanno eseguito studi specifici per la determinazione dei fabbisogni energetici e proteici in vitelloni Blu Belga a doppia coscia nelle diverse fasi di crescita. Questi autori hanno evidenziato come i vitelloni a doppia coscia necessitino di tenori proteici nella dieta superiori rispetto ad bovini convenzionali da carne. Allo scopo di colmare le lacune di conoscenza in questa tesi ci si è concentrati sulla valutazione di razioni ipoproteiche con l'aggiunta o meno di CLA in vitelloni Piemontesi doppia coscia, per valutarne gli effetti sulle prestazioni *infra-vitam* e *post-mortem*, sull'entità delle escrezioni azotate e sull'identificazione di strategie di contenimento delle escrezioni con possibili benefici sull'economia aziendale.

Modello di previsione dei volumi di effluenti escreti su scala aziendale

Un ulteriore elemento di scarsa conoscenza delle problematiche inerenti la produzione dei reflui zootecnici riguarda la definizione della quantità di effluenti prodotti. La produzione di effluenti e l'escrezione di azoto vengono di norma stimate utilizzando dei coefficienti tabellari differenziati per specie e categoria di animali. Questi coefficienti raramente vengono aggiornati e non sempre sono rappresentativi delle diverse realtà di allevamento (Powers 2004). L'entità delle escrezioni varia invece sensibilmente in relazione agli obiettivi di produzione, alle pratiche di alimentazione e di allevamento, nonché ai sistemi di allontanamento, stoccaggio e trattamento dei reflui (ERM, 2001; Powers 2004).

L'attuale normativa nazionale (DM 7/4/2006), anche in questo caso, prevede la possibilità di utilizzare per la quantificazione aziendale dei volumi dei reflui prodotti valori diversi da quelli riportati nelle tabelle dello stesso DM, purché venga redatta una apposita relazione tecnica seguendo le indicazioni riportate in manuali o pubblicazioni scientifiche indicati dalle Regioni.

In accordo con quanto riportato da DIAS (1998), ERM (2001), Powers (2004) e da numerose altre fonti di letteratura si ritiene che un bilancio di massa basato sulle caratteristiche delle razioni alimentari consumate e sulle prestazioni produttive realizzate in allevamento costituisca il mezzo migliore per una più precisa quantificazione della

produzione dei reflui e delle loro caratteristiche compositive. Queste informazioni possono essere anche ricavate da procedure di campionamento ed analisi dei reflui, ma questa via è poco affidabile, dispendiosa e difficile da applicare nelle normali condizioni commerciali (Powers, 2004).

Modelli basati sul bilancio di massa per la previsione su scala aziendale delle escrezioni di azoto e di fosforo in varie tipologie di allevamento sono già stati proposti per la realtà nazionale da Schiavon et al. (2007a,b). Mancano però sistemi di previsione finalizzati alla quantificazione dei volumi e/o del peso complessivo delle deiezioni prodotte. Su questo argomento va ricordato che in letteratura sono già stati proposti alcuni modelli (Aarnink *et al.* 1992; Goss *et al.*, 1999; Schiavon e Emmans, 2000; Dourmad *et al.*, 2003). Tali modelli però difficilmente possono essere applicati su larga scala a livello operativo a causa della loro complessità e per l'elevato numero di inputs che richiedono. Nel presente lavoro ci si è quindi posti come obiettivo lo sviluppo di un modello semplificato per la quantificazione delle produzioni di feci ed urine nei suini in crescita, basato su pochi inputs aziendali di semplice rilievo. Tale modello potrebbe quindi essere integrato con quello relativo alla previsione delle escrezioni di azoto e fosforo proposto da Schiavon et al. (2007b) per consentire una completa rappresentazione del volume dei reflui prodotto e delle sue principali caratteristiche compositive.

Dal momento che i quantitativi di inquinanti escreti si diluiscono in volumi più o meno rilevanti di effluenti, ne consegue che il volume dei reflui incide in misura molto rilevante sui volumi di stoccaggio e quindi sul dimensionamento e sulle caratteristiche dei contenitori preposti al deposito temporaneo dei reflui stessi. Da queste premesse è evidente che diviene molto importante individuare procedure di quantificazione su scala aziendale che possano consentire, accanto ad un risparmio di risorse naturali ed economiche, anche minori impatti ambientali. Anche in relazione alle esigenze espresse dall'amministrazione Regionale con la quale si è collaborato, l'attenzione si è rivolta verso la definizione di modelli di quantificazione dei liquami nei suini in accrescimento. In questo caso le divergenze tra quanto riportato nei valori proposti dal decreto del MIPAF (DM 152 del 7 aprile 2006) e le osservazioni che provengono dal mondo operativo sono assai divergenti. In questa tesi ci si è quindi proposti di sviluppare degli strumenti di previsione della

produzione di reflui nel suino in accrescimento, con l'obiettivo futuro di poter estendere questo approccio anche ad altre specie.

LETTERATURA

Aarnink, A.J.A., Van Ouwerkerk, E.N.J., Verstegen, M.W.A., 1992. A mathematical model for estimating the amount and composition of slurry from fattening pigs. *Livest. Prod. Sci.* 31:121-132.

Archibeque S.L., Freetly H.C., Cole N.A., Ferrell C.L., 2005. Oscillating protein concentrations in finishing beef cattle diets improves nitrogen retention by improving nitrogen digestibility. *Journal of Animal Science* 82 (1): 116.

Baumgard, L.H., Sangster J. K., Bauman D. E., 2001. Milk fat synthesis in dairy cows is progressively reduced by increasing supplemental amounts of trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid (CLA). *Journal of Nutrition* 131:1764–1769

Beever D.E., Cottrill B.R., 1994. Protein Systems for Feeding Ruminant Livestock: A European Assessment. *Journal of dairy science* 77: 2031 – 2043

Chin S.F., Storkson J.M., Albright K.J., Cook M.E., Pariza M.W., 1994. Conjugated linoleic acid is a growth factor for rats as shown by enhanced weight gain and improved feed efficiency. *Journal of Nutrition* 124: 2344-2349.

Colmenero J.O., Broderick G.A., 2006. Effect of Dietary Crude Protein Concentration on Milk Production and Nitrogen Utilization in Lactating Dairy Cows *Journal of Dairy Science* 89:1704–1712

Cook M.E., DeVoney D., Drake B., Pariza M.W., Whigham L.D., Yang M., 1999. Dietary control of immune induced cachexia: conjugated linoleic acid and immunity. In: *Advances in conjugated linoleic acid research* 1

De Campeneere S., Fiems L.O., Cottyn B. G., Boucque Ch.V, 1999. Phase-feeding to optimize performance and quality of Belgian Blue double-muscled bulls. *Animal science* 69: 275 – 285

DIAS, 1998. Standard Values for Farm Manure A Revaluation of the Danish Standard Values concerning the Nitrogen, Phosphorus and Potassium Content of Manure (H.D.

Poulsen and V.F Kristensen (eds), Ministry of Food, Agriculture and Fisheries, Danish Institute of Agricultural Sciences, Tjele, DK.

Dugan MER, Aalhus JL., 1997. The effect of conjugated linoleic acid on fat to lean repartitioning and feed conversion in pigs. *Canadian Journal of Animal Science*; 77: 723–5.

ERM, 2001. Livestock manures. Nitrogen equivalents. Copies available from: European Commission DG Environment – D1, 200 Rue de la Loi, B-1049 Brussels, Belgium

Fiems L.O., De Campeneere S., Bogaerts D.F., Cottyn B.G. and Boucqué Ch. V., 1998. The influence of dietary energy and protein levels on performance, carcass and meat quality of Belgian White-blue double-muscled finishing bulls. *Anim. Sci.* 66:319-327.

Flachowsky, G. and Lebzien, P., 2006. Possibilities for reduction of Nitrogen (N) excretion from ruminants and the need for further research - a review. *Landbauforschung-Volkenrode.* 1/2 56: 19-30.

Goss, M.J., Ogilvie, J.R. and Stonehouse, 1999. Developing a decision support system for manure management. in: *Ramiran - 8th International Conference on Management Strategies for Organic Waste Use in Agriculture*, Rennes, 25-35.

Jahreis G., Kraft J., Tischendorf F., Schöne F., Christian von Loeffelholz (2000) Conjugated linoleic acids: Physiological effects in animal and man with special regard to body composition. *European journal of lipid science technology* 102: 695-703

Lauridsen C., Mu H., Henckel P., 2004. Influence of dietary conjugated linoleic acid (CLA) and age at slaughtering on performance, slaughter and meat quality, lipoproteins, and tissue deposition in barrows. *Meat Science* 69:393–399.

Mazzenga A., Brscic M., Cozzi G., 2007. The use of corn silage in diets for beef cattle of different genotype. *Italian Journal of Animal Science*, 6 (suppl. 1), 321-323.

MIPAF (Ministero delle politiche agricole e forestali, Italia), 2006. Decreto legislativo 7 Aprile 2006 “Criteri e norme tecniche generali per la disciplina regionale dell'utilizzazione agronomica degli effluenti di allevamento, di cui all'articolo 38 del Decreto legislativo del 11 maggio 1999 No. 152”. In: *Bollettino ufficiale n. 109 del 12.04.2006, Ord. Suppl. n.*

120.

http://www.politicheagricole.it/NR/rdonlyres/ed3uy755k2hwqeeiwde3dtidciyqeyfesvsidm5ysrx2u5jzjwtryffrbclpdthyhptdnnfn2v25agypwfyttxz2ike/20060407_DI_SR_effluentialevalmento.pdf

Moore C.E., Haflinger H.C., Mendivil O.B., Sanders S.R., Bauman D.E., Baumgard L.H., 2004. Increasing Amounts of Conjugated Linoleic Acid (CLA) Progressively Reduces Milk Fat Synthesis Immediately Postpartum Department of Animal Sciences, The University of Arizona, Tucson 85721

Ostrowska, E., Muralitharan, M., Cross, R.F., Bauman D.E., Dunshea F.R., 1999. Dietary conjugated linoleic acids increase lean tissue and decrease fat deposition in growing pigs. *Journal of Nutrition* 129: 2037–2042.

Park Y., Albright K.J., Storkson J.M., Cook M.E., Pariza M.W., 1997. Effect of conjugated linoleic acid on body composition in mice. *Lipids* 32:853–8

Powers, W., 2004. Revision of ASAE Standard D384.1: A new approach to estimating manure nutrients and characteristics. Iowa State University Animal Industry Report, Ames, USA. Home page address: <http://www.ans.iastate.edu/report/air/2004pdf/AS1923.pdf>

Rotz, C.A., 2004. Management to reduce nitrogen losses in animal production. *J. Anim. Sci.* 82(E suppl.):119-137.

Schiavon S., Gallo L., Dal Maso M., Calliman A., Bailoni L., 2007a. Modelli di quantificazione delle escrezioni di azoto e fosforo negli allevamenti di vacche da latte del Veneto. Relazione tecnica, Regione Veneto.

Schiavon S., Gallo L., Dal Maso M., Tagliapietra F., Bailoni L., Bittante G., 2007b. Modelli di quantificazione delle escrezioni di azoto e fosforo negli allevamenti di vitelloni del Veneto. Relazione tecnica, Regione Veneto.

Schiavon, S., Emmans, G.C., 2000. A model to predict water intake of a pig growing in a known environment on a known diet. *Brit. J. Nutr.* 84:873-883.

Tamminga S., 2006. Environmental impacts of beef cattle. The John M. Airy Symposium: Visions for Animal Agriculture and the Environment, January, Kansas City, Missouri.

Tamminga, S., 2003. Pollution due to nutrient losses and its control in European animal production. *Livest. Prod. Sci.* 84:101-111.

Thiel-Cooper R.L., Parrish F.C. Jr, Sparks J. C., Wiegand B.R., Ewan R.C., 2001. Conjugated linoleic acid changes swine performance and carcass composition *Journal of Animal Science* 79:1821-1828.

Todd RW, Cole NA, Clark R.N. 2006.Reducing Crude Protein in Beef Cattle Diet Reduces Ammonia Emissions from Artificial Feedyard Surfaces. *Journal of Environmental Quality* 35:404-411

Vasconcelos J.Greene L., Brown M., Mccollum F.,Tedeschi L., 2006. Effects of Phase Feeding of Protein on Performance, Blood Urea Nitrogen Concentration, Manure N:P Ratio and Carcass Characteristics of Feedlot Cattle. *Journal of Animal Science*

West D.B., Delany J.P., Camet P.M, Blohm F., Truett A.A., Scimeca J.A., 1998. Effects of conjugated linoleic acid on body fat and energy metabolism in the mouse. *American Journal of Physiology* 275:R667-R672

Wiegand B. R., Sparks J. C., Parrish F. C. Jr , Zimmerman D. R., 2002. Duration of feeding conjugated linoleic acid influences growth performance, carcass traits, and meat quality of finishing barrows. *Journal of Animal Science* 80(3): 637-643

Xiccato G., Schiavon S., Gallo L., Bailoni L., Bittante G., 2005. Nitrogen excretion in dairy cow, beef and veal cattle, pig, and rabbit farms in Northern Italy. *Italian Journal of Animal Science*, vol. 4(3):103-111.

OBIETTIVI GENERALI

La presente tesi di Dottorato è composta da 4 diversi contributi, pubblicati o in corso di pubblicazione. Per ciascun contributo si è ritenuto opportuno mantenere la lingua originale.

I principali obiettivi di questa tesi sono stati:

- sviluppare dei modelli di bilancio dei nutrienti (azoto e fosforo) applicabili su scala aziendale;
- caratterizzare le aziende di vacche da latte presenti nel territorio della Regione Veneto con particolare riferimento alla composizione delle razioni, alla produzione e qualità del latte, al bilancio dei nutrienti con lo scopo di individuare quegli allevamenti con elevate medie di produzione per capo allevato utilizzando diete a basso tenore proteico;
- studiare le prestazioni produttive infra-vitam e post-mortem e bilancio dell'azoto di vitelloni piemontesi alimentati con razioni unifeed con livelli di proteina grezza convenzionali e ridotti, con l'aggiunta o meno di CLA.
- Predisporre dei modelli semplificati per la quantificazione delle produzioni di feci ed urine nei suini in crescita, basato su pochi inputs aziendali di semplice rilievo.

PRIMO CONTRIBUTO SPERIMENTALE

MODELLI DI QUANTIFICAZIONE DELLE ESCREZIONI DI AZOTO E FOSFORO NELLE PRINCIPALI TIPOLOGIE DI ALLEVAMENTO INTENSIVO IN ITALIA: QUANTIFICAZIONE SU BASE AZIENDALE

I. ALLEVAMENTI DI VACCHE DA LATTE

Stefano Schiavon¹, Luigi Gallo¹, Matteo Dal Maso¹, Alessandro Calliman², Lucia Bailoni¹

II. ALLEVAMENTI DI VITELLONI

Stefano Schiavon¹, Luigi Gallo¹, Matteo Dal Maso¹, Franco Tagliapietra¹, Lucia Bailoni¹, Giovanni Bittante¹

III. ALLEVAMENTI DI VITELLI A CARNE BIANCA

Stefano Schiavon¹, Lucia Bailoni¹, Matteo Dal Maso¹, Franco Tagliapietra¹

¹Dipartimento di Scienze Animali, Università di Padova, Italy

²Associazione Provinciale degli Allevatori, Treviso, Italy

SUMMARY

The Italian Ministerial Decree MIPAF (2006) "Criteria for the use of agricultural livestock manure ...", provides standard values of nitrogen excretion for the different species and categories of animals. However, the extent of excretion, even within a single category of animals can vary significantly in relation to factors of production, feeding and management. So the same decree provides for the possibility of present a nitrogen balance tailored to specific farming conditions, following information contained in scientific reports and manuals indicated by the regions. Thus, it is required, for the main types of farming, a tool that may help to implement the nutrient balance at the farm level with the use of a limited number of parameters easily detectable. The results presented in this work are derived, in large part, by a special research project funded by the Veneto region which has been reflected in the development of regulatory instruments for the implementation of the EU Nitrate Directive.

In the various contributions of this work, after a necessary framework of the institutional and methodological common basis, offer a number of models, based on current scientific and technical knowledge, which allow the quantification of N and P excretion at farm level for dairy cows, growing cattle, veal calves, sows, piglets, growing pigs, hens, poultry and turkeys. The institutional context and the availability of these models can represent a strong incentive for the study and implementation of strategies of rearing which combine the needs of environmental protection with those related to the efficient use of material and economic resources.

Key words: Mathematical models, nitrogen excretion, phosphorus excretion, intensive livestock farms

RIASSUNTO

Il Decreto Ministeriale MIPAF (2006) "Criteri per l'utilizzazione agronomica degli effluenti zootecnici...", stabilisce valori standard di escrezione dell'azoto per le diverse specie e categorie di animali allevati. Tuttavia l'entità delle escrezioni, anche nell'ambito di una stessa categoria di animali, può variare in modo rilevante in relazione a fattori produttivi, alimentari e manageriali. Così lo stesso Decreto ha previsto la possibilità di effettuare bilanci dell'azoto aziendali adeguati alle specifiche realtà di allevamento, seguendo indicazioni contenute in relazioni scientifiche e manuali indicati dalle Regioni. E' emersa quindi la necessità di realizzare, per le principali tipologie di allevamento, uno strumento che possa consentire di attuare bilanci dei nutrienti a livello aziendale con l'impiego di un numero limitato di parametri facilmente rilevabili. I risultati esposti in questo lavoro derivano, in buona misura, da uno specifico progetto di ricerca finanziato dalla Regione Veneto che si è concretizzato nella messa a punto di strumenti normativi di applicazione del decreto MIPAF (2006). Nei diversi contributi del presente lavoro, dopo un necessario inquadramento del contesto istituzionale e della impostazione metodologica comune, si propongono una serie di modelli che, basandosi sulle attuali conoscenze scientifiche e tecniche, consentono di quantificare le escrezioni di azoto e fosforo negli allevamenti di vacche da latte, di vitelloni, di vitelli a carne bianca, di suini in accrescimento, di scrofe, di centri specializzati nello svezzamento dei suinetti, di ovaiole, di pollastre e avicoli da carne. Il nuovo contesto normativo e la disponibilità di questi modelli può costituire un forte stimolo per lo studio e l'applicazione di strategie di allevamento in grado di coniugare le esigenze di salvaguardia ambientale a quelle connesse all'uso efficiente delle risorse materiali ed economiche.

INTRODUZIONE

Il Decreto MIPAF (2006) "Criteri per l'utilizzazione agronomica degli effluenti zootecnici...", stabilisce valori standard di escrezione dell'azoto per le diverse specie e categorie di animali allevati. Nonostante la conoscenza di valori standard di escrezione per le varie specie e categorie di animali allevati costituisca un requisito indispensabile va osservato che l'impiego di coefficienti fissi per la quantificazione delle escrezioni definisce,

tanto a livello territoriale che a livello aziendale, una relazione molto stretta tra consistenza di allevamento e fabbisogno di superficie agricola utilizzata, e non prende in considerazione le differenze di escrezione che possono sussistere tra le aziende a seguito delle varie pratiche gestionali, alimentari e produttive esistenti.

L'esigenza di effettuare valutazioni dell'escrezione a livello aziendale utilizzando la metodologia del bilancio "apporti alimentari meno ritenzioni nei prodotti animali", è auspicata non solo in sede europea, ma anche in vari punti del decreto MIPAF (2006). Alla base di questa posizione vi sono innanzitutto considerazioni di natura ambientale, volte a spingere il settore ad intervenire sui veri fattori causali nella emissione di potenziali inquinanti. L'applicazione automatica di una serie di coefficienti di escrezione fissi per specie e categoria non dà infatti alcun incentivo alla ricerca e all'applicazione di strategie di riduzione delle emissioni potenziali inquinanti dagli allevamenti, dal momento che una buona tecnica di allevamento non avrebbe modo di differenziarsi da una cattiva tecnica di allevamento. A titolo esemplificativo, merita di essere ricordato a tale proposito che, anche ai fini dell'applicazione della direttiva IPPC nei suini e negli avicoli, gli interventi sulla composizione dei mangimi si configurano come Migliori Tecniche Disponibili (European Commission, 2003) e possono contribuire ad una riduzione delle emissioni a parità di carico di animali allevato per unità di superficie agricola. La possibilità di produrre dei bilanci dei nutrienti, per specifiche realtà aziendali, può consentire all'allevatore di applicare tecniche di allevamento a basso impatto riducendo l'emissione di nutrienti. Questo introduce nel sistema un importante elemento di flessibilità, non solo nello stabilire i rapporti tra capi allevati e superficie disponibile, ma anche per migliorare l'efficienza di conversione dei principi nutritivi e il risparmio di risorse naturali (alimenti, acqua, superfici agricole, ecc).

Bilanci aziendali dei nutrienti

Proprio in base a queste premesse il decreto MIPAF (2006) ha previsto la possibilità di effettuare di bilanci dell'azoto aziendali adeguati alle specifiche realtà di allevamento, seguendo indicazioni contenute in relazioni scientifiche e manuali indicati dalle Regioni. Si segnala che l'XI rettorato generale della Commissione Europea ha commissionato uno

studio (ERM/AB-DLO, 1999, ERM, 2001) finalizzato a stabilire i criteri per la quantificazione aziendale delle escrezioni di azoto nelle diverse specie allevate.

Lo studio ERM (2001) ha evidenziato che, nell'ambito di ciascuna categoria di animali allevati, la forte variabilità delle escrezioni va ascritta principalmente ai consumi alimentari, al contenuto di azoto delle diete, al peso vivo e ai livelli produttivi. Il contenuto azotato dei prodotti (carne, latte, uova ecc.) invece influenza poco le escrezioni, sia perché nell'ambito di una stessa tipologia questo è caratterizzato da variabilità ridotte sia perché le ritenzioni costituiscono una proporzione modesta (20-30%) degli apporti alimentari complessivi di azoto.

Dal momento che consumi alimentari, contenuti di proteina delle diete e livelli di produttivi possono largamente oscillare in relazione alla specie, alla tipologia di animali impiegati, al management alimentare, al mercato delle materie prime, alle finalità produttive e via dicendo (Schiavon, 2002), ne consegue che la definizione di bilanci azotati negli allevamenti deve tener conto delle specifiche situazioni di allevamento e di alimentazione che caratterizzano la realtà regionale e locale.

Va inoltre osservato che stime delle escrezioni basate su misure e analisi chimiche degli effluenti in azienda sono rese poco precise dalle difficoltà di stimare i volumi escreti e di ottenere campioni sufficientemente rappresentativi del materiale prodotto in un anno (ADAS, 2007). L'approccio analitico ha anche il limite che i risultati ottenuti sono applicabili solo per quella data combinazione di fattori e condizioni che si è verificata nel periodo di osservazione e di campionamento (ADAS, 2007). Inoltre attraverso questo sistema non si giunge ad una quantificazione delle escrezioni complessive di azoto a causa della difficoltà di quantificazione delle emissioni gassose (ADAS, 2007).

In questa cornice si sono predisposti dei modelli di stima e delle procedure di rilievo che possono essere applicati per una più precisa quantificazione delle escrezioni aziendali e per promuovere l'adozione di pratiche di allevamento e alimentazione a basso impatto. I dati impiegati nella messa a punto dei modelli derivano in larga parte dai risultati di una precedente ricerca condotta nell'ambito del progetto interregionale "Bilancio dell'azoto negli allevamenti" che ha coinvolto unità di ricerca dell'Emilia Romagna, della Lombardia,

del Piemonte e del Veneto (Xiccato *et al.*, 2004). Tale progetto ha contribuito alla definizione dei valori standard di escrezione riportati nel decreto MIPAF (2006) per le principali tipologie di allevamento. Parte dei risultati ottenuti in questo progetto sono stati oggetto di relazioni e pubblicazioni (Ceolin *et al.*, 2004; Gallo *et al.*, 2004; Bonazzi *et al.*, 2005; Ceolin *et al.*, 2005; Tagliapietra *et al.*, 2005; Xiccato *et al.*, 2005). I risultati esposti in questo lavoro derivano da uno specifico progetto finanziato dalla Regione Veneto che si è concretizzato nella messa a punto di una procedura informatizzata che consente l'applicazione di bilanci aziendali dell'azoto e del fosforo (Regione Veneto, 2007), in applicazione del decreto MIPAF (2006).

IMPOSTAZIONE METODOLOGICA

Azoto

Nell'elaborare i modelli di calcolo delle escrezioni di azoto per le varie specie e categorie di animali allevati si fatto riferimento all'approccio metodologico proposto da ERM/AB-DLO (1999) e ERM (2001). In questo approccio, conosciuto come bilancio di massa, l'escrezione totale di azoto viene quantificata come differenza tra il consumo di azoto e la ritenzione nei prodotti. Per il calcolo dell'azoto netto nei reflui, il valore di escrezione totale così trovato viene corretto per un fattore che tiene conto della quota di azoto volatilizzato durante le fasi di rimozione dei reflui dalla stalla e di stoccaggio. Per tutte le specie e categorie considerate la relazione di base utilizzata è la seguente:

$$N_{\text{reflui}} = (N_{\text{consumato}} - N_{\text{prodotti}}) - N_{\text{vol}}$$

dove:

$N_{\text{consumato}}$ è la quantità di azoto consumato. Questo valore è calcolato come prodotto tra il consumo alimentare e il contenuto di azoto delle razioni impiegate. Il consumo alimentare varia in funzione di numerosi fattori tra cui il peso dell'animale, il livello di produzione e da tutti quegli aspetti gestionali che condizionano gli indici di conversione alimentare. In generale il consumo alimentare è difficilmente quantificabile in azienda

(ADAS, 2007). Per questo motivo l'ERM (2001) suggerisce il ricorso ad equazioni di previsione dell'ingestione alimentare basate su parametri aziendali più facilmente acquisibili ed accertabili, come il peso vivo e il livello di produzione. La stessa fonte ritiene opportuno che tali equazioni siano preferibilmente sviluppate utilizzando informazioni raccolte in sede locale. Il contenuto di azoto della dieta dipende chiaramente dagli alimenti che la costituiscono e può essere determinato dall'analisi della razione nel suo complesso o dall'analisi dei suoi ingredienti se si conosce la formula alimentare. I contenuti di azoto delle razioni alimentari per una data tipologia di animali allevati variano fortemente tra località in relazione alla disponibilità e ai prezzi delle materie prime alimentari, alle esigenze di mantenere adeguati standard qualitativi dei prodotti per i mercati cui sono destinati, alle pratiche più o meno tradizionali di allevamento e alimentazione del bestiame.

N_{prodotti} è la quantità di azoto ritenuta nei prodotti animali. In generale la quantità di azoto ritenuto/unità di prodotto è relativamente costante nell'ambito di una data tipologia di prodotto. Va inoltre sottolineato che la quantità di N ritenuto costituisce normalmente una frazione relativamente modesta della quantità di azoto consumato. Per questo motivo variazioni anche sensibili dei coefficienti di ritenzione non comportano variazioni altrettanto importanti delle stime dell'azoto escreto (Schiavon, 2002). Ai fini della stima delle escrezioni di azoto, si è quindi giudicato opportuno ricorrere all'impiego di coefficienti di ritenzione ricavati dalla letteratura nazionale e/o internazionale per i vari prodotti di interesse.

N_{vol} rappresenta la quantità di azoto perso per volatilizzazione durante la fase di permanenza in stalla, rimozione, stoccaggio ed eventuale trattamento dei reflui. In generale le perdite volatili di azoto non sono ben caratterizzate (ERM, 2001; NRC, 2002; Chinkin, 2003; EMEP/CORINAIR, 2006). Un'analisi retrospettiva della letteratura pubblicata dal 1994 ha messo in luce l'esistenza di un numero limitato di pubblicazioni che riportano misure dirette delle perdite gassose (NRC; 2002; Chinkin, 2003). Sono invece disponibili diverse reviews, che propongono modelli di stima delle emissioni impiegando fattori di emissione definiti in precedenza (NRC, 2002; Chinkin, 2003). L'ERM (2001), pur suggerendo dei valori di standard per le diverse tipologie di

allevamento (prevalentemente ricavati da dati nord europei, in particolare Olandesi, Inglesi e Danesi), sottolinea comunque la mancanza di informazioni relative all'entità di queste perdite in differenti condizioni, in particolare in quelle mediterranee. I valori di riferimento per la realtà italiana riportati nel MIPAF (2006), derivano principalmente dall'applicazione di modelli di stima basati su dati ottenuti dal CRPA (Mazzotta *et al.*, 2003a,b; Bonazzi *et al.*, 2004; Bonazzi *et al.*, 2005) e sulla letteratura estera (Metz, 1995; Ogink and Kroodsma, 1996; Pfeifer *et al.*, 1994; Smits *et al.*, 1995; Swierstra *et al.*, 1995; Valli *et al.*, 2000; Van't Ooster, 1994). Le perdite gassose variano fortemente in relazione alla specie, all'età e al livello produttivo, al contenuto di azoto degli alimenti zootecnici, all'efficienza di conversione dell'azoto alimentare in azoto trattenuto nei prodotti, ai sistemi di stabulazione e di stoccaggio delle deiezioni (inclusi i tempi di contenimento, le temperature le precipitazioni, la velocità del vento, il grado di copertura dei contenitori), alle pratiche di trattamento dei reflui, al tempo speso dagli animali all'aperto o in ambiente confinato e così via (NRC, 2002; EMEP/CORINAIR, 2006). Per una valutazione più precisa delle emissioni in una determinata realtà produttiva, sarebbe necessario avere una rappresentazione quantitativa per i vari fattori citati. Per questo motivo appare più ragionevole e più facilmente realizzabile nella pratica, almeno in una fase iniziale, utilizzare fattori medi di emissione in atmosfera per le principali categorie di animali allevati. Questi fattori di emissione possono essere espressi come percentuale dell'azoto totale escreto, così come riportato dall'ERM (2001) e nelle tabelle dell'allegato 1 del MIPAF (2006). L'espressione del fattore di emissione in termini percentuali rispetto all'azoto totale escreto è inoltre giustificato dall'osservazione che, a parità di condizioni, valori più elevati di escrezione sono generalmente correlati a maggiori emissioni in atmosfera (NRC, 2002). Così, nelle procedure di calcolo dell'azoto netto escreto per le diverse tipologie di animali allevati le perdite volatili di azoto sono state espresse in termini percentuali rispetto alla quantità totale di azoto escreto, utilizzando come riferimento i valori riportati nelle tabelle in nota dell'allegato 1 del decreto MIPAF (2006). La modellizzazione delle perdite di azoto in atmosfera conseguente a differenti trattamenti dei reflui zootecnici non costituisce argomento di questo lavoro. Tuttavia si fa presente che i coefficienti di volatilizzazione utilizzati nei modelli proposti possono essere facilmente sostituiti con

altri ritenuti più opportuni senza alterare l'impostazione complessiva dell'approccio. A tal fine può essere utile ricordare che nella tabella 3 dell'allegato 1 del decreto MIPAF (2006) vengono riportati diversi coefficienti di perdite volatili di azoto in funzione del tipo di trattamento subito dai liquami suini.

Fosforo

Vari studi sono stati condotti in Italia allo scopo di valutare il contenuto di fosforo nelle razioni, nei prodotti animali e nei reflui, in particolare di suini (Bittante *et al.*, 1991; Russo *et al.*, 1991; Russo *et al.*, 1995; Bosi *et al.*, 1997). Comunque non esistono attualmente valori standard di riferimento che possono essere utilizzati per regolare l'applicazione dei reflui nei suoli agricoli. Sono comunque disponibili alcune linee guida edite da Governi Regionali o Enti di assistenza tecnica che danno indicazioni sui contenuti di P₂O₅ nei reflui per differenti categorie animali (CRPA, 2001). La mancanza di valori legali non è dovuta ad una sottovalutazione dei rischi di eutrofizzazione, ma nella lista di priorità il P è considerato potenzialmente meno inquinante dell'azoto principalmente a causa delle capacità di ritenzione di questo elemento dei suoli italiani, prevalentemente pesanti o di medio impasto. A tale riguardo in Italia, come in altri Paesi mediterranei, invece di considerare gli apporti di fosforo con i reflui zootecnici si sono stabilite delle soglie limite di concentrazione oltre le quali la distribuzione dei reflui è vietata, in particolare nei suoli acidi dove maggiori sono i rischi di mobilizzazione del fosforo. Nonostante il diverso approccio normativo la quantificazione delle escrezioni di fosforo da parte delle diverse tipologie di animali allevati è di grande interesse ai fini di una più precisa caratterizzazione delle proprietà nutritive degli effluenti, anche in ragione di possibili riduzioni dell'impiego di fertilizzanti chimici. Va inoltre considerato che l'approccio metodologico per la quantificazione delle escrezioni di fosforo è molto simile a quello dell'azoto, con la specifica che in questo caso non vi sono perdite di volatilizzazione. Per tutte le specie la relazione utilizzata è stata dunque la seguente:

$$P_{\text{reflui}} = (P_{\text{consumato}} - P_{\text{prodotti}})$$

dove:

$P_{\text{consumato}}$ è la quantità di fosforo consumato. Come per l'azoto il valore è calcolato come prodotto tra il consumo alimentare e il contenuto di fosforo delle razioni impiegate.

P_{prodotti} è la quantità di fosforo ritenuta nei prodotti. Analogamente all'azoto si è ritenuto opportuno ricorrere all'impiego di coefficienti di ritenzione ricavati dalla letteratura nazionale e/o internazionale per i vari prodotti di interesse.

I modelli generali sopra descritti operano su un livello di definizione rappresentato dal capo medio per ciascuna categoria di animali allevati e non sono quindi direttamente applicabili per rappresentare il sistema a livello aziendale (ADAS, 2007). Per trasferirsi dal livello animale a quello aziendale sarà quindi necessario considerare dei fattori di aggiustamento che tengano conto, accanto ai dati di consistenza per ciascuna categoria, della lunghezza dei cicli produttivi, dei tempi di vuoto dovuti a motivi tecnici e sanitari, della mortalità etc (ADAS, 2007). Nei contributi che seguono sono presentate le considerazioni tecniche e le assunzioni effettuate per la definizione delle procedure di calcolo per le più comuni tipologie di allevamento presenti nel territorio.

CONCLUSIONI

Superando le difficoltà e le incertezze di quantificazione delle escrezioni di azoto e fosforo connesse ai metodi semplificati, basati sulla consistenza media di allevamento e su coefficienti standard di escrezione, le procedure proposte consentono di ottenere stime accurate delle escrezioni basate su indici tecnici facilmente rilevabili in azienda. Specifiche funzioni di stima sono state sviluppate per prevedere le ingestioni alimentari durante i cicli produttivi. Gli approcci di calcolo, pur basandosi sul metodo generale proposto dall'ERM (2001), sono stati implementati in una forma che consente di passare da un livello descrittivo, basato sul singolo animale, ad un livello che rappresenta l'azienda nel suo complesso. L'impiego di queste procedure può quindi costituire uno strumento utile per migliorare le pratiche di allevamento non solo in relazione alla quantificazione delle

emissioni di nutrienti, ma anche alla valutazione degli indici tecnici aziendali, aspetti che possono avere una forte valenza economica per gli allevatori. Questo strumento può permettere quindi una più semplice individuazione e implementazione delle tecniche e delle strategie di allevamento e di alimentazione più idonee per coniugare le esigenze di produzione con quelle di riduzione dell'impatto derivante dall'attività di allevamento.

Con l'ausilio di questi modelli le Regioni possono predisporre strumenti specifici con l'obiettivo di aiutare gli operatori del settore nella predisposizione delle comunicazioni di utilizzazione agronomica dei reflui. Si ritiene che la graduale implementazione dei modelli e delle procedure di bilancio proposti nelle pratiche di allevamento, anche attraverso mezzi informatici, possa avere notevoli ricadute sul territorio. Le principali sono di seguito elencate.

- Valorizzare quelle situazioni di allevamento in cui l'escrezione di azoto è già al di sotto dei valori standard nazionali;
- Promuovere strategie di contenimento delle escrezioni già in fase di produzione;
- Ridurre la necessità di ricorrere ad altre soluzioni di gestione-trattamento degli effluenti più complesse e impegnative, in termini economici e gestionali, e meno sicure in riferimento alle possibili emissioni di potenziali inquinanti nelle diverse componenti ambientali (aria, acqua e suolo);
- Fornire elementi quantitativi (contenuti di azoto e fosforo) necessari per la caratterizzazione dei reflui di allevamento al fine di valorizzarne le proprietà fertilizzanti e ammendanti e promuoverne l'impiego in sostituzione dei fertilizzanti chimici.
- Promuovere la ricerca, lo sviluppo e l'applicazione di tecnologie finalizzate al miglioramento dell'efficienza di conversione delle materie prime e alla ottimizzazione d'uso delle risorse ambientali con riflessi positivi tanto sul piano della protezione ambientale che su quello della sostenibilità economica dell'attività di allevamento.

Ringraziamenti

Gli Autori desiderano ringraziare la Regione Veneto che ha finanziato il progetto nell'ambito del progetto "Strumenti per l'applicazione ed il monitoraggio della Direttiva Nitrati" e la Provincia di Padova che ha finanziato una borsa di dottorato di ricerca finalizzata su questi temi.

LETTERATURA

ADAS, 2007. ADAS report to DEFRA. Supporting paper F2 for the consultation on the implementation of the nitrates directive in England. Home page: <http://www.defra.gov.uk/environment/water/quality/nitrate/pdf/consultation-supportdocs/f2-excreta-n-output.pdf>.

Bittante G., Ramanzin M., Schiavon S., 1991. La ritenzione di fosforo nei suini in accrescimento. *Rivista di suinicoltura* 32:81-86.

Bonazzi G., C. Fabbri C., 2004. Calcolo delle emissioni in atmosfera dall'allevamento suinicolo e avicolo: il modello NetIPPC [Computing the gas emission of pig and poultry housing into atmosphere: the NetIPPC model]. *CRPA Notizie*, 11/2004.

Bonazzi G, Crovetto M, Della Casa G, Schiavon S., Sirri F., 2005. Evaluation of Nitrogen and Phosphorus in Livestock manure: Southern Europe (Italy). In: *Nutrients in Livestock manure*. 14 febbraio. European Commission Directorate General Environment. EC Workshop on Nutrients in livestock manure. Directorate B – Protecting the Natural Environment. Albert Borschette Centre, rue Froissart 36, 1040 Brussels.

Bosi P., Macchioni P., Russo V., 1997. Dietary means to reduce phosphorus pollution from finishing heavy pigs. *Pig New Inf.* 18:117N-121N.

Ceolin C., Schiavon S., Tagliapietra F., Gallo L., 2004. Performance produttive e bilancio dell'azoto in allevamenti specializzati nello svezzamento di suinetti. *Atti 58° Convegno Nazionale S.I.S.Vet.* 23-25 settembre, Grado (GO), 58:481-482.

Ceolin C., Tagliapietra F., Schiavon S., 2005. Sow rearing in North Italy. I Analysis of technical and productive characteristics of different herds. Italian Journal of Animal Science, 4:473-475.

Chinkin L.R., Ryan P.A., Coe D.L., 2003. Recommended improvements to the CMU ammonia emission inventory model for use by LADCO. Revised final report 902350-2249-FR2 STI, Petaluma, CA, USA.

CRPA, 2001. Liguami Zootecnici – Manuale per l'utilizzazione agronomica. Edizioni L'Informatore Agrario, Bologna.

EMEP/CORINAIR, 2006. Emission Inventory Guidebook – Manure management regarding nitrogen compound. European Environment Agency, Brussels.

ERM, 2001. Livestock manures – Nitrogen equivalents. Copies available from: European Commission DG Environment – D1, 200 Rue de la Loi, B-1049 Brussels, Belgium

ERM/AB-DLO, 1999. Establishment of criteria for the assessment of the nitrogen content of animal manures, European Commission, Final report November 1999, Brussels, Belgium.

European Commission, 2003. Integrated pollution prevention and control. Reference document on best available techniques for intensive rearing of poultry and pigs. European Commission, Bruxelles, Belgium, http://www.jrc.cec.eu.int/eippcb/doc/ilf_bref_0703.pdf

Gallo L., Schiavon S., Bittante G., Contiero B., Dalle Rive G., Tondello L., 2004. Nitrogen excretion estimates for beef cattle using farm data from intensive italian herds. 55° Annual Meeting of the EAAP. 5-9 September, 55:353.

Mazzotta V., G. Bonazzi, C. Fabbri and L. Valli. 2003a. Emissione di ammoniaca e di composti ad effetto serra dagli allevamenti di suini: fattori di emissione e tecniche di riduzione [Ammonia and greenhouse gas emission of pig husbandry farms: emission factors and reduction techniques]. ENEA, Rome (Italy).

Mazzotta V., G. Bonazzi, C. Fabbri and L. Valli. 2003b. Emissione di ammoniaca e di composti ad effetto serra dagli allevamenti di galline ovaiole: fattori di emissione e tecniche

di riduzione [Ammonia and greenhouse gas emission of poultry farms: emission factors and reduction techniques]. ENEA, Roma (Italia).

Metz, J.H.M., Ogink, N.W.M., Smits, M.C.J., 1995. Research on housing systems and manure treatment to reduce ammonia emission in dairy husbandry. In: W. Luten, H. Snoek, S. Schukking and M. Verboon (eds.). Applied research for sustainable dairy farming. Proceedings of the symposium, 31 May to 2 June, 1995, p. 36-39. Research Station for Cattle Sheep and Horse Husbandry, Lelystad, The Netherlands.

MIPAF (Ministero delle politiche agricole e forestali, Italia), 2006. Decreto legislativo 7 Aprile 2006 “Criteri e norme tecniche generali per la disciplina regionale dell'utilizzazione agronomica degli effluenti di allevamento, di cui all'articolo 38 del Decreto legislativo del 11 maggio 1999 No. 152”. In: Bollettino ufficiale n. 109 del 12.04.2006, Ord. Suppl. n. 120.

http://www.politicheagricole.it/NR/rdonlyres/ed3uy755k2hwqeeiwde3dtidciyqeyfesvsidm5ysrx2u5jzwjtryffrbclpdthyhptdnnfn2v25agypwfyttxz2ike/20060407_DI_SR_effluentiallevamento.pdf

NRC, 2002. The Scientific basis for estimating emission from animal feeding operations. National Academy Press, Whashington D.C.

Ogink, N.W.M., Kroodsma, W., 1996. Reduction of ammonia emission from a cow cubicle house by flushing with water or a formalin solution. Journal of Agricultural Engineering Research 63:197-204.

Pfeiffer, A., Arends, F., Steffens, G., Langholz, H.J., 1994. Ammonia emissions originating from naturally ventilated dairy cow housing systems with different dung systems. In: J.E. Hall (ed.). Animal Waste Management, Proceedings of the Seventh Technical Consultation on the ESCORENA Network on Animal waste Management, Bad Swischenahn, Germany, 17 – 20 May 1994, p. 39-44. Technical Series 34, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Regione Veneto, 2007. Decreto della Giunta Regionale n. 2439 del 7/8/2007, Allegato D. Home page: <http://www.regione.veneto.it/NR/rdonlyres/1423D7A2-7B83-4429-B0C4-BE1CD7FFE3F2/0/AllegatoDBilancioazotato.pdf>

Russo V. Bosi P., Macchioni P., 1991. Possibilità di ridurre il fosforo nei liquami suini attraverso l'alimentazione. L'Informatore agrario 18:39-45.

Russo V. Bosi P., Macchioni P., Sequenza S., 1995. Alimentazione del suino pesante e riduzione del rilascio di fosforo nell'ambiente. L'informatore agrario 16:45-48.

Schiavon S., 2002. Inquinamento zootecnico: una rivalutazione del ciclo biologico nelle nuove prospettive della ricerca tecnica. Parte II Criteri di valutazione dell'impatto ambientale degli allevamenti e proposte di aggiornamento della normativa. Rivista di Diritto Agrario 81(1):121:148.

Smits, M.C.J., Valk, H., Elzing, A., Keen, A., 1995. Effect of protein nutrition on ammonia emission from a cubicle house for dairy cattle. Livestock Production Science 44:147-156.

Swierstra, D., Smits, MC.J., Kroodsma, W., 1995. Ammonia emission from cubicle houses for cattle with slatted and solid floors. Journal of Agricultural Engineering Research 62:127-132.

Tagliapietra F., Ceolin C., Schiavon S., 2005. Sow rearing in North Italy. II. Analysis of N balance in different herds. Italian Journal of Animal Science 4:476-478.

Valli, L., Fabbri, C., Bonazzi, G., 2000. A national inventory of ammonia and greenhouse gas emissions from agriculture in Italy. UN-ECE Meeting, Bern, September 2000.

Van 't Ooster, A., 1994. Using natural ventilation theory and dynamic heat balance modeling for real time prediction of ventilation rates in naturally ventilated livestock houses. In: Report No. 94-C-026, XII World Congress on Agricultural Engineering, Milano, Italy.

Xiccato G., Bailoni L., Bittante G., Gallo L., Gottardo F. Mantovani R., Schiavon S., 2004. Bilancio dell'azoto in allevamenti di bovini, suini e conigli. Progetto interregionale - Legge 23/12/1999 n. 499, art. 2 - Report finale, Regione Veneto, Italia

Xiccato G., Schiavon S., Gallo L., Bailoni L., Bittante G., 2005. Nitrogen excretion in dairy cow, beef and veal cattle, pig, and rabbit farms in Northern Italy. *Italian Journal of Animal Science*, vol. 4(3):103-111.

I. ALLEVAMENTI DI VACCHE DA LATTE

Definizione del modello

L'escrezione di nutrienti negli allevamenti di vacche da latte è influenzata da un elevato numero di fattori. I principali riguardano la consistenza e la mole dei capi in produzione e dei capi da rimonta, i livelli produttivi e i contenuti di azoto e fosforo delle razioni alimentari (ERM/AB-DLO, 1999; ERM, 2001; ADAS, 2007). Nel predisporre il modello ci si è proposti di creare un sistema in grado di tener conto di tutti questi fattori in modo integrato. In questo modo l'azienda che impiega la procedura può arrivare ad una definizione sufficientemente precisa delle escrezioni in base alle proprie condizioni di allevamento. Questo può aiutare anche ad individuare la strategia gestionale e/o di alimentazione che si ritiene più opportuna per ridurre le escrezioni, operando sulla scelta della razza, sulle consistenze degli animali in produzione e dei capi da rimonta, sui livelli di produzione, sulle modalità di alimentazione e sulle caratteristiche nutrizionali delle razioni impiegate. I necessari elementi di input che devono essere raccolti per l'applicazione del modello sono di seguito descritti.

Consistenze di allevamento

Per consistenza di allevamento si intende il numero di capi mediamente presenti nell'allevamento nel corso dell'anno. E' opportuno ripartire le consistenze dei capi (lattifere e capi da rimonta) di grande e di piccola mole (vedi considerazioni fatte al punto successivo). Si fa presente che i dati di consistenza rilevabili in azienda possono essere confrontati con quelli riportati nei seguenti documenti:

- per i capi in produzione:

- Per le aziende con capi iscritti ai libri genealogici: Documenti ufficiali APA;
- Per le altre aziende: dichiarazione riportata sul Modello L1 del sistema informativo agricolo nazionale (SIAN), documento che l'allevatore compila su modulo cartaceo, e che conserva, dove si riporta il numero di vacche detenute nell'annata agraria.

- per i capi da rimonta (vitelle e manze)

- Per le aziende con capi iscritti ai libri genealogici: Documenti ufficiali APA;

- Per le altre aziende: si tratta di verificare il registro di carico scarico in cui sono presenti tutti i capi ma che non sono distinti per categoria. In mancanza di informazioni specifiche relative al numero di capi da rimonta presenti in allevamento si può considerare che nelle razze di grande mole il numero di capi da rimonta rispetto al numero di vacche in produzione sia mediamente pari all'82% (Bittante *et al.*, 2004), mentre per le razze di piccola mole, essendo la quota di rimonta più contenuta, si propone un valore di riferimento pari al 60%. L'impiego di coefficienti fissi può comunque penalizzare quelle realtà aziendali in cui la quota di rimonta è inferiore rispetto alla media. Laddove esistano situazioni che si discostano dai valori percentuali sopra riportati (acquisizione rimonta dall'esterno, affidamento della rimonta a centri specializzati, ecc) si dovranno dichiarare e documentare tali differenze.

Peso vivo medio

Peso vivo medio del capo in produzione (Pvm):

$$Pvm = (CM_V_G*620+CM_V_P*500)/CM_V; \quad \text{kg/capo} \quad (1)$$

dove:

CM_V_G = consistenza media vacche di grande mole;

CM_V_P = consistenza media vacche di piccola mole;

CM_V = consistenza media totale vacche;

620 = peso vivo medio vacche di grande mole, dal primo parto a fine carriera (kg);

500 = peso vivo medio vacche di piccola mole, dal primo parto a fine carriera (kg).

L'equazione proposta è finalizzata ad ottenere un valore di peso vivo rappresentativo della vacca media presente in azienda. Dal momento che la mole dell'animale può influenzare in una certa misura l'entità delle escrezioni, lo studio dell'ERM (2001) distingue categorie di animali di piccola mole (ad es. Jersey), con un peso vivo adulto di 425 kg, ed animali di grande mole (es. Holstein), con peso adulto di 650 kg. Per vacche adulte di grande mole l'ADAS (2007) propone un valore di 600 kg. Tenendo presente su base territoriale vi può essere una significativa presenza di vacche appartenenti a razze di mole intermedia (peso vivo adulto intorno a 500 kg) si è proceduto ad una prima classificazione delle razze in base alla tabella 1 di seguito riportata. Ovviamente, la lista può essere integrata con informazioni relative ad altre razze. Le informazioni relative al peso vivo sono state ricavate da

informazioni rese disponibili dal Dipartimento di Scienze Animali, dalle diverse APA del Veneto e dal sito <http://www.agraria.org/>.

Produzione di latte

L'equazione proposta è finalizzata ad ottenere un dato di produzione media per capo. I valori di produzione delle singole aziende sono pubblicamente disponibili sul sito del Sistema Informativo Agricolo Nazionale <http://www.sian.it/lattepubb/loadComuniRicercaQuote.do> e riguardano le consegne di latte relative all'ultima annata agraria.

Produzione media annuale di latte per capo in produzione (Latte V):

$$\text{Latte}_V = \text{Latte}_{az}/\text{CM}_V * 1000; \quad \text{kg/capo/anno} \quad (2)$$

dove: Latte_{az} = produzione media annuale di latte dell'azienda espressa in ton/anno.

Ingestione di sostanza secca

L'ingestione di sostanza secca è difficilmente ricavabile sulla base di informazioni aziendali riguardanti i consumi alimentari. Da qui l'esigenza di stimare i consumi alimentari sulla base di altri parametri di più semplice controllo (ADAS, 2007). Numerosi tentativi sono stati effettuati per costruire equazioni di previsione dell'ingestione di sostanza secca, ma in molti casi queste equazioni richiedono un numero elevato di variabili che ne rendono inappropriato l'uso per gli scopi del presente lavoro (ADAS, 2007). Sono comunque disponibili funzioni che prevedono il solo impiego del peso vivo e della produzione di latte come variabili indipendenti (Chase and Sniffen, 1985; NRC, 2001; ERM, 2001), anche se, come evidenziato da ADAS (2007), l'applicazione di queste equazioni può comportare differenze abbastanza rilevanti tra stime e valori misurati sul campo. Allo scopo di verificare la possibilità di utilizzare l'equazione proposta all'ERM (2001) anche per le condizioni del nostro territorio, si sono analizzati i dati di 212 aziende (Schiavon *et al.*, su dati APA 2006 non pubblicati) con capi di razza Frisona, Pezzata rossa, Bruna e Rendena, di cui si conoscevano le produzioni di latte e i consumi alimentari attesi, in base alle formule alimentari preparate da tecnici APA (Associazioni Provinciali Allevatori). I dati di ingestione di produzione di latte (x) sono stati messi in relazione ai

consumi attesi di sostanza secca (y) derivanti dalle formule alimentari o dall'applicazione dell'equazione proposta dall'ERM (2001). I risultati sono dati in Figura 1.

Il grado di precisione delle stime appare alquanto limitato se si considerano le singole aziende. Del resto è noto che i dati di formulazione rappresentano solo in parte gli effettivi consumi alimentari da parte degli animali, dal momento che la formula teorica differisce da quella prodotta durante la preparazione del carro miscelatore e da quella effettivamente consumata dagli animali. Ciononostante, mediando i valori aziendali per classi di produzione (Tabella 2) la corrispondenza tra le stime di ingestione da formula alimentare e quelle derivanti dall'equazione ERM (2001) appare sufficiente, anche se i dati ERM (2001) sottostimano le ingestioni ai livelli di produzione più bassi e sovrastimano le ingestioni ai livelli di produzione più elevati.

Il grado di correlazione tra le stime di ingestione ERM (2001) e i valori di ingestione attesi in base alle formule alimentari è risultato pari al 57% con un deviazione standard pari a 2,0 kg/d. I risultati ottenuti ci consentono di assumere che, per gli scopi del presente lavoro, l'impiego della formula ERM (2001) possa consentire stime dell'ingestione accettabili. L'ADAS (2007), utilizzando un approccio simile è giunto ad analoghe conclusioni.

Il sistema di equazioni successivamente descritto (eq. n. 3 - 6) è quindi finalizzato a stimare le ingestioni di sostanza secca, in funzione del peso vivo medio metabolico e del livello di produzione per ciascun gruppo alimentare (1,...,4) eventualmente presente in azienda. Va sottolineato che nella pianura padana la grande maggioranza delle aziende impiega la tecnica dell'unifeed (Total Mixed Ration) con un unico gruppo di alimentazione (Bittante *et al.*, 2004). Dall'indagine di Bittante *et al.* (2004) che ha interessato 104 allevamenti del Veneto risulta che vi è una quota significativa di allevamenti in cui si pratica l'unifeed con più gruppi di alimentazione, in relazione alla fase di lattazione e/o al livello produttivo (multiphase feeding). Risulta anche che il ricorso al pascolo aziendale è una pratica sostanzialmente assente per gli allevatori di razza Frisona, mentre circa un quarto delle aziende di razza Bruna e ben due terzi delle aziende di razza Rendena utilizza pascolo per i propri animali; in tutti i casi, però, tale pratica interessa le sole categorie di manze e vacche asciutte per periodi sostanzialmente ridotti nell'anno. Le funzioni per la stima dell'ingestione di sostanza secca, di seguito riportate, sono state studiate in modo da

consentire l'applicazione del metodo di bilancio in aziende che adottano differenti modalità di distribuzione degli alimenti.

Ingestione media giornaliera di sostanza secca per gruppo e per capo in lattazione (kg/capo/giorno)

(3)

Gruppo 1	perm ₁ >0 , <100	INGSS ₋₁ = 0,052*PVM ^{0.75} + 0,5*Latte_V ₋₁
Gruppo 2	se perm ₂ =0	INGSS ₋₂ = 0 altrimenti: INGSS ₋₂ = 0,052*PVM ^{0.75} + 0,5*Latte_V ₋₂
Gruppo 3	se perm ₃ =0	INGSS ₋₃ = 0 altrimenti: INGSS ₋₃ = 0,052*PVM ^{0.75} + 0,5*Latte_V ₋₃
Gruppo 4	se perm ₄ =0	INGSS ₋₄ = 0 altrimenti: INGSS ₋₄ = 0,052*PVM ^{0.75} + 0,5*Latte_V ₋₄

Dove:

- Latte_V₋₁; Latte_V₋₂; Latte_V₋₃; Latte_V₋₄ indicano le produzioni medie giornaliere di latte rilevate nell'ambito di ciascun gruppo di alimentazione.

- perm_{1, 2, 3, 4} indicano la permanenza media dei capi nei gruppi di alimentazione fatto 100 la durata della lattazione.

Ingestione media giornaliera di sostanza secca per capo in lattazione (kg/capo/giorno)

(4)

$$INGSS_{lat} = INGSS_{-1} * Perm_{-1} / 100 + INGSS_{-2} * Perm_{-2} / 100 + INGSS_{-3} * Perm_{-3} / 100 + INGSS_{-4} * Perm_{-4} / 100$$

Ingestione media giornaliera di sostanza secca per capo in asciutta (kg/capo/giorno) (5)

$$INGSS_{asc} = 0,052 * PVM^{0.75}$$

L'equazione indicata per la stima dell'ingestione di sostanza secca deriva da quella dall'ERM (2001)

Ingestione annuale di sostanza secca per capo inclusa la fase di asciutta (kg/anno)

(6)

$$INGSS = [(INGSS_{lat}) * 0,82 + INGSS_{asc} * (1 - 0,82)] * 365$$

dove:

0,82 = frazione di anno passato in lattazione

Contenuti medi di proteina grezza, azoto e fosforo delle razioni

Dai dati di formulazione raccolti da Dal Maso *et al.* (2009) su 89 allevamenti si possono trarre utili indicazioni sulle caratteristiche medie di composizione alimentare e chimico

nutrizionale di razioni destinate a vacche in lattazione con una media produttiva di 30 kg latte/capo/d nel Veneto (Tabella 3). L'impiego di insilato di mais è nettamente prevalente su tutti gli altri costituenti alimentari (20 kg/capo/d). I foraggi a fibra lunga, quasi esclusivamente rappresentati da fieni di leguminose, di prati polifiti e di graminacee, sono inclusi in quantità prossime a 5,5 kg/capo/d. Gli alimenti concentrati, cereali, farine e pannelli proteici (principalmente soia e pannello di cotone), e mangimi commerciali nel loro complesso sono somministrati in dosi pari a 10 kg/d, che aumentano però fino a superare gli 11,5 kg/d se si considerano anche le miscele di produzione aziendale. Vi è anche un certo impiego di polpe secche di barbabietola (0,46 kg/d) come fonte di carboidrati fermentescibili, ma tale impiego non è comune a tutti gli allevamenti analizzati. Per quanto riguarda le caratteristiche nutrizionali si osserva una concentrazione energetica prossima a 0,94 UFL/kg SS, un contenuto di NDF intorno al 35% SS, tenori di proteina grezza prossimi al 15% SS e di fosforo totale pari allo 0,4% SS. Non appare significativo l'aumento dei contenuti proteici con l'aumentare della produzione giornaliera di latte e la variabilità fra allevamenti appare considerevole (Figura 2).

Questi risultati sono assai simili a quelli riscontrati nell'ambito del progetto inter-regionale "bilancio dell'azoto negli allevamenti di vacche da latte e vitelloni" da Bittante *et al.* (2004) per il Veneto, da De Roest e Speroni (2004) per l'Emilia Romagna e da Crovetto (2004) per la Lombardia e possono pertanto essere considerati sufficientemente rappresentativi dei contenuti medi di proteina grezza riscontrati nelle razioni per le lattifere della pianura padana. Essi costituiscono quindi un riferimento utile per valutazioni effettuabili sia livello territoriale che aziendale.

Ai fini dell'applicazione del modello di bilancio aziendale delle escrezioni è necessario procedere ad un accertamento dei contenuti di proteina grezza e fosforo delle razioni utilizzate. Gli elementi rilevanti contenuti nella procedura proposta, che un tecnico responsabile dovrebbe seguire, riguardano: i) il rilievo della modalità di alimentazione (Unifeed a gruppo unico o con più gruppi, unifeed con alimenti distribuiti a parte, alimentazione tradizionale); ii) l'identificazione dei gruppi di animali in lattazione con differenti razioni alimentari e il rilievo per ciascun gruppo della permanenza percentuale media e dei livelli di produzione di latte; iii) la raccolta e l'analisi dei campioni alimentari

per la determinazione analitica dei contenuti medi di proteina grezza e fosforo; iv) la conservazione della documentazione raccolta.

I dati raccolti in azienda potranno quindi essere utilizzati per la stima dei parametri descritti (eq. 7 – 13). Come già osservato, nella realtà produttiva padana la situazione di gran lunga prevalente è quella di aziende che praticano l'unifeed con un unico gruppo di alimentazione. In questa situazione le procedure di raccolta, analisi e determinazione dei contenuti di nutrienti delle razioni consumate dagli animali è relativamente semplice.

Contenuto medio di proteina grezza della sostanza secca consumata in lattazione (kg/kg) (7)

$$PG_{lat} = [PG_{-1} * INGSS_{-1} * Perm_{-1} + PG_{-2} * INGSS_{-2} * Perm_{-2} + PG_{-3} * INGSS_{-3} * Perm_{-3} + PG_{-4} * INGSS_{-4} * Perm_{-4}] / INGSS_{latt} / 10000$$

Dove: PG_{-1,...,4} è il contenuto % di proteina grezza delle razioni impiegate nei gruppi alimentari da 1 a 4.

Contenuto di proteina grezza media della sostanza secca consumata in asciutta (kg/kg) (8)

$$PG_{asc} = 0,118$$

Contenuto di proteina grezza media della sostanza secca consumata annualmente (kg/kg) (9)

$$PG_{ss} = [PG_{lat} * (INGSS_{lat}) * 0,82 + PG_{asc} * INGSS_{asc} * (1 - 0,82)] / (INGSS / 365)$$

Contenuto di azoto della sostanza secca consumata (kg/kg) (10)

$$N_{ss} = PG_{ss} / 6,25$$

Contenuto medio di fosforo della sostanza secca consumata in lattazione (kg/kg) (11)

$$P_{lat} = [(P_{-1} * INGSS_{-1} * Perm_{-1} + P_{-2} * INGSS_{-2} * Perm_{-2} + P_{-3} * INGSS_{-3} * Perm_{-3} + P_{-4} * INGSS_{-4} * Perm_{-4})] / INGSS_{latt} / 10000$$

dove: P_{-1,...,4} è il contenuto % di fosforo delle razioni impiegate nei gruppi alimentari da 1 a 4.

Contenuto medio di fosforo della sostanza secca consumata in asciutta (kg/kg): (12)

$$P_{asc} = 0,004$$

Contenuto medio di fosforo della sostanza secca consumata (kg/kg) (13)

$$P_{ss} = [P_{lat} * (INGSS_{Lat}) * 0,82 + P_{asc} * INGSS_{asc} * (1 - 0,82)] / (INGSS / 365)$$

Bilanci annui dell'azoto e del fosforo riferiti alla lattifera

La quantificazione delle escrezioni di azoto e fosforo procede quindi utilizzando i criteri del bilancio di massa. I consumi di azoto sono determinati moltiplicando l'ingestione stimata di sostanza secca (in funzione del peso vivo e della produzione di latte) per il contenuto medio di azoto delle razioni (determinazione analitica). Per le ritenzioni si considera il contenuto di proteina grezza del latte ($N \cdot 6,39$), rilevato sulla base dei documenti dei controlli funzionali AIA o dei reports di analisi latte-qualità rilasciati dall'acquirente. La ritenzione di azoto nei tessuti corporei della vacca e del vitello vengono calcolati ponderando i valori proposti dall'ERM (2001) per vacche di grande mole (1,9 kg/anno) e di piccola mole (1,0 kg/anno) con i dati delle relative consistenze. Per quanto riguarda il fosforo contenuto nel latte, pur essendosi riscontrata una certa variabilità (DIAS, 1998; Mariani *et al.*, 1998; Wu *et al.*, 2001) si è assunto un valore pari a 1,05 g per kg di latte prodotto. Analogamente, per le ritenzioni di fosforo nei tessuti della vacca e del vitello di grande mole si sono assunte ritenzioni corporee pari a 0,38 kg/anno (NRC, 2001). Le ritenzioni di fosforo relative alle razze di mole intermedia sono state proporzionalmente ridotte a 0,31 kg/anno.

$$\text{Azoto consumato (kg/capo/anno)} \quad (14)$$

$$N_C = \text{INGSS} \cdot N_{ss}$$

$$\text{Azoto ritenuto (kg/capo/anno)} \quad (15)$$

$$N_R = \text{Latte}_V \cdot (\text{PG}_{\text{latte}}/100)/6,39 + (1,9 \cdot \text{CM}_{V_G} + 1,0 \cdot \text{CM}_{V_P})/\text{CM}_V$$

dove: 1,9 è la ritenzione annua di N nei tessuti della vacca e del vitello per soggetti di grande mole
1,0 è la ritenzione annua di N nei tessuti della vacca e del vitello per soggetti di piccola mole

$$\text{Azoto escreto (kg/capo/anno)} \quad (16)$$

$$N_{ex} = N_C - N_R$$

$$\text{Azoto netto al campo (kg/capo/anno)} \quad (17)$$

$$N_{\text{netto}_V} = N_{ex} \cdot (1 - k_{vol})$$

Dove: k_{vol} = coefficiente di volatilizzazione dell'azoto; $k_{vol} = 0,28$ (DM 7/4/2007).

$$\text{Fosforo consumato (kg/capo/anno)} \quad (18)$$

$$P_C = \text{INGSS} * P_{ss}$$

$$\text{Fosforo ritenuto (kg/capo/anno)} \quad (19)$$

$$P_{\text{Rit}} = \text{Latte}_V * P_{\text{latte}}/1000 + (0,38 * \text{CM}_V_G + 0,31 * \text{CM}_V_P)/\text{CM}_V$$

dove:

P_{latte} = contenuto medio di fosforo del latte = 1,05 g/kg

0,38 = è la ritenzione annua di P nei tessuti della vacca e del vitello per soggetti di grande mole (kg)

0,31 = è la ritenzione annua di P nei tessuti della vacca e del vitello per soggetti di piccola mole (kg)

$$\text{Fosforo escreto (kg/capo/anno)} \quad (20)$$

$$P_{\text{ex}_V} = P_C - P_{\text{Rit}}$$

Valori attesi di produzione di azoto totale e netto delle lattifere

Dall'applicazione delle funzioni sopra riportate si giunge ad una stima delle escrezioni di azoto totale delle lattifere in funzione della mole, del livello di produzione e del contenuto di azoto medio delle razioni (Tabella 4).

I valori riportati dall'ERM (2001) per vacche di grande mole (650 kg – peso adulto) si riferiscono ad una produzione di latte 7000 kg/anno e a un contenuto di proteina grezza medio delle razioni pari al 17,5% (N*6,25). Per questa situazione l'ERM (2001) stima una escrezione totale di azoto pari a 128 kg/anno, valore equivalente ai 126 kg/anno riportati in tabella 4 per le medesime condizioni. La differenza, trascurabile, è da imputare al fatto che l'ERM (2001) considera nei calcoli il peso adulto della vacca (650 kg), mentre nella procedura proposta il peso è ridotto a 620 kg, come media tra il primo parto e la riforma. Nello studio condotto in Italia da Bittante *et al.* (2004) e Xiccato *et al.* (2005) si sono raccolti dati riguardanti l'alimentazione e le produzioni di 104 allevamenti da latte rappresentativi di aziende soggette ai controlli funzionali (medio-alta). Le razioni alimentari, basate su insilato di mais, cereali e soia, avevano un contenuto medio di proteina grezza del 15,3% e la produzione di latte è stata, in media pari a 8366 kg/anno (valore quasi coincidente con quello medio nazionale dei capi sottoposti a controllo funzionale – AIA, 2006). Usando il metodo di bilancio l'escrezione di azoto è risultata pari a 116 kg/vacca/anno, valore più contenuto allo standard (128 kg) proposto dall'ERM (2001) nonostante il più elevato livello produttivo. La differenza è sostanzialmente dovuta ai livelli medi di proteina grezza delle razioni (15,3%), sensibilmente più contenuti di quelli

(17,5%) assunti dall'ERM (2001). La relazione tra contenuto di azoto della razione e livello di escrezione è riportata in figura 3.

Il valore standard di proteina grezza delle razioni per vacche da latte assunto dall'ERM (2001) è stato giudicato troppo elevato anche per le condizioni del Regno Unito (ADAS, 2007), soprattutto in considerazione del fatto che non si tiene conto che durante il periodo di asciutta le vacche ricevono razioni con livelli di proteina grezza sensibilmente più contenuti. L'ADAS (2007) propone quindi un valore medio di proteina grezza delle razioni per vacche in produzione pari al 16,5%. Con tale assunzione, utilizzando dati di produzione tipici delle condizioni Regno Unito, l'ADAS (2007) indica un valore di azoto escreto pari a 117 e 89 kg N/capo/anno, rispettivamente per vacche di grande mole con produzioni di latte di 7000 kg/vacca/anno e per vacche di piccola mole con produzioni di latte pari a 4500 kg/vacca/anno.

Nella successiva tabella 5 vengono riportati i valori attesi di produzione di azoto netto assumendo perdite di volatilizzazione pari al 28% (MIPAF, 2006).

I valori attesi di escrezione di fosforo sono riportati in tabella 6. Per lattifere di grande mole ci si attende un'escrezione di fosforo compresa tra 13 e 33 kg/capo/anno. Per un livello produttivo di 8000 kg latte/anno e assumendo un contenuto medio di fosforo delle razioni compreso tra 0,45-0,52% della sostanza secca l'escrezione attesa varia tra 20 e 24 kg/capo/anno. Per le condizioni danesi DIAS (1998) propone un valore di riferimento di 23 kg/capo/anno. Va comunque sottolineato che i valori delle tabelle sono 5 e 6, in riferimento soprattutto ai livelli di proteina grezza e fosforo più bassi per produzioni elevate, non sono da considerare come il risultato di prassi consolidate e convalidate di alimentazione a basso impatto.

Prima di procedere ad una riduzione degli apporti alimentari di proteina grezza e fosforo, rispetto ai livelli convenzionali, è quindi necessario verificare attentamente le caratteristiche chimico-nutrizionali delle razioni per evitare penalizzazioni sulle prestazioni produttive e sulle caratteristiche qualitative dei prodotti. Come già avviene già da tempo in altri Paesi, la progettazione e la realizzazione di specifiche ricerche per l'individuazione di strategie di alimentazione a basso impatto dovrebbe riguardare in modo sinergico il mondo operativo quello della ricerca e delle istituzioni.

Indici tecnici e procedure di calcolo riferite ai capi da rimonta

Negli allevamenti di vacche da latte sono normalmente presenti i capi destinati alla rimonta, tranne nei casi in cui questi sono trasferiti in altri centri specializzati o in zone di pascolo. I vitelli maschi vengono solitamente venduti nel giro di poche settimane. Nelle condizioni ordinarie di allevamento non viene riservata molta attenzione ai consumi e alle caratteristiche nutritive delle razioni destinate ai capi da rimonta. Per questo motivo è sembrato poco opportuno proporre, a livello aziendale, una procedura di stima basata sul bilancio di massa. Per questa categoria di animali si sono quindi utilizzati i valori di escrezione di azoto netto riportati dal decreto MIPAF (2006). Questi valori sono stati ottenuti nell'ambito del progetto inter-regionale " Bilancio dell'azoto negli allevamenti" (Bittante *et al.*, 2004) che ha comunque impiegato i criteri di bilancio di massa utilizzando i dati raccolti in 104 allevamenti rappresentativi. I principali indici tecnici e di bilancio dei capi da rimonta sono riportati nella tabella d dell'allegato 1 del decreto MIPAF (2006). Queste informazioni vengono riproposte in tabella 7, allo scopo di richiamare sinteticamente il percorso all'origine dei risultati ottenuti (Bittante *et al.*, 2004).

Nella brochure dell'ERM (2001) non si fa esplicito riferimento ai capi da rimonta delle lattifere, in termini più generali si riferisce di bovini maschi e femmine in accrescimento di età compresa tra 0 e 1 anno e tra 1 e 2 anni. Per queste categorie di bovini l'ERM (2001) riporta contenuti di azoto della sostanza secca consumata molto più elevati (2,3-3,4 %) di quelli riscontrati in Italia per la categoria capi da rimonta (1,9%). Tale differenza è probabilmente dovuta al fatto che nel nord Europa gli animali da rimonta sono allevati durante l'estate in pascoli particolarmente ricchi in proteina grezza (14-21%), mentre durante il periodo invernale ricevono foraggi conservati ed alimenti concentrati nei quali il contenuto medio di PG è prossimo al 16,2% (ADAS, 2007).

Pur nella varietà delle nostre condizioni locali, la situazione ordinaria è quella in cui i capi da rimonta ricevono razioni basate, anche in estate, su foraggi affienati, silomais e sottoprodotti fibrosi con minime aggiunte di alimenti concentrati. Il contenuto di PG di queste razioni che si attesta su una media prossima al 12%, molto raramente supera il 14% (Bittante *et al.*, 1997). Nell'economia aziendale l'impiego di erba fresca è generalmente evitato, i foraggi migliori sono normalmente riservati alle vacche e quelli più scadenti alla

rimonta. Il contenuto proteico dei foraggi nei nostri ambienti è mediamente compreso tra il 11,3 e il 12,5% sia in zone di pianura (Bittante *et al.*, 1985) che nei pascoli di montagna (Ziliotto *et al.*, 2004). Si ritiene quindi che le differenze tra i dati di escrezione riportati dall'ERM (2001), come pure dall'ADAS (2007), e quelli riportati per la realtà italiana (tabella 7) siano da imputare principalmente alle diverse caratteristiche degli alimenti impiegati.

I dati esposti in tabella 7 si riferiscono a femmine da rimonta appartenenti a razze di grande mole, per le quali i fattori di escrezione di azoto e fosforo utilizzati sono rispettivamente quantificati in 36,0 e 8,5 kg/capo/anno. Il fattore di escrezione di azoto netto è quello riportato da MIPAF (2006) (vedi legenda in tabella 7). Per i capi di mole più contenuta, sempre adottando i criteri di bilancio di massa, i fattori di escrezione di azoto e di fosforo sono più contenuti (27,0 e 6,4 kg/capo/anno). Le equazioni di seguito proposte (eq. n. 21 e 22) sono finalizzate quindi ad ottenere in ambito aziendale un fattore medio di escrezione ponderato per la consistenza di capi di grande e piccola mole.

Produzione di azoto netto da un capo da rimonta (kg/capo/anno) (21)

$$N_{\text{netto_R}} = (36 * CM_{\text{RG}} + 27 * CM_{\text{RP}}) / CM_{\text{R}}$$

dove:

36 = azoto netto al campo (kg/anno) prodotto da un capo da rimonta di grande mole (MIPAF (2006));

27 = azoto netto al campo (kg/anno) prodotto da un capo da rimonta di piccola mole.

Produzione di fosforo da un capo da rimonta (kg/capo/anno) (22)

$$P_{\text{ex_R}} = (8,5 * CM_{\text{RG}} + 6,4 * CM_{\text{RP}}) / CM_{\text{R}}$$

Produzione aziendale di azoto netto e fosforo

La stima delle quantità di azoto e fosforo escreto a livello aziendale procede quindi moltiplicando i valori medi di escrezione di azoto e fosforo ottenuti per la vacca e il capo da rimonta per i corrispondenti valori di consistenza.

Produzione annua aziendale di azoto netto (kg/anno) (23)

$$N_{\text{netto_az}} = (N_{\text{netto_V}} * CM_{\text{V}}) + (N_{\text{netto_R}} * CM_{\text{R}})$$

[Da MIPAF (2006) : $N_{\text{netto_az_DM}} = 83 * (CM_{\text{V}}) + 36 * (CM_{\text{R}})$]

Produzione annua aziendale di fosforo

(24)

$$P_{az} = Pex_V * CM_V + (Pex_R)*(CM_R)$$

Esempio applicativo

Come esempio si sono utilizzati i dati di un allevamento di vacche da latte con 50 vacche di razza Frisona Italiana e 45 capi da rimonta, con una produzione annua di latte (latte_az) pari a 360 ton/anno (24,5 kg/capo/d). Il contenuto di proteina grezza del latte era pari a 3,3 %. L'alimentazione era effettuata tramite unifeed con gruppo unico e la razione media conteneva il 14,5% di proteina grezza e lo 0,5% di fosforo. I risultati sono riportati in tabella 8.

L'applicativo prevede, per la lattifera media, un consumo di annuo di azoto pari a 137 kg/anno, di cui 39 kg sono trattieneuti nel latte e nei tessuti animali, e i restanti 97 kg sono escreti. Applicando il coefficiente medio di volatilizzazione del 28% dell'azoto (MIPAF, 2006) si giunge ad una stima della quantità di azoto netto al campo pari a 70 kg/vacca/anno. Questo valore è inferiore allo standard riportato nel decreto MIPAF (2006) pari a 83 kg/capo/anno, perché sia i livelli di produzione che i livelli di proteina grezza della razione media sono inferiori rispetto a quelli riportati nella tabella c1 proposta nelle note dell'allegato 1 del decreto MIPAF (2006), che viene riproposta integralmente in tabella 9.

Per un controllo dell'applicativo si sono utilizzati come input gli stessi valori medi di produzione annua di latte per vacca (8366 kg) e gli stessi contenuti di proteina grezza della razione per lattifere (15,7% SS), riportati nel decreto MIPAF (2006) (Tabella 9). L'applicativo stima quindi un consumo, una ritenzione e una escrezione di azoto totale e netto, rispettivamente pari a 162, 46, 116 e 84 kg/vacca/anno, valori che coincidono sostanzialmente con quelli MIPAF (2006) (tabella 8). L'escrezione di fosforo, pari a 21 kg/capo/anno, è simile al valore standard di 23 kg/capo/anno riportato da DIAS (1998).

LETTERATURA

ADAS, 2007. ADAS report to DEFRA. Supporting paper F2 for the consultation on the implementation of the nitrates directive in England. Home page: <http://www.defra.gov.uk/environment/water/quality/nitrate/pdf/consultation-supportdocs/f2-excreta-n-output.pdf>

AIA, 2006. Bollettino dei controlli della produttività del latte in Italia. Statistiche ufficiali 2006. Associazione Italiana Allevatori, Roma, Italia.

Bittante G., Andrighetto I., Ramanzin M., 1997. Tecniche di produzione Animale. Liviana Editrice, Padova, Italia.

Bittante G., Gallo L., Schiavon S., Contiero B., Fracasso A., 2004. Bilancio dell'azoto negli allevamenti di vacche da latte e vitelloni. In: Bilancio dell'azoto in allevamenti di bovini, suini e conigli – Progetto interregionale - Legge 23/12/1999 n. 499, art. 2 - Report finale, Regione Veneto.

Chase L.E., Sniffen J., 1985. Equations used in “ANALFEED” a visiCalc template. Mimeo, Cornell University Dep. Anim Sci, Ithaca, NY.

Crovetto G.M., 2004. Calcolo dell'escrezione azotata nei bovini da latte . Relazione al gruppo interregionale escrezione azoto, settembre 2004.

De Roest K., Speroni M., 2004. Bilancio dell'azoto dell'allevamento da latte in Emilia Romagna, relazione presentata alla Regione Emilia Romagna.

Dal Maso M., Tagliapietra F., Cattani M., Fracasso A., Miotello S., Schiavon S., 2009. Characteristics of dairy farms in the North-Eastern part of Italy: rations, milk yield and nutrient excretions. Ital. J. Anim. Sci. (in press).

DIAS, 1998. Standard Values for Farm Manure A Revaluation of the Danish Standard Values concerning the Nitrogen, Phosphorus and Potassium Content of Manure (H.D. Poulsen and V.F. Kristensen (eds), Ministry of Food, Agriculture and Fisheries, Danish Institute of Agricultural Sciences, Tjele, DK.

ERM, 2001. Livestock manures. Nitrogen equivalents. Copies available from: European Commission DG Environment – D1, 200 Rue de la Loi, B-1049 Brussels, Belgium

ERM/AB-DLO, 1999. Establishment of criteria for the assessment of the nitrogen content of animal manures, European Commission, Final report November 1999.

Mariani P., Summer A., Zanzucchi G., Fossa E. 1998. Variabilità tra allevamenti e rapporto tra i contenuti di cloruri e di fosforo in latti di massa di vacche di razza Frisona. Atti Soc. It. Sci. Vet., 52:539-540.

MIPAF (Ministero delle politiche agricole e forestali, Italia), 2006. Decreto legislativo 7 Aprile 2006 “Criteri e norme tecniche generali per la disciplina regionale dell'utilizzazione agronomica degli effluenti di allevamento, di cui all'articolo 38 del Decreto legislativo del 11 maggio 1999 No. 152”. In: Bollettino ufficiale n. 109 del 12.04.2006, Ord. Suppl. n. 120.

http://www.politicheagricole.it/NR/rdonlyres/ed3uy755k2hwqeeiwde3dtidciyqeyfesvsidm5ysrx2u5jzwjtryffrbclpdthyhptdnnfn2v25agypwfyttxz2ike/20060407_DI_SR_effluentialelevamento.pdf

NRC, 2001. Nutrient requirements of dairy cattle, Seventh Revised Edition. National Academies Press, Washington D.C.

Wu Z., Setter L.D., Blohowiak A.J., Stauffacher R.H., Wilson J.H., 2001. Milk production, estimated phosphorus excretion, and bone characteristics of dairy cows fed different amounts of phosphorus for two or three years. J. Dairy Sci. 84, 1738-1748.

Xiccato G., Schiavon S., Gallo L., Bailoni L., Bittante G., 2005. Nitrogen excretion in dairy cow, beef and veal cattle, pig, and rabbit farms in Northern Italy. Italian Journal of Animal Science. vol. 4 (suppl 3):103-111.

Ziliotto U., Andrich O., Lasen C, Ramanzin M., 2004. Trattati essenziali della tipologia veneta dei pascoli di monte e dintorni. Regione Veneto, Accademia Italiana di Scienze Forestali, Venezia, Italia.

TABELLE E FIGURE

Tabella 1 - Classificazione delle razze bovine e bufalina in funzione della mole

Razze piccola mole (Peso vivo = 500 kg)	Razze di grande mole (Peso vivo = 620 kg)
Jersey, Rendena, Burlina, Valdostana pezzata nera,	Frisona, Pezzata rossa, Bruna, Bufala
Valdostana pezzata rossa, Grigio alpina, Meticcia	

Figura 1 - Relazione tra produzione di latte e stima dell'ingestione di sostanza secca utilizzando l'equazione dell'ERM (2001) (\blacktriangle) e valori di ingestione di SS riscontrati nelle formule alimentari di 212 aziende (\circ). L'equazione proposta dall'ERM (2001) è la seguente $INGSS \text{ (kg/d)} = 0.052 * PVm^{0.75} + 0.5 * \text{produzione di latte}$.

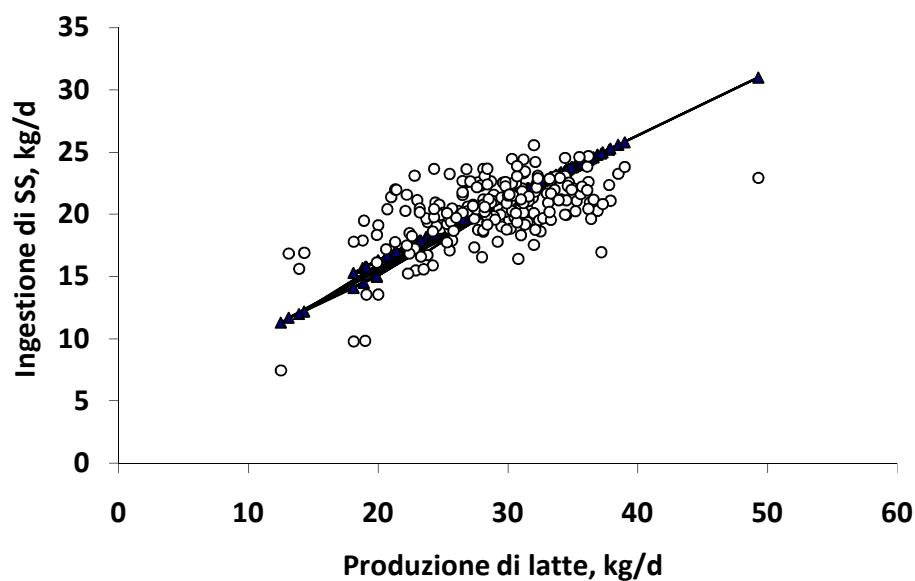


Tabella 2 - Confronto tra stime di ingestione di SS derivanti da formule alimentari e dall'applicazione dell'equazione proposta dall'ERM (2001) in 212 aziende con bovini di razza Frisona, Bruna, Pezzata Rossa e Rendena.

Classe di produzione di latte kg/capo/d	Aziende n.	Produzione latte kg/d		Ingestione di SS da formula alimentare kg/d		Ingestione di SS da ERM (2001) kg/d	
		Media	DS	Media	DS	Media	DS
10-20	12	17,1	2,8	15,0	3,9	14,0	1,8
20-25	37	22,9	1,4	19,1	2,3	17,7	0,7
25-30	73	27,8	1,4	20,6	1,6	20,2	0,7
30-35	69	32,1	1,4	21,3	1,8	22,4	0,7
35-50	21	36,9	2,9	21,7	1,8	24,9	1,5

Tabella 3 - Composizione alimentare e caratteristiche nutrizionali di razioni per vacche da latte raccolti in 115 allevamenti del Veneto nel 2006. (Dal Maso *et al.*, 2009)

	Media	Deviazione standard
Ingredienti alimentari (kg/capo/d):		
- Insilato e pastone di mais	20,0	4,30
- Foraggi di leguminose	2,91	1,80
- Foraggi di prati polifiti e graminacee	2,53	2,04
- Cereali, farine e granelle	5,50	2,73
- Farine e pannelli proteici	2,69	2,06
- Mangimi commerciali	2,19	2,18
- Altri ingredienti (miscele aziendali)	1,46	3,38
- Polpe secche di barbabietola	0,46	0,91
- Integratori vitaminici minerali	0,03	
- Acqua	0,90	1,7
Totale	38,62	3,55
Composizione chimico-nutrizionale		
- Sostanza secca %	53,98	0,04
- UFL (unità/kg SS)	0,94	0,04
- NDF % SS	34,7	2,52
- Proteina grezza (% SS)	15,15	1,11
- Fosforo totale % SS	0,40	0,09

Figura 2 - Relazione tra produzione di latte e tenori di proteina grezza di razioni destinate a vacche in lattazione in 115 allevamenti del Veneto (Dal Maso *et al.*, 2009)

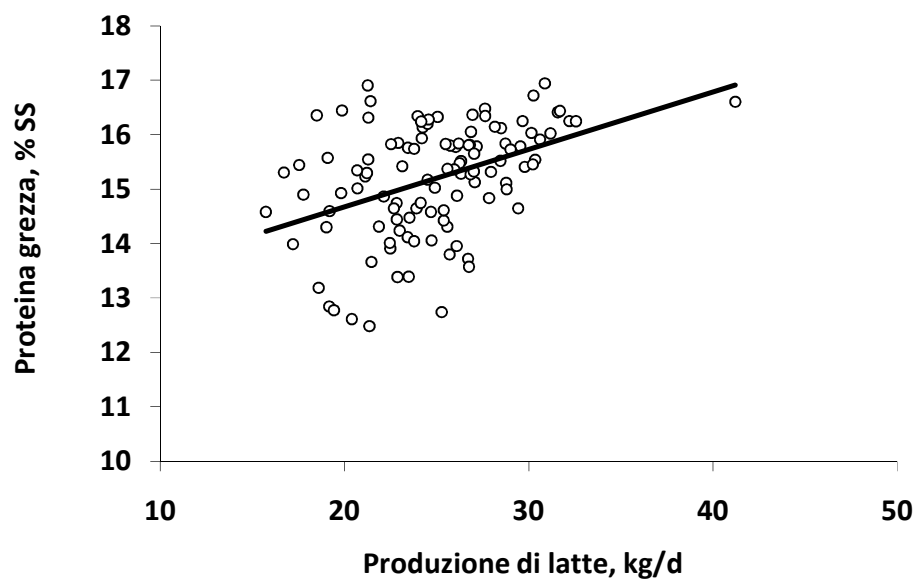


Tabella 4 – Escrezione totale di azoto della lattifera (esclusa la rimonta). Valori attesi in base alla mole, al livello di produzione e al contenuto medio di proteina grezza delle razioni aziendali

Produzione di latte kg/capo/anno	Lattifere di piccola mole				Lattifere di grande mole					
	3000	4000	5000	7000	4000	5000	6000	7000	8000	10000
PG media razioni, %	Produzione di N kg/capo/anno									
13,0	57	61	67	78	68	74	79	83	89	100
14,0	63	68	74	86	75	82	88	93	100	111
14,5	65	71	78	90	79	85	92	99	104	117
15,0	68	75	82	94	82	89	96	103	110	124
15,5	71	78	85	100	86	93	100	107	115	129
16,5	74	81	89	104	89	97	104	113	119	135
17,0	79	88	96	113	96	104	113	121	131	147
17,5	82	90	100	117	100	108	117	126	135	153

Figura 3 - Relazione tra tenore di PG della razione ed escrezione lorda di azoto (kg/capo/anno)

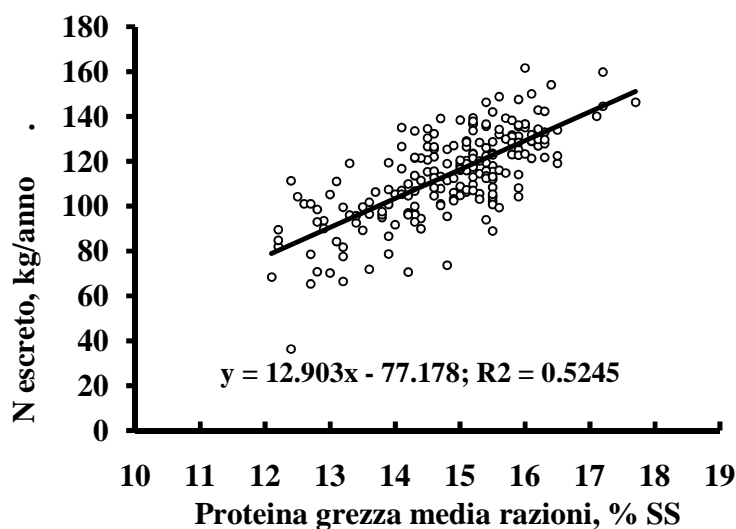


Tabella 5 - Produzione di azoto netto della lattifera (esclusa la rimonta). Valori attesi in base alla mole, al livello di produzione e al contenuto medio di proteina grezza delle razioni aziendali.

Produzione di latte kg/capo per anno	Lattifere di piccola mole				Lattifere di grande mole					
	3000	4000	5000	7000	4000	5000	6000	7000	8000	10000
PG media razioni, % SS	Produzione di N netto, kg/capo/anno									
13,0	41	44	48	56	49	53	57	60	64	72
14,0	45	49	53	62	54	59	63	67	72	80
14,5	47	51	56	65	57	61	66	71	75	84
15,0	49	54	59	68	59	64	69	74	79	89
15,5	51	56	61	72	62	67	72	77	83	93
16,5	53	58	64	75	64	70	75	81	86	97
17,0	57	63	69	81	69	75	81	87	94	106
17,5	59	65	72	84	72	78	84	91	97	110

Nota: i dati si riferiscono solo alla lattifera e non alla sua corrispondente rimonta, per la quantificazione dei valori di N netto si sono assunte perdite di volatilizzazione pari al 28% dell'azoto totale escreto (MIPAF, 2006). Il valore in grassetto coincide con il valore standard di 83 kg/capo/anno indicato dal decreto MIPAF (2006).

Tabella 6 – Escrezione di fosforo della lattifera (esclusa la rimonta). Valori attesi in base alla mole, al livello di produzione e al contenuto medio di fosforo delle razioni aziendali.

Produzione di latte kg/capo/anno	Lattifere di piccola mole				Lattifere di grande mole						
	3000	4000	5000	7000	4000	5000	6000	7000	8000	10000	
P medio delle razioni, % SS	Produzione di P, kg/capo/anno										
0,40	10	11	12	14	13	14	15	16	16	18	
0,43	11	13	14	16	14	15	16	17	18	21	
0,45	12	13	15	17	15	16	17	18	20	22	
0,48	13	15	16	19	16	17	19	20	22	24	
0,50	14	15	17	20	17	18	20	21	23	26	
0,52	15	16	18	21	18	19	21	23	24	27	
0,55	16	17	19	23	19	21	23	24	26	29	
0,60	17	19	21	25	21	23	25	27	29	33	

Tabella 7 - Allevamento dei capi da rimonta: indici tecnici e bilancio dell'azoto (da MIPAF, 2006)

	Unità di misura	Media	D.S. ²
Età allo svezzamento	d	85	23
Età al primo parto	mesi	28,5	
Peso vivo alla nascita	kg/capo	39	
Peso vivo medio allo svezzamento	kg/capo	101	19
Peso vivo al primo parto al netto del feto e invogli fetali	kg/capo	540	
Ingestione di sostanza secca dallo svezzamento al primo parto	kg	6473	1459
Proteina grezza media della razione (Nx6,25)	kg/kg	0,121	0,018
Bilancio dell'azoto			
N consumato dalla nascita allo svezzamento	kg/capo/periodo	5,3	2,7
N consumato dallo svezzamento al parto	"	123,9	29,7
N ritenuto dalla nascita al parto	"	14,41	
N escreto dalla nascita al parto	"	114,8	29,6
N escreto per anno	kg/capo/anno	48,3	12,5
N netto al campo (perdite per volatilizzazione: 28%) ¹	"	34,8	

¹ I dati riportati sono stati ottenuti da 89 aziende Venete, scelte con il criterio della rappresentatività, per un totale di 8.466 soggetti. I valori sono stati ottenuti controllando i consumi alimentari, la composizione delle razioni e i movimenti di capi nel periodo compreso tra l'anno 2002 e il 2003. I risultati provenienti dall'Emilia Romagna e dalla Lombardia, indicano un valore di N netto pari a 35,7 e 37,5 kg/capo/anno, rispettivamente. Mediando i dati ottenuti nelle diverse regioni (Emilia Romagna, Lombardia, Piemonte e Veneto) si ottiene un valore rappresentativo medio nazionale pari a 36,0 kg/capo/anno di N al campo.

² Deviazione Standard

Tabella 8 - Risultati di bilancio dell'azienda di esempio

Parametro	Acronimo	valore	Unità
<i>Indici tecnici</i>			
Peso vivo medio	PV_m =	620	kg/capo
Produzione media latte per capo	Latte_V	7200	kg/capo/anno
Ingestione di sostanza secca annuale media	INGSS	5965	“
Proteina grezza media della SS consumata anno	PG_ss_	0,1431	kg/kg
Contenuto di N medio della SS consumata	N_ss	0,0229	“
Fosforo medio ss consumata	P_ss	0,00493	“
<i>Bilancio dell'azoto della lattifera media</i>			
Consumo	N_C	137	kg/capo/anno
Ritenzione	N_R	39	“
Escrezione	N_ex	97	“
Coefficiente di volatilizzazione (k_vol)	k_vol	0,28	kg/kg
Azoto netto da bilancio	N_netto	70	kg/capo/anno
Azoto netto da MIPAF (2006)	N_netto_DM	83	“
<i>Bilancio del fosforo della lattifera media</i>			
Consumo	P_C	29,4	kg/capo/anno
Ritenzione	P_R	7,9	“
Escrezione	P_ex	21,5	“
<i>Capi da rimonta</i>			
Produzione di azoto netto	N_netto_R	36	“
Produzione di fosforo	P_ex_R	8,5	“
<i>Produzione aziendale di azoto netto e fosforo</i>			
Produzione di N netto da MIPAF (2006)	N_netto_az_DM	5770	kg/anno/azienda
Produzione di azoto netto da bilancio	N_netto_az	5129	“
Produzione di fosforo da bilancio	P_az	1455	“

Tabella 9 - Vacche da latte: indici tecnici e bilancio dell'azoto (Tabella c1 allegato 1, MIPAF 2006)

	unità misura	I quartile	Media	IV quartile
Ingestione di sostanza secca (ss)				
- lattazione	kg/capo/d	17,9	19,9	21,9
- intero ciclo (lattazione + asciutta)	kg/capo/d	16,4	18,1	19,8
Contenuto di proteina grezza della razione				
- lattazione	kg/kg di ss	0,147	0,157	0,166
- intero ciclo (lattazione + asciutta)	“	0,145	0,153	0,162
Produzione di latte:				
Produzione latte	kg/capo/anno	7263	8366	9469
Contenuto PG latte	kg/kg	0,0331	0,0339	0,0347
<i>Bilancio dell'azoto</i>				
N consumato	kg/capo/anno	143,2	162,1	181,0
N ritenuto	“	43,6	46,1	48,6
N escreto	“	99,6	116,0	132,4
N netto al campo	“	71,7	83,5	95,3

I dati derivano dal controllo di 104 aziende Venete con bovini di razza Frisona (62 aziende), Bruna (20 aziende), Pezzata Rossa (11 aziende) e Rendena (9 aziende) per un totale di 9800 vacche. I risultati sono sovrapponibili con quelli ottenuti nell'indagine effettuata in Emilia Romagna e con i conteggi effettuati per le condizioni della Lombardia. I consumi alimentari e i contenuti di proteina grezza sono il risultato dei rilievi diretti effettuati per le condizioni della Lombardia. I consumi alimentari e i contenuti di proteina grezza sono il risultato dei rilievi diretti effettuati nelle aziende nel corso dell'anno 2003 e delle analisi chimiche effettuate sui campioni delle razioni alimentari somministrate. Nel 92% delle aziende si sono utilizzate razioni unifeed. I dati relativi alle produzioni di latte sono stati ricavati dai controlli funzionali. Le produzioni di latte medie aziendali sono variate tra 4 e 12 ton/vacca/anno. Nessuna relazione significativa è stata osservata tra livello di produzione di latte ed escrezione lorda di azoto ($R^2 = 0,10$). La correlazione tra livello di proteina grezza della razione ed escrezione di azoto è risultata invece molto significativa ($R^2 = 0,44$).

II. ALLEVAMENTI DI VITELLONI

Tratti essenziali dei sistemi di produzione

Anche nel caso dei vitelloni l'escrezione di nutrienti dipende in modo rilevante da una pluralità di fattori. Le differenti condizioni climatiche, pedologiche, fondiari, economiche, e culturali, come pure la diversa disponibilità di bovini di varie razze e di risorse alimentari che caratterizzano le diverse aree geografiche in Europa così come in Italia, conducono all'esistenza di una pluralità di sistemi di allevamento così ampia che non sempre è facile ricondurre a schemi generali di interpretazione. Prima di procedere con la discussione sulla procedura di bilancio proposta si ritiene dunque necessario descrivere i tratti essenziali dei sistemi di produzione diffusi in Italia. Proprio per effetto della notevole variabilità tra i modelli di allevamento esistenti, l'ISMEA (2004) propone una distinzione in:

- vitellone intensivo (70-75% dell'offerta della categoria), leggero o pesante, allevato in ambiente confinato (centri di ingrasso) nella pianura padana (Veneto, Lombardia, Emilia-Romagna e Piemonte);
- vitellone estensivo (25-30% dell'offerta della categoria), allevato in ambiente non confinato in Piemonte, nell'Appennino centro meridionale e nelle isole, appartenente a razze italiane da carne, alimentato attraverso il pascolo e alimenti concentrati, sino ad un peso finale di 650 kg circa.

La quasi totalità degli animali avviati al macello deriva da aziende nazionali (97%) che allevano per il 45% capi di origine estera (oltre 1,1 milioni di capi) e per il 55% capi di origine nazionale (ISMEA, 2004). Questi ultimi derivano per circa il 30% da allevamenti specializzati per la carne e per la restante parte da allevamenti da latte.

La tipologia intensiva in ambiente confinato, di gran lunga prevalente nella pianura padana, è stata, fin dall'inizio degli anni sessanta, strettamente legata allo sviluppo della coltivazione del mais, come fonte energetica principale, e alla disponibilità di farina di estrazione di soia di importazione, come fonte proteica (Bittante *et al.*, 1997; Bonsembiante *et al.*, 2003). Nelle aree agricole del Nord Italia si è registrato, negli stessi anni, un sostanziale abbandono della bovinicoltura da carne tradizionale, basata su un largo impiego di foraggiere permanenti e/o avvicendate. Questo processo si è accentuato a seguito della

messa a punto della tecnica di insilamento del prodotto ottenuto dalla trinciatura della pianta intera, raccolta nella fase di maturazione cerosa delle cariossidi (silomais). L'uso del silomais consente infatti di aumentare di circa il 50% la quantità di energia per ettaro, riducendo, di conseguenza, il costo dell'unità foraggera (Bonsembiante *et al.*, 2003). L'introduzione, anche nelle diete per bovini, di silomais e alimenti concentrati opportunamente integrati hanno consentito di aumentare la velocità di crescita degli animali, di migliorare il rendimento energetico della razione, di ridurre la durata del ciclo produttivo (Figura 1) e di innalzare le rese di macellazione e il livello qualitativo delle carcasse e delle carni (Bonsembiante *et al.*, 2003). Una dettagliata descrizione relativa alle caratteristiche dell'allevamento del bovino da carne in Italia è stata recentemente pubblicata da Cozzi (2007).

Caratteristiche delle razioni impiegate

Dalla citata indagine di Cozzi (2007) condotta nel Veneto su 155 allevamenti in Veneto, Lombardia e Piemonte si possono trarre utili indicazioni sulle caratteristiche medie di composizione alimentare e dei contenuti di proteina grezza di razioni destinate a bovini Charolaise (Tabella 1). Nonostante alcune differenze tra allevamenti locati in differenti regioni si osserva che in tutti i casi il silomais, il pastone di mais e i cereali costituiscono i principali costituenti delle razioni. Significativa è anche la presenza di quote apprezzabili di polpe secche di bietola, in particolare nel Veneto. Nel Veneto e nella Lombardia, i foraggi a fibra lunga sono rappresentati quasi esclusivamente da paglia, mentre in Piemonte questi sono parzialmente o totalmente sostituiti da fieno di prato stabile.

L'integrazione proteica è generalmente basata sulla farina di estrazione di soia. Il tenore proteico è in tutti i casi intorno al 14% della sostanza secca, un po' più contenuto di quello riscontrato da Xiccato *et al.*, (2005) su 40 allevamenti del Veneto (14.4 ± 0.9 %) e un po' più elevato di quello riscontrato da Mazzenga *et al.*, (2007) su 406 allevamenti nella pianura padana (13 ± 1.1).

Questi tenori sono in ogni caso sensibilmente più bassi dello standard proposto dall'ERM (2001), che, pur indicando una variabilità compresa tra il 12,5 e il 21,2% (2,0-3,4 % di N) fornisce uno standard del 16,9% (2,7% di N). Utilizzando il database di Bittante *et al.* (2004), su cui si basa il lavoro di Xiccato *et al.* (2005), si è anche osservato che in buona

parte degli allevamenti le razioni vengono più volte modificate nel corso del ciclo di produzione, in media 3,9 volte/ciclo. Ciononostante, allo stato attuale, il cambio di razione non sembra correlato a una riduzione dei livelli proteici (Figura 2).

Si ritiene però che la possibilità per gli allevatori di giungere ad una valutazione più precisa delle proprie escrezioni aziendali possa condurre il settore verso lo studio e l'applicazione di metodologie di aumento dell'efficienza di ritenzione dei nutrienti, operando anche attraverso una alimentazione per fasi produttive.

Per quanto riguarda il fosforo non vi sono, a nostra conoscenza, pubblicazioni che possano in qualche modo rappresentare i tenori medi rappresentativi della razioni. Comunque, nella pratica di formulazione il livello di fosforo viene mantenuto intorno a 0,4-0,5 % SS.

Definizione degli inputs

Sistemi di classificazione

Nelle indagini e nelle statistiche che descrivono il settore dei bovini in accrescimento è invalso l'uso di distinguere i bovini in classi di età, ad esempio bovini di età inferiore ad un anno, bovini di età compresa tra 1 e 2 anni e bovini di età superiore a 2 anni. Come evidenziato anche dall'ADAS (2007) per il Regno Unito, questo tipo di classificazione non si adatta agevolmente alle condizioni dei sistemi nazionali di allevamento del vitellone. Infatti, nell'ambito di uno stesso allevamento possono coesistere più cicli di animali appartenenti a tipologie genetiche diverse o incroci che arrivano in azienda in momenti, età e pesi differenti. Inoltre, nell'allevamento del vitellone l'approvvigionamento, come pure la vendita, dipende in modo sostanziale dal costo e dalla reperibilità dei ristalli e dal mercato dei prodotti finiti. Questi fattori possono influenzare significativamente sia la durata dei periodi di permanenza in stalla degli animali che i periodi di vuoto. La distinzione dei capi in classi di età è quindi complicata da utilizzare nella pratica. Perciò, come suggerito da ADAS (2007), dal momento che di norma gli allevatori conoscono il tipo genetico, i pesi di acquisto e di vendita e le date di arrivo e di uscita degli animali nella proposta di seguito presentata si è evitato l'approccio basato sulla distinzione dei capi per età e si è preferito

piuttosto distinguere gli animali in relazione alla linea produttiva, che normalmente rappresenta un certo genotipo e una corrispondente tipologia di alimentazione.

Consistenza di allevamento

L'approccio semplificato impiegato per la quantificazione delle escrezioni indicato nel decreto MIPAF (2006) è basato su un fattore di escrezione (33,6 kg N/capo/anno) che viene moltiplicato per la consistenza media di allevamento. Per "consistenza di allevamento" si intende il numero di capi mediamente presenti nell'allevamento in un anno. Negli allevamenti di vitelloni si svolge normalmente più di un ciclo produttivo. In questo caso la presenza media è determinata moltiplicando il numero dei capi allevati in ogni ciclo per la frazione di anno di presenza in azienda e successivamente sommando tali prodotti (media ponderata, nell'arco dei 365 gg., del numero dei capi presenti in ogni ciclo).

Questo approccio non considera però il fatto che a parità di consistenza media i parametri produttivi possono invece variare sensibilmente (numero di cicli, consumi alimentari, quantità di peso vivo prodotto). Tutti questi fattori sono correlati con l'entità delle escrezioni. Per una più corretta quantificazione delle escrezioni è quindi necessario individuare la consistenza per le diverse linee di produzione praticate in azienda e, tenendo conto degli indici di produzione, effettuare i conteggi di bilancio non per capo mediamente presente ma per capo prodotto. Nella procedura di calcolo in seguito proposta il set di equazioni 1 - 14 va quindi applicato entro linea di produzione e i risultati finali vengono poi sommati.

Prestazioni produttive

Le informazioni riguardanti le prestazioni produttive ed in particolare la durata media dei cicli (DUR), i pesi di acquisto (PVa) e quelli di vendita (PVv) nell'ambito di ciascuna linea produttiva sono ricavate in base alle fatture di acquisto e di vendita dei capi di precedenti cicli produttivi conclusi nell'anno in corso e in quello precedente.

Periodi di vuoto

Il calcolo dei periodi di vuoto (Vu) tra un ciclo e quello successivo, di partite di animali della medesima tipologia produttiva, va effettuato come differenza media tra le date medie di vendita e quelle di arrivo delle partite successive. Tale valore si ricava in base alle fatture di acquisto e di vendita di precedenti cicli produttivi conclusisi nell'anno in corso e in quello precedente. Nel caso in cui tale valore non fosse disponibile si utilizza un valore pari a 14 giorni/ciclo.

Mortalità

Nell'ambito di ciascuna linea di produzione, il dato di mortalità (M), comprensivo dei capi infortunati e venduti in urgenza, si ricava come differenza tra il numero di capi acquistati e il numero di capi venduti a fine ciclo. Tale valore si ricava in base alle fatture di acquisto e di vendita di precedenti cicli produttivi conclusisi nell'anno in corso e in quello precedente. Nel caso in cui tale informazione non sia disponibile si indicherà un valore standard pari al 3%, valore medio riscontrato da Bittante *et al.* (2004).

Fasi alimentari

Per promuovere l'adozione tecniche di alimentazione "multiphase feeding", è necessario distinguere, nell'ambito di ciascuna linea produttiva, le diverse fasi alimentari. Per fase alimentare si intende il periodo di tempo in cui la composizione della razione non si modifica significativamente in riferimento ai contenuti percentuali di proteina grezza delle razioni. L'operatore dovrà quindi individuare la durata delle singole fasi alimentari tenendo presente che la somma delle durate di ciascuna fase alimentare ($DUR_{1,...,n}$) deve essere uguale alla durata totale del ciclo (DUR). Si fa presente che Xiccato *et al.* (2005), analizzando i dati di 585 partite di animali (per un totale di oltre 40000 capi, Charolaise, 50%; Limousine, 34%; Polish friesian, 5%; e incroci francesi, 11%) hanno riscontrato un numero medio di razioni per ciclo pari a 3,6.

Accertamento dei contenuti di proteina grezza e fosforo delle razioni

Per contenuto medio di proteina grezza (PG) e di P della razione si intende la media ponderata del contenuto di PG e P delle diverse razioni utilizzate in azienda per le varie linee produttive. Gli elementi procedurali rilevanti che un tecnico responsabile deve seguire

riguardano: il rilievo della modalità di alimentazione, l'identificazione delle diverse linee di produzione e delle fasi alimentari, la raccolta e l'analisi dei campioni alimentari per la determinazione analitica dei contenuti medi di proteina grezza e fosforo, la raccolta, l'archiviazione e la conservazione della documentazione giustificativa. I dati raccolti sono quindi utilizzati per la stima dei parametri descritti. Come già osservato, nella realtà la situazione di gran lunga prevalente è quella di aziende che praticano l'unifeed, il che rende relativamente agevole procedere alle operazioni di campionamento, analisi e determinazione dei contenuti di nutrienti delle razioni consumate dagli animali.

Modello di bilancio

Cicli di produzione e capi mediamente prodotti in un anno

Per ciascuna linea di produzione, il calcolo del numero di cicli effettuati in un anno può essere definito utilizzando la relazione (eq. 1) che tiene conto della durata dei cicli produttivi, dei periodi di vuoto e della mortalità. Questi parametri sono introdotti per convertire il dato di consistenza media in numero di capi prodotti (eq. 2).

Numero di cicli effettuati in un anno (cicli) (1)

$$\text{Cicli} = [(365/(\text{DUR} + \text{Vu})) * (1 - \text{M}/100)];$$

dove: DUR = durata media del ciclo (giorni);

Vu = vuoti (giorni);

M = mortalità (%);

Capi prodotti anno (V_PROD) (capi/anno) (2)

$$\text{V_Prod} = \text{cicli} * \text{CM}$$

dove: CM=consistenza per linea produttiva (CM_M; CM_CH; CM_LIM; CM_IF; CM_PNP; CM_bai; CM_al)

Accrescimento medio giornaliero

Al fine di consentire la stima delle ingestioni di sostanza secca nelle situazioni in cui si praticano diverse fasi alimentari è necessario stimare il peso vivo raggiunto al termine di ciascuna fase. Nella normale pratica di allevamento gli animali sono pesati solo al momento dell'acquisto o dell'arrivo in allevamento (in genere il peso di arrivo è il 95% del

peso di acquisto). Assumendo che durante la fase di allevamento l'accrescimento sia costante, il peso al termine di ciascuna fase di alimentazione può essere determinato utilizzando le equazioni n. 3 e 4.

Accrescimento medio giornaliero (AMG) (kg/capo/d) (3)

$$AMG = (PV_v - PV_a * 0,95) / DUR$$

dove:

PV_a = peso medio di acquisto (kg/capo)

0,95 = rapporto medio tra peso all'arrivo e peso all'acquisto

PV_v = peso medio di vendita (kg/capo)

DUR = durata media del ciclo (giorni)

Peso vivo medio (kg/capo) al termine di ciascuna fase alimentare (PV) (4)

$$PV_{-1} = PV_a * 0,95 + AMG * DUR_{-1}$$

$$PV_{-2} = PV_{-1} + AMG * DUR_{-2}$$

$$PV_{-n} = PV_{-2} + AMG * DUR_{-n}$$

dove:

DUR₋₁ = durata prima fase alimentare

DUR₋₂ = durata seconda fase alimentare

DUR_{-n} = durata dell'ennesima fase alimentare

Deve essere rispettata l'equivalenza: $DUR = DUR_{-1} + DUR_{-2} + DUR_{-n}$

Ingestione alimentare

La misura diretta dei consumi alimentari in azienda non è proponibile, se non in alcune, rare, situazioni e quindi la previsione dei consumi costituisce un elemento critico per la definizione di stime sufficientemente attendibili del bilancio dei nutrienti. L'ingestione alimentare è fortemente variabile ed è influenzata, non solo fabbisogni energetici per il mantenimento e la crescita, ma anche da numerosi altri fattori di natura animale e alimentare (NRC, 2000).

Evidenti differenze esistono tra sistemi di allevamento basati sull'impiego di erba, sia verde che conservata, e quelli che impiegano invece grandi proporzioni di insilato di mais e cereali (ADAS, 2007). L'NRC (1996) suggerisce che l'ingestione di sostanza secca di bovini in accrescimento possa essere messa in relazione lineare con il peso vivo iniziale e propone l'impiego di due equazioni $[DMI (kg/d) = 1,8545 + 0,01937 * (PV_{iniziale})]$ e DMI

$(\text{kg/d}) = 4,54 + 0,01125 * (\text{PV}_{\text{iniziale}})$] che differiscono però sensibilmente per i valori delle intercette e dei coefficienti angolari. L'applicazione di queste equazioni sui dati di campo raccolti da Bittante *et al.* (2004) su 40 allevamenti e 585 partite (circa 40000 capi) non si è dimostrata utile in quanto la variabilità delle ingestioni alimentari rilevate spiegata da queste equazioni è poco sopra il 7% di R^2 (figura 3).

La ri-analisi dei dati raccolti da Bittante *et al.* (2004) relativi a 40 allevamenti della pianura padana e a 585 cicli produttivi (oltre 40000 capi) consente di trarre le seguenti considerazioni: i) il consumo di sostanza secca per ciclo è, ovviamente, correlato alla durata del periodo di produzione (Figura 4); ii) il consumo giornaliero di sostanza secca è mediamente compreso tra gli 8 e i 9 kg/d; iii) gli indici di conversione si riducono in maniera non lineare con l'aumento dell'accrescimento medio giornaliero (Figura 5).

I dati di Bittante *et al.* (2004) sono stati quindi utilizzati per sviluppare delle equazioni di previsione dell'ingestione basate su parametri facilmente rilevabili in azienda, in specifico il peso vivo al momento dell'arrivo in azienda (il 95% del peso di acquisto; PVa), il peso vivo finale (PVf) e la durata del ciclo (DUR). Le funzioni proposte sono le seguenti:

1) $\text{INGSS (kg/capo/ciclo)} = 0.0675 * ((\text{PVa} * 0.95 + \text{PVf}) / 2)^{0.75} + 1.05 * \text{durata del ciclo}$

2) $\text{INGSS (kg/capo/ciclo)} = 0.0675 * ((\text{PVa} * 0.95 + \text{PVf}) / 2)^{0.75} + 1.72 * \text{durata del ciclo}$

Queste equazioni mettono in relazione il consumo di sostanza secca con il peso metabolico medio registrato durante il periodo di allevamento e con la durata del ciclo. La prima equazione è applicabile per soggetti di razze Charolais, Limousine, Incroci francesi e si è assunto che possa essere applicata per altre tipologie genetiche meno frequenti. La seconda equazione è invece applicabile a soggetti appartenenti a razze con maggiore attitudine lattifera, come i Pezzati neri Polacchi, che a parità di peso vivo esibiscono una maggiore capacità di ingestione rispetto a soggetti più specializzati per la carne. Si sottolinea che le equazioni proposte si riferiscono a condizioni di alimentazione unifeed basate su un largo impiego di silomais, cereali, soia, con aggiunte di sottoprodotti agricoli. La relazione tra ingestione di sostanza secca stimata con le due equazioni e quella rilevata nell'indagine, che evidenzia un valore di R^2 prossimo al 90%, è riportata in figura 6.

Verificata la disponibilità di un'equazione di stima delle ingestioni sufficientemente attendibile è ora possibile proporre un set di equazioni in grado di stimare i consumi di sostanza secca nell'ambito di ciascuna fase di alimentazione (eq. 5a e 5b).

Ingestione di sostanza secca per fase e per capo prodotto (INGSS) (kg/capo)

- Per le linee di produzione: Charolaise, Limousine, Incroci francesi, Baliotti, Misti e altri (5a)

$$\text{Fase 1 } \text{INGSS}_{-1} = \{[(\text{PV}_a * 0,95 + \text{PV}_{-1})/2]^{0,75} * 0,0675 + 1,05\} * \text{DUR}_{-1}$$

$$\text{Fase 2 } \text{INGSS}_{-2} = \{[(\text{PV}_{-1} + \text{PV}_{-2})/2]^{0,75} * 0,0675 + 1,05\} * \text{DUR}_{-2}$$

$$\text{Fase n } \text{INGSS}_{-n} = \{[(\text{PV}_{-2} + \text{PV}_{-n})/2]^{0,75} * 0,0675 + 1,05\} * \text{DUR}_{-n}$$

$$\text{Totale } \text{INGSS} = \text{INGSS}_{-1} + \text{INGSS}_{-2} + \text{INGSS}_{-n}$$

dove:

PV_a = peso vivo medio di acquisto (kg/capo)

PV₋₁ = peso medio (kg/capo) al termine prima fase alimentare

PV₋₂ = peso medio (kg/capo) al termine seconda fase alimentare

PV_{-n} = peso medio (kg/capo) al termine dell'ennesima fase alimentare.

Nota che il peso medio finale dell'ultima fase alimentare coincide con il peso medio di vendita PV_v

- Per le linee di produzione: Pezzati neri polacchi (5b)

$$\text{Fase 1 } \text{INGSS}_{-1} = \{[(\text{PV}_a * 0,95 + \text{PV}_{-1})/2]^{0,75} * 0,0673 + 1,72\} * \text{DUR}_{-1}$$

$$\text{Fase 2 } \text{INGSS}_{-2} = \{[(\text{PV}_{-1} + \text{PV}_{-2})/2]^{0,75} * 0,0673 + 1,72\} * \text{DUR}_{-2}$$

$$\text{Fase n } \text{INGSS}_{-n} = \{[(\text{PV}_{-2} + \text{PV}_{-n})/2]^{0,75} * 0,0673 + 1,72\} * \text{DUR}_{-n}$$

$$\text{Totale } \text{INGSS} = \text{INGSS}_{-1} + \text{INGSS}_{-2} + \text{INGSS}_{-n} \dots$$

Accertamento dei contenuti medi di azoto e fosforo delle razioni

Per l'applicazione delle procedure di bilancio aziendale delle escrezioni è necessario procedere ad un accertamento dei contenuti di proteina grezza e fosforo delle razioni utilizzate. Gli elementi rilevanti contenuti nella procedura proposta, che il tecnico responsabile deve seguire, riguardano: l'identificazione delle diverse linee di produzione e della modalità di alimentazione, la raccolta e l'analisi dei campioni alimentari per la determinazione analitica dei contenuti medi di proteina grezza e fosforo delle diverse razioni impiegate in azienda, la conservazione della documentazione raccolta. Tenuto conto che è prassi consolidata impiegare più razioni durante il ciclo, le relazioni necessarie per il calcolo dei contenuti medi di azoto e fosforo della sostanza secca consumata sono quelle di seguito riportate (eq 6-7)

Contenuto di N medio delle razioni (N_RAZ) (kg/kg) (6)

$$N_Raz = [INGSS_{-1}*(PG_{-1}/100)+INGSS_{-2}*(PG_{-2}/100)+INGSS_{-n}*(PG_{-n}/100)]/INGSS/6,25$$

dove:

PG₋₁ = contenuto di proteina grezza (% della sostanza secca) della razione usata in fase alimentare 1

PG₋₂ = contenuto di proteina grezza (% della sostanza secca) della razione usata in fase alimentare 2

PG_{-n} = contenuto di proteina grezza (% della sostanza secca) della razione usata in fase alimentare n

Contenuto di P medio delle razioni (P_RAZ) (kg/kg) (7)

$$P_Raz = [INGSS_{-1}*(P_{-1}/100)+INGSS_{-2}*(P_{-2}/100)+INGSS_{-n}*(P_{-n}/100)]/INGSS$$

dove:

P₋₁ = contenuto di fosforo totale (% della sostanza secca) della razione usata in fase alimentare 1

P₋₂ = contenuto di fosforo totale (% della sostanza secca) della razione usata in fase alimentare 2

P_{-n} = contenuto di fosforo totale (% della sostanza secca) della razione usata in fase alimentare n

Bilanci dell'azoto e del fosforo per linea produttiva e per capo/anno

La quantificazione delle escrezioni di azoto e fosforo procede quindi utilizzando i criteri del bilancio di massa. I consumi annui di azoto sono determinati moltiplicando l'ingestione stimata di sostanza secca (per linea di produzione e per capo) per il contenuto medio di azoto delle razioni (determinazione analitica) e per il numero di cicli mediamente attuati in un anno.

Per quanto riguarda le ritenzioni di azoto si è considerato un contenuto medio di 0,027 kg N/kg di peso vivo. L'ERM (2001) propone coefficienti di ritenzione differenziati per i maschi e per femmine (2,7 e 2,5% del peso vivo, rispettivamente). Nella presente proposta non si è ritenuto utile differenziare questo coefficiente in base al sesso poiché la maggioranza di animali allevati è rappresentata da maschi e perché questa differenziazione comporta una complicazione delle procedure di acquisizione dei dati senza rilevanti effetti sull'entità delle stime di escrezione.

Per quanto riguarda il fosforo si è assunta una ritenzione pari a 7,5 g/kg di peso vivo (Whiters *et al.* 2001). Infine per quantificare le perdite di azoto in atmosfera si sono considerate perdite pari al 30% dell'azoto totale escreto, valore che si ritrova nel decreto MIPAF (2006). Le equazioni relative alla quantificazione dei consumi, delle ritenzioni e delle escrezioni sono di seguito riportate.

Consumo annuo di azoto per capo mediamente presente (1 capo prodotto*n. cicli) (kg/capo/anno) (8)

$$NC = \text{INGSS} * N_{\text{Raz}} * \text{cicli}$$

dove:

INGSS = consumo di sostanza secca per capo prodotto (kg/capo);

N_raz = contenuto di N medio delle razioni (kg/kg);

Cicli = numero di cicli di allevamento effettuati in un anno x linea di produzione;

Ritenzione annua di azoto per capo mediamente presente (1 capo prodotto*n. cicli) (kg/capo/anno)

(9)

$$NR = (PVv - PVa * 0,95) * \text{cicli} * k_{Nr}$$

dove:

PVa = peso medio di acquisto (kg/capo)

PVv = peso medio di vendita (kg/capo)

Cicli = numero di cicli di allevamento effettuati in un anno x linea di produzione;

k_Nr = Azoto ritenuto per unità di peso vivo realizzato. kNr = 0,027 kg/kg

Escrezione annua di azoto per capo mediamente presente (Nex) (kg/capo/anno) (10)

$$Nex = NC - NR$$

dove:

NC = consumo annuo di azoto per capo mediamente presente (kg/capo/anno)

NR = ritenzione annua di azoto per capo mediamente presente (kg/capo/anno)

Produzione annua di azoto netto per capo mediamente presente (kg/capo/anno) (11)

$$N_{\text{netto}} = Nex * (1 - k_{\text{vol}})$$

dove:

Nex = escrezione annua di azoto per capo mediamente presente (kg/capo/anno)

k_vol = coefficiente di volatilizzazione (k_vol = 0,30 da MIPAF (2006))

Consumo annuo di fosforo per capo mediamente presente (kg/capo/anno) (12)

$$PC = \text{INGSS} * P_{\text{Raz}} * \text{cicli}$$

dove:

INGSS = consumo di sostanza secca per capo mediamente presente (kg/capo/anno)

P_raz = contenuto di P medio delle razioni per la linea di produzione esaminata (kg/kg)

Cicli = numero di cicli di allevamento effettuati in un anno;

Ritenzione annua di fosforo per capo mediamente presente (kg/capo/anno) (13)

$$PR = (PVv - PVa * 0,95) * kPr * \text{cicli}$$

dove:

PVa = peso medio (kg) dei capi acquistati

PVv = peso medio (kg) dei capi venduti

kPr = fosforo ritenuto per unità di peso vivo realizzato. kPr = 0,0075

$$\underline{\text{Escrezione annua di fosforo per capo mediamente presente}} \text{ (kg/capo/anno)} \quad (14)$$

$$Pex = PC - PR$$

dove:

PC = consumo annuo di fosforo per capo mediamente presente (kg/capo/anno)

PR = ritenzione annua di fosforo per capo mediamente presente (kg/capo/anno)

Calcolo delle produzioni annue aziendali di azoto netto e fosforo

Quantificate dunque le escrezioni annue medie per capo/anno per ciascuna linea produttiva, le quantità prodotte dall'azienda nel suo complesso si ottengono sommando le escrezioni relative dei capi mediamente presenti per ciascuna linea di produzione.

$$\underline{\text{Produzione di azoto netto aziendale (N netto az)}} \text{ (kg/anno/azienda)} \quad (15)$$

$$N_{\text{netto_az}} = (N_{\text{netto_M}}) * (CM_{\text{M}}) + (N_{\text{netto_CH}}) * (CM_{\text{CH}}) + (N_{\text{netto_LIM}}) * (CM_{\text{LIM}}) + \\ (N_{\text{netto_IF}}) * (CM_{\text{IF}}) + (N_{\text{netto_PNP}}) * (CM_{\text{PNP}}) + (N_{\text{netto_Bai}}) * (CM_{\text{Bai}}) + \\ (N_{\text{netto_Al}}) * (CM_{\text{Al}})$$

dove:

N_{netto_M} = produzione di azoto netto (kg/capo/anno) per la linea produttiva M (misti);

CM_M = consistenza media (capi mediamente presenti) per la linea produttiva M (misti);

N_{netto_CH} = produzione di azoto netto (kg/capo/anno) per la linea produttiva CH (Charolaise);

CM_{CH} = consistenza media annua (capi/anno) per la linea produttiva CH (Charolaise);

N_{netto_LIM} = produzione di azoto netto (kg/capo/anno) per la linea produttiva LIM (Limousine);

CM_{LIM} = consistenza media annua (capi/anno) per la linea produttiva LIM (Limousine);

N_{netto_IF} = produzione di azoto netto (kg/capo/anno) per la linea produttiva IF (Incroci francesi)

CM_{IF} = consistenza media annua (capi/anno) per la linea produttiva IF (Incroci francesi);

N_{netto_PNP} = produzione di azoto netto (kg/capo/anno) per la linea produttiva PNP (Pezzati neri polacchi);

CM_{PNP} = consistenza media annua (capi/anno) per la linea produttiva PNP (Pezzati neri polacchi);

N_{netto_Bai} = produzione di azoto netto (kg/capo/anno) per la linea produttiva Bai (Baliotti);

CM_{Bai} = consistenza media annua (capi/anno) per la linea produttiva Bai (Baliotti);

N_{netto_Al} = produzione di azoto netto (kg/capo/anno) per altre linee produttive;

CM_{Al} = consistenza media annua (capi/anno) per altre linee produttive.

$$\underline{\text{Produzione di azoto netto (N netto) espresso per capo mediamente presente}} \quad (16)$$

$$N_{\text{netto_da bilancio}} = N_{\text{netto_az}} / CM_{\text{V}}$$

dove:

N_{netto_az} = produzione di azoto netto aziendale (kg/anno)

CM_V = consistenza media di allevamento come da comunicazione di spandimento (capi/anno). Il dato deve coincidere con la somma delle consistenze medie indicate per ciascuna linea produttiva.

Il valore ottenuto con l'applicazione di questa funzione può essere confrontato con il valore di 33.6 kg N/capo/anno proposto dal MIPAF (2006)

Produzione di fosforo escreto aziendale (Pex_az) (kg/anno/azienda) (17)

$$\text{Pex_az} = (\text{Pex_M}) * (\text{CM_M}) + (\text{Pex_CH}) * (\text{CM_CH}) + (\text{Pex_LIM}) * (\text{CM_LIM}) + (\text{Pex_IF}) * (\text{CM_IF}) + (\text{Pex_PNP}) * (\text{CM_PNP}) + (\text{Pex_Bai}) * (\text{CM_Bai}) + (\text{Pex_Al}) * (\text{CM_Al});$$

dove:

Pex_M = escrezione di fosforo (kg/capo/anno) per la linea produttiva M (misti)
CM_M = consistenza media (capi mediamente presenti) per la linea produttiva M (misti);
Pex_CH = escrezione di fosforo (kg/capo/anno) per la linea produttiva CH (Charolaise)
CM_CH = consistenza media annua (capi/anno) per la linea produttiva CH (Charolaise);
Pex_LIM = escrezione di fosforo (kg/capo/anno) per la linea produttiva LIM (Limousine)
CM_LIM = consistenza media annua (capi/anno) per la linea produttiva LIM (Limousine);
Pex_IF = escrezione di fosforo (kg/capo/anno) per la linea produttiva IF (Incroci francesi)
CM_IF = consistenza media annua (capi/anno) per la linea produttiva IF (Incroci francesi);
Pex_PNP = escrezione di fosforo (kg/capo/anno) per la linea produttiva PNP (Pezzati neri polacchi)
CM_PNP = consistenza media annua (capi/anno) per la linea produttiva PNP (Pezzati neri polacchi);
Pex_Bai = escrezione di fosforo (kg/capo/anno) per la linea produttiva Bai (Baliotti)
CM_Bai = consistenza media annua (capi/anno) per la linea produttiva Bai (Baliotti);
Pex_Al = escrezione di fosforo (kg/capo/anno) per altre linee produttive;
CM_Al = consistenza media annua (capi/anno) per altre linee produttive.

Produzione di fosforo (P_da bilancio) espresso per capo mediamente presente

$$\text{Pex_da bilancio} = \text{Pex_az} / \text{CM_V}$$

dove:

Pex_az = produzione aziendale di fosforo (kg/anno)

CM_V = consistenza media dell'allevamento da dichiarazione (capi/anno). Il dato deve coincidere con la somma delle consistenze medie indicate per ciascuna linea produttiva.

Valori attesi di produzione di azoto

L'enorme variabilità delle stime di escrezione azotata dovuta ai diversi sistemi di allevamento e di alimentazione è ben rappresentata in letteratura. L'ERM (1999) propone valori standard di produzione di azoto, già corretti per le perdite di volatilizzazione (10%), differenziati in relazione alla mole, all'età e al livello di proteina grezza delle diete (Tabella 2). Per soggetti di grande mole e di età compresa tra 1 e 2 anni le escrezioni variano da 41 a 74 kg N/capo/anno in relazione ai contenuti di azoto delle razioni. ASAE (2003) per bovini in accrescimento allevati in ambienti confinati negli Stati Uniti propone un valore standard

di escrezione (lorda) pari a 47 kg N/capo/anno. L'ADAS (2007) rileva valori di escrezione di N pari a 56 e 38 kg/capo/anno, rispettivamente per bovini allevati con diete basate su insilati d'erba (intervallo di peso vivo 49-552 kg, 15% PG, 456 giorni di durata del ciclo) e su cereali (intervallo di peso vivo 90-440 kg, 14% di PG, 270 giorni di durata del ciclo). Inoltre ADAS (2007) riporta, per bovini maschi interi (Holstein) allevati da 90 a circa 500 kg di PV, con dieta basata su cereali (13,6% PG), insilato di mais (17,2 % PG) e insilati d'erba (15,9 % PG) valori di escrezione di azoto rispettivamente pari a 38,9, 59,9 e 49,7 kg N/capo/anno. DIAS (1998), per giovani tori di razze pesanti, finiti a 440 kg, propone un valore prossimo ai 31,2 kg/capo/anno.

In Italia Xiccatto (2005), utilizzando i dati di 40 allevamenti in cui vi era una netta prevalenza di bovini maschi di razze francesi, riporta valori di 57 kg N/capo/anno (range di peso vivo 342-608; 1,66 cicli/anno; 14,4% PG). MIPAF (2006) riporta valori compresi tra 57 e 41 kg N/capo/anno, per le diverse realtà di allevamento nazionali propone uno standard di 48 kg N/capo/anno. Proprio in ragione della variabilità delle situazioni di allevamento e della conseguente difficoltà di definire dei valori standard di escrezione di applicazione generalizzata, ADAS (2007) suggerisce l'opportunità di ricorrere a software dedicati che possano consentire la stima delle escrezioni sulla base di semplici parametri aziendali. Il lavoro descritto in questo documento si inserisce quindi in questa prospettiva e nel paragrafo che segue viene riportato un esempio applicativo utilizzando i dati di un'azienda reale.

Esempio applicativo

Nell'azienda utilizzata come esempio, la consistenza media è di 200 vitelloni maschi equamente ripartiti tra soggetti di razza Charolaise e Limousine. Gli animali sono allevati in ambiente confinato con pavimentazione piena (Charolaise) e pavimentazione fessurata (Limousine). Gli alimenti vengono distribuiti con carro miscelatore impiegando la tecnica dell'unifeed. Nella scheda 1a di acquisizione dati, adeguatamente compilato, sono riportati i dati quantitativi che caratterizzano le linee di produzione aziendali, mentre i risultati dell'applicativo sono presentati in tabella 3.

Dai conteggi risulta che con una consistenza media pari a 100 capi per linea produttiva, si producono in un anno 160 vitelloni Charolaise e 143 Limousine.

Gli accrescimenti giornalieri sono elevati e comunque superiori a 1,3 kg/capo/d. I consumi di sostanza secca per capo sono prossimi ai 1750 e ai 1740 kg/ciclo, rispettivamente per le due linee, nonostante i diversi pesi di acquisto e di vendita. I contenuti di proteina grezza delle razioni sono uguali o poco superiori al 14%. I consumi di azoto sono compresi tra 57 e 63 kg/capo/anno mentre le ritenzioni variano da 11,4 e 13,4 kg N/capo/anno ed infine le escrezioni sono pari a 49,4 e 45,0 kg N/capo/anno. Questi valori ricadono negli intervalli di variazione attesi dalle varie fonti prima citate. Si osserva che il valore di escrezione medio aziendale (47 kg N/capo/giorno) è uguale a quello proposto dall'ASAE (2003) ed è prossimo al valore medio di 48 kg N /capo/anno indicato dal MIPAF (2006). Le escrezioni di fosforo sono intorno ai 9-10 kg/capo/anno, valori simili a quelli riportati da DIAS (1998) per vitelloni di età compresa fra 1 e 2 anni (9,7 kg/capo/anno). L'applicativo calcola quindi le produzioni complessive aziendali di azoto netto e fosforo e la superficie minima necessaria per lo spandimento dei reflui in zone vulnerabili.

LETTERATURA

ADAS, 2007. ADAS report to DEFRA. Supporting paper F2 for the consultation on the implementation of the nitrates directive in England. Home page address: <http://www.defra.gov.uk/environment/water/quality/nitrate/pdf/consultation-supportdocs/f2-excreta-n-output.pdf>

ASAE, 2003. American Society of Agricultural Engineers, Proposal for ASAE D384.1, Manure Production and characteristics http://www.abe.iastate.edu/Ae573_ast475/manure%20D384%20-%20Final.doc

Bittante G., Andrighetto I., Ramanzin M., 1997. Tecniche di produzione animale. Liviana Editrice, Padova

Bittante G., Gallo L., Schiavon S., Contiero B., Fracasso A., 2004. Bilancio dell'azoto negli allevamenti di vacche da latte e vitelloni. In: Bilancio dell'azoto in allevamenti di bovini, suini e conigli – Progetto interregionale - Legge 23/12/1999 n. 499, art. 2 - Report finale, Regione Veneto.

Bonsembiante M., Gallo L., Schiavon S., 2003. L'allevamento e le produzioni animali nel XX secolo. In: Bonsembiante M. (ed), Le scienze animali al servizio dell'uomo, Cleup Editrice, Padova, Italia.

Cozzi G., 2007. Present situation and future challenges of beef cattle production in Italy and the role of research. Italian Journal of Animal Science, 6(Suppl 1):389-396.

DIAS, 1998. Standard Values for Farm Manure A Revaluation of the Danish Standard Values concerning the Nitrogen, Phosphorus and Potassium Content of Manure (H.D. Poulsen and V.F Kristensen (eds), Ministry of Food, Agriculture and Fisheries, Danish Institute of Agricultural Sciences, Tjele, DK.

ERM, 1999. Establishment of criteria for the assessment of the nitrogen content of animal manures, European Commission, Final report, Luxembourg.

ERM, 2001. Livestock manures – Nitrogen equivalents. Copies available from: European Commission DG Environment – D1, 200 Rue de la Loi, B-1049 Brussels, Luxembourg.

ISMEA, 2004. Il mercato della carne bovina – Rapporto 2004. Franco Angeli, Milano.

Mazzenga A., Brscic M., Cozzi G., 2007. The use of corn silage in diets for beef cattle of different genotype. Italian Journal of Animal Science, 6 (suppl. 1), 321-323.

MIPAF (Ministero delle politiche agricole e forestali, Italia), 2006. Decreto legislativo 7 Aprile 2006 “Criteri e norme tecniche generali per la disciplina regionale dell'utilizzazione agronomica degli effluenti di allevamento, di cui all'articolo 38 del Decreto legislativo del 11 maggio 1999 No. 152”. In: Bollettino ufficiale n. 109 del 12.04.2006, Ord. Suppl. n. 120.

http://www.politicheagricole.it/NR/rdonlyres/ed3uy755k2hwqeeiwde3dtidciyqeyfesvsidm5ysrx2u5jzwjtryffrbclpdthyhptdnnfn2v25agypwfyttxz2ike/20060407_DI_SR_effluentiallevamento.pdf

Micol D., Béranger C., 1984. French beef production systems from grassland. In Holmes W (ed), Grassland beef production. Martinus Nijhoff publishers, for the commission of the Europea Communities, EEC, Brussels, Luxembourg.

NRC, 1996. Nutrient requirements for beef cattle. Seventh Revised edition, National Academy Press, Washington D.C.

NRC, 2000. Nutrient requirements for beef cattle. Seventh Revised Edition, Update 2000. National Academy Press, Washington, D.C.

Whiters P.J.A., Edwards A.C., Foy R.H., 2001. Phosphorus cycling in UK agriculture and implications for phosphorus loss from soil. Soil Use and Management, 17:139-149.

Xiccato G., Schiavon S., Gallo L., Bailoni L., Bittante G., 2005. Nitrogen excretion in dairy cow, beef and veal cattle, pig, and rabbit farms in Northern Italy. Italian Journal of Animal Science. vol. 4 (3): 103-111.

TABELLE E FIGURE

Figura 1 - Curve di accrescimento di bovini Charolaise ottenibili secondo diverse intensità di allevamento (modificato da Micol & Beranger, 1984)

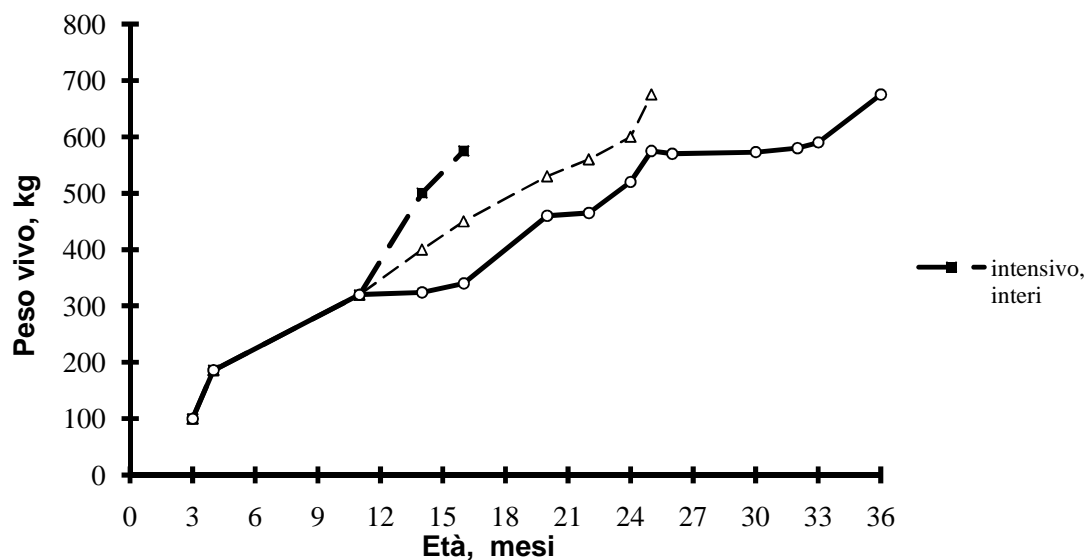


Tabella 1 - Composizione alimentare e chimica di razioni unifeed per bovini di razza Charolaise in diverse regioni (da Cozzi, 2007)

	Veneto	Lombardia	Piemonte	Errore Standard
Aziende, n.	101	23	11	
<i>Alimenti, kg tal quale:</i>				
Insilato di mais	8,3	9,6	5,9	2,2
Pastone di mais	0,8	1,4	2,7	1,5
Cereali, farine e granelle	2,7	1,8	2,1	1,2
Polpe secche di bietola	1,1	0,6	0,5	0,7
Foraggi a fibra lunga	0,7	0,7	1,0	0,4
Integratori proteici, vitaminici e minerali	2,3	2,6	2,4	1,1
Melasso e grassi vegetali	0,1	0,1	0,2	0,2
<i>Composizione chimica:</i>				
Sostanza secca %	55,2	52,6	62,3	7,0
Proteina grezza	14,0	13,9	14,0	0,9

Figura 2 - Livelli proteici medi delle razioni in funzione del numero di fasi alimentari praticate nell'ambito dei cicli produttivi (fonte dei dati: Bittante *et al.*, 2004)

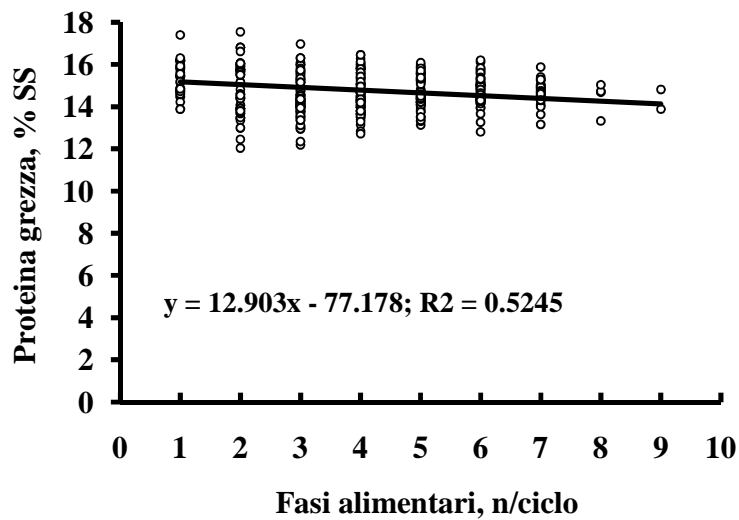


Figura 3 - Relazione tra consumo di sostanza secca nel ciclo e peso vivo iniziale dei capi (fonte dei dati: Bittante *et al.* 2004).

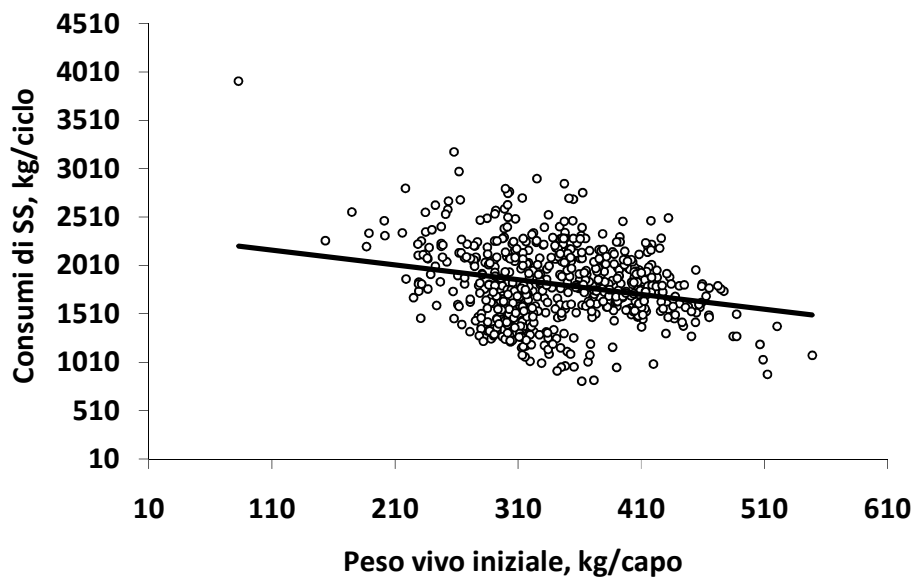


Figura 4 - Consumo di sostanza secca per capo e durata del ciclo di vitelloni (fonte dei dati: Bittante *et al.*, 2004).

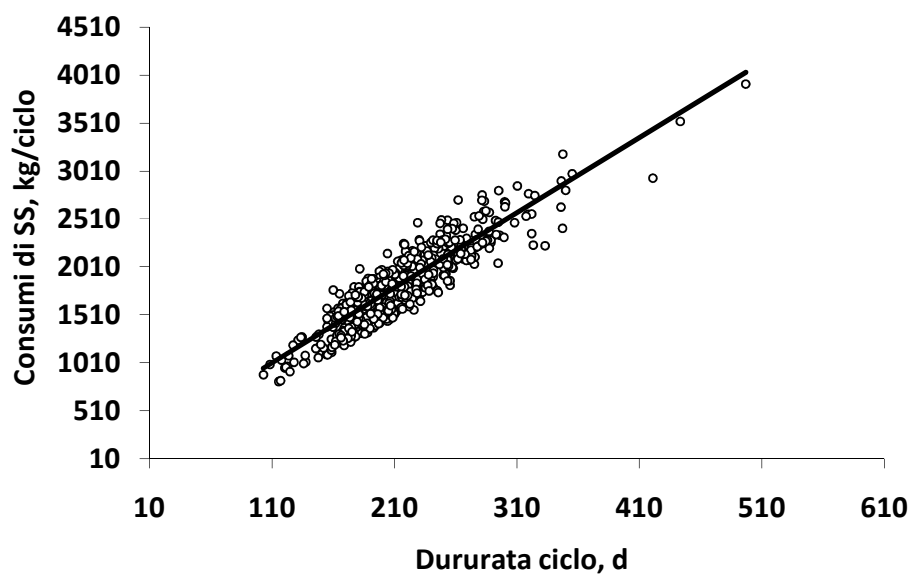


Figura 5 - Relazione tra indici di conversione e accrescimento medio giornaliero (fonte dei dati: Bittante *et al.*, 2004).

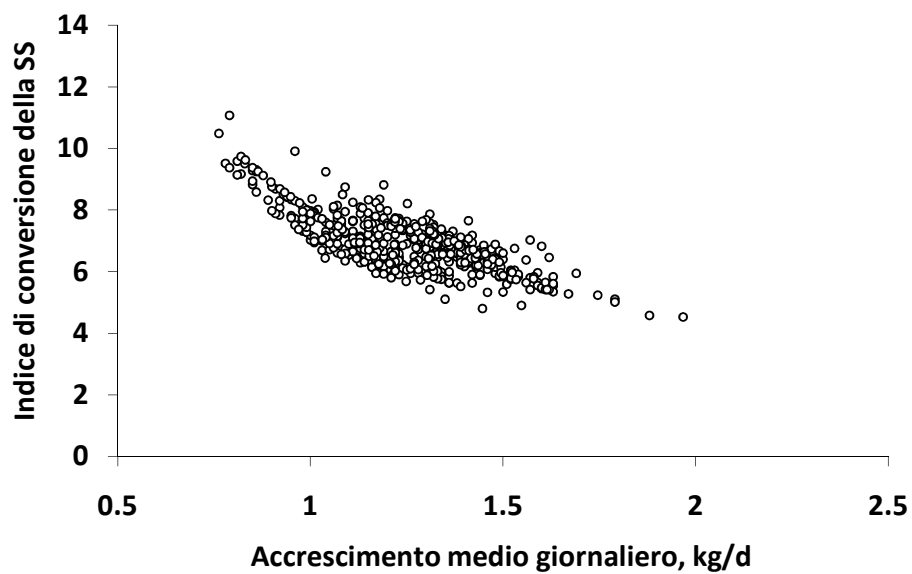
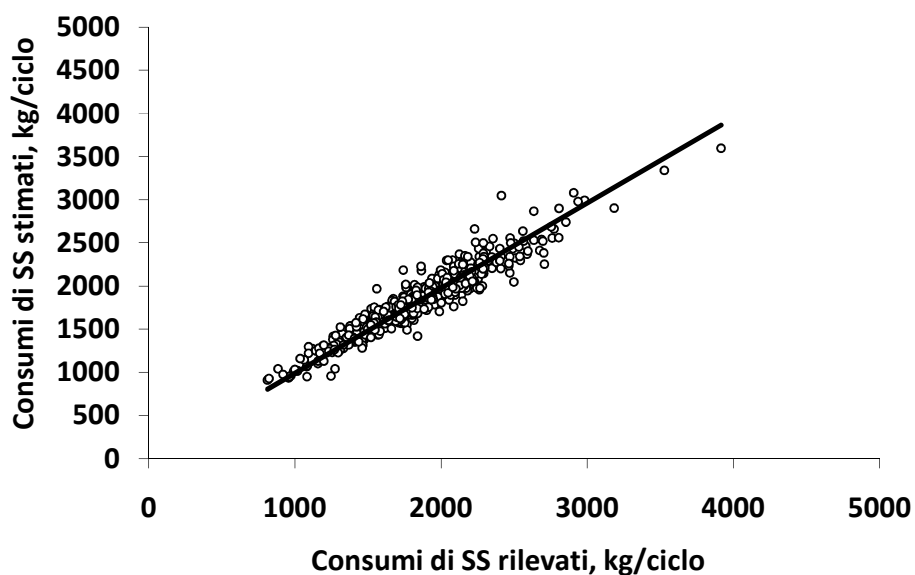


Figura 6 - Relazione tra consumi di sostanza secca (kg/ciclo) stimati e rilevati da 40 aziende, 585 partite di soggetti di diverse razze (fonte dei dati: Bittante *et al.*, 2004).



Scheda 1a - Acquisizione dati per allevamenti di vitelloni - compilato

Consistenza di allevamento (CM_V)	200					
	consistenza media (n°) (CM)	Durata media ciclo (giorni) (DUR)	peso medio acquisto (kg) (PVa)	peso medio vendita (kg) (PVv)	Mortalità (%) (M)	Vuoti (giorni) (Vu)
Consistenza per linea produttiva						
- linea Charolaise (CH)	100	208	386	676	2,2	15
- linea LIMOUSINE (LIM)	100	234	300	580	2,2	15

Alimentazione: x gruppi di alimentazione e linea produttiva:

	Durata fasi (giorni) DUR_n	PG razioni (% ss) (PG_n)	Fosforo razioni (% ss) (P_n)
	- linea produttiva: CHAROLAISE		
- fase 1	40	13,0	0,5
- fase 2	80	14,5	0,5
- fase n	88	14,0	0,5
- linea produttiva: LIMOUSINE			
- fase 1	40	12,0	0,5
- fase 2	97	14,5	0,5
- fase n	97	14,5	0,5

Tabella 2 - Valori standard di produzione di azoto netto (kg N/capo/anno) proposti dall'ERM (1999)

Mole età (anni)	Piccola			Grande		
	0-1	1-2	2-3	0-1	1-2	2-3
% N dieta						
Bassa (2.0%)	18	31	35	24	41	47
Media (2.7)	24	43	48	32	57	64
Elevata (3.4%)	30	55	61	40	74	81

Tabella 3 - Risultati di bilancio

	Unità	Charolaise	Limousine	Complessivi
<u>Indici tecnici:</u>				
Cicli	n/anno	1,60	1,43	
Capi prodotti	“	160	143	
Accrescimento medio giornaliero	kg/d	1,49	1,26	
Peso vivo all'acquisto	kg/capo	386	300	
Peso vivo all'arrivo	kg/capo	367	285	
Peso vivo fine fase 1	kg/capo	426	335	
Peso vivo fine fase 2	“	545	458	
Peso vivo finale fase 3	“	676	580	
Ingestione di sostanza secca	“	1747	1739	
Indice di conversione	kg/kg	6,02	6,21	
Proteina grezza media razioni	% SS	14,0	14,2	
Azoto medio razioni	“	0,022	0,023	
Fosforo medio razioni	“	0,005	0,005	
<u>Bilancio dell'azoto</u>				
Consumo	kg/capo/anno	62,7	56,5	
Ritenzione	“	13,4	11,4	
Escrezione	“	49,4	45,0	media = 47,4
Volatilizzazione	kg/kg	0,3	0,3	
N netto	kg/capo/anno	34,55	31,52	media = 33,2
<u>Bilancio fosforo</u>				
Consumo	kg/capo/anno	13,98	12,46	
Ritenzione	“	3,71	3,17	
Escrezione	“	10,27	9,29	
<u>Produzioni aziendali di N e P x linea</u>				
N netto da bilancio	kg/anno	3455	3152	Somma = 6607
N netto da MIPAF (2006)	“	3360	3360	Somma = 6720
Fosforo	“	1027	929	Somma =1956
<u>SAU necessaria in zona vulnerabile</u>				
Da bilancio	ha	20,32	18,54	Somma = 38,87
Da MIPAF (2006)	ha	19,76	19,76	Somma =39,53

III. ALLEVAMENTI DI VITELLI A CARNE BIANCA

Tratti essenziali del sistema di produzione

I tratti essenziali di questo sistema di allevamento sono stati descritti da Bittante *et al.* (1997) e più recentemente da Cozzi (2007). L'attività di allevamento del vitello a carne bianca, che contribuisce per circa il 13% alla produzione totale di carne bovina in Italia (ISMEA, 2006), è prevalentemente svolta in Lombardia e Veneto nelle zone in cui è disponibile acqua a basso contenuto di ferro (Bittante *et al.*, 1997). I vitelli utilizzati per questa produzione sono principalmente maschi non utilizzati negli allevamenti di vacche da latte. Per questo tipo di produzione circa il 23% della domanda di animali vivi è coperta da importazioni, in particolare dalla Polonia, dalla Francia e dalla Germania (CRPA, 2006).

La brochure dell'ERM (2001) non riporta dati riguardanti il bilancio dell'azoto di questa tipologia di allevamento, tuttavia gli elementi essenziali che delineano le condizioni italiane sono riportati in tabella 1 (tabella f allegato 1 del MIPAF (2006)). Questi dati, ricavati da Bailoni *et al.* (2004) nell'ambito del progetto inter-regionale "Bilancio dell'azoto negli allevamenti", sono stati ottenuti controllando il movimento di capi e mangimi in un periodo di tempo compreso tra il 2002 e il 2003 in 34 aziende specializzate, scelte con il criterio della rappresentatività, per un totale di 49206 soggetti.

Il peso medio di acquisto e di vendita sono stati rispettivamente intorno ai 60 e ai 253 kg/capo, l'indice di conversione prossimo a 1,73 e il contenuto di proteina grezza degli alimenti consumati (sostitutivi del latte più alimenti solidi) è risultato pari al 21,5%. Il bilancio di massa porta a concludere che mediamente il vitello a carne bianca emette 11,9 kg N/capo/anno. Assumendo perdite di volatilizzazione pari al 28% (MIPAF, 2006) la produzione di azoto netto nei reflui corrisponde a 8,6 kg N/capo/anno. Quest'ultimo valore è quindi stato recepito come standard dal decreto MIPAF (2006). Nel predisporre i modelli di calcolo ci si è proposti di creare un sistema in grado di tener conto dei vari fattori aziendali di variabilità in modo integrato. In questo modo l'azienda che impiega la procedura, può arrivare ad una definizione sufficientemente precisa delle escrezioni in base alle proprie condizioni di allevamento. Questo può aiutare anche ad individuare la strategia gestionale e/o di alimentazione che si ritiene più opportuna per ridurre le escrezioni,

operando sulle consistenze degli animali, sui livelli di produzione, sulle modalità di alimentazione e sulle caratteristiche nutrizionali delle razioni impiegate.

Definizione degli inputs

Consistenza di allevamento

L'approccio semplificato impiegato per la quantificazione delle escrezioni MIPAF (2006) è basato su un fattore di escrezione (8,6 kg N/capo/anno) che viene moltiplicato per la consistenza media di allevamento. Per "consistenza media di allevamento" si intende il numero di capi mediamente presenti nell'allevamento nell'anno. Trattandosi di allevamenti con più cicli produttivi la presenza media è determinata moltiplicando il numero dei capi allevati in ogni ciclo per la frazione di anno di presenza in azienda e successivamente sommando tali prodotti (media ponderata, nell'arco dei 365 gg., del numero dei capi presenti in ogni ciclo). Questo approccio non considera il fatto che a parità di consistenza media i parametri produttivi possono invece variare sensibilmente (numero di cicli, consumi alimentari, quantità di peso vivo prodotto). Tutti questi fattori sono correlati con l'entità delle escrezioni. Per una più corretta quantificazione delle escrezioni è quindi necessario effettuare i conteggi di bilancio non per capo mediamente presente ma per capo prodotto. Strutturalmente quindi, la procedura proposta per la valutazione delle escrezioni a livello aziendale è molto simile a quella descritta per i vitelloni, con la differenza che non vengono effettuate distinzioni in base alla tipologia genetica allevata.

Prestazioni produttive

Le informazioni riguardanti le prestazioni produttive ed in particolare la durata media dei cicli (DUR), i pesi di acquisto (PVa) e quelli di vendita (PVv) sono ricavate in base alle fatture di acquisto e di vendita dei capi di precedenti cicli produttivi conclusisi nell'anno in corso e in quello precedente.

Periodi di vuoto

Il calcolo dei periodi di vuoto (Vu) tra un ciclo e quello successivo, va effettuato come differenza media tra le date medie di vendita e quelle di arrivo delle partite successive. Tale

valore si ricava in base alle fatture di acquisto e di vendita di precedenti cicli produttivi conclusi nell'anno in corso e in quello precedente. Nel caso in cui tale valore non fosse disponibile si può utilizzare un valore pari a 15 giorni/ciclo.

Mortalità

Nell'ambito di ciascuna linea di produzione, il dato di mortalità (M), comprensivo dei capi infortunati e venduti in urgenza, si ricava come differenza tra il numero di capi acquistati e il numero di capi venduti a fine ciclo. Tale valore si ricava in base alle fatture di acquisto e di vendita di precedenti cicli produttivi conclusi nell'anno in corso e in quello precedente. Nel caso in cui tale informazione non sia disponibile si può indicare un valore pari al 3%.

Fasi alimentari

Dai risultati di Bailoni *et al.* (2004) risulta che nell'allevamento del vitello a carne bianca il ciclo di produzione è in genere suddiviso in due o tre fasi alimentari. Nelle tipologie gestionali dove sono presenti le tre fasi, l'avviamento ha una durata media di circa 40 giorni, l'ingrasso di circa 72 ed infine il finissaggio di 50 giorni. La variabilità entro e tra allevamenti, risulta comunque abbastanza elevata in quanto condizionata dal mercato delle materie prime e dei prodotti. Nelle altre tipologie gestionali il ciclo di allevamento è suddiviso invece più semplicemente in 2 periodi, uno iniziale (avviamento) simile alla tipologia precedente e un secondo periodo della durata di circa 120 giorni in cui gli animali vengono alimentati fino alla macellazione con lo stesso sostitutivo del latte. In questo caso vengono modificate sia la quantità di alimento somministrato che la sua concentrazione per soddisfare i fabbisogni del vitello. Per applicare la procedura di bilancio è quindi necessario in primo luogo individuare la durata media delle varie fasi alimentari in cui è suddiviso il ciclo di produzione. La durata totale del ciclo (DUR) deve, ovviamente, essere uguale alla somma delle durate di ciascuna fase alimentare (DUR_{-1,...,n}).

Contenuti di proteina grezza e fosforo dei mangimi

Per rispondere alle esigenze nutrizionali del vitello a carne bianca, le aziende utilizzano diverse tipologie di sostitutivi del latte somministrati in forma liquida e alimenti solidi.

L'indagine di Bailoni *et al.* (2004) indica che nella fase di avviamento il sostitutivo è caratterizzato da un tenore in proteina grezza del 20–23% e di lipidi grezzi del 18–20%. Nella fase d'ingrasso la concentrazione proteica del sostitutivo scende al 19-22% mentre aumenta la quantità di lipidi grezzi (20–22%); nell'ultimo periodo si mantiene il tenore proteico attorno al 20%, mentre aumenta ancora la concentrazione energetica elevando il contenuto di lipidi grezzi al 22–24%. Sempre Bailoni *et al.* (2004) hanno evidenziato che la somministrazione di alimenti solidi in aggiunta al sostitutivo latteo riguarda in particolare l'impiego di granella e insilato di mais, solo in alcune realtà si è osservato l'uso di mangimi commerciali, crusca e orzo fioccatto. Questi ultimi alimenti sono totalmente di origine extra-aziendale e vengono distribuiti ai vitelli in dosaggi e con tempistiche indicate dalle norme sul benessere animale (da circa 50 g in fase di avviamento a 250–400 g nel periodo di finissaggio). Questi dati comunque non possono essere considerati stabili dal momento che il continuo aumento dei prezzi delle polveri di latte scremato e di siero, che rappresentano i principali ingredienti alimentari nella formulazione dei sostitativi del latte, stanno imponendo cambiamenti nei programmi alimentari e nelle caratteristiche nutrizionali delle razioni (Cozzi, 2007).

Modello di bilancio

Cicli di produzione e capi mediamente prodotti in un anno

Il calcolo del numero di cicli effettuati in un anno può essere definito utilizzando la relazione (eq. 1) che tiene conto della durata dei periodi di permanenza in stalla dei vitelli, dei vuoti e della mortalità. Questi parametri sono introdotti per convertire il dato di consistenza media in numero di capi prodotti (eq. 2).

Numero di cicli effettuati in un anno (cicli) (1)

$$\text{Cicli} = [(365/(\text{DUR} + \text{Vu})) * (1 - \text{M}/100)];$$

dove: DUR = durata media del ciclo (giorni);

Vu = vuoti (giorni);

M = mortalità (%);

Vitelli prodotti anno (V_Prod) (capi/anno) (2)

$$\text{V_Prod} = \text{cicli} * \text{CM};$$

dove:

CM=consistenza di allevamento (capi/anno).

Accrescimento medio giornaliero

Nella normale pratica di allevamento gli animali sono pesati solo al momento della vendita, assumendo che il peso all'arrivo sia intorno ai 60 kg, con qualche variazione in funzione della tipologia genetica. Tuttavia, dal momento che il ciclo produttivo prevede una serie di fasi alimentari è necessario stimare il peso vivo raggiunto al termine di ciascuna fase per poter approssimare le ingestioni alimentari realizzate per fase. La soluzione più semplice è quella di assumere che durante la fase di allevamento l'accrescimento sia costante. Il peso vivo raggiunto al termine di ciascuna fase di alimentazione può quindi essere determinato utilizzando le equazioni n. 3 e 4.

Accrescimento medio giornaliero (AMG) (kg/capo/d) (3)

$$AMG = (PV_v - PV_a) / DUR$$

dove:

PV_a = peso medio di acquisto (kg/capo)

PV_v = peso medio di vendita (kg/capo)

DUR = durata media del ciclo (giorni)

Peso vivo medio (kg/capo) al termine di ciascuna fase alimentare (PV_{-1,....,n}) (4)

$$PV_{-1} = PV_a + AMG * DUR_{-1}$$

$$PV_{-2} = PV_{-1} + AMG * DUR_{-2}$$

$$PV_{-n} = PV_{-n} + AMG * DUR_{-n}$$

dove:

DUR_{-1,....,n} = durata delle fasi alimentari da 1 a n.

La somma delle durate parziali deve coincidere con il valore complessivo di durata (DUR).

Ingestione di equivalenti sostitutivo (95% ss) per capo e per fase (INGSost) (kg/capo)

In media il consumo di sostituti del latte per capo nell'intero ciclo varia da 324 a 343 kg e l'indice di conversione, comprensivo del contributo dovuto agli alimenti solidi, è intorno a 1,73 (Andrighetto *et al.*, 1999; Cozzi *et al.*, 2002; Gottardo *et al.*, 2002; Xiccato *et al.*, 2002; Bailoni *et al.*, 2004). Come per altre tipologie di allevamento si è ritenuto opportuno provvedere una equazione di stima della sostanza secca in funzione del peso vivo raggiunto

al termine delle diverse fasi alimentari. Allo scopo sono stati utilizzati i risultati di Andrighetto *et al.* (1999) ottenuti dalla misura dei consumi alimentari e dei pesi vivi di vitelli pezzati neri polacchi a diverse età. La relazione tra indice di conversione (IC) espresso in equivalenti sostitutivi del latte (con contenuti di sostanza secca 95%) e il peso vivo è stata la seguente: $IC = 1,00 + 0,004 * \text{Peso vivo}$ ($R^2 = 0,95$). Questa equazione va considerata con prudenza dal momento che si riferisce ad una singola prova, su un numero limitato di soggetti. L'applicazione di questa formula, porta a stime degli indici di conversione per gli intervalli di peso vivo 60-100, 100-150 e 159-253 kg rispettivamente pari a 1,40, 1,68 e 2,01, per un valore medio complessivo di 1,76, prossimo a quello di 1,73 riportato nel MIPAF (2006). I consumi alimentari (espressi in equivalenti di sostitutivo di latte al 95% di sostanza secca) per ogni singola fase si calcolano moltiplicando l'indice di conversione per la variazione di peso vivo per singola fase alimentare e quindi sommando i risultati (set di equazioni n. 5). Ai fini della quantificazione dei contenuti di azoto degli alimenti liquidi e solidi consumati è utile anche quantificare la proporzione di alimento solido utilizzato (eq. 6) utilizzando i valori riportati nell'apposito modulo 1.

Consumi alimentari (5)

$$ING_{-1} = [1,00 + 0,004 * (PV_{-1})] * (PV_{-1} - PV_a);$$

$$ING_{-2} = [1,00 + 0,004 * (PV_{-2})] * (PV_{-2} - PV_{-1});$$

$$ING_{-n} = [1,00 + 0,004 * (PV_{-n})] * (PV_{-n} - PV_{-2})$$

$$ING_Alim = ING_{-1} + ING_{-2} + ING_{-n};$$

dove:

PV_a = peso vivo medio di acquisto (kg/capo)

PV_{-1, ..., -n} = pesi vivi medi raggiunti al termine delle fasi alimentari da 1 a n.

Proporzione di mangime solido consumato (Prop_solido) (6)

$$Prop_solido = ING_solido / ING_Alim;$$

dove:

ING_solido = valore dichiarato nel modulo di acquisizione dati.

Accertamento dei contenuti medi di azoto e fosforo delle razioni

Ai fini della applicazione delle procedure di bilancio aziendale delle escrezioni è necessario procedere ad un accertamento dei contenuti di proteina grezza e fosforo delle razioni

utilizzate. Il calcolo dei contenuti medi ponderati di azoto e fosforo degli alimenti consumati procede quindi impiegando le seguenti equazioni 7 e 8.

Contenuto di N medio degli alimenti impiegati (N Alim) (kg/kg) (7)

$$N_Alim = \{ [ING_{-1}*(PG_{-1}/100)+ING_{-2}*(PG_{-2}/100) + \dots + ING_{-n}*(PG_{-n}/100)]*(1-Prop_solido) + (ING_solido)*(1/0,87)*(0,95)*(PG_solido/100) \} / ING_Alim/6,25$$

dove:

PG_{-1,...,n} = sono i contenuti di proteina grezza (%) dei sostitutivi utilizzati nelle diverse fasi alimentari (da 1 a n), espressi in tal quale (con riferimento ad un sostitutivo convenzionale con il 95% di ss);

Prop_solido = proporzione (kg/kg) di mangime solido consumato rispetto al consumo totale (INGSost);

PG_solido = contenuto % di proteina grezza del mangime solido consumato;

(1/0,87)*(0,95)= coefficienti per standardizzare i contenuti di proteina grezza rispetto ad un sostitutivo standard contenente il 95% di sostanza secca.

Contenuto di P medio degli alimenti impiegati (P Alim) (kg/kg) (8)

$$P_Alim = \{ [ING_{-1}*(P_{-1}/100)+ING_{-2}*(P_{-2}/100) + \dots + ING_{-n}*(P_{-n}/100)]*(1-Prop_solido) + (ING_solido)*(1/0,87)*(0,95)*(P_solido/100) \} / ING_Alim;$$

dove:

P_{1, ...,n} = sono i contenuti percentuali di fosforo totale dei sostitutivi utilizzati nelle diverse fasi alimentari (da 1 a n), espressi rispetto ad un sostitutivo convenzionale con il 95% di ss;

P_solido = contenuto % di fosforo del mangime solido consumato;

Bilanci annui dell'azoto e del fosforo per capo mediamente presente

La quantificazione delle escrezioni di azoto e fosforo procede quindi utilizzando i criteri del bilancio di massa. I consumi annui di azoto sono determinati moltiplicando l'ingestione stimata di alimenti per il contenuto medio di azoto degli alimenti consumati e per il numero di cicli mediamente attuati in un anno. Per quanto riguarda le ritenzioni di azoto si è considerato un contenuto medio prudenziale di 0,030 kg N/kg di peso vivo (NRC, 2001), anche se da prove di macellazione condotte da Andreoli *et al.* (1996) e Andrighetto *et al.* (1996) risulta una ritenzione pari al 3,2% del peso vivo. L'ERM (2001) invece, anche se non fa riferimento ai vitelli a carne bianca, suggerisce un valore di ritenzione azotata per vitelli maschi in accrescimento pari al 2,7% del peso vivo. Per quanto riguarda il fosforo si è assunta una ritenzione pari a 7,5 g/kg di peso vivo (Whiters *et al.*, 2001). Infine per

quantificare le perdite di azoto in atmosfera si sono considerate perdite pari al 28% dell'azoto totale escreto, valore che si ritrova nel MIPAF (2006). Le equazioni relative alla quantificazione dei consumi, delle ritenzioni e delle escrezioni sono di seguito riportate.

Consumo annuo di azoto per capo mediamente presente (1 capo prodotto*n. cicli; kg/capo/anno) (9)

$$NC = ING_Alim * N_Alim * cicli$$

dove:

ING_Alum = consumo di alimenti per capo prodotto (kg/capo);

N_Alum = contenuto di N medio degli alimenti utilizzati (kg/kg);

Cicli = numero di cicli effettuati in un anno;

Ritenzione annua di azoto per capo mediamente presente (1 capo prodotto*n. cicli) (NR) (kg/capo/anno) (10)

$$NR = (PVv - PVa) * cicli * k_Nr$$

dove:

PVa = peso medio di acquisto (kg/capo)

PVv = peso medio di vendita (kg/capo)

Cicli = numero di cicli di allevamento effettuati in un anno x la linea di produzione esaminata;

k_Nr = Azoto ritenuto per unità di peso vivo realizzato; k_Nr = 0,03 kg/kg

Escrezione annua di azoto per capo mediamente presente (Nex) (kg/capo/anno) (11)

$$Nex = NC - NR$$

dove:

NC = consumo annuo di azoto per capo mediamente presente (kg/capo/anno)

NR = ritenzione annua di azoto per capo mediamente presente (kg/capo/anno)

Produzione annua di azoto netto per capo mediamente presente (N_netto) (kg/capo/anno) (12)

$$N_netto = Nex * (1 - k_vol)$$

dove:

Nex = escrezione annua di azoto per capo mediamente presente (kg/capo/anno)

k_vol = coefficiente di volatilizzazione (k_vol = 0,28 da MIPAF (2006))

Consumo annuo di fosforo per capo mediamente presente (PC) (kg/capo/anno) (13)

$$PC = ING_Alim * P_Alim * cicli$$

Ritenzione annua di fosforo per capo mediamente presente (PR) (kg/capo/anno) (14)

$$PR = (PVv - PVa) * kPr * cicli$$

dove:

PVa = peso medio (kg) dei capi acquistati

PVv = peso medio (kg) dei capi venduti

kPr = fosforo ritenuto per unità di peso vivo realizzato. kPr = 0,0075

Escrezione annua di fosforo per capo mediamente presente (Pex) (kg/capo/anno) (15)

$Pex = PC - PR$

dove:

PC = consumo annuo di fosforo per capo mediamente presente (kg/capo/anno)

PR = ritenzione annua di fosforo per capo mediamente presente (kg/capo/anno)

Produzioni annue aziendali di azoto e fosforo

Le quantità di azoto e fosforo prodotte dall'azienda nel suo complesso sono dunque quantificate moltiplicando le escrezioni annue medie per capo/anno per i dati di consistenza media

Produzione di azoto netto aziendale (N_netto_az) (kg/anno/azienda) (16)

$N_netto_az = N_netto * CM$

Produzione di fosforo escreto aziendale (Pex_az) (kg/anno/azienda) (17)

$Pex_az = (Pex) * (CM)$

Valori attesi di produzione di azoto

A nostra conoscenza non vi sono pubblicazioni che riportano stime delle escrezioni di azoto e fosforo in questa categoria di animali. E' comunque possibile ottenere delle stime delle escrezioni di questi elementi in funzione del peso di vendita, della durata del ciclo e del contenuto medio di proteina grezza e fosforo degli alimenti consumati. I valori attesi derivanti dalla interazione dei tre principali fattori di variabilità sono riportati nelle tabelle 2, 3 e 4.

Prendendo come riferimento i dati ministeriali (MIPAF, 2006) riportati nella tabella 1, si può osservare che per le condizioni medie di allevamento in cui i pesi iniziali e finali dei capi sono pari a 60 e 253 kg/capo, per una durata media del ciclo di 170 giorni, senza vuoti sanitari, con livelli proteici pari al 21,5% e con un indice di conversione pari a 1,73, si

prevede un'escrezione totale di azoto di circa 11,7 kg/capo/anno (tabella 2), corrispondenti a 8,4 kg/capo/anno di azoto netto (Tabella 3), molto prossimi agli 8,6 kg/capo/anno indicati dal decreto MIPAF (2006). Nei conteggi si è assunta una piena occupazione degli spazi, una mortalità pari a zero e un indice di conversione costante e pari a 1,73. A parità di condizioni una riduzione di un punto percentuale di proteina nelle razioni può condurre a riduzioni delle escrezioni di azoto comprese tra il 9 e l'11%. Nelle stesse condizioni la quantità di fosforo escreto può variare da circa 1,5 a oltre 2 kg/capo/anno in funzione del contenuto di fosforo delle razioni (tabella 4). Va sottolineato che i valori delle tabelle sono 2, 3 e 4 non sono il risultato di prassi consolidate e convalidate di alimentazione a basso impatto. Prima di procedere ad una riduzione degli apporti alimentari di proteina grezza e fosforo, rispetto ai livelli convenzionali, è quindi necessario verificare attentamente le caratteristiche chimico-nutrizionali delle razioni per evitare penalizzazioni sulle prestazioni produttive e sulle qualità dei prodotti. Come avviene già da tempo in altri Paesi, la progettazione e la realizzazione di specifiche ricerche per l'individuazione di strategie di alimentazione a basso impatto deve riguardare in modo sinergico il mondo operativo, quello della ricerca e delle istituzioni.

Esempio applicativo

Nell'azienda utilizzata come esempio la consistenza media è di 1000 vitelli acquistati ad un peso vivo medio di 61 kg e venduti a 253 kg. Tra un ciclo e quello successivo vi è un periodo di vuoto medio pari a 15 giorni e la mortalità è intorno al 2%. Durante il ciclo di produzione si sono individuate tre fasi alimentari, della durata di 28, 71 e 71 giorni rispettivamente, in cui vengono utilizzati sostitutivi del latte con le caratteristiche riportate nella scheda 1. I risultati dell'applicazione della procedura di stima sono riportati in tabella 5. L'applicativo prevede una produzione annuale di vitelli pari a 1934 capi, un accrescimento medio giornaliero di 1,13 kg/d, un consumo di alimenti corrispondente a 340 kg/capo/ciclo contenenti in media il 21% di proteina grezza e lo 0,8% di fosforo. I risultati di bilancio dell'azoto indicano pertanto un consumo pari a 22,2 kg/capo/anno, una ritenzione pari a circa la metà e una escrezione di azoto di 11,1 kg/capo/anno. Utilizzando il coefficiente di volatilizzazione dell'azoto indicato MIPAF (2006) (28% dell'azoto escreto) la produzione stimata di azoto netto si attesta intorno agli 8 kg/capo/anno, valore un po' più

contenuto rispetto allo standard indicato dal MIPAF (2006). Il bilancio del fosforo indica un consumo, una ritenzione ed una escrezione rispettivamente pari a 5,13, 2,78 e 2,35 kg/capo/anno. L'applicativo calcola quindi le produzioni complessive aziendali di azoto netto e fosforo da cui si possono facilmente derivare i fabbisogni minimi di superficie agricola in zone vulnerabili e non.

LETTERATURA

Andreoli D., Andrighetto I., Cozzi G., Gottardo F., 1996. Effetto dell'inclusione di un latte senza latte di origine vegetale nella dieta di vitelli a carne bianca. Prestazioni produttive e qualità della carne. *Atti Società Italiana di Scienze Veterinarie* 50:573-574.

Andrighetto I., Andreoli D., Cozzi G., Berzaghi P., 1996. Prestazioni produttive e qualità della carne di vitelli a carne bianca alimentati con dosi diverse di sostitutivo del latte di origine vegetale. *Zootecnia e Nutrizione Animale*, 22:289-299.

Andrighetto I., Gottardo F., Andreoli D., Cozzi G., 1999. Effect of type of housing on veal calf growth performance, behaviour and meat quality. *Livest. Prod. Sci.* 57:137-145.

Bailoni L., Mantovani R., Gottardo F., Ossensi C., 2004. Bilancio dell'azoto negli allevamenti di vitelli a carne bianca. In: *Bilancio dell'azoto in allevamenti di bovini, suini e conigli – Progetto interregionale - Legge 23/12/1999 n. 499, art. 2 - report finale, Regione Veneto.*

Bittante G., Andrighetto I., Ramanzin M., 1997. *Tecniche di produzione animale.* Liviana Editrice, Padova

Cozzi G., 2007. Present situation and future challenges of beef cattle production in Italy and the role of research. *Italian Journal of Animal Science*, 6 (1):389-396.

Cozzi G., Gottardo F., Mattiello S., Canali E., Scanziani E., Verga M., Andrighetto I., 2002. The provision of solid feeds to calves: I. growth performance, forestomach development, and carcass and meat quality. *J. Anim Sci.* 80:357-366.

CRPA, 2006. Costo di produzione e di macellazione del vitellone da carne. *Opuscoli CRPA. Notizie n. 7.*

ERM, 2001. *Livestock manures – Nitrogen equivalents.* Copies available from: European Commission DG Environment – D1, 200 Rue de la Loi, B-1049 Brussels, Luxembourg.

ISMEA, 2006. *Il mercato della carne bovina – Rapporto 2006.* Franco Angeli, Milano.

Gottardo F., Mattiello S., Cozzi G., Canali E., Scanziani E., Ravarotto L., Ferrante V., Verga M., Andrighetto I., 2002. The provision of drinking water to veal calves from welfare purposes. *J. Anim. Sci.* 80:2362-2372.

MIPAF (Ministero delle politiche agricole e forestali, Italia), 2006. Decreto legislativo 7 Aprile 2006 “Criteri e norme tecniche generali per la disciplina regionale dell'utilizzazione agronomica degli effluenti di allevamento, di cui all'articolo 38 del Decreto legislativo del 11 maggio 1999 No. 152”. In: Bollettino ufficiale n. 109 del 12.04.2006, Ord. Suppl. n. 120.

http://www.politicheagricole.it/NR/ronlyres/ed3uy755k2hwqeeiwde3dtidciyqeyfesvsidm5ysrx2u5jzwwjtryffrbclpdthyhptdnnfn2v25agypwfyttxz2ike/20060407_DI_SR_effluentialevamento.pdf

NRC, 2001. Nutrient requirements of dairy cattle: 7th revised edition. National Academy Press, Washington, DC.

Whiters P.J.A., Edwards A.C., Foy R.H., 2001. Phosphorus cycling in UK agriculture and implications for phosphorus loss from soil. *Soil Use and Management* 17:139-149

Xiccato G., Trocino A., Queaque P.I., Sartori A., Carazzolo A., 2002. Rearing veal calves with respect to animal welfare: effects of group housing and solid feed supplementation on growth performance and meat quality. *Livest. Prod. Sci.* 75: 269-280.

TABELLE E FIGURE

Tabella 1 - Vitelli a carne bianca: indici tecnici e bilancio dell'azoto (MIPAF, 2006)

	Unità di misura	Media	D.S. ²
Peso medio iniziale	kg/capo	61	6,1
Peso medio di vendita	kg/capo	253	13,9
Indice di conversione	kg/kg	1,73	0,10
Proteina grezza media degli alimenti	kg/kg	0,215	0,011
Cicli in un anno	n.	2,1	0,13
N consumato	kg/capo/anno	24,1	1,85
N ritenuto ¹	"	12,1	0,81
N escreto	"	11,9	1,52
N netto al campo	"	8,6	1,10

¹ Per quanto riguarda la ritenzione corporea di azoto si è utilizzato un valore pari al 3% dell'accrescimento. Si tratta di un valore prudenziale, inferiore al valore di 3,2% ottenuto da una sperimentazione di macellazione comparativa di vitelli a carne bianca ed analisi chimica dei loro costituenti corporei. Le perdite di azoto per volatilizzazione sono state assunte pari al 28%. ² Deviazione Standard

Tabella 2 - Escrezione totale di azoto dei vitelli a carne bianca (kg/capo/anno). Valori attesi in base al peso di vendita, alla durata del ciclo e al contenuto medio di proteina grezza delle diete¹.

PG media diete, % tq	Durata ciclo		Peso alla vendita, kg/capo					
	Giorni		210	230	253	270	290	310
19,0	150		7,85	8,90	10,11	11,00	12,04	13,09
20,0	150		8,84	10,02	11,38	12,38	13,56	14,74
21,5	150		10,33	11,71	13,29	14,46	15,84	17,22
22,0	150		10,82	12,27	13,93	15,15	16,60	18,04
19,0	170		6,93	7,85	8,92	9,70	10,63	11,55
20,0	170		7,80	8,84	10,04	10,93	11,97	13,01
21,5	170		9,11	10,33	11,73	12,76	13,97	15,19
22,0	170		9,55	10,82	12,29	13,37	14,64	15,92
19,0	190		6,20	7,03	7,98	8,68	9,51	10,34
20,0	190		6,98	7,91	8,98	9,78	10,71	11,64
21,5	190		8,15	9,24	10,49	11,42	12,50	13,59
22,0	190		8,55	9,68	11,00	11,96	13,10	14,24

¹ Assunzioni: indice di conversione costante e pari a 1,73, giorni di vuoto = 0, mortalità = 0.

Tabella 3 - Produzione di azoto netto dei vitelli a carne bianca (kg/capo/anno). Valori attesi in base al peso di vendita, alla durata del ciclo e al contenuto medio di proteina grezza delle diete¹.

PG media diete, % tq	Durata ciclo Giorni	Peso alla vendita, kg/capo					
		210	230	253	270	290	310
19,0	150	5,66	6,41	7,28	7,92	8,67	9,43
20,0	150	6,37	7,22	8,19	8,92	9,76	10,61
21,5	150	7,44	8,43	9,57	10,41	11,40	12,40
22,0	150	7,79	8,83	10,03	10,91	11,95	12,99
19,0	170	4,99	5,66	6,42	6,99	7,65	8,32
20,0	170	5,62	6,37	7,23	7,87	8,62	9,36
21,5	170	6,56	7,44	8,44	9,19	10,06	10,94
22,0	170	6,88	7,79	8,85	9,63	10,54	11,46
19,0	190	4,46	5,06	5,74	6,25	6,85	7,44
20,0	190	5,03	5,70	6,47	7,04	7,71	8,38
21,5	190	5,87	6,65	7,55	8,22	9,00	9,79
22,0	190	6,15	6,97	7,92	8,61	9,43	10,25

¹ Assunzioni: indice di conversione costante e pari a 1,73, giorni di vuoto = 0, mortalità = 0, coefficiente di volatilizzazione dell'azoto = 28% dell'azoto escreto.

Tabella 4 – Escrezione di fosforo di vitelli a carne bianca (kg/capo/anno). Valori attesi in base al peso di vendita, alla durata del ciclo e al contenuto medio di fosforo delle diete¹.

PG media diete, % tq	Durata ciclo Giorni	Peso alla vendita, kg/capo					
		210	230	253	270	290	310
0,55	150	0,74	0,83	0,95	1,03	1,13	1,23
0,65	150	1,37	1,55	1,76	1,91	2,10	2,28
0,75	150	2,00	2,26	2,57	2,80	3,06	3,33
0,85	150	2,63	2,98	3,38	3,68	4,03	4,38
0,55	170	0,65	0,74	0,83	0,91	1,00	1,08
0,65	170	1,21	1,37	1,55	1,69	1,85	2,01
0,75	170	1,76	2,00	2,27	2,47	2,70	2,94
0,85	170	2,32	2,63	2,99	3,25	3,56	3,87
0,55	190	0,58	0,66	0,75	0,81	0,89	0,97
0,65	190	1,08	1,22	1,39	1,51	1,65	1,80
0,75	190	1,58	1,79	2,03	2,21	2,42	2,63
0,85	190	2,08	2,35	2,67	2,91	3,18	3,46

¹ Assunzioni: indice di conversione costante e pari a 1,73, giorni di vuoto = 0, mortalità = 0,

Scheda 1 - Acquisizione dati per allevamenti di vitelli a carne bianca

	Consistenz a (capi/anno) CM	Durata media ciclo (giorni) DUR	Vuoti (giorni) Vu	Peso acquisto (kg) PVa	Peso vendita (kg) PVv	Mortalità (%) M
DATI TECNICI	1000	170	15	61	253	2
Alimentazione per fasi	Durata fasi (giorni) DUR _{-1,....,n}		Proteina grezza sostitutivi (% t.q.) ¹ PG _{-1,....,n}		Fosforo sostitutivi (% t.q.) ¹ P _{-1,....,n}	
- fase 1	28		22		0.8	
- fase 2	71		22		0.8	
- fase 3	71		21		0.8	
Mangime solido	Consumo mangime solido (kg/capo/ciclo) ING_solido		Proteina grezza mangime solido (% t.q.) ² PG_solido		Fosforo totale mangime solido (% t.q.) ² P_solido	
	27		15		0.5	

¹ valori espressi sul tal quale in riferimento ad un sostitutivo standard con il 95% di ss; ² valori espressi sul tal quale in riferimento ad un mangime standard con l'87% di ss.

Tabella 5 - Risultati di bilancio

	Valore	Unità
<i>Indici tecnici</i>		
Numero di cicli	1,93	cicli/anno
Vitelli prodotti in un anno	1934	capi/anno
Accrescimento medio giornaliero	1,129	kg/d
Ingestione di equivalenti sostitutivo (totale):	340,3	
Proporzione di mangime solido consumato	0,079	
Contenuto medio di PG degli alimenti consumati	0,2112	kg/kg
Contenuto medio di N degli alimenti consumati	0,0338	kg/kg
Contenuto medio di fosforo degli alimenti consumati	0,0078	kg/kg
<i>Bilancio dell'azoto per capo mediamente presente</i>		
Consumo	22,23	kg/capo/anno
Ritenzione	11,14	"
Escrezione	11,09	"
K_vol	0,28	kg/kg
Azoto netto	7,99	kg/capo/anno
Azoto netto da MIPAF (2006)	8,6	"
<i>Bilancio del fosforo per capo mediamente presente</i>		
Consumo	5,13	"
Ritenzione	2,78	"
Escrezione	2,35	"
<i>Produzione annua aziendale di azoto netto da bilancio</i>		
	7988	kg/anno
da MIPAF (2006)	8600	"
<i>Produzione annua aziendale di fosforo</i>		
	2347	"

SECONDO CONTRIBUTO SPERIMENTALE

**CHARACTERISTICS OF DAIRY FARMS IN THE NORTH-EASTERN
PART OF ITALY: RATIONS, MILK YIELD AND NUTRIENTS
EXCRETION**

Matteo Dal Maso¹, Franco Tagliapietra¹, Mirko Cattani¹, Andrea Fracasso², Silvia Miotello¹, Stefano Schiavon¹

¹Dipartimento di Scienze Animali, Università di Padova, Italy

²Associazione Provinciale degli Allevatori, Padova, Italy

ABSTRACT

This survey was aimed to evaluate the characteristics of dairy farms in the North-Eastern part of Po valley in terms of ration composition, milk yield and N and P excretions. Eighty-nine farms, with Italian Holstein Friesian cows, were selected in order to cover different situations in term of farm size and milk yield (MY). MY and quality were obtained from the national database of functional controls. Each farm was visited in order to collect information about ingredients and chemical composition of rations used. Farms were classified in four groups differing for dietary crude protein density ($L_{CP}<15.3\%$ DM; $H_{CP}>15.3\%$ DM) and for MY ($L_{MY}<30$ kg/d; $H_{MY}>30$ kg/d). N and P excretions were quantified by following a mass balance approach. Dietary crude protein content (CP) was not correlated to milk yield (MY) and quality. The estimated amounts of N excreted, discounted for 28% of N losses in atmosphere, were 78.5, 78.2, 87.2 and 89.1 kg/cow/year, and P excreted were 20.2, 18.6, 18.7 and 19.8 kg/cow/year for the $L_{CP}L_{MY}$, $L_{CP}H_{MY}$, $H_{CP}L_{MY}$, $H_{CP}H_{MY}$ groups, respectively. On corn silage and cereals based rations, a dietary CP of 14.3 % DM can support 31 kg MY/cow/day.

Keywords: Dairy farms, Rations, Milk quality, Milk yield, Nitrogen excretion

INTRODUCTION

The recent Ministerial Decree n. 152/2006 of MIPAF (2006) fixed, for Italy, standard values of N in manure for different animal categories; for dairy cows a value of 83 kg N/cow/year was stated. Since considerable variations are expected according to diet composition and milk yield, the Veneto Region allowed the farmers to evaluate N excretion of their farms, by following a mass balance approach (Schiavon *et al.*, 2007). The present survey was aimed to process information about the characteristics of a representative sample of farms in the region with regard to diet characteristics, milk yield and quality, milk urea N content and N and P excretions.

MATERIAL AND METHODS

Eighty-nine dairy farms, with Holstein Friesian cows, located in the North-Eastern part of Po valley (Veneto, Italy) were randomly selected from the database of the National Farmers Association (AIA, 2006). Farms with average milk yield (MY) < 20 kg/cow/day were excluded. Data were collected from January to December 2006 by a single skilled operator and regarded feed and chemical composition of rations (all farms adopted total mixed rations), average MY, protein and milk fat contents (data from official functional controls, AIA 2006) and bulk tank milk urea N (MUN). Chemical compositions of rations were computed from ingredient compositions, using tabled values for concentrates (INRA, 2004), label information for commercial feeds and chemical analysis for forages. Samples of forages from the various farms were analyzed for proximate composition (AOAC, 1990), NDF and ADF fractions (Van Soest *et al.*, 1991). Dry matter intake (DMI) was estimated on annual basis as: $365 * 0.052 * LW^{0.75} + 0.5MY * DIM$; where LW is live weight (LW = 620 kg) (ERM, 2001). DIM is the number of days in milk. N consumption (NC) was computed from the estimated DMI and its N content. For the dry period a dietary CP content of 11.8% DM was assumed. N retention (NR) was estimated from MY and its N content, plus 1.9 kg of N due to the retentions of the newborn calf and of cow LW change from first parturition to culling (ERM, 2001). N excretion was achieved as NC-NR, and N in manure (N net) was computed by discounting the excreted N for 28% of losses in atmosphere (MIPAF, 2006). For the statistical analysis farms were classified in four groups: *i*) L_{CP}L_{MY} : CP < 15.3% DM and MY < 29.8 kg/cow/d; *ii*) L_{CP}H_{MY}: CP < 15.3% DM and MY > 29.8 kg/cow/d; *iii*) H_{CP}L_{MY}: CP > 15.3% DM and MY < 29.8 kg/cow/d; *iv*) H_{CP}H_{MY}: CP > 15.3% DM and MY > 29.8 kg/cow/d. Data were submitted to ANOVA using the proc GLM of SAS (2004). Differences among groups were assessed by orthogonal contrasts.

RESULTS AND CONCLUSIONS

The proportion of farms with low MY and low dietary CP density was 30% (Table 1). About 9% of the sample was represented by farms with high MY and low dietary CP density. A considerable proportion of farms (20%) used high CP level with low MY. Over 56% of the farms were located in vulnerable zone. The average load of cow per hectare of agricultural land ranged among groups from 1.8 to 2.6. Significant differences of MUN (on average 8.4 analysis/farm/year) were found ($P<0.01$): it averaged 10.8 mg/dL in the low protein groups and 12.2 mg/dL in the high protein groups. These values are close to the 11 mg/dL suggested by Hof *et al.* (1997) for ensuring a correct balance between energy and protein in the rumen.

On average, more than 29% and about 22% of the ration DM was represented by corn silage and cereals, respectively (table 2). Hays inclusion (mainly meadow and alfalfa) ranged from 24 to 21% DM. The proportion of mixed feed (from commercial and farm origin) averaged 12.2%, a higher proportion (21.7%) was found for $L_{CP}H_{MY}$ group, but the difference among groups was not significant. The dietary CP level found in $H_{CP}L_{MY}$ and $H_{CP}H_{MY}$ groups averaged 15.9% DM, in the others two groups was 14.3% DM. Notwithstanding the different CP level, no significant differences of MY were found between $H_{CP}H_{MY}$ and $L_{CP}H_{MY}$. N and P balances are given in Table 3. N net averaged 84.3 kg/cow/year, close to the standard of MIPAF (2006).

Significant differences ($P<0.01$) among groups were observed for N net which averaged 78.5, 78.2, 87.2 and 89.1 kg/cow/year for $L_{CP}L_{MY}$, $L_{CP}H_{MY}$, $H_{CP}L_{MY}$ and $H_{CP}H_{MY}$ group, respectively. N efficiency ranged from 26.9 to 32.4%. P in manure ranged from 18.6 to 20.2 kg/cow/year. No significant correlations were found between CP level and MY or milk protein content. A significant correlation was found between dietary CP and N excretion ($R^2=0.37$). The low correlation between between bulk tank MUN and N net ($R^2=0.07$) indicated that the measurement of MUN alone cannot be used as a tool for predicting the excretions. The number of cows and MY corresponding to 170 kg N net/ha/year ranged from 1.9 to 2.2 ($P<0.01$) and from 51.8 to 69.5 kg/ha/year ($P<0.01$). In

conclusion, the main feed ingredients used in the rations were corn silage and cereals. Hays represented only about 20% of the ration DM. The average CP content of the ration was 15%, a value considerable lower than that reported for similar level of MY in other conditions (ERM, 2001; ADAS, 2007). The estimated N in manure averaged 84 kg/cow/year, but for about 30% of the farms the estimated N in manure was significantly lower. Dietary CP levels around 14.5% DM can support MY of 31 kg/cow/d.

Acknowledgments: The PhD scholarship was financed by the Province of Padua

REFERENCES

ADAS, 2007. Nitrogen output of livestock excreta. ADAS report to Defra. www.defra.gov.uk.

AIA, 2006. Bollettino della produttività del latte, Roma.

AOAC, 1990. Official methods of analysis, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.

ERM, 2001. Livestock manures – Nitrogen equivalents. European Commission, Brussels, Belgium.

Hof G., Lenaers P.J., Tamminga S., 1997. Monitoring protein utilization by use of milk urea nitrogen. Mid-South Ruminant Nutrition Conference, <http://www.txanc.org/proceedings.html>.

INRA, 2004. Tables of composition and nutritional value of feed materials: pigs, poultry, cattle, sheep, goats, rabbits, horses and fish. Wageningen Academic Publishers, NL.

SAS, 2004. SAS OnlineDoc® 9.1.3. SAS Institute Inc, Cary, NC.

Schiavon, S., Dal Maso, M., Tagliapietra, F., 2007. Bilanci aziendali dell'azoto e del fosforo negli allevamenti. In: DGR Veneto 7/08/2007 n. 2439.

Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A., 1991. Methods for dietary fiber, NDF and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, 74,3583-3597.

TABLES AND FIGURES

Table 1. Characteristic of farms and milk yield and quality

<i>Group</i>		$L_{CP}L_{MY}$	$L_{CP}H_{MY}$	$H_{CP}L_{MY}$	$H_{CP}H_{MY}$	<i>SE</i>
Farms	n.	27	8	18	36	-
Farms in vulnerable zone	%	59	75	56	69	-
Cows	cows/farm	36	31	62	58	14.0
Cows/unit of farm agricultural land	cow/ha	2.6	2.2	1.8	2.2	0.2
Milk yield	kg/cow/d	26.5 ^A	31.3 ^B	26.4 ^A	33.7 ^B	0.6
DM intake (estimated on annual basis)	kg/d	20.5 ^{AB}	20.9 ^{AB}	19.9 ^A	21.6 ^B	0.3
Milk fat	%	3.81	3.70	3.72	3.71	0.05
Milk protein	“	3.31	3.29	3.32	3.29	0.02
MUN ¹	mg/dL	10.54 ^A	11.03 ^{AB}	11.82 ^B	12.56 ^B	0.30
DIM ²	d/year	303	306	308	309	4

A,B,C = $P < 0.01$; ¹ Milk Urea Nitrogen; ² DIM = average days in milk per year and per cow

Table 2. Feed and chemical composition of rations (% DM)

<i>Group</i>		L _{CP} L _{MY}	L _{CP} H _{MY}	H _{CP} L _{MY}	H _{CP} H _{MY}	<i>SE</i>
<i>Ingredients:</i>						
Corn silage	%	33.4 ^B	31.8 ^{AB}	29.9 ^{AB}	28.9 ^A	1.3
Cereals	“	21.6 ^b	14.3 ^a	23.1 ^b	22.7 ^b	1.9
Soybean	“	7.4 ^A	7.9 ^A	12.1 ^{AB}	14.0 ^B	1.7
Hays	“	24.4 ^b	23.7 ^{ab}	23.0 ^{ab}	21.0 ^a	1.3
Mixed feed	“	13.0	21.7	11.0	12.6	3.4
Others	“	0.2 ^a	0.6 ^{ab}	0.9 ^b	0.8 ^b	0.1
<i>Chemical composition:</i>						
Crude Protein	% DM	14.2 ^A	14.5 ^A	15.9 ^B	15.9 ^B	0.1
UFL ¹	n/kg DM	0.91 ^A	0.94 ^{AB}	0.96 ^B	0.97 ^B	0.01
Starch	% DM	24.3	23.8	24.2	25.1	0.4
NDF	“	36.6 ^B	35.7 ^B	33.6 ^A	33.3 ^A	0.4
ADF	“	21.9 ^b	21.8 ^{ab}	21.3 ^{ab}	20.9 ^a	0.3

A,B,C = $P < 0.01$; a,b,c = $P < 0.05$; ¹UFL: feed unit for milk production as indicated by INRA (2004).

Table 3. N and P balances and number of cows and MY corresponding to 170 kg N in manure/year

<i>Group</i>		<i>L</i> _{CP} <i>L</i> _{MY}	<i>L</i> _{CP} <i>H</i> _{MY}	<i>H</i> _{CP} <i>L</i> _{MY}	<i>H</i> _{CP} <i>H</i> _{MY}	<i>SE</i>
N consumption	kg/year	153.1 ^C	160.0 ^{BC}	166.1 ^B	179.9 ^A	4.5
N retention	“	44.5 ^A	51.4 ^B	44.7 ^A	55.7 ^B	0.9
N excretion	“	109.0 ^A	108.6 ^{AB}	121.0 ^{BC}	123.8 ^C	3.4
N net ¹	“	78.5 ^A	78.2 ^{AB}	87.2 ^{BC}	89.1 ^C	2.3
N efficiency	%	29.2 ^B	32.4 ^B	26.9 ^A	31.0 ^B	0.8
P consumption	kg/year	29.3	29.3	28.0	31.3	1.5
P retention	“	9.1 ^A	10.6 ^B	9.3 ^A	11.5 ^B	0.2
P excretion	“	20.2	18.6	18.7	19.8	1.5
P efficiency	%	32.6 ^A	37.6 ^{AB}	34.1 ^{AB}	37.9 ^B	1.9
Cows equivalent to 170 kg Ncow/170 kg N net/year		2.2 ^B	2.2 ^B	2.0 ^{AB}	1.9 ^A	0.1
MY corresponding to 170 kg N net	kg/kg	58.5 ^A	69.5 ^B	51.8 ^A	64.8 ^B	2.1

A,B,C = P<0.01; ¹N in manure assuming 28% of total N lost in the atmosphere

TERZO CONTRIBUTO SPERIMENTALE

**LOW PROTEIN DIETS AND LONG TERM RUMEN PROTECTED
CONJUGATED LINOLEIC ACID SUPPLY ON DOUBLE-MUSCLED
PIEMONTESE YOUNG BULLS: EFFECTS ON PRODUCTION AND
CARCASS TRAITS AND NITROGEN EXCRETION**

S. Schiavon, F. Tagliapietra, M. Dal Maso, L. Bailoni, G. Bittante

Department of Animal Science, Università degli studi di Padova, Padova, Italy

Submitted to Journal of Animal Science, October 2009

Submitted to Journal of Animal Science for 2nd revision: January 2010

ABSTRACT

The effects of low protein diets and rumen protected CLA on DMI, ADG, carcass traits and health status of double-muscled Piemontese young bulls were investigated and, consequently, farm strategies for reducing N excretion were analyzed. Forty-eight bull calves (BW = 237 ± 24 kg), divided in 4 groups, housed in 12 fully slatted pens, after 28 days of adaptation were fed 2 diets differing for CP density (High protein, HP: CP = 145 g/kg DM; Low protein, LP: CP = 108 g/kg DM) and top dressed with one of the following additives (A): 80 g/d of rumen protected CLA or 65 g/d of hydrogenated soybean oil. The amount of feed distributed was measured daily and orts were collected weekly on pen basis. Bulls were weighed monthly. N excretion was estimated by mass balance. Carcass quality traits were measured at slaughter, after the transition period and 332 days of trial. Compared to HP, LP significantly reduced ADG only during the first 4 months of trial (1.304 vs. 1.528 kg/d, $P < 0.01$). However, due to compensatory growth, over the whole trial, no significant effects due to CP or to A were found on final BW (668 kg), ADG (1.187 kg/d), DMI (8.50 kg/d or 86 g/d per kg BW^{0.75}), and dressing percentage (67.3%), carcass conformation (5.2 points on a rating score of 6 points) and carcass fat covering (1.87 points on a rating score of 5 points). Feed efficiency was significantly ($P = 0.03$) affected by CPxA; CLA improved feed efficiency when added to LP diets, whereas worsened feed efficiency with HP diets. Both LP and CLA addition significantly reduced ($P < 0.01$) the persistency of carpal and tarsal synovitis. Compared to HP, LP reduced ($P < 0.01$) N excretion from 56.4 to 40.5 kg.bull place⁻¹.year⁻¹. It was concluded that high dietary CP density is not required for double-muscled Piemontese bulls, even if their DMI capacity is somewhat lower and protein deposition is comparable or greater to that of normal beef cattle. The reduction of CP density from 145 to 108 g/kg DM, besides a

reduction of the feeding cost, induced a strong reduction (-28%) of N excreted without negative consequence on growth performance and carcass traits. The addition of CLA improved legs integrity and, with LP diet, improved feed efficiency.

Key words: beef cattle, conjugated linoleic acid, double-muscling, N excretion, Piemontese breed, production traits.

INTRODUCTION

The knowledge of protein requirements of beef cattle is sometimes uncertain, particularly for double-muscled (**DBM**) breeds. DBM sires are increasingly appreciated in Europe also for crossbred calves production (Dal Zotto et al., 2009). Compared to other cattle, DBM subjects have less bone, less fat, more muscle, a higher dressing percentage (Ménissier, 1982; Shahin and Berg, 1985) and a reduced appetite (Trillat, 1967; Vissac, 1968; Geay et al., 1982). The low appetite and the high potential for lean growth suggested that DBM bulls require diets high in energy and protein density (Fiems et al., 1990). Piemontese is a breed that presents double-muscling in almost the totality of subjects (Albera et al., 2004; Albera, 2006) but with very few information on appetite and production traits (Albera et al., 2001). Contextually, in the intensive farms of Italy, corn silage based diets with 140 to 150 g/kg DM of protein density are commonly applied on cattle of conventional breeds (Cozzi, 2007). Constraints introduced by the Nitrate Directive of the European Union and the cost of soybeans are forcing farmers to use low protein diets (Yan et al., 2007). Some farmers are also using CLA in combination with low protein diets.

The use of CLA is claimed to be beneficial because it decreased fat deposition and slightly increased lean tissue growth and feed efficiency in monogastric animals (Park et al. 1997). As CLA is supposed also to exert saving effects on protein catabolism (Park et al., 1997; Pariza et al., 2001), it is interesting to evaluate the effect of CLA in combination with low protein diets on cattle with very poor aptitude for fat gain and high aptitude for lean gain. This work was aimed to explore the effects of conventional and low protein corn silage based diets, with or without addition of rumen protected CLA, on *infra-vitam* and *post-mortem* performance of DBM Piemontese bulls and to evaluate strategies to reduce N excretion and to optimize farm performance.

MATERIALS AND METHODS

Animals and diets

The experimental project, prepared following the Guide for the Care and Use of Agricultural Animals in Agricultural Research and Teaching (Consortium, 1988), was approved by the “Ethical Committee for the care and the use of experimental animals” of the University of Padova.

The trial was carried out at the experimental farm of the University of Padova. Forty-eight DBM Piemontese bulls, 202 ± 18 days old, were used. The bulls arrived at the experimental station in January 2008 and were weighed and divided in 4 experimental groups of 12 animals each, balanced for BW and age. Each group was further divided in 3 sub-groups differing in BW and classified as light (208 ± 11 kg; 192 ± 16 days old), medium (240 ± 9 kg; 206 ± 14 days old) and heavy (263 ± 19 kg; 206 ± 19 days old). The bulls of the 4 experimental groups were housed in 12 fully slatted floor pens with four animals, with

similar BW, each. Slatted floor was chosen because it is the largely predominant type of floor in the Italian intensive beef cattle farms, as it does not require bedding material, it has low labour cost to remove slurry and because, from the health point of view, it is preferable to the deep litter system in the cases of scarce availability of bedding materials (Cozzi et al., 2009). After arrival all bulls were vaccinated against bovine rhinotracheitis virus, parainfluenza₃ virus, and modified live bovine respiratory syncytial virus and treated, by injection, with 2.5 mg/kg BW of Tulathromycin as broad spectrum antibiotic for preventing respiratory diseases.

For the first 28 days all the bulls were fed a transition diet in which meadow hay was progressively replaced by the experimental control diet, thereafter, for a period of 332 d, the animals of each group were fed 4 experimental diets. The 4 diets differed for the level of inclusion of soybean meal and for the addition of hydrogenated soybean oil (**H**SO) or rumen protected CLA (Table 1). The high protein ration (**H**P), used as control and containing 250, 360, 102, 126 and 63 g/kg DM of corn silage, corn meal, dried sugar beet pulp, soybean meal and wheat bran, respectively (the rest being straw, vitamin and mineral mix and calcium soap), was formulated for achieving 145 g/kg DM of CP density. The low protein ration (**L**P) was obtained by reducing only the level of inclusion of soybean meal from 126 to 33 g/kg DM and increasing accordingly all the other ingredients. In order to minimize differences of composition among treatments a common basal diet, corresponding to the composition of the LP diet, was prepared daily using a mixer-wagon equipped with a computer assisted weighing scale, calibrated monthly. The basal low protein ration was distributed to the bulls of the LP treatments, then the required additional

amounts of soybean meal were loaded, mixed with the LP diet remaining and distributed to the bulls of the HP treatments.

The commercial CLA supplement used in this experiment was manufactured by binding methyl esters of CLA to a silica matrix, and then coating this complex with hydrogenated soybean oil (HSO), which contained fatty acids in the triglyceride form. CLA was generously provided by Sila (Noale, Italy). The chemical composition of this product, resulting from the chemical analysis, is given in Table 2. The same commercial product, previously tested on dairy cows, was found to linearly decrease milk fat content (Dal Maso et al., 2008). In this trial the dose of CLA (80 g/d) was established in order to supply 7.9 and 7.7 g/d of *cis*-9, *trans*-11 C18:2 and *trans*-10, *cis*-12 C18:2 isomers, respectively. This dosage is close to that used by others (Poulson et al., 2004; Gillis et al. 2004) in beef cattle, and 10 fold higher than that suggested in the commercial practice. As the commercial CLA products was manufactured using HSO as coating material, the animals not treated with CLA received a daily amount of HSO (65 g/d) to supply the same amounts of lipid of CLA treatment. Both the additives (HSO and CLA) were distributed daily by top dressing and mixing.

Measurements, controls and analysis

The amount of each feed ingredient loaded into the mixer-wagon and the weight of the mix uploaded in the manger of each pen were recorded daily. The orts remained in the mangers were weighed and sampled by pen weekly. Samples of each feed ingredient of diets and orts were analysed for their proximate composition (AOAC, 2000) and their NDF,

ADF, ADL and AIA contents (Van Soest et al., 1991). Starch content was determined by liquid chromatography (AOAC, 2000).

Monthly, a qualified licensed operator evaluated the body condition of each bull, which was expressed in terms of conformation and fat covering as the SEUROPE grid suggests for carcass classification (Anonymous, 1991). Conformation was linearly scored from S+ (all muscle profiles extremely convex; exceptional muscle development) to P- (all muscle profiles concave to very concave; poor muscle development) considering the profiles of shoulders, loins, rump, tights and buttocks. Conformation was expressed in numerical terms: S+ = 6.33, S = 6, S- = 5.66,..., P+ = 1.33, P = 1.00, P- = 0.66. Fat covering was linearly scored, by a combined visual and palpation approach, from 1 (very lean) to 5 (very fat), considering the presence and the thickness of subcutaneous fat depots at specific points of the body (base of the tail, ribs and shoulders). Later, these evaluations were correlated with the corresponding values of SEUROPE carcass conformation and fat covering assessed at slaughter.

Health status was monitored daily by a vet, following the established experimental protocol for animal care. During the second part of the trial some bulls exhibited some signs of disturb at the locomotion system. After the appearance of these signs, all the bulls were monthly classified for the presence of synovitis, claw and joint alterations, lameness. Moreover the animals were judged for their locomotion score, as index of deviation from normal walking, using a 1 to 5 rating system (1 = sound,..., 5 = severely impaired walking) (Sprecher et al., 1997; Engel et al., 2003). All these evaluations were done to monitor and prevent impairment of the animals health and welfare. The vet indicated that the health status of the animals was not compromised, except for one bull which showed impaired

walk (locomotion score= 5; sign of pain) and synovitis. Thus, this bull was moved to a infirmary pen and treated with dexamethasone sodium phosphate at a dose of 0.08 mg/kg BW intramuscularly. The corresponding data of this bull were excluded from the statistical analysis. Environmental temperature outside the open stable was measured over the whole trial.

Nitrogen balance

Nitrogen excretion was estimated following the mass balance approach proposed by ERM (2001) by considering the measured amounts of N intakes and N retention over the course of trial. N consumption was computed from the measured DMI and N content of feeds. N retained resulted assuming a body N retention of 28.6 g N/kg BW. This last value was computed from compositional data obtained from DBM Belgian Blue bulls (De Campeneere et al., 2001), on the basis of the results of Biagini and Lazzaroni (2005a) showing that carcass composition of Piemontese and Belgian DBM bulls is very similar. It was also considered that, as N retention is a small fraction of total N consumed, possible deviations from the assumed N retention per kg BW will cause only very small differences in term of N excretion. N excretion was obtained as consumption minus retention. N in manure was computed by discounting for 30% of N lost in atmosphere, which is the current standard in Italy (MIPAF, 2006).

Similarly to other DBM breeds, Piemontese young bulls can be slaughtered on a wide range of BW without large variation in carcass fatness. So, the N in manure was estimated assuming a length of the fattening period of 12 months (the length of the trial plus adaptation) or also a reduced length of 11, 10 or 9 months, like often happens in the

practice. These data were used to compute the number of bull places, the yearly number of bulls produced and the BW yields equivalent to a load of N in manure of 170 kg/ha per year, which is the maximum threshold fixed in the European Union for nitrate vulnerable zones.

Carcass traits

One day before slaughtering feed distribution was stopped and in the same day the bulls were weighed (age at slaughter: 562 ±18 days). Carcasses were individually weighed and scored for conformation and fat covering according to the SEUROP system (Anonymous, 1991). Dressing percentage was computed as the ratio between the carcass weight after 24 hours from slaughter and BW.

Statistical analysis

All individual data were statistically analyzed with the following model using the PROC GLM of SAS (1996):

$$y_{ijk} = \mu + W_i + T_j + WT_{ij} + e_{ijk}$$

where y = the experimental observation, μ = overall mean, W = effect of the sub-group of bulls with light, medium or heavy initial BW ($i = 1, \dots, 3$), T = effect of treatment ($j = 1, \dots, 4$) as combination of the 2 levels of CP and the 2 additives (A) and e = residual error. The WT interaction corresponds to the pen effect. The effect of treatment was tested considering the bull as experimental unit. Data of BW and SEUROP score were covaried

with the corresponding value at the beginning of the trial. Orthogonal contrasts were run to evaluate the significance of the effects due to the CP level, to A and their interaction CPxA.

The same model, without interaction, was used to analyse the data of DMI and feed efficiency which were recorded on pen basis. In this case the effects of treatment were tested using an error line based on pen effect.

The *in vivo* conformation and fat covering scores evaluated the day before slaughtering were correlated with the corresponding values assessed on the carcasses of the slaughtered bulls.

RESULTS

Evaluation of the diets

The chemical composition and the nutritional values of diets are given in Table 3. HP diets contained 145, 287, 357 g/kg DM of CP, NDF and starch. LP diets contained 108 g/kg DM of CP and the other chemical fractions were accordingly increased compared to HP, because the only difference was the reduced inclusion of soybean meal. The diets were iso-energetic and the net energy content, computed according to Sauvante et al. (2004), was 7.8 MJ/kg DM. The content of fermentable organic matter, estimated as described by Tamminga et al. (1994) and based on actual chemical composition of feeds, was close to 580 g/kg DM. The ratios between the rumen degradable nitrogen and fermentable organic matter, were 24.7 and 18.8 g/kg for HP and LP diets, respectively. Consequently, the rumen degradable protein balance, computed as described by Tamminga et al. (1994), was +2.6 and -18.6 g/kg DM for HP and LP diets, respectively. The value of rumen degradable

protein balance close to zero indicates that HP was well balanced in terms of availability of energy and N for rumen microbes, whereas the negative value of LP indicates a marked shortage of rumen degradable nitrogen.

Average daily gain and live weight

Effects of dietary treatments on BW and ADG are given in Table 4. In table 4 and in the following ones, data of transition period are given in addition, as transition is commonly done in the practice and therefore it should be considered for evaluating the annual N balance and the farm performance.

Over the whole trial ADG did not differ across treatments and averaged 1.167 kg/d.

The reduction of the dietary CP density reduced ADG only during the initial 120 days of trial (1.529 vs. 1.306 kg/d, $P < 0.01$ for HP and LP, respectively). Considering the single monthly measurements, ADG was decreased by LP diet compared to HP, during the first (-0.450 kg/d, $P < 0.01$), the second (-0.309 kg/d, $P < 0.01$) and, only numerically, the third month (-0.190 kg/d, $P = 0.08$), whereas it was numerically increased during the fourth month (+0.077 kg/d, $P = 0.42$) and significantly increased during the fifth month (+0.294 kg/d, $P = 0.01$) (monthly data not shown). During the rest of the trial the differences of ADG due to CP were negligible. The compensatory growth exhibited by LP during the central part of the trial was not significant (1108 vs. 1206 g/d for HP and LP, respectively, $P = 0.17$), but the BW of the young bulls only differed significantly with HP diets at the end of the first period. No significant effects due to the addition of CLA were observed, even though there was a tendency toward an interaction between the protein level and the

additive which reached significance ($P < 0.05$) only during the fourth (May) and the eighth (September) month (data not shown). Over the whole trial CLA addition, in fact, tended to decrease ADG of bulls on conventional HP diets, whereas tended to have a positive effect on animals fed the LP diets ($P = 0.07$).

DMI and feed efficiency

Over the course of the experiment, DMI increased from about 5.1 of the transition period to 10.2 kg/d of the final one (Table 5). When expressed per unit of metabolic weight, DMI ranged between 90 and 100 g/kg BW^{0.75} per day during the initial period of trial, and averaged 86 g/kg BW^{0.75} per day over the whole trial. Effect of treatments on voluntary DMI was very limited and never significant.

From the transition to the final period feed efficiency decreased from 0.285 to 0.085 kg/kg DM. During the initial period of trial, reflecting the effects on growth rate, the reduction of the CP level significantly decreased feed efficiency from 0.189 to 0.163 ($P < 0.01$). No significant effects of CP were found on later periods and the overall feed efficiency was on average 0.132. The interaction CPxA exerted significant effects on feed efficiency during the initial period ($P = 0.02$) and during the whole trial ($P = 0.03$) because, as seen for ADG, bulls receiving CLA performed better with LP with respect to those receiving HP.

Status of the locomotion system

After 195 days from the beginning of the trial a bull of HP_{HSO} treatment died for a heart attack. During August, when the highest environmental temperatures were achieved (Figure 1), about half of the subjects presented some disturbs at the locomotion system; a bull of the HP_{HSO} treatment was removed because of impaired walk. The mean environmental temperature was always below 24 °C, which is lower than the threshold temperature of 27 °C indicated by EU-SCAHAW (2001) above the which a negative impact on cattle welfare could occur.

Data about the effects of treatments on the percentage of bulls presenting some disturbs at the locomotion system are given in Table 6. The disorders were almost entirely represented by carpal and tarsal synovitis, only sporadically by interdigital dermatitis, and there was only one case of traumatic lameness. No other cases of lameness or signs of consumption of the cornea structure of the claws were detected.

There were significant effects due to CP and A on the parameters of locomotion system: compared to HP, LP significantly reduced the percentage of bulls presenting alterations at one or more legs, the average number of altered legs per bull and the deviation from normal walking. CLA supplementation significantly reduced the number of bulls presenting legs alterations, too.

Body conditions

The correlations between the estimates of conformation (18 classes) and fat covering (5 classes) evaluated in vivo at the end of the trial with the corresponding values assessed on the carcasses were 0.79 and 0.60, respectively. During the first period the bulls

fed the HP diet increased ($P < 0.01$) more in conformation score than the LP ones and the change from 0 to 120 d was +0.81 and 0.46, respectively (Table 7). Thus after 120 days of trial, as observed for BW and ADG, also SEUROP conformation score was greater for HP compared to LP (4.07 vs. 3.72 points, $P < 0.01$). However, during the central part of the trial, conformation score increased less with HP than with LP (+0.48 vs. +0.74 points respectively, $P < 0.01$), so that at the end of central period, and also at the end of the trial, no significant differences of conformation due to CP were detected. The final value of the conformation score was on average 5.2, corresponding the letter E+ of the SEUROP classification system (E: excellent).

As expected for a DBM breed, fatness score was very low during the whole trial, and at the end it averaged 1.5 points, on a numerical rating system from 1 (very lean) to 5 (very fat). The addition of CLA reduced the value of this parameter, compared to HSO, but the effect of this additive was highly significant ($P < 0.01$) only during the central period of the trial.

Carcass traits

Carcass traits are given in Table 8. No significant effects due to CP, additive or to their interaction were observed. Carcass weight averaged 450 kg and dressing percentage ranged around 67.3 %. SEUROP classification performed on the carcasses, for both conformation and fat covering were in agreement with the evaluations obtained *in vivo*.

Nitrogen balance

The results about N balance are given in Table 9. As expected, significant differences due to CP density were found on the various parameters. N consumption, was always greater for HP compared to LP ($P < 0.01$). Within diet, reflecting the trends observed for DMI, N consumptions during the initial and the central periods were similar, but they were dramatically increased during the final period.

As observed for ADG and BW, also N retention was significantly greater for HP compared to LP only during the initial period, but no significant differences due to CP were observed over the whole trial. Overall, including the adaptation period, the estimated N retention averaged 33.8 g/d, a value which correspond to a whole body protein gain of about 211 g/d ($N \times 6.25$).

With HP the N efficiency from the initial to the final period decreased from 0.23 to 0.10, whereas with LP N efficiency decreased from 0.27 to 0.15. Over the whole trial, including transition, the N efficiency averaged 0.17 and 0.22 for HP and LP diets ($P < 0.01$), respectively. The reduction of the dietary CP level from 145 to 108 g/kg DM, allowed to decrease N consumption by 24 %, N excretion and N in manure by 28 %. The possible consequences for the farm economy, in terms of number of bull places. $ha^{-1}.year^{-1}$, number of bull produced. $ha^{-1}.year^{-1}$ and BW yield. $ha^{-1}.year^{-1}$ in areas where a maximum threshold of 170 kg N. $ha^{-1}.year^{-1}$ is permitted are evidenced in Table 10. Combined reductions of the CP level from 145 to 108 g/kg DM and of the duration of production cycle from 12 to 9 months markedly reduced the estimates of N in manure leading to consequent increases of the various production parameters.

DISCUSSION

DMI and dietary CP

As general guideline, Preston (1972) indicated that DMI of growing cattle can be approximated to be around 95 g/d per kg BW^{0.75}. Because factors regulating feed intake are not completely understood, models for predicting feed intake are empirical by nature and NRC (1996) suggested that beef cattle producers should develop intake prediction equations specific to given production situations. To obtain additional information about DMI of growing bulls of continental breeds and crosses kept on corn-silage and cereals based diets in conditions similar to those of this work, we re-analysed the data base collected by Xiccato et al. (2005). This database regards 40 intensive beef farms, 585 productions rounds for about 40,000 bulls. From this analysis results that for Charolaise (380-680 kg BW), Limousine (300 to 580 kg BW) and crosses from bulls of these breeds and Friesian and Montbeliarde cows (370 to 640 kg BW) DMI is on average 110, 96 and 106 g/d per kg BW^{0.75}, respectively. Some Authors indicated that DBM bulls have reduced DMI compared to other cattle, because of the small size of their gastro-intestinal tract (Vissac, 1968; Arthur, 1995). The low DMI, combined with a high potential for lean growth, have suggested that in DBM bulls diets with high CP densities should be used (Fiems et al., 1990; Arthur, 1995). In this experiment the average DMI was above 90 g/d per kg BW^{0.75} from 280 to 450 kg BW and around 80 g/d per kg BW^{0.75} for the rest of the trial till slaughter. These figures are slightly greater to those found on DBM Belgian Blue bulls fed corn silage diets (De Campeneere et al., 1999). This work is one of the few reporting DMI data of DBM Piemontese bulls fed corn silage diets. The results indicate that DMI of DBM Piemontese bulls is somewhat lower compared to those of bulls of other

conventional continental breeds fed similar diets and kept under similar environmental conditions.

In ruminants, voluntary DMI could be affected by the level of rumen degradable nitrogen (Peyraud et al., 1997). A DMI reduction with decreasing proportions of rumen degradable N was expected also on the basis of the results of Valkeners et al. (2008) on DBM Belgian Blue bulls. In this trial, the reduction of the dietary CP density, exclusively due to a reduction of the proportion of soybean meal, did not affect significantly DMI. The substantial lack of effects in this experiment suggested that, in the LP diet, the low supply of rumen degradable N could have been partially compensated by N recycling (Valkeners et al., 2008). Considering the large prevalence of concentrates in the two diets and the low development of the forestomachs in DBM cattle (Vissac, 1968), it is also possible that the shortage of rumen degradable N in the LP could have been partially compensated by a lower permanence of the feed in the forestomachs and by a partial shift of the site of digestion of feeds from rumen to intestine.

Growth performance and dietary CP

The average age at slaughter of the bulls of the present trial was slightly higher (562 vs 523 d) than the average age at slaughter found in a survey conducted on 804 young bulls from 109 sires fattened in 124 farms of the Piemonte region (Boukha et al., 2007). In the present work carcass weight was also slightly higher (450 vs 417 kg) and the carcass weight/age ratio was very similar (0.801 vs 0.797 kg/d, respectively) to that found in the survey of Boukha et al. (2007); despite that in the present trial the bulls were reared in a slatted floor barn and fed corn silage diet, whereas in the large majority of Piemonte

traditional farms the bulls are kept on straw bedding and on concentrate and hay diets (Boukha et al., 2007). In addition, the growth rate achieved till about one year of age in the present trial was very similar (1.426 vs 1.400 kg/d, respectively) to that shown, at the same age, by 988 young bulls performance tested by the Italian Association of Piemontese Breeders (Albera et al., 2001). The average weight at 11.5 months of age was 448 vs 434 kg for the bulls of this trial and the performance tested bulls, respectively. Also the decrease in growth rate of Piemontese bulls after one year of age is known, as it is a medium framed DBM breed. Due to the slow increase in fat covering, Piemontese bulls can be slaughtered at very different age, on the basis of feeding plan, market trends, environmental conditions, etc. The reason why most breeders prolong the fattening periods till 18-20 months of age is, in many cases, due to the need to dilute the very high cost of the stock calf on a heavier carcass. Such comparisons indicated that the growth performance obtained in this trial represented quite well those commonly achieved in the commercial farms of Piemontese bulls.

ADG peaked about 1.7 kg/d around 400 kg of BW and decreased to about 0.8 kg/d at 670 kg BW (over the whole trial averaged 1.16 kg/d), dressing percentage averaged 67.3% and carcass fat covering score was below 2 points. These results confirmed that the *in vivo* performance and carcass traits of DBM Piemontese subjects are in the same order of magnitude of those observed on DBM Belgian Blue bulls fed corn silage and cereal based diets (Arthur, 1995; De Campeneere et al., 1999; Biagini and Lazzaroni, 2005a,b). It is also remarkable the strong similarity of the results obtained in this trial with those obtained on DBM Belgian Blue bulls as De Campeneere et al. (1999), Fiems et al. (2002), Fiems et al., (2003) indicated dressing percentages ranging from 66.6 to 68.0%, SEUROP conformation

index ranging from 3.7 to 5.7 points, and fat covering index from 1.86 to 2.20 points. A direct comparison of Piemontese and Belgian Blue DBM bulls confirmed that the carcass of two breeds are very similar also in terms of commercial cuts (Biagini and Lazzaroni 2005a) and percentage of separable meat (80.0 %), fat (6.9 %) and bones (13.1 %). Thus, the assumption made to compute N retention in the body can be considered sufficiently reasonable and accurate to evaluate N excretion.

As observed by Arthur (1995) and by Alberti et al. (2008), ADG of DBM bulls appears to be somewhat lower if compared to that commonly achieved on animals of other conventional beef breeds. For example, Xiccato et al. (2005) reported an ADG around 1.4 kg/d for bulls of French breeds kept under similar environmental and feeding conditions. However, the lower growth rate of DBM subjects compared to the conventional ones is mainly due to the very low aptitude to deposit fat in the body even at higher BW. To this regard it is noticeable that NRC (1996) assumes a fat percentage at slaughter of 28% of EBW. Using this value and assuming 4% ash content and a ratio water to protein of 3.25, Tamminga (2006) estimated that the EBW protein content of conventional cattle is around 16%. De Campeneere et al. (2001) found EBW fat percentage of only 7.4% on young DBM bulls, four fold lower compared to that suggested by NRC (1996). Using a EBW fat content of 7.4% and following the same computation of Tamminga (2006), it results that the EBW protein content in DBM subject could be approximately 20%. Therefore, for conventional cattle, 1.4 kg/d of EBW gain corresponds to about 224 g/d of protein gain, whereas 1.16 kg/d of EBW gain on DBM subjects correspond to a comparable protein gain of about 230 g/d. In addition, the lower growth rate of DBM bulls is also compensated by a lower incidence of the gastrointestinal content and by a higher carcass dressing percentage

(Arthur, 1995; Alberti et al., 2008) so that the daily carcass growth rate is comparable or greater compared to conventional continental breeds.

In the intensive farms of Italy, corn silage based diets with 140 to 150 g/kg DM of protein density are commonly applied (single phase feeding) on cattle of conventional breeds (Cozzi, 2007) and, similarly, in the United States, CP densities ranging from 125 to 144 g/kg DM have been found to be commonly used by the feedlot cattle industry for finishing beef cattle treated with ionophore and hormone implants (Galyean, 1996). Despite the availability of protein systems for evaluating the protein value of feeds and the requirements of beef cattle (NRC, 1996), practical diets are still often formulated on the basis of CP percentage, with little effort to consider ruminal N transactions or the protein/amino acid requirements of the host ruminant (Galyean, 1996). Formulation based on escape protein is important in various circumstances but insufficient information is available to extent the use of this factor on DBM bulls. The application of current protein systems in DBM subjects presents problems regarding the evaluation of the nutritional values of feeds, because the small size of the gastro-intestinal tract of these animals, and the evaluation of the energy and protein requirements for maintenance and growth, because of the very lean body composition of these subjects.

The high potential for lean growth and the moderate feed intake capability have suggested that for DBM bulls diets with energy and protein densities higher than those applied on conventional cattle should be used (Fiems et al., 1990). For DBM Belgian Blue bulls, Boucqué et al. (1984) indicated that ration CP density should exceed 140 g/kg DM, whereas a content of 120 g/kg was found to be sufficient for non DBM Belgian Blue bulls. Later, De Campeneere et al. (1999) suggested as adequate CP densities of 160, 143 and 120

g/kg DM for DBM Belgian Blue bulls of 350 to 460, 460 to 570 and 570 to 680 kg BW, respectively. In this trial no benefits were achieved by using 145, compared to 108 g/kg DM of CP density. Even though during the initial period, below 380 kg BW, bulls fed LP ration grew slower and were less efficient than those receiving HP, at the conclusion of the study, because of compensatory growth evidenced in the central period, they did not show relevant differences on total DMI, ADG, feed efficiency, as well as on carcass traits. Our results showed a compensation rate of 109% for ADG (LP/HP) and of 154% for the in vivo SEUROP conformation score in the central period. It is known that short periods of reduced gain is mostly followed by a compensatory growth (Berge, 1991; NRC, 1996; Hornick et al. 1998) and the compensation rate for ADG obtained in this work was within the range reported by Berge (1991) and by Fiems et al. (2002).

The results confirm that high dietary protein levels are very important only at lighter BW. Considering that De Campeneere et al. (1999) suggested 160 g/kg DM of CP for DBM Belgian Blue bulls with BW from 350 to 460 kg, it cannot be excluded that the highest CP level used in this trial was not enough for assuring the maximum growth during the initial period. Therefore, differently from what commonly practiced, it could be suggested, as alternative, that a phase feeding with decreasing dietary CP levels can be adopted in those situations where the farm size is adequate.

The data regarding the in vivo fatness score during trial, evidenced that the reduction of the feed efficiency during the trial in DBM Piemontese bulls is not due to an increase in fat deposition and need to be further investigated. Moreover, the same data confirm the known ability of Piemontese young bulls to maintain almost constant the degree of fatness of the carcass for a long period which allow to anticipate or retard the

slaughtering of animals without affecting very much carcass composition, whereas carcass conformation is improved (from U/E to E+). From the economic point of view the improvement of conformation does not seem to compensate the high feed consumption of animals over 570-590 kg.

Conditions of the locomotion system and dietary CP

The high incidence of locomotion problems in this trial during summer was not surprising. Compared to conventional cattle, DBM young bulls have thinner bones and are more susceptible to stress, caused by high environmental temperature and housing conditions (Arthur, 1995). De Campeneere et al. (2002) reported that 60% of all DBM Belgian Blue bulls showed lesions in at least one of their legs; Ruis-Heutinck et al. (2000) reports that 78% of DBM Belgian Blue bulls had lesions in the carpal joint of their forelegs. In these last experiments housing conditions (closed barn vs open-front stable) were far more important for health than the feeding system, because no evidences of severe and persistent acidosis were found (De Campeneere et al., 2002). Analyzing the data of 588 groups of fattening beefs (38,723 subjects) of 29 farms and 5 genetic types (Charolais bulls, Charolais heifers, French Crosses bulls, Limousine bulls and Polish Friesian bulls), Cerchiaro et al. (2005) found that, besides a breed effect, concrete floor and bedding reduced the risk of culling by 33 % in comparison with slatted floor. However, as in other European countries, fully slatted floor is largely predominant in the Italian intensive beef cattle farms, because it does not require bedding material and for lower labour cost to remove slurry. This system has proved to be an effective compromise to the deep bedding in the case of scarce availability of bedding materials (Cozzi et al., 2009). In such

conditions the animals are dirtier than those kept on slats and more exposed to gastrointestinal disorders (Cozzi et al., 2009).

In the present experiment more than half of the bulls, housed in fully slatted floor pens, presented synovitis during the period of moderate heat stress in August and the analysis performed on rumen fluid and blood did not reveal any sign of acidosis. The incidence of bulls presenting joints alterations decreased during the later months, despite the increasing of BW. Although the incidence of synovitis was high, the condition of the locomotion system was not seriously compromised because the deviations from normal walking were low. No adverse effect on growth performance of the bulls was observed as the decrease of growth rate showed in the last part of the trial occurred when the incidence of synovitis was decreasing. Moreover, in the case of LP diet the locomotion score remained within the range of normality (maximum value 1.4 on a 1.0 to 5.0 scale) during all the trial, despite the slatted floor of the pens and the silage based diet.

Which role protein can play in the development of legs, feet and hoof pathologies is a open question. Comparing 161 vs. 198 g/kg CP diet in dairy cattle between 3 and 26 wk post-partum, Manson and Leaver (1988) found that high protein diet significantly increased (worsened) locomotion scores and number and duration of clinical lameness. High level of rumen degradable N was indicated as possible factor of increased lameness and laminitis (Logue et al., 1989; Bargai et al., 1992). Some other postulations indicates allergic histaminic reactions to certain types of proteins (Nilsson, 1963) or a link between high protein supplementation and protein degradation end-products (Bazeley and Pinset, 1984). Notwithstanding the small number of subjects involved in this trial, the results support the hypothesis that a lower CP density could exert positive effects on the health status of the

locomotion system of growing bulls. The high incidence of synovitis observed in August was likely due to the combined effects of high environmental temperature, of high level of dietary CP and of the type of floor. Further researches are needed.

Effects of CLA

Researches performed on laboratory animals, pigs and dairy cattle evidenced that CLA supplementation improves animal performance, increases feed efficiency, alters lipid metabolism, reduces animal adiposity, increases lean body mass and alters immune response (Jahreis et al., 2000; Pariza et al., 2001; Perfield et al., 2004; Lauridsen et al., 2005). The multiple physiologic effects that are reported for CLA appear to be the result of multiple interactions of the biologically active CLA isomers with numerous metabolic pathways (Pariza, 2004). CLA isomers are formed during ruminal biohydrogenation of linoleic and linolenic acids and in the animal's tissues from *trans*-11 C18:1, another intermediate in the biohydrogenation of unsaturated fatty acids (Pariza et al., 2001). In the present experiment indirect effects on CLA supply due to administration of HSO can be excluded because of the almost complete saturation of the lipids supplied with HSO.

Among the various CLA isomers two in particular have been implicated as biologically active. The *cis*-9, *trans*-11 isomer has anti-carcinogenic effects and enhances growth and feed efficiency, whereas the *trans*-10, *cis*-12 CLA isomer has strong repartitioning properties that results in reduced milk fat and body fatness (Pariza, 2004; Perfield et al., 2004; Bauman et al., 2008). The reduction in body fat appears to be due mostly to a reduction in body fat accretion and not to a mobilization of body fat that had already accumulated before the experiment (Pariza, 2004). Park et al. (1997) and Pariza et

al. (2001) also suggested that muscle mass may be preserved or enhanced as a result of CLA induced changes in the regulation of some cytokines that profoundly affect skeletal muscle catabolism and immune function.

Few information is available about the effects of rumen protected CLA on growth performance of growing cattle. Gillis et al. (2004) documented that feedlot Angus × Hereford heifers receiving a CLA supplementation for 30 or 60 days before slaughter, at a dosage similar to that used in this trial, increased ADG and feed efficiency only during the first 30 days of treatment, with respect to control, but no differences were observed over the whole trial. Results from this study and Gillis et al. (2004) indicate that feeding rumen-protected CLA does not affect animal performance in beef cattle to the same extent reported for other species (Azain et al., 2000; Thiel-Cooper et al., 2001; Wiegand et al., 2001). In this trial the addition of CLA exerted a significant reduction of the in vivo fatness score, but only during the central part of the growth and not during the finishing period. The effectiveness of the *trans*-10, *cis*-12 CLA isomer to reduce body fat was likely not fully explicated in this trial because of the very poor propensity of the DBM subjects to deposit fat in their body, and so the observed effects of CLA on feed efficiency were more likely due to the action of the *cis*-9, *trans*-11 CLA isomer. To this regard, it can be observed that CLA addition tended to interact with CP on growth rate and, in agreement with Gillis et al. (2004), CLA addition did not exert any influence on DMI. Both during the initial period and over the whole trial feed efficiency was significantly affected by the interaction CPxA: it was observed that the bulls receiving CLA were more efficient to convert the feed when fed LP than when fed HP.

These results support the hypothesis, proposed by Park et al. (1997) and Pariza et al. (2001), that muscle mass could be preserved or enhanced by CLA but only under conditions of a shortage of dietary protein. These results are also in agreement with the hypothesis that the addition of CLA can influence the immune function (Park et al., 1997; Pariza et al., 2001), as the health status of the bulls treated with CLA was significantly improved.

N excretion

In many geographical areas, where intensive livestock production occurs, slurry disposal is subjected to regulations that provided fixed coefficients to establish N excretion of a given animal category and maximum threshold for the amount of N in manure applicable per unit of agricultural area and per year. Published figures for N excretion of growing cattle vary widely according to a number of factors, among which breed, age interval, feed characteristics and dietary N content represent the major determinants (Poulsen and Kristensen, 1998; ERM, 2001; ASAE, 2003; ADAS, 2007). Coefficients for N excretion are often outdated, not representing the modern animals and production practices and do not allow for site specific management practices to be incorporated (Powers, 2004; Schiavon et al., 2009). For these reasons, within the institutional frame introduced in the European Union Countries by the Nitrate Directive, the public administration are moving towards systems aimed to evaluate N excretion at farm level (Schiavon et al., 2008), and consequently the interest for nutritional studies aimed to evaluate strategies for optimizing N efficiency at farm level is increasing. In this context, the reduction of the dietary N content, recognized as the main strategy for decreasing N

emission on growing cattle (Tamminga, 2003), should also consider, besides the classical production indexes per animal, also the corresponding productions and financial returns achievable per unit of available land.

In this trial, there were no evidences of relevant effects due to CP or CLA on carcass quality, being dressing percentage, conformation and fat covering very similar among treatments. Thus, there were no reasons for considering differences among treatments in the amount of N retained per kg of BW. However, even assuming a N retention in the LP group of only 27.2 g N/kg BW, 5% less than the value taken from literature (28.6 g N/kg BW), the estimates of N excretion increase by only 2%, that is a negligible value.

The result of the N balance found in this trial clearly indicated that both CP and stage of maturity exerts strong effects on the efficiency of retention of the dietary N and hence on the excretions. Expressing the values of N excretion on annual basis, including the transition period and 14 days for empty periods of the barn, results that for the conventional HP diet and for 12 months of duration of the production cycle, N excretion was around 56 kg.bull place⁻¹.year⁻¹, which is within the broad range found by others (Poulsen and Kristensen, 1998; Smith and Frost, 2000; ERM, 2001; ASAE, 2003; Xiccato et al., 2005; ADAS, 2007). The fraction of N excreted lost in atmosphere is variable according to a number of factors (McGinn et al., 2007); to evaluate these losses (which contribute to air pollution) and to compute the amount of N remaining in the manure after storing, different countries have established standard coefficients according to local conditions (ERM, 2001; MIPAF, 2006). For the purpose of this paper we assumed that 30% of total N excreted was lost in atmosphere (MIPAF, 2006), and so 56 kg.bull place⁻¹.year⁻¹

of total N excretion corresponds to slightly less than 40 kg N.kg.bull place⁻¹.year⁻¹ of N in manure. Where a maximum load of 170 kg N in manure/ha/year is permitted, such in the nitrates vulnerable zones of the European Union, this would result in a maximum number of 4.3 bull places.ha⁻¹.year⁻¹, that is equivalent to BW production of about 1815 kg BW.ha⁻¹.year⁻¹. The reduction of the dietary CP from 145 to 108 g/kg DM, allows a strong reduction of total N in manure from 39.5 to 28.3 kg.bull place⁻¹.year⁻¹, without any relevant effect on growth performance and carcass traits and allows to increase till 6.0 the bull places.ha⁻¹.year⁻¹ and BW production to 2486 kg.ha⁻¹.year⁻¹.

From the data obtained in this experiment it was also evidenced that during the last 4 months of the growing period ADG decreased (to 0.8 kg/d) and feed efficiency strongly worsened, whereas fatness did not change. Thus, a prolonged permanence of bulls in the farm increases the estimated annual N excretion per bull place and per year. The anticipation of slaughter of 4 months, corresponding to a reduction of final BW from 668 to about 579 kg, combined with the replacement of less efficient heavy bulls with younger and more efficient animals could result in a further increase of BW production of about +540 kg per hectare of land. Nevertheless, the anticipation of slaughter must be evaluated in term of economics returns, taking also into account the (high) costs of DBM stock bulls and carcass characteristics required by the reference meat markets.

In conclusion, this experiment partially covered the lack of knowledge about the production and the carcass traits of DBM Piemontese bull fed diets based on corn-silage and cereals. Many similarities have been found on production and carcass traits between DBM Piemontese and DBM Belgian Blue young bulls. It was shown that high dietary CP density is not required for DBM Piemontese bulls, even if their voluntary feed intake is

somewhat lower and protein deposition is comparable or higher to that of other conventional continental beef cattle. The reduction of CP density from 145 to 108 g/kg DM, besides a reduction of the feeding cost, induced a strong reduction (-28%) of N excreted without negative consequences on growth performance and carcass traits. Nevertheless, ADG was increased by dietary protein during the initial period; therefore phase feeding may be considered as an alternative if the farm size is adequate. In areas where a maximum N load per hectare is limited by the law, the use of low protein diets could allow to increase markedly N efficiency and meat production per unit of land, providing that accounting systems for the evaluation of N excretion at farm level are approved and promoted by the Authorities. It was also evidenced that both low CP diets and CLA supply can exert positive effect on legs and hoof integrity and that the combination of the two factors allows an improvement of feed efficiency, supporting the hypothesis that CLA could exert some saving effects on protein catabolism, but only under condition of shortage of dietary CP. From the economical point of view, the use of CLA for the time of administration at the dose used in this trial is still not convenient, further investigations considering lower doses and/or shorter periods of administration are needed.

LITERATURE CITED

ADAS. 2007. ADAS report to DEFRA - Supporting paper F2 for the consultation on the implementation of the nitrates directive in England. <http://www.defra.gov.uk/environment/quality/water/waterquality/diffuse/nitrate/documents/consultation-supportdocs/f2-excreta-n-output.pdf>. Accessed Sept. 18, 2009

ASAE, 2003. Proposal for ASAE D384.1, Manure Production and characteristics <http://courses.cals.uidaho.edu/bae/bae404/Manure%20Production%20Proposal%20D384.pdf> Accessed Sept. 18, 2009.

Albera, A. 2006. Selection for beef traits and calving performance in Piemontese. PhD Diss, Wageningen Univ., Wageningen, <http://library.wur.nl/wda/dissertations/dis4012.pdf> Accessed Sept. 18, 2009.

Albera, A., R. Mantovani, G. Bittante, A. F. Groen, and P. Carnier. 2001. Genetic parameters for daily live-weight gain, live fleshiness and bone thinness in station tested Piemontese young bulls. *Anim. Sci.* 72: 449-456.

Albera A., P. Carnier, and A. F. Groen. 2004. Definition of a breeding goal for the Piemontese breed: economic and biological values and their sensitivity to production circumstances. *Livest. Prod. Sci.* 89: 66-77.

Alberti P., B. Panea, C. Sanudo, J. L. Olleta, G. Ripoll, P. Ertbjerg, M. Christensen, S. Gigli, S. Failla, S. Concetti, J. F. Hocquette, R. Jailler, S. Rudel, G. Renand, G.R. Nute, R.I. Richardson, and J. L. Williams. 2008. Live weight, body size and carcass characteristics of young bulls of fifteen European Breeds. *Livest. Sci.* 114:19-30.

AOAC. 2000. Official methods of analysis. 17th ed. Assoc. Off. Anal. Chem. Arlington, VA

Anonymous. 1991. Community scale for the classification of carcasses of adult bovine animals. Official publications of the European Communities No. 1208/81, 2939/81 and 1026/91, Luxembourg.

Arthur, P.F. 1995. Double muscling in cattle: a review. *Aust. J. Agric. Res.* 46:1493-1515.

Azain, M. J., D. B. Hausman, M. B. Sisk, W. P. Flatt, and D. E. Jewell. 2000. Dietary conjugated linoleic acid reduces rat adipose tissue cell size rather than cell number. *J. Nutr.* 130:1548–1554.

Bargai, U., I. Schamia, A. Lublin, and E. Bogin. 1992. Winter outbreaks of laminitis in dairy calves: etiology and laboratory, radiological and pathological findings. *Vet. Rec.* 131:411-414.

Bauman D.E., J.W. Perfield, K.J. Harvatine, and L. H. Baumgard. 2008. Regulation of fat synthesis by conjugated linoleic acid: Lactation and the ruminant model. *J. Nutr.* 138:403-409.

Bazeley, K. and P.J. Pinset. 1984. Preliminary observation on a series of outbreaks of acute laminitis in dairy cattle. *Vet. Rec.* 115:619-622.

Berge, P., 1991. Long-term effects of feeding during calthood on subsequent performance in beef cattle (a review). *Livest. Prod. Sci.* 28, 179–201.

Biagini, D., and C. Lazzaroni. 2005a. Carcass dissection and commercial meat yield in Piemontese and Belgian Blue double-muscled young bulls. *Livest. Prod. Sci.* 98, 199-204.

- Biagini, D., C. Lazzaroni. 2005b. Effect of castration age on slaughtering performance of Piemontese male cattle. *Ital. J. Anim. Sci.* 4:254-256.
- Boucqué, C.V., L. O. Fiems, B. G. Cottyn, and F. X. Buysse. 1984. Besoin en protéines de taureaux culards au cours de la Période de finition. *Revue de l'Agriculture* 37:661-670.
- Boukha, A., M. De Marchi, A. Albera, G. Bittante, L. Gallo, and P. Carnier. 2007. Genetic parameters of beef quality traits for Piemontese cattle. *Ital. J. Anim. Sci.* 6(1):53-55.
- Cerchiaro, I., B. Contiero, and R. Mantovani. 2005. Analysis of factors affecting health status of animals under intensive beef production systems. *Ital. J. Anim. Sci.* 4 (3):122-124.
- Consortium. 1988. Guide for the Care and Use of Agricultural Animals in Agricultural Research and Teaching. Consortium for Developing a Guide for the Care and Use of Agricultural Animals in Agricultural Research and Teaching, Champaign, IL.
- Cozzi, G. 2007. Present situation and future challenges of beef cattle production in Italy and the role of the research. *Ital. J. Anim. Sci.* 6(Suppl. 1):389-396.
- Cozzi, G., M. Brscic, and F. Gottardo. 2009. Main factors affecting the welfare of beef cattle and veal calves raised under intensive rearing systems in Italy: a review. *Ital. J. Anim. Sci.* 8(Suppl. 1):67:80.
- Dal Maso M., S. Schiavon, L. Bailoni, F. Tagliapietra, and G. Bittante. 2008. Low doses of rumen protected conjugated linoleic acid (CLA) on dairy cows in mid lactation: effects on milk yield and quality. Page 146 in Book of abstracts of the 59th Annual Meeting of the European Association for Animal Production, Vilnius, Lithuania.

Dal Zotto, R., M. Penasa, M. De Marchi, M. Cassandro, N. Lòpez-Villalobos, and G. Bittante. 2009. Use of crossbreeding with beef bulls in dairy herds: effect on age, body weight, price, and market value of calves sold at livestock auctions. *J. Anim. Sci.* 87:3053-3059.

De Campeneere, S., L. O. Fiems, B. G. Cottyn, C. V. Boucqué. 1999. Phase feeding to optimize performance and quality of Belgian Blue double-muscled bulls. *Anim. Sci.* 69:275-285.

De Campeneere, S., L. O. Fiems, M. De Paepe, J. M. Vanacker, and C. V. Boucqué. 2001. Compositional data on Belgian Blue double-muscled bulls. *Anim. Res.* 50:43-55.

De Campeneere, S., L. O. Fiems, H. De Bosschere, J. L. De Boever, R. Ducatelle. 2002. The effect of physical structure in maize silage-based diets for beef bulls. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 86:174-184.

Engel, B., G. Bruin, G. Andre, and W. Buist. 2003. Assessment of observer performance in a subjective scoring system: Visual classification of the gait of cows. *J. Agric. Sci.* 140:317-333.

ERM, 2001. Livestock manures – Nitrogen equivalents. European Commission DG Environment, Brussels, Belgium.

EU-SCAHAW – Scientific Committee on Animal Health and Animal Welfare. 2001. The welfare of cattle kept for beef production. http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scah/out54_en.pdf Accessed Dec. 22, 2009.

Fiems, L. O., C. V. Boucqué, B.G. Cottyn, and F. X. Buysse. 1990. Effect of energy density by dietary incorporation of fats on performance of the double-muscled bulls. *Anim. Feed Sci. Technol.* 30:267-274.

Fiems, L.O., B.G. Cottyn, C. V. Boucqué, J. M. Vanacker and S. De Campeneere. 1999. Effects of different degraded protein balances (OEB) on the performance of beef bulls and on digestibility and rumen fermentation in sheep. *Neth. J. Agric. Sci.* 47:19-28.

Fiems, L. O., S. De Campeneere, J. L., De Boever, and J. M. Vanacker. 2002. Performance of double muscled bulls affected by grazing or restricted indoor feed intake during growing period followed by finishing up to two different slaughter weights. *Livest. Prod. Sci.* 77:35-43.

Fiems, L. O., S. De Campeneere, W. Van Caelenbergh, J. L. De Boever, and J. M. Vanacker. 2003. Carcass and meat quality in double muscled Belgian Blue bulls and cows. *Meat Sci.* 63:345:352.

Geay, Y., J. Robelin, M. Vermorel, and C. Beranger. 1982. Muscular development and energy utilization in cattle: The double-muscled as an extreme or a deviant animal. Pages 74-87 in *Muscle Hypertrophy of Genetic Origin and Its Use to Improve Beef Production*, J. W. B. King and F. Ménessier ed. M. Nijhoff, The Hague, The Netherlands.

Gillis, M. H., S. K. Duckett, J. R. Sackmann. 2004. Effects of supplemental rumen-protected conjugated linoleic acid or corn oil on fatty acid composition of adipose tissues in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 82:1419-1427.

Hornick, J. L., C. Van Eenaeme, A. Clinquart, M. Diez, and L. Istasse. 1998. Different periods of feed restriction before compensatory growth in Belgian Blue bulls: I. Animal performance, nitrogen balance, meat characteristics, and fat composition. *J. Anim. Sci.* 76:249–259.

Jahreis, G., J. Kraft, F. Tischendorf, F. Schone, C. von Loeffelholz. 2000. Conjugated linoleic acids: physiological effects in animal and man with special regard to body composition. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 102:695-703.

Lauridsen, C., H. Mu, and P. Henckel. 2005. Influence of dietary conjugated linoleic acid (CLA) and age at slaughtering on performance, slaughter and meat quality, lipoproteins, and tissue deposition in barrows. *Meat Sci.* 69:393–399.

Logue, D.N., A. Lawson, and D. Roberts. 1989. The effect of two different protein sources in the diet upon the incidence and prevalence of lameness in dairy cattle. *Anim. Prod.* 48:636. (Abstr.)

MacGinn, S. M., T.K. Flesch, B. P. Crenna, K. A., Beauchemin, and T. Coates. 2007. Quantifying ammonia emissions from a cattle feedlot using a dispersion model. *J. Environ. Qual.* 36:1585-1590.

Manson F.J., J. D. Leaver. 1988. The influence of dietary protein intake and of hoof trimming on lameness in dairy cattle. *Anim. Prod.* 47:191. (Abstr.)

MIPAF (Italian Ministry for the agriculture and forest policies). 2006. General criterion and technical rules for the regional regulation of agricultural use of livestock manures. Official Journal no. 109 of 12/04/2006, Ord. suppl. no. 120, Roma, Italy.

- Ménissier, F. 1982. General survey of the effect of double muscling on cattle performance. Pages 16-23 in *Muscle Hypertrophy of Genetic Origin and Its Use to Improve Beef Production*, J. W. B. King and F. Ménissier ed. M. Nijhoff, The Hague, The Netherlands.
- NRC. 1996. Nutrient requirements of beef cattle. Seventh revised edition. Natl. Acad. Press, Washington, D.C.
- Nilsson, S.A. 1963. Clinical morphological and experimental studies of laminitis in cattle. *Acta. Vet. Scand.* 4 (Suppl. 1):1 (Abstr.)
- Pariza, M.W. 2004. Perspective on the safety and effectiveness of conjugated linoleic acid. *Am. J. Clin. Nutr.* 79 (suppl.1):1132S-6S.
- Pariza, M.W., Y. Park, and M.E. Cook. 2001. The biologically active isomers of conjugated linoleic acid. *Progr. Lipid Res.* 40:283-298.
- Park, Y., K. J. Albright, W. Liu, J. M. Storkson, M E. Cook, and M. W. Pariza. 1997. Effect of Conjugated Linoleic Acid on Body Composition in Mice. *Lipids* 32 (8): 853-858.
- Perfield, J. W., A. Sæbø, and D E. Bauman. 2004. Use of Conjugated Linoleic Acid (CLA) Enrichments to Examine the Effects of trans-8, cis-10 CLA, and cis-11, trans-13 CLA on Milk-Fat Synthesis. *J. Dairy Sci.* 87:1196-1202.
- Peyraud, J.L., S. Le Liboux, and R. Vérité. 1997. Effect du niveau et de la nature de l'azote dégradable sur la digestion ruminale d'un régime à base de maïs chez la vache latière. *Reprod. Nutr. Dev.* 37:313-328.
- Poulsen, H.D., and V.F. Kristensen. 1998. Standard Values for Farm Manure – A revaluation of the Danish Standard Values concerning the Nitrogen, Phosphorus and

Potassium Content of Manure. DIAS Report, No.7. Danish Institute of Agricultural Sciences, Viborg, Denmark.

Poulson, C.S., T R. Dhiman, A. L. Ure, D. Cornforth, and K. C. Olson. 2004. Conjugated linoleic acid content of beef from cattle fed diets containing high grain, CLA, or raised on forages. *Livest. Prod. Sci.* 91:117-128.

Powers, W. 2004. Revision of ASAE Standard D384.1: A new approach to estimating manure nutrients and characteristics. Iowa State University Animal Industry Report, Ames, USA. <http://www.ans.iastate.edu/report/air/2004pdf/AS1923.pdf> Accessed Sept. 18, 2009

Preston, R. L. 1972. Nutritional implication on the economy of gain of feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 35:153-159.

Ruis-Heutinck, L. F. M., M. J. C. Smits, A.C. Smits, and J. J. Heere. 2000. Effects of floor type and floor area on behaviour and carpal joint lesions in beef bulls. Page 178 in: *Proceedings of EAAP Commission on Animal Health and Management*. EAAP Publication No. 102. H J. Blokhuis, E. D. Ekkel, B. Wechsler, ed. The Hague, The Netherlands.

SAS. 1996. SAS/STAT user's guide: Version 6. Fourth Edition. Vol. 2. SAS Institute Inc., Cary, NC.

Sauvant, D., J. M. Perez, and G. Tran. 2004. Tables of composition and nutritional value of feed materials: pigs, poultry, cattle, sheep, goats, rabbits, horses and fish. INRA Editions, Versailles, France.

Schiavon S., L. Gallo, M. Dal Maso, F. Tagliapietra and L. Bailoni. 2008. Aspetti generali sui modelli di quantificazione delle escrezioni di azoto e fosforo nelle principali tipologie di

allevamento del Veneto. In Annex A of the Decree of Veneto Region Direction: DDR 308 of August 7, 2008. http://www.regione.veneto.it/NR/rdonlyres/D7C80B2A-44EE-46AB-99E5-68C360086249/0/DDR308_2008AllegatoA.PDF. Accessed Sept. 18, 2009.

Schiavon S., M. Dal Maso, M. Cattani, and F. Tagliapietra. 2009. A simplified approach to calculate slurry production of growing pigs at farm level. *Ital. J. Anim. Sci.* 8:131-142.

Shahin, K.A., and R. T. Berg. 1985. Growth patterns of muscle, fat and bone, and carcass composition of double muscled and normal cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 65:279-93.

Smith, K. A., and J. P. Frost. 2000. Nitrogen excretion by farm livestock with respect to land spreading requirements and controlling nitrogen losses to ground and surface waters. Part 1: cattle and sheep. *Bioresource Technol.* 71:173-181.

Sprecher, D. J., D. E. Hostetler, and J. B. Kaneene. 1997. A lameness scoring system that uses posture and gait to predict dairy cattle reproductive performance. *Theriogenology* 47:1179–1187.

Tamminga, S. 2003. Pollution due to nutrient losses and its control in European animal production, *Livest. Prod. Sci.* 84:101–111.

Tamminga, S. 2006. Environmental impacts of beef cattle. *The John M. Airy Symposium: Visions for Animal Agriculture and the Environment*, January, Kansas City, Missouri. <http://www.iowabeefcenter.org/content/Airy/TAMMINGA%20Abstract.pdf> Accessed Sept. 18, 2009.

Tamminga, S., W. M. van Straalen, A. P. J. Subnel, R. G. M. Meijer, A. Steg, and C. J. G. Wever. 1994. The Dutch protein evaluation system: the DVE/OEB-system. *Livest. Prod. Sci.* 40:139-155.

Thiel-Cooper, R. L., F. C. Parrish, J. C. Sparks, B. R. Wiegand, R. C. Ewan. 2001. Conjugated linoleic acid changes swine performance and carcass composition. *J. Anim. Sci.* 79:1821–1828.

Trillat, G. 1967. Etude comparative de l'aptitude à la transformation alimentaire de différentes races à viande françaises. Essai d'analyse de la variabilité de la consommation. Institut Technique du Pratique Agricole, Paris, France.

Valkeners D., A. Théwis, M. van Laere, Y. Beckers. 2008. Effect of rumen protein balance deficit on voluntary intake, microbial protein synthesis, and nitrogen metabolism in growing double-muscled Belgian Blue bulls fed corn silage-based diet. *J. Anim. Sci.* 86:680-690.

Van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583-3597.

Vissac, B. 1968. Etude du caractere culard. II. Incidence du caractère culard sur la morphologie générale des bovines. *Ann. Zootech.* 17:77-101.

Wiegand, B. R., F. C. Parrish, J. E. Swan, S. T. Larsen, and T. J. Baas. 2001. Conjugated linoleic acid improves feed efficiency, decreases subcutaneous fat, and improves certain aspects of meat quality in stress-genotype pigs. *J. Anim. Sci.* 79:2187–2195.

Yan, T., J. P. Frost, T. W. J., Keaty, R. E. Agnew, and C. S. Mayne. 2007. Prediction of nitrogen excretion in feces and urine of beef cattle offered diets containing grass silage. *J. Anim. Sci.* 85:1982-1989.

Xiccato G., S. Schiavon, L. Gallo, L. Bailoni, and G. Bittante. 2005. Nitrogen excretion in dairy cow, beef and veal cattle, pig, and rabbit farms in Northern Italy. *Ital. J. Anim. Sci.* 4(3):103-111.

TABLES AND FIGURES

Table 1. Ingredient composition of diets

Item	Transition period	Experimental period			
		HP _{HSO}	HP _{CLA}	LP _{HSO}	LP _{CLA}
<i>Ingredients (g/kg DM):</i>					
Meadow hay	370	-	-	-	-
Corn silage	240	250	250	276	276
Corn meal	160	360	360	400	400
Dried sugar beet pulp	60	102	102	113	113
Wheat bran	60	63	63	70	70
Soybean meal	60	126	126	33	33
Wheat straw	30	60	60	66	66
Vitamins and minerals mix ¹	20	24	24	26	26
Calcium soap	-	8	8	9	9
Hydrogenated soybean oil	-	7	7	7	7
<i>Top dressed (g/d):</i>					
Hydrogenated soybean oil (HSO)	-	65	-	65	-
Rumen protected CLA	-	-	80	-	80

¹ Containing per kg: 120 g of calcium, 56 g of sodium, 17 g magnesium, 16 g phosphorous, 240,000 IU of vitamin A, 15,000 IU of vitamin D3.

Table 2. Composition of hydrogenated soybean oil (HSO) and rumen protected CLA

Item	HSO	CLA
Dry matter, g/kg	999	984
Lipids, g/kg	990	800
Ash, g/kg	2	178
Other compounds, g/kg	7	6
Fatty acids, g/kg of lipids		
C16:0	103	85
C18:0	772	485
C18:1	<1	-
C18:1 <i>trans</i> 9	1	85
C 18:1 <i>trans</i> 11	-	2
C 18:2	1	8
C 18:2 <i>cis</i> 9, <i>trans</i> 11	-	99
C 18:2 <i>trans</i> 10, <i>cis</i> 12	-	96
C20:0	-	4
Others fatty acids	10	15
Total fatty acids	887	879

Table 3. Chemical composition and nutritional values of diets

Item	Experimental diets:			
	HP _{HSO}	HP _{CLA}	LP _{HSO}	LP _{CLA}
Chemical composition (g/kg DM):				
CP	145	145	108	108
Lipids	41	41	42	42
Ash	49	49	48	48
Starch	357	357	393	393
NDF	287	287	303	303
ADF	137	137	145	145
ADL	12.1	12.1	13.3	13.3
AIA	3.3	3.3	3.6	3.6
Nutritional values:				
Metabolizable energy, MJ/kg DM ¹	11.9	11.9	11.7	11.7
Net energy, MJ/kg DM ¹	7.8	7.8	7.8	7.8
Fermentable Organic Matter (FOM), g/kg DM ²	588	588	577	577
Rumen degradable protein, g/kg DM ²	90.8	90.8	68.0	68.0
Rumen undegradable protein, g/kg DM ²	54.3	54.3	40.2	40.2
Rumen degradable N:FOM, g/kg DM ²	24.7	24.7	18.8	18.8
Rumen degradable protein balance, g/kg DM ²	2.6	2.6	-18.6	-18.6

¹ Values computed according to the actual chemical composition and the French energy system (Sauvant et al., 2004)

² Values computed according to the actual chemical composition and the Dutch protein system (Tamminga et al., 1994)

Table 4. Live weight and weight gain during the transition and the experimental periods

Time, days	Treatment				RMSE ¹	Significance <i>P</i>		
	HP _{HSO}	HP _{CLA}	LP _{HSO}	LP _{CLA}		CP level	Additive (A)	CP x A
BW, kg								
At arrival, -28 d	244	235	235	236	9.9	0.19	0.19	0.14
At beginning, 0 d	281	280	276	277	15	0.41	0.95	0.73
After 120 d	470	453	432	437	23	<0.01	0.34	0.10
After 233 d	594	577	569	576	42	0.31	0.66	0.34
Before slaughter, 332 d	686	655	659	672	52	0.72	0.55	0.16
ADG, kg/d								
Transition period, -28 to 0 d	1.304	1.528	1.408	1.433	0.305	0.97	0.18	0.29
Initial period, 0 to 120 d	1.602	1.454	1.284	1.324	0.187	<0.01	0.33	0.08
Central period, 120 to 233 d	1.111	1.105	1.194	1.218	0.310	0.31	0.94	0.85
Final period, 233 to 332d	0.910	0.773	0.881	0.946	0.265	0.36	0.65	0.21
Whole trial, 0 to 332 d	1.228	1.129	1.132	1.174	0.151	0.59	0.54	0.07

¹Root of mean square error

Table 5. DMI and feed efficiency during the transition and the experimental periods

Time, days	Treatment				RMSE ¹	Significance P		
	HP _{HSO}	HP _{CLA}	LP _{HSO}	LP _{CLA}		CP level	Additive	CP x A
DMI, kg/d								
Transition period, -28 to 0 d	5.00	5.20	5.20	5.10	0.10	0.29	0.55	0.11
Initial period, 0 to 120 d	8.16	7.99	8.09	7.87	0.21	0.48	0.17	0.83
Central period, 120 to 233 d	8.21	8.16	8.66	8.30	0.31	0.15	0.28	0.42
Final period, 233 to 332d	10.29	10.00	10.26	10.31	0.50	0.63	0.69	0.58
Whole trial, 0 to 332 d	8.82	8.66	8.94	8.76	0.27	0.52	0.30	0.95
Feed efficiency, kg/kg DM								
Transition period, -28 to 0 d	0.268	0.305	0.280	0.288	0.010	0.80	0.09	0.27
Initial period, 0 to 120 d	0.196	0.182	0.158	0.168	0.007	<0.01	0.56	0.02
Central period, 120 to 233 d	0.136	0.136	0.137	0.147	0.014	0.47	0.59	0.59
Final period, 233 to 332d	0.088	0.077	0.085	0.091	0.011	0.36	0.67	0.23
Whole trial, 0 to 332 d	0.139	0.130	0.127	0.134	0.005	0.19	0.84	0.03

¹Root of mean square error

Table 6. Status of the locomotion system

Time, days	Treatment				RMSE ¹	Significance <i>P</i>		
	HP _{HSO}	HP _{CLA}	LP _{HSO}	LP _{CLA}		CP level	Additive (A)	CP x A
Bulls with lesions ² , %								
After 233 d	54.5	58.3	41.7	50.0	32.0	0.45	0.67	0.87
After 273 d	63.6	50.0	33.3	16.7	20.9	<0.01	0.02	0.91
After 301 d	36.4	41.7	25.0	16.7	15.0	<0.01	0.90	0.63
Before slaughter, 332 d	36.4	25.0	33.3	8.3	15.0	0.03	<0.01	0.62
Lesioned legs ² , No./bull:								
After 233 d	1.0	1.3	0.4	0.6	0.9	0.02	0.45	0.92
After 273 d	1.0	0.8	0.4	0.3	0.9	0.03	0.51	0.99
After 301 d	0.6	0.7	0.3	0.3	0.8	0.11	0.96	0.96
Before slaughter, 332 d	0.5	0.4	0.3	0.2	0.7	0.26	0.47	0.94
Locomotion score ³ :								
After 233 d	1.5	1.5	1.3	1.0	0.7	0.10	0.39	0.48
After 273 d	1.8	1.6	1.4	1.0	0.7	0.03	0.14	0.65
After 301 d	1.5	1.5	1.1	1.0	0.7	0.02	0.76	0.91
Before slaughter, 332 d	1.6	1.3	1.2	1.1	0.7	0.14	0.28	0.49

¹Root of mean square error

²Lesions were entirely due to carpal or tarsal synovitis, except one case of traumatic lameness.

³Using a 1 to 5 numerical rating system (1= sound; 5= severely impaired walking).

Table 7. Average value and increase of body condition scores expressed in terms of conformation and fatness as the SEUROP grid suggests for carcass classification

Items	Treatment				RMSE ¹	Significance P		
	HP _{HSO}	HP _{CLA}	LP _{HSO}	LP _{CLA}		CP level	Additive (A)	CP x A
Conformation²								
At beginning, 0 d	3.14	3.33	3.22	3.22	0.41	0.80	0.80	0.30
After 120 d	4.06	4.08	3.80	3.65	0.32	<0.01	0.64	0.20
After 233 d	4.49	4.61	4.53	4.40	0.40	0.53	0.97	0.19
Before slaughter, 332 d	5.20	5.32	5.10	5.07	0.46	0.33	0.65	0.34
Δ Conformation²								
Initial period, 0 to 120 d	0.80	0.82	0.54	0.39	0.31	<0.01	0.49	0.98
Central period, 120 to 233 d	0.43	0.53	0.73	0.75	0.31	<0.01	0.55	0.78
Final Period, 233 to 332 d	0.71	0.71	0.57	0.67	0.25	0.34	0.40	0.80
Whole trial, 0 to 332 d	1.94	2.06	1.84	1.81	0.46	0.21	0.83	0.98
Fatness³								
At beginning, 0 d	1.0	1.0	1.0	1.0	-	-	-	-
After 120 d	1.0	1.0	1.0	1.0	-	-	-	-
After 233 d	1.6	1.3	1.9	1.3	0.4	0.15	<0.01	0.44
Before slaughter, 332 d	1.7	1.3	1.7	1.5	0.5	0.66	0.10	0.54
Δ Fatness³								
Initial period, 0 to 120 d	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-	-
Central period, 120 to 233 d	0.6	0.3	0.9	0.3	0.4	0.16	<0.01	0.44
Final Period, 233 to 332 d	0.1	0.0	-0.2	0.2	0.6	0.52	0.20	0.26
Whole trial, 0 to 332 d	0.7	0.3	0.7	0.5	0.5	0.66	0.10	0.54

¹ Root of mean square error.

² Conformation was linearly scored from S+ (all muscle profiles extremely convex; exceptional muscle development) to P- (all muscle profiles concave to very concave; poor muscle development) considering the profiles of shoulders, loins, rump, thighs and buttocks; (S+ = 6.33;..., P- = 0.66).

³ Fatness was linearly scored, by a combined visual and palpation approach, from 1 (very lean) to 5 (very fat), considering the presence and the thickness of subcutaneous fat depots at base of the tail, ribs and shoulders; (1 = very lean, ..., 5 = very fat).

Table 8. Carcass traits

Items	Treatment				RMSE ¹	<i>P</i>		
	HP _{H_{SO}}	HP _{CL_A}	LP _{H_{SO}}	LP _{CL_A}		CP level	Additive (A)	CP x A
Cold carcass weight, kg	468	444	438	450	38	0.44	0.56	0.11
Dressing percentage, %	67.7	67.6	66.8	67.2	1.3	0.10	0.80	0.50
SEUROP classification:								
Conformation ²	5.17	5.30	5.27	5.11	0.58	0.97	0.92	0.34
Fat covering ³	1.93	1.86	1.86	1.83	0.17	0.45	0.31	0.72

¹Root of mean square error

² SEUROP scoring system for carcass conformation (S+ = 6.33;..., P- = 0.66)

³ SEUROP scoring system for carcass fat covering (1 = very lean,...,5 = very fat)

Table 9. Nitrogen balance (g/d) during the transition, the experimental periods and the whole trial (including transition).

Item	Treatment					<i>P</i>		
	HP _{H_{SO}}	HP _{CLA}	LP _{H_{SO}}	LP _{CLA}	RMSE ¹	CP level	Additive (A)	CP x A
Transition period, -28 to 0 d								
N consumed	101	104	104	103	2	0.29	0.55	0.11
N retained ²	39	45	42	42	3	0.96	0.08	0.14
N excreted	62	58	62	60	3	0.54	0.15	0.66
Initial period, 0 to 120 d								
N consumed	189	185	140	136	5	<0.01	0.19	0.99
N retained ²	46	42	37	38	2	<0.01	0.28	0.09
N excreted	143	143	103	98	3	<0.01	0.26	0.21
Central period, 120 to 233 d:								
N consumed	190	189	150	143	6	<0.01	0.27	0.46
N retained ²	32	32	34	35	4	0.24	0.93	0.83
N excreted	158	157	116	109	6	<0.01	0.27	0.41
Final period, 233 to 332 d								
N consumed	239	232	177	178	10	<0.01	0.61	0.52
N retained ²	26	22	25	27	3	0.22	0.53	0.11
N excreted	213	210	152	151	11	<0.01	0.76	0.89
Whole trial, -28 to 332 d								
N consumed	197	193	150	147	5	<0.01	0.23	0.87
N retained ²	35	33	33	34	2	0.45	0.40	0.08
N excreted	162	160	117	113	4	<0.01	0.25	0.51
N in manure ³	113	112	82	79	2	<0.01	0.25	0.51

¹Root of mean square error

²Assuming a N content of 0.0286 kg/kg BW gain, computed from compositional data of De Campeneere et al. (2001) on double muscle Belgian Blue bulls.

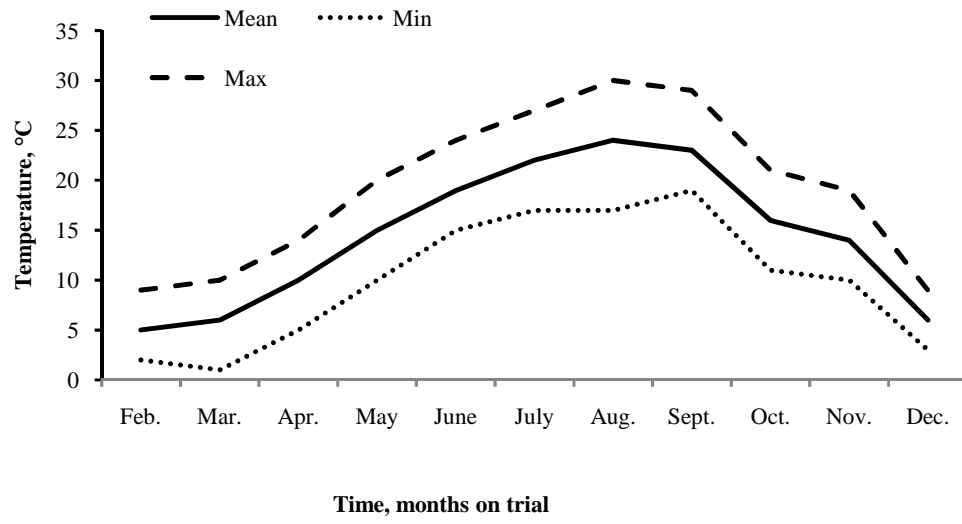
³Assuming that 30 % of the excreted N is lost in the atmosphere (MIPAF, 2006)

Table 10. N in manure and production parameters equivalent to a production of 170 kg N in manure.ha⁻¹.year⁻¹ corresponding to 9, 10, 11 or 12 months of duration of the cycle (data including the transition period).

Item	Treatment					<i>P</i>		
	HP _{H_{SO}}	HP _{CLA}	LP _{H_{SO}}	LP _{CLA}	RMSE ¹	CP level	Additive (A)	CP x A
N in manure, kg N.bull ⁻¹ .year ⁻¹								
Cycle of 9 months	34.3	34.1	25.3	23.9	0.6	<0.01	0.08	0.16
Cycle of 10 months	36.6	36.3	26.9	25.5	0.7	<0.01	0.08	0.23
Cycle of 11 months	38.2	37.8	28.0	26.7	0.8	<0.01	0.11	0.31
Cycle of 12 months	39.7	39.3	28.9	27.8	0.9	<0.01	0.22	0.54
Bull places, No.ha ⁻¹ .year ⁻¹ :								
Cycle of 9 months	5.0	5.0	6.7	7.1	0.2	<0.01	0.09	0.13
Cycle of 10 months	4.6	4.7	6.3	6.7	0.2	<0.01	0.13	0.20
Cycle of 11 months	4.5	4.5	6.1	6.4	0.2	<0.01	0.18	0.27
Cycle of 12 months	4.3	4.3	5.9	6.1	0.2	<0.01	0.30	0.44
Bulls produced, No.ha ⁻¹ .year ⁻¹ :								
Cycle of 9 months:	6.6	6.6	8.9	9.4	0.2	<0.01	0.09	0.13
Cycle of 10 months:	5.4	5.4	7.3	7.7	0.2	<0.01	0.13	0.20
Cycle of 11 months	4.7	4.8	6.5	6.8	0.2	<0.01	0.18	0.28
Cycle of 12 months	4.2	4.2	5.7	5.9	0.2	<0.01	0.30	0.42
BW yield, kg/year:								
Cycle of 9 months	2344	2278	2944	3202	163	<0.01	0.35	0.14
Cycle of 10 months	2149	2047	2677	2942	155	<0.01	0.40	0.09
Cycle of 11 months	1995	1901	2507	2773	141	<0.01	0.33	0.04
Cycle of 12 months	1864	1766	2393	2578	117	<0.01	0.55	0.05

¹Root of mean square error

Figure 1. Environmental temperatures during the trial



QUARTO CONTRIBUTO SPERIMENTALE

Running title: Pig slurry production

**A SIMPLIFIED APPROACH TO CALCULATE SLURRY
PRODUCTION OF GROWING PIGS AT FARM LEVEL**

Stefano Schiavon, Matteo Dal Maso, Mirko Cattani, Franco Tagliapietra

Dipartimento di Scienze Animali. Università di Padova, Italy

ABSTRACT

A simplified approach to predict the amount of slurry produced by growing pigs at farm level is proposed. The inputs are: initial (LWi) and final (LWf) live weights, production (t) and empty (empty) periods, feed consumption (FC), dry matter (DMD), N digestibility and farm water consumption per pig (FWC). Estimates of the amount of water required (or arisen) per kg of feed for the various physiological functions were estimated by running a published mathematical model using data representing the ordinary conditions of rearing. Water excretion was estimated in two ways depending: 1) free access (*ad lib*) to water; 2) restricted access (*forced*). In the first case, the proportion of water consumed ($w_{i_{ad\ lib}}$) and those excreted with the urine ($w_{u_{ad\ lib}}$) and the faeces (w_{fec}) were quantified to be 2.9, 1.72 and 0.33 kg per kg of feed, respectively. From the urinary excretions of N and minerals, obtained as the difference between the digestible nutrient intakes and the retentions, the model predicted a urinary DM content of 2.1% (by weight). In the second case, for pigs receiving drinking water in forced ratio with the feed ($w_{i_{forced}}$), the urinary production was calculated as: $w_{u_{forced}} = (w_{i_{forced}} + w_f + w_o) - (w_d + w_s + w_g + w_{fec} + w_e)$, where w_f = water content in feed (0.12 kg/kg), w_o = water arising from nutrient oxidation (0.25 kg/kg), w_d = water required for digestion (0.08 kg/kg), w_s = water demand for protein and lipid synthesis (0.06 kg/kg), w_g = water retained in body tissues (0.14 kg/kg) and w_e = water lost through evaporation (0.96 kg/kg). Estimates of fresh slurry production (faeces + urine) were regressed against the values resulting from empirical literature equations and referred to pigs fed water:feed ratios of 2.5:1, 2.9:1 and 4:1. The resulting regression ($R^2 = 0.97$), with a slope close to unity (1.05), indicated that the approach can be extended to predict the farm fresh slurry production with pigs having free access to water or kept on different water:feed ratios. In agreement with international literature, but not with the current Italian national standards, estimates of mature slurry productions ranged from 1.5 to 2.9 ton/pig/year with DM contents ranging from 8.3 to 3.7%.. At farm level the use water meters is recommended as from FWC minus the estimated water consumption (FWC_{exp}) the farmer can evaluate the extra wastage and adjust the predicted mature slurry production.

Key words: Pig, Slurry, Water, Mathematical model.

RIASSUNTO

Un approccio semplificato per valutare, su base aziendale, la produzione di liquami freschi di suini in crescita

Nel lavoro si propone un approccio semplificato per valutare su base aziendale la produzione di liquame suino fresco e il suo contenuto di SS. I principali input sono costituiti dai pesi vivi iniziali (LW_i) e finali (LW_f), dalle durate del ciclo di allevamento (t), dei periodi di vuoto (empty), dal consumo di mangime (FC), dai coefficienti di digeribilità di sostanza secca (DMD), azoto ed elementi macro minerali, e dal consumo aziendale di acqua per suino allevato (FWC). L'escrezione di SS con le feci è calcolata dal consumo di mangime e dalla digeribilità. Applicando un modello matematico di letteratura su dati rappresentativi delle condizioni ordinarie di allevamento sono stati stimati dei valori rappresentativi delle proporzioni di acqua (per kg di mangime) necessarie per le varie funzioni fisiologiche. L'escrezione di acqua è stata quindi stimata in due modi differenti in relazione a condizioni di libero accesso (ad lib) o meno (forced) all'acqua di bevanda. Nel primo caso le proporzioni di acqua consumata ($w_{i_{ad\ lib}}$) e quelle escrete con le urine ($w_{u_{ad\ lib}}$) e con le feci (w_{fec}) sono state quantificate pari a 2,9, 1,72 e 0,33 kg/kg di mangime, rispettivamente. Dalle escrezioni urinarie di azoto e minerali, ottenute come differenza tra gli apporti digeribili e le ritenzioni, il modello impiegato ha stimato un contenuto urinario di sostanza secca pari al 2,1 % del peso delle urine. Nel secondo caso, per suini che ricevono l'acqua in rapporti fissi con il mangime ($w_{i_{forced}}$), la quantità di urine prodotte è ricavata dalla seguente relazione $w_{u_{forced}} = (w_{i_{forced}} + w_f + w_o) - (w_d + w_s + w_g + w_{fec} + w_e)$, dove w_f è l'acqua contenuta nel mangime (0,12 kg/kg), w_o è l'acqua che si origina dall'ossidazione metabolica dei nutrienti (0,25 kg/kg), w_d è l'acqua assorbita per la digestione (0,08 kg/kg), w_s è la quantità di acqua richiesta per i processi di sintesi (0,06 kg/kg), w_g è la quantità di acqua ritenuta nei tessuti corporei (0,14 kg/kg) e w_e è la quantità di acqua persa per i processi di evaporazione (0,96 kg/kg).

Le produzioni stimate di liquami freschi (feci + urine) sono state confrontate per regressione con i valori risultati dall'applicazione di equazioni empiriche derivate dalla

letteratura per rapporti acqua:mangime pari a 2,5:1, 2,9:1 e 4,0:1. La regressione ($R^2=0,97$), evidenziando un coefficiente angolare prossimo all'unità (1,05), ha indicato che l'approccio può essere applicato anche per rapporti "acqua:mangime" diversi da quelli indicati. In accordo con la letteratura internazionale, ma non con gli attuali standard nazionali, si è osservato che in condizioni ordinarie e per rapporti acqua:mangime compresi tra 2.5:1 a 4:1 ci si attende una produzione di liquame maturo variabile da 1,5 e 2,9 ton/suino/anno con contenuti di SS compresi tra 8.3 e 3.7%. A livello aziendale l'uso di contatori d'acqua è raccomandato e gli sprechi di acqua, valutati come differenza tra FWC e i valori stimati di consumo idrico (FWC_{exp}), possono essere utilizzati per correggere le stime di produzione di liquame maturo.

Parole chiave: Suini, Liquame, Acqua, Modelli matematici.

INTRODUCTION

Slurry production and N and P excretions are often estimated using table values according to the species and the category of animals reared. However, these coefficients are often outdated, not representing the modern animals and production practices and do not allow for site specific management practices to be incorporated. Published figures for the production of slurry by pigs vary widely, and as in the case of other livestock, live weight and productivity, diet and water intake and wastage, as well as housing and seasonal weather conditions are all factors which can influence the total quantity and the composition of the slurry (Powers, 2004).

A number of methods have been proposed for quantifying nutrient excretion (mainly N and P) by farm livestock. Direct measurements with livestock may provide the most accurate estimate of excreted nutrients, but require either total collection of faeces and urine or reliable markers for spot sampling. This is an expensive and time-consuming method, and the values obtained can only be applied to similar types of livestock (breed, age, sex, growth rate, etc) and diets.

Estimates of nutrients excreted in slurry by direct measurements and analysis of the slurry may be achieved a lower cost (in terms of the number of samples and analyses required). However, the amount of slurry produced is difficult to quantify, and taking representative slurry samples for analysis can be particularly difficult. This approach also suffers from the fact that the results obtained are applicable only to the particular factors and conditions prevailing during the period of observations and sampling.

A mass balance approach that considers animal diet and performance, proven to be an accurate means of predicting nutrients excretion, offers the advantage of tailoring a plan which reflects individual farm characteristics of what is actually produced. Nutritional based methods predict the amount of nutrients in fresh slurry more accurately than collection and analysis of slurry from animal pens because of the dynamic state of slurry after excretion whereby losses of nutrients and slurry volume occur (Powers, 2004). Mass balance approaches have been applied to predict N and P excretions on animal and farm

level (Poulsen and Kristensen, 1998; Van Horn, 1998; ERM, 2001; ADAS, 2007; Schiavon *et al.*, 2008a, 2008b).

However this approach is less reliable for predicting the volume or the weight of the slurry, since the water balance cannot be represented by the simple relationship “intake minus retention”. Some of the mathematical models addressed this issue (Aarnink *et al.*, 1992; Schiavon and Emmans, 2000; Dourmad *et al.*, 2003), however, they are not easily applicable because of the number and the nature of the required input. To predict fresh slurry production some empirical equations developed several years ago have been proposed (O’Callaghan *et al.*, 1971; quoted by Smith *et al.*, 2000), but the application of these equations to conditions different from those where the data were collected is questionable. Thus the aim of this work was:

- 1) to collate the available knowledge and develop a simplified model to predict the weight and the dry matter content of fresh slurry (ex animal) produced by growing pigs from simple inputs available at farm level.
- 2) to provide some literature figures to convert fresh (ex animal) into the “as removed” slurry amount.
- 3) to compare estimated slurry productions with scientific and institutional data reported in literature.

MATERIAL AND METHODS

Inputs available at farm level and conceptual basis

Information usually available at farm level are the initial (LWi, kg) and the final (LWf, kg) live weight of the pigs, the length of production cycle (t, in days) and the empty periods (empty, in days). Feed consumption (FC) is also commonly recorded, particularly where commercial diets are used. However, in the case where dry feed is partially replaced by liquid ingredients or where home-made ingredients are used, the estimates of FC are generally less reliable. In any case, a tool to control FC is required by Public Institutions to control the data declared by the farms for slurry disposal. Feed conversion ratio (FCR) can be approximately predicted using the following relationships that we developed from a re-analysis of the data collected by Xiccato *et al.* (2005), regarding 39 farms, 141 production rounds for a total of 161,278 pigs fed restricted diets :

$$\text{FCR} = 0.814 + 0.028 * \text{LWi} + 0.0101 * (\text{LWf} - \text{LWi}) + 0.00299 * t \quad (R^2 = 0.80) \text{ kg/kg} \quad (1)$$

and so:

$$\text{FC} = \text{FCR} * (\text{LWf} - \text{LWi}) \quad \text{kg}/(\text{pig round}) \quad (2)$$

These equations refer to diets containing 88% DM and to total feed consumption (intake and spillage).

Farm water consumption can be easily measured through water meters, however from this aggregated information alone the major determinants of the slurry volume, i.e. the water drunk by the pigs, that excreted by the animals, that spilled from the water delivery system and that used for cleaning, cannot be distinguished. A quantification of these variables is

required in order to provide to the operators indications about possible strategies for reducing the use and the wastage of water and the associated costs (i.e. reduction of the water:feed ratio, changes of diet composition to reduce the voluntary water intake, improving the water delivery systems to minimize the spillage, improving the operations associated to the use of water for cleaning, and so on).

Water balance under spontaneous and “forced” drinking conditions

The determinant factor which influences slurry production is the feed and water intake and, consequently, the faecal and the urinary excretions of water and dry matter. Water intake, as well as water excretion, has a very large variability due to a number of physiological and managerial aspects (Brooks and Carpenter, 1990; Schiavon *et al.*, 1997a, 1997b). There is little literature available on the effects of drinking water supply and diet composition on the amount and composition of faeces and urine from various categories of pigs. The complex nature and the interactions of the various factors affecting the water balance of the pig, only partially documented in literature, make it difficult to draw quantitative conclusions from single experiments (Mroz *et al.*, 1995), particularly when these are of short duration. There is increasing support for the view that further significant progress, unlikely to result from traditional empirical investigations alone, could be better achieved by integrating the current and the future knowledge in conceptual frameworks which may provide both predictive tools for and a sound understanding of whole animal performance.

A first basilar distinction must be made between systems in which the pigs are fed dry diet with free access to drinking water and those in which the diets are distributed through pipelines in liquid form, where a given “water to feed” ratio (wi_{forced}) is fixed by the farmer, usually ranging from 3:1 to 4:1. In these cases the amount of water supplied is likely exceeding the spontaneous consumption and the pig could be “forced” to excrete the excess of water by increasing the production of more diluted urine through the kidneys. The opposite can also occur: Faeti *et al.* (1998) reducing water:feed ratio from 3:1 to 2:1 did not observe any significant effect on growth performance, feed conversion ratio, and carcass quality of heavy pigs. This suggests that a restricted water regime can exploit the ability of

the pig to concentrate the urine (Mroz *et al.*, 1995; O'Connell-Motherway *et al.*, 1998; Schiavon and Emmans, 2000) allowing for a marked reduction of slurry production.

When pigs have free access to water, water intake can be considered to be influenced by the variable amounts of water required to meet several physiological functions: digestion of nutrients, faecal excretion, growth, evaporation, osmotic regulation, and urinary excretion of end products of protein catabolism, salts, drugs, toxic compounds and antibiotics (Schiavon and Emmans, 2000). The components of the water balance considered are the following: water intake ($WI_{ad\ lib}$), water required for digestion (WD), water retained for the synthesis of proteins and fats (WS), water hold in the faeces (Wfec), water retained in body tissues (WG), water lost for evaporation (WE), water required for urinary excretion ($WU_{ad\ lib}$), water content in feed (WF), water arising from oxidation of nutrients (WO). For spontaneous drinking condition from a free surface of water, where no spillage of water was considered, Schiavon and Emmans (2000) proposed the following factorial relationship:

$$WI_{ad\ lib} = WD + WS + Wfec + WG + WE + WU_{ad\ lib} - (WF + WO) \quad \text{kg/(pig round)} \quad (3)$$

With this factorial approach it is assumed that the voluntary WI is the sum of the water required to sustain each physiological function, minus the amounts arising from the moisture content of the feed and from the metabolic oxidation of nutrients.

Under forced water provision the value of WI_{forced} is known and it can be assumed that the values of the other independent variables WF, WO, WD, WS, WG, WE and Wfec are the same to those quantified for the spontaneous drinking conditions. Thus, as proposed by Schiavon and Emmans (2000), the urinary excretion of water (WU_{forced}) can be quantified as:

$$WU_{forced} = WI_{forced} + WF + WO - (WD + WS + WG + WE + Wfec) \quad \text{kg/(pig round)} \quad (4)$$

Functions to predict spontaneous water intake and excretions

To predict water intake and the urinary and faecal excretions, under ordinary conditions of feeding and spontaneous drinking, the following relationships are proposed:

$$WI_{ad\ lib} = wi_{ad\ lib} * FC \quad \text{kg/(pig round)} \quad (5)$$

$$WU_{ad\ lib} = wu_{ad\ lib} * FC \quad \text{kg/(pig round)} \quad (6)$$

$$Wfec = wfec * FC \quad \text{kg/(pig round)} \quad (7)$$

where $wi_{ad\ lib}$, $wu_{ad\ lib}$ and $wfec$ represent the proportions of water drunk and lost with urine and faeces per kg of FC, respectively.

The urinary excretion of DM (DMu ; kg) were achieved, with the model of Schiavon and Emmans (2000), as the difference between the digestible intake of macro-minerals and N minus the corresponding body retentions. The excreted N was converted to urea equivalent and the excreted minerals were converted to salt equivalents, on the basis of their respective molecular weights. The DM content of urine was achieved as: $DMu/WU_{ad\ lib} = dm_u$ (kg/kg). Thus, the total weight of urine produced can be estimated as:

$$Urine_{ad\ lib} = WU_{ad\ lib} * (1.0 + dm_u) \quad \text{kg/(pig round)} \quad (8)$$

Functions to predict “forced” water intake and excretion

Under forced water supply the ratio between the liquid feed or the water used and the feed consumed is known (wi_{forced}), and so after a simple correction for the DM content of the liquid feed ingredient used in addition to the feed, the amount of water consumed is:

$$W_{I_{\text{forced}}} = (w_{I_{\text{forced}}}) * (1-x) * FC \text{ kg/(pig round)} \quad (9)$$

where x = DM content of the liquid ingredient (if water, $x = 0$; if milk whey x can be assumed to be 0.055 kg/kg).

Assembling equations 4 and 9 the urinary excretion of water can be expressed as:

$$W_{U_{\text{forced}}} = [w_{I_{\text{forced}}} * (1-x) + (w_f + w_o) - (w_d + w_s + w_g + w_{fec} + w_e)] * FC \text{ kg/(pig round)} \quad (10)$$

where the various coefficients, expressed in kg per kg of feed consumed, (w_f = moisture content of the feed; w_o = water arising from nutrient oxidation; w_d = water required for digestion; w_s = water absorbed for the synthesis of macromolecules; w_g = water retained in the body tissue; w_{fec} = water required for faecal excretion; w_e = water lost for evaporation) need to be quantified.

For the urinary DM excretion it can be assumed that the amount excreted with urine in forced conditions is the same to that quantified for spontaneous water drinking situation, and so:

$$U_{\text{DM forced}} = w_{u_{\text{ad lib}}} * FC * dm_u \text{ kg/(pig round)} \quad (11)$$

Faecal dry matter excretion

From the amount of feed consumed and its dry matter content “(1-wf)” plus the digestibility (DMD) and, hence, indigestibility of the ration dry matter, the amount of faecal dry matter can be easily determined as:

$$\text{Faeces}_{\text{DM}} = \text{FC} * (1 - \text{wf}) * (1 - \text{DMD}) \quad \text{kg}/(\text{pig round}) \quad (12)$$

The digestibility of a whole diet can be estimated from the digestibility of each individual feed ingredient and the amount of each ingredient in the diet. For cereals and soybean diets the coefficient of digestibility usually ranges between 0.79 to 0.86 (LeGoff and Noblet, 2001). A mean value of 0.82 is here indicated to represent the ordinary condition.

Quantification of the equations' coefficients

The model proposed by Schiavon and Emmans (2000) was used for the quantification, under ordinary conditions of rearing, of the values of the variables and the constants of the above proposed equations. In this model the actual knowledge is summarized in functional and quantitative terms and it allows a full representation of the water balance of pigs growing in a known environment and on a known diet. The model was developed as an extension of the pig growth model described by Ferguson *et al.* (1994) and later updated by Wellock *et al.* (2003). The model of Schiavon and Emmans (2000) quantifies the daily water intake and excretion of growing pigs using functional relationships collated from literature and from experimental data and it is entirely based on that of Ferguson *et al.* (1994), for all those inputs and outputs regarding spontaneous or restricted feed intake, the consequent compositional growth and the nutrient excretion. The Ferguson *et al.* (1994) model predicts the chemical growth of the pig if the initial status, the pig potential for growth and the amount and the nutritional characteristics of the feed and the physical environment are adequately described. The compositional growth is then predicted, under unconstrained or constrained conditions, by combining day by day the effects of the pig

potential for growth, the daily nutrients intake (energy, protein, amino acids and minerals) and the physical environment. Faecal and urinary excretion of nutrients are easily computed as the difference between intake and retention. A description and a test of this growth model has also been reported by ASPA (2003).

To run the model a quantitative description of the pig, the environment and the feed was required.

The pig was described using information obtained from Tagliapietra *et al.* (2005) on restricted fed heavy pigs where the independent variables of the Gompertz function describing the potential protein growth were quantified to be: protein mass at maturity (Pm)= 33.4 kg; coefficient of relative growth (B)= 0.0104 d⁻¹.

The environment was described considering a room temperature of 18 °C for each day of the simulated period of growth (287 days), except for 30 days in which the ambient temperature was raised to 28 °C. These temperatures were chosen on the basis of an analysis of historical series of data (40 years) collected in the Padana plain (North-East of Italy) from what results that on annual basis the average daily temperature outdoor was 14.0 °C and that average daily temperatures close to 24 °C are reached only during the months of July and August (Borin, 2004). It was considered that within the room the ambient temperature is commonly higher than that recorded outside. The temperature of 18 °C was below of the computed range of thermo-neutrality. In cold environment the basal level of the evaporative water losses can be considered relatively constant, since the pigs maintain the heat balance mainly through the physical routes of convection, conduction and radiation (sensible heat losses), without the need to increase the evaporative losses (Blaxter, 1989; Aarnink *et al.*, 1992; Schiavon and Emmans, 2000; Huynh *et al.*, 2005). At higher temperatures pigs are forced to increase the evaporative losses to compensate for a lower heat loss by the sensible route (Blaxter, 1989; Huynh *et al.*, 2005). Higher evaporative heat losses require more water. In the model of Schiavon and Emmans (2000) it is assumed that pigs kept under ambient temperatures higher than the lowest critical temperature of the zone of thermal neutrality will increase water intake to meet the higher amount of water required for evaporation, without any change of the amounts of water required for the other physiological functions, including faecal and urinary losses. In the simulation the effect of

hot temperatures (28 °C) on water intake was considered for 30 days in order to take into account that at least for a part of their growth period pigs are experiencing hot ambient conditions.

Feed was described using data collected from a large feed company and regarding the weekly amounts and the nutritional characteristics of the various diets distributed to pigs over 10 to 41 weeks of age (Table 1), which can be considered ordinary for the heavy pig industry in Italy (Tagliapietra *et al.*, 2004; Xiccato *et al.*, 2005).

The model was run with these inputs and, as first check, the outputs of the model in terms of LW reached at the end of each week of age were compared with the corresponding values provided by the commercial feeding regime described in Table 1.

The tabled LW reached at the end of each feeding phase, expected under ordinary commercial conditions, were plotted against the simulated values. The result of the regression, (Figure 1) indicated that there was a close agreement between the two sets of LW data. On the same run the model also provided estimates of the absolute amounts of water required for the various physiological functions over the whole growth period. As frequently done in literature (ARC 1981; NRC 1998), it was considered convenient to express these amounts in terms of kg of water per kg of feed consumed. The estimates are given in Table 2.

The predicted voluntary water intake increased from the first to the last feeding phase from 2.7 to about 3.0 kg of water per kg consumed feed (as sum of the water gained or spent for the various physiological functions). The results are in agreement with literature, where $WI_{FC_{ad\ lib}}$ commonly ranged from 2.0 kg/kg to 3.5 kg/kg if the pigs are kept under optimal thermal conditions and fed a well balanced diet (ARC, 1981; Brooks and Carpenter, 1990; Mroz *et al.*, 1995; NRC 1998).

Among the corresponding contributions of water used for the various physiological functions, listed in Table 2, the model estimated that, on average, drinking water represented 88% of total water input (2.68 – 3.02 kg/kg) and the remaining part was due to the feed ($w_f = 0.12$ kg/kg) and the metabolic water ($w_o = 0.25$ kg/kg). Water for digestion ($w_d = 0.08$ kg/kg) plus that for synthesis ($w_s = 0.06$ kg/kg) constituted less than 5% of the

water drunk and a similar figure was found for water retained in tissue ($w_g = 0.14$ kg/kg). Considerable proportions, 29, 53 and 10%, of the total input of water were estimated to be used for evaporation ($w_e = 0.96$ kg/kg), for urinary excretion ($w_{u,ad lib} = 1.72$ kg/kg), and for faecal excretion ($w_{fec} = 0.33$ kg/kg), respectively. Note here that, for the assumptions done in the simulation, the value of “ w_e ” corresponds to the basal losses (85%) plus the extra water required for thermoregulation above the lowest critical point of the zone of thermal neutrality (15%).

The model of Schiavon and Emmans (2000) also provided indications about the DM content of fresh faeces and urine (dm_u), which averaged respectively 0.324 and 0.021 kg/kg. Part of the DM content of urine is represented by urea, which was estimated to be 0.0158 kg/kg, corresponding to 7.37 g N/l. Considering a urinary production of 800 kg/pig round ($1.72 \cdot 477$), this value corresponds to a total urinary N excretion of 6.04 kg/pig round. This is in agreement with expectation for a pig growing from 25 to 163 kg LW, retaining 0.024 kg of N per kg of live weight gain (Bittante *et al.*, 1990), consuming 477 kg of a feed with a CP density of 15%, and a CP digestibility of 82%. Poulsen and Kristensen (1998), for pigs receiving a constant water:feed ratio of 2.5:1 reported an average N content of urine of 7.9 g/kg.

Changes due to the dietary crude protein level

Increasing dietary crude protein level (CP) could induce a rise of the urinary volume, and in turn, of water consumption, due to the need to remove excess N from the body; excess of minerals should have the same effect. It is noticeable that whereas some studies have shown an increase in drinking water associated with increasing dietary CP levels (Suzuki *et al.*, 1998), others observed a lack of effect (Jongbloed *et al.*, 1997). In the short duration experiment of Shaw *et al.* (2006) excess protein with respect to requirement tended to increase water consumption and significantly increased the water:feed ratio.

From a further application of the model of Schiavon and Emmans (2000) resulted that water intake and the urinary losses increased, respectively, from 2.6 to 3.2 and from 1.5 to 3.2 kg/kg feed as a consequence of an increase of crude protein from 12.1 to 18.1% of feed

(as weighted mean of the dietary CP content of all the diets used over the whole production period). Results are given in Table 3. It is expected that for an increase of the dietary CP from 12.1 to 18.1% the average daily water drunk increased from 5.89 to 6.99 kg/d, which corresponds to an average increase of 0.18 l/d per percentage unit of dietary CP. This figure is in agreement with those of the review of Mroz *et al.* (1995) who concluded that “in spite of confounding effects in most of the available studies, it can be stated that the quantity and quality of the dietary protein affect pig consumption and manure production. The lowering of CP concentration in a grower diet by 10 g/kg decreases water intake and urine volume by 0.10 to 0.30 l/d”.

Thus, when the average dietary crude protein level is known the values of the coefficients of equations 5 and 6 ($w_{i\text{ad lib}}$, $w_{u\text{ad lib}}$) could be linearly related to the dietary CP content of the diet, and so $w_{i\text{ad lib}} = (a_i + a_s * \text{CP})$ and $w_{u\text{ad lib}} = (w_{u_i} + w_{u_s} * \text{CP})$. Interpolating the values given in table 3 results that $a_i = 1.658$ kg/kg; $a_s = 8.33$ kg/kg; $w_{u_i} = 0.495$ kg/kg; $w_{u_s} = 8.33$ kg/kg;.

Changes of slurry occurring after excretion

Composition and amount of slurry are much more difficult to predict, because slurry composition is changing after excretion. Anaerobic digestion initiated in the large intestine of animals continues after excretion reducing the volume of excreta as the gases carbon dioxide, methane, ammonia and volatile fatty acids are emitted (Van Horn, 1998). After excretion, slurry volume and composition are also subjected to variations due to several factors related to the housing characteristics and the water delivery system, the farm cleaning practices, the aeration of housing rooms, the addition or not of bedding materials, the operations adopted for removing, storing and treating the slurry, as well as the weather conditions. The volume of slurry can also be influenced by evaporation of water, according to the climate, the housing and the storage systems used. Even though the determinant factor which influences slurry production is the feed and water intake and, consequently, the faecal and the urinary excretions of water and dry matter, all the above cited factors can influence the final volume and composition of the slurry, “as removed”, and so large differences from farm to farm are expected, according to the site-specific conditions.

Unfortunately, the development of tools to predict the changes of volume and composition of slurry after excretion is seriously constrained by a lack of literature information. Farmers and governmental organizations are interested both in ‘as produced slurry’ and in ‘as removed slurry’, in order to promoting and planning the most efficient use of water and slurry on farms (Poulsen and Kristensen, 1998; ARDI, 2001; European Commission, 2003; Powers, 2004; ADAS, 2007; Manitoba, 2007). Some information will be given in the next section.

Dry matter and water losses occurring after excretion

Poulsen and Kristensen (1998) indicated DM losses occurring after excretion, due to the fermentation of organic matter and to volatilisation, in the order of 20% for fully and partially slatted floors and 30% for concrete solid floors. The reason for this difference was not clearly evidenced, but it might be possible that on concrete floor slurry degradation could be influenced by a higher exposition on the floor surface for prolonged times. From a test of the MESPRO model proposed by Aarnink *et al.* (1992) it resulted that after 100 days of storage on average 17% of the excreted DM is converted into biogas, which consisted of about 6% carbon dioxide from urea conversion. In the model proposed by Aarnink *et al.* (1992), cited by Dourmad *et al.* (2003), the organic matter losses that occur inside the building (losses occurring outside the building and during spreading were not considered) have been related to the duration of the storage, to the DM content of the slurry and to its temperature. For an initial DM content of 5.6 and 8.9% the proportion of organic matter degraded was estimated to be on average 28 and 19% at 15°C and 35 and 23% at 20°C, respectively.

Additional amounts of water that dilute the slurry

Spillage of water is variable. In the IPPC document of the European Commission (2003) it is stated that “Traditional drinking nipples have a waste of 1.5 litre per day per finishing pig, but this figure may be reduced by using special drinking nipples, or even better by combining feed and water, i.e. by installing liquid feeding or wet feeders. Feeders with

drinkers inside save about 20% of the total water consumption". In the model proposed by Schiavon and Emmans (2000), on which the present work is based, the spillage of water is not considered. Thus, an additional amount of water of about 0.5 m³/pig/year could be indicated as reference value for pig farms with traditional nipple drinkers. It was also observed that erroneous spatial position and water low flow rate of nipple drinkers may substantially increase wastage (Li *et al.*, 2005). With respect to nipple drinkers, bowls minimize the wastage (Plagge and Leuteren, 1989).

Very little and inconsistent information is available about the amount of water used for cleaning. Procedures such as pre-soaking, use of soaps, and type of washing equipment all have significant impacts and can result in two to four fold differences in water usage for cleaning. In appendix 3 of Poulsen and Kristensen (1998) it is reported that the amount of cleaning water is in the range of 20 to 40, 15 to 35 and 0 kg/pig "produced", respectively for housing with fully slatted, partially slatted and solid floors. A first observation is that these data are not in agreement with expectations since the larger is the slatted floor area, the lower should be the amount of water for cleaning use. A second observation is that whatever the value considered, the amount of cleaning water generally is negligible with respect to the volume of fresh slurry produced by the pig. By contrast, the European commission (2003) report, indicate that for pigs grown on solid, partly slatted and fully slatted floors, the amount of cleaning water is 15, 5 and 0 kg/pig/d, respectively. These figures are much more considerable since on annual basis they correspond with about 5.2, 1.7 and 0.0 ton/pig/year for the three kinds of floor, respectively. The value of 0 indicated for fully slatted floor, both by Poulsen and Kristensen (1998) and European Commission (2003), is also questionable, since it is reasonable to think some water usage, also in those systems where the liquid fraction of slurry is used as cleaning carrier. Surprisingly, in the same report (European Commission, 2003), and in the same table (Table 3), irrespective of the kind of floor, a much lower range (from 0.07 to 0.30 ton/pig/year) is proposed for pig finishing farms. These last figures are in agreement with those reported by Levasseur (1998) who, reviewing the results from various sources, indicated that for growing pigs fed prevalently wet diets the slurry production before and after washing averaged respectively 3.69 and 4.16 kg/d per pig. This corresponds to an average use of cleaning water of 0.47 kg/d per pig (0.15 ton/pig/year and 12% of the volume of slurry before washing). A survey

conducted by ARDI (2001) reported an average value of 0.66 kg/pig/d, which correspond to 0.22 ton/pig/year.

Additional dilutions of the manure can occur in uncovered manure storages due to rain fall. Slurry volume increases in those conditions where rainfall exceeds evaporation. This clearly depends on local climatic conditions. Taking as example the Veneto Region, in the North-East part of Italy, the historical series of data presented by Barbi *et al.* (2007) indicate that the net precipitation (rainfall-evaporation) averaged + 35 mm from the year 1959 to 1980, while from the year 1981 to 2004 the water balance averaged - 48 mm, or - 0.04 m³ per m² of slurry tank. Similar data were given by Borin (2004).

Some literature coefficients about the DM losses occurring after excretion and the additional amounts of water due to spillage (W_{spillage}) and cleaning (W_{cleaning}) which can be used to convert the fresh into the “as removed” slurry production under ordinary conditions are given in Table 4.

RESULTS AND DISCUSSION

Test of the model

The simplified model was used to predict the faecal and the urinary excretions of water and dry matter by heavy (160 kg of LWf) and light (120 kg of LWf) pigs growing on 3 different conditions of water supply: free access to water (water:feed ratio of 2.9:1), “forced” water supply (water:feed ratio of 4.0:1) and restricted water supply (water:feed ratio of 2.5:1). To describe the system, the data of LW_i, LW_f and T given in Table 1, representing ordinary commercial conditions (Xiccato *et al.*, 2005), were used as inputs. In agreement with literature the predicted FCRs were close to 3.5 kg/kg for heavy pigs slaughtered around 160 kg LW (Tagliapietra *et al.*, 2004; Xiccato *et al.*, 2005) and to 2.9 for lighter pigs slaughtered around 110 to 120 kg LW (Poulsen and Kristensen, 1998; Van Horn, 1998; Dourmad *et al.*, 1999), respectively (Table 5).

The estimated amount of faeces excreted by heavy and light pigs were about 236 and 135 kg/pig round, respectively. The faecal DM content was around 32%. Faecal DM contents ranging from 26 to 33% have been measured by several Authors (Koenegay and Graber, 1968; Monetti *et al.*, 1996; O'Connell-Motherway *et al.*, 1998; Poulsen and Kristensen, 1998; Bailoni *et al.*, 1999; Partanen *et al.*, 2002; Sardi *et al.*, 2002; Fernandez, 2006). Literature also indicates that faecal DM content can be influenced by the proportion of different faecal constituents and their water-holding capacity (Schiavon and Emmans, 2000), in particular of some fibrous components, such as the sugar beet pulps, (Cooper and Tyler, 1959a, 1959b; Canh *et al.*, 1997). However, for the practical purpose of this model it is more important to consider that the water:feed ratio, does not exert considerable effects on the faecal moisture content (Koenegay and Graber, 1968; O'Connell-Motherway *et al.*, 1998).

Huge variations in the urinary excretion of water were predicted according to the water:feed ratio assumed. Under restricted drinking the model predicted an urinary production of about 646 kg/pig round, whereas for the *ad libitum* and the forced water supply the urinary production was estimated to be 848 and 1370 kg/pig round, respectively.

For light pigs the expected urinary water excretions are proportionately lower. With respect to the unrestricted situation, the reduction of the water:feed ratio to 2.5:1 increased the urinary DM concentration from 2.1 to 2.8%, where as the forced water:feed ratio of 4:1 reduced the DM concentration of urine to 1.3%. The proportion of urine accounts for 73, 78 and 85% of the fresh slurry produced, respectively for the three increasing water:feed ratios. In agreement with our data, Poulsen and Kristensen (1998) found, for 35 to 90 kg LW pigs fed a fixed ratio of water:feed of 2.5:1, that urine represented on average 72% of the fresh slurry produced.

The estimated amount of fresh manure produced by a heavy pig during the production period increased from 0.88 to 1.08 and 1.61 ton/pig round, while for a light pig the fresh manure production increased from 0.50 to 0.62 and 0.92 ton/pig round, respectively for the three increasing water:feed ratios.

The outputs of the model were compared to those obtained by O’Callaghan *et al.* (1971), quoted by Smith *et al.* (2000). These authors suggested that the daily production of fresh slurry (y) can be estimated based on total feed and water intake (x). They proposed the following empirical relationships between daily excretion (faeces+urine) and feed plus water intake for fattening pigs:

<i>Ad lib</i> water	(water:feed= 2.76:1)	$y = 0.562 * x + 0.092$	$r = 0.817$
Pipeline wet feeding	(water:feed= 2.50:1)	$y = 0.563 * x + 0.098$	$r = 0.955$
Pipeline wet feeding	(water:feed= 4.00:1)	$y = 0.717 * x - 0.263$	$r = 0.980$

An application of these equations to the data of Table 2, regarding the initial and final LW, the length of production time and the intake of feed plus water, for heavy and light pigs, produced estimates of fresh slurry productions very close to those achieved with the present approach (Figure 2). This agreement indicates that this approach can be used to predict accurate estimates of the fresh slurry production by growing pigs kept under water:feed

ratios different from the three fixed values used by O'Callaghan *et al.* (1991), also when the pigs' water consumption is unknown. It must be observed that little variations of the water:feed ratios are associated to strong variations of the amounts of water used and of slurry produced, and so the 3 fixed water:feed ratios considered by O'Callaghan cannot be applied for intermediate situations. The voluntary water:feed ratio observed by O'Callaghan (2.76 kg/kg) was close to that found in this paper (2.89 kg/kg). It must be noted, however, that this value has been achieved by using as input for the model of Schiavon and Emmans (2000) values of pig potential for growth (low), diet composition (cereal soybean based diet), feeding regime (restricted) and environmental temperatures ordinary for the pig production system of Italy. For other situations a recalibration of the equations could be required and this can be easily done by following the approach described. Nevertheless, the good agreement of the values of fresh slurry production achieved in this paper with those achieved by O'Callaghan indicated that the quantification of the various components of the water balance was acceptable.

The estimated DM content of fresh slurry was in the order of 11.9, 9.5 and 6.2%, for the three increasing water:feed ratios 2.5:1, 2.9:1 and 4:1, respectively. European Commission (2003) reported a decrease in DM content from 13.5 to 7.8% for water:feed ratios increasing from 1.9:1 to 2.6:1. The ASAE (2003) standards reported that fresh pig manure contains on average 11% DM. For piglets of 25-30 kg LW O'Connell-Motherway *et al.* (1998) measured DM contents of manure of 11.9 to 6.9 and 5.3% for water:feed ratios increasing from 2:1 to 3:1 and 4:1, respectively. For 80 to 90 kg LW pigs housed in metabolism cages and receiving different diets (15% CP) mixed with water in a fixed ratio (2.5 l/kg feed) Canh *et al.* (1997) reported a slurry DM content ranging from 8.3 to 10.2%. Some variations of DM content of manure at similar water:feed with different diets can be expected mainly as result of different DM digestibility of feed ingredients, different water holding capacity of the undigested feed ingredients and different dietary electrolyte loads.

Expected annual slurry productions

The expected amount and DM content of slurry produced on annual basis are given in Table 6. For heavy pigs receiving a dry meal with water freely available from nipple drinkers an average slurry production ranging from 2.06 to 2.53 ton/pig/year and a DM content ranging from 4.2 to 6.0 % depending on housing system was estimated. The expected farm water consumption under ordinary conditions [$FWC_{exp} = WI_{forced}$ (or $WI_{ad lib}$) + $W_{spillage}$ + $W_{cleaning}$] ranged from 2.89 to 3.09 ton/pig/year. Heavy pigs receiving wet meals with a water:feed ratio of 4:1 are expected to produce 2.66 to 2.87 ton/pig/year of slurry with a DM content of 3.7 - 4.6%. FWC_{exp} ranged from 3.21 to 3.45 ton/pig/year. A restriction of the water/feed ratio to 2.5:1 could induce a marked reduction both of the amount of slurry produced to about 1.48 to 1.69 ton/pig/year, and FWC_{exp} to about 2.04 to 2.27 ton/pig/year. The values estimated for light pigs are slightly lower with respect to the ones predicted for heavy pigs.

These results are in good agreement with data provided by literature (Poulsen and Kristensen, 1998; Smith *et al.*, 2000; DEFRA, 2002; European Commission, 2003; MANITOBA, 2007). They reported amounts of “as removed” slurry ranging from about 1.1 to 2.63 ton/pig/year, where the higher amounts were reported for water:feed ratios of 4.0:1 (Table 7).

The standard Italian values reported by MIPAF (2006) for the “as removed” slurry production are much higher, ranging from 3.4 to 6.6 ton/pig/year depending on the housing and the cleaning system. Considering that, under ordinary conditions of heavy pig production assumed here, the amount of DM excreted per pig place, discounted for the DM losses after excretion, is around 107-122 kg/pig/year, this would mean that the average DM content of the slurry, according to the MIPAF standards for the slurry volumes, should range from 3.6 to 1.6%. The little information about the DM, or total solid, content of pig slurry in Italy shows a great variation with values ranging from 1.5 to 8.0% (Negrini, 1995; Grignani and Zavattaro, 1999; Sangiorgi *et al.*, 2000; Garella, 2008; Martínez-Suller *et al.*, 2008). The lower values of this range are probably due to wastage and use of cleaning water. Since these last amounts are not predictable, the measurements of the farm water consumption through water-meters must be considered as input. The farm water

consumption, expressed on pig basis (FWC, kg/pig/year), can provide useful information. For example, the difference $FWC - FWC_{exp}$ can be used to evaluate the extra or the lower amount of water wasted with respect to values given in Table 5 and 6. The value resulting from this difference can be added to the estimated mature slurry production in order adjust the estimate of slurry production for the specific farm considered. The resulting equations of the simplified model are summarized in Table 8 and the abbreviations list is given in Appendix 1.

CONCLUSIONS

This paper proposes a simplified approach to predict the amount of fresh and the mature slurry produced by growing pigs based on simple inputs easily available at farm level. Some indicative values to convert the fresh into the 'as removed' slurry are also provided as guidelines. This approach can provide the operators with information useful to identify causes of water wastage, to minimize water consumption, volume of slurry to be handled and associated costs. From the sensibility analyses conducted in this paper resulted that the major determinants of the 'as removed' slurry production are the feed and water consumption, the initial and the final LW, the duration of the growing period and the amounts of water wasted. The dietary CP has less importance, so the model can be simplified to the desired level of accuracy. However, slurry disposal depend by its N content. Thus, using the criteria of the mass balance approach, based on the same variables used here, the measurement of N content of feed will allow the quantification of the amount of N excreted which is diluted in the slurry. The result of this work could also be used by the national public administration for updating of the current national standard values of slurry production (MIPAF, 2006) which are likely overestimated with respect to the values of the international literature, to the finding of this work and to what is frequently observed in the practice.

The Authors would like to thank the two referees who provided anonymous peer-review reports on the original manuscript; their contributions was determinant for improving the content and the quality of this paper.

The Authors would like to thank the *Provincia di Padova* for the financial support to the PhD course on Animal Science of the Department of Animal Science of the University of Padova.

REFERENCES

- Aarnink, A.J.A., Van Ouwerkerk, E.N.J., Verstegen, M.W.A., 1992. A mathematical model for estimating the amount and composition of slurry from fattening pigs. *Livest. Prod. Sci.* 31:121-132.
- ADAS, 2007. ADAS report to DEFRA - Supporting paper F2 for the consultation on the implementation of the nitrates directive in England. Home page address: <http://www.defra.gov.uk/environment/water/quality/nitrate/pdf/consultation-supportdocs/f2-excreta-n-output.pdf>
- ARC, 1981. The Nutrient Requirements of pigs. Technical Review Edition, Commonwealth Agricultural Bureau, Slough, UK.
- ARDI, 2001. Water consumption and waste production in hog operations. ARDI Project n. 98-25. Home page address: <http://www.gov.mb.ca/agriculture/research/ardi/projects/98-251.html>
- ASAE, 2003. Manure production and characteristics. ASAE Standards. Document D384.1. Home page address: <http://www.manuremanagement.cornell.edu/Docs/ASAESstandard.pdf>
- ASPA Commission "Nutrient Requirements of heavy pig", 2003. A methodological approach to assess nutrient requirements of heavy pigs in Italy. *Ital. J. Anim. Sci.* 2:73-87.
- Bailoni, L., Bonsembiante, M., Schiavon, S., Simonetto, A., Contiero, B., 1999. Effect of cellulose and pectins on digesta passage and on chemical-physical characteristics of faeces in pigs. *Proc. 13th Nat. Congr. ASPA, Piacenza, Italy*, 1:540-542.
- Barbi, A., Chiaudani, A., Delillo, I., Borin, M., Berti, A., 2007. Andamenti climatici nella Regione Veneto nel periodo 1956-2004. *Riv. Ital. Agromet.* 12(1):14-16.
- Bittante, G., Ramanzin, M., Schiavon, S., 1990. Previsione della ritenzione azotata nei suini in accrescimento. *Riv. Suinicolt.* 31(4):115-121.

Blaxter, K.L., 1989. Energy metabolism in animals and man. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Borin, M., 2004. Clima. In: L. Giardini (ed.) Potenzialità produttiva e sostenibilità dei sistemi colturali. Pàtron Editore, Bologna, Italy, pp 50-61.

Brooks, P.H., Carpenter, J.L., 1990. The water requirement of growing-finishing pigs - theoretical and practical considerations. In: W. Haresing and D.J.A Cole (eds.) Recent advances in animal nutrition. Butterworths, London, UK, pp 115-136.

Canh, T.T., Verstegen, M.W., Aarnink, A.J., Schrama, J.W., 1997. Influence of dietary factors on nitrogen partitioning and composition of urine and faeces of fattening pigs. *J. Anim. Sci.* 75:700-706.

Cooper, P.H., Tyler C., 1959a. Some effects of bran and cellulose on the water relationships in the digesta and faeces of pigs. The effect of adding different levels of fibrous cellulose to a highly digestible purified ration. *J. Agric. Sci.* 52:340-347.

Cooper, P.H., Tyler, C., 1959b. Some effects of bran and cellulose on the water relationships in the digesta and faeces of pigs. The effects of including bran and two forms of cellulose in otherwise normal rations. *J. Agric. Sci.* 52:332-339.

DEFRA, 2002. Guidelines for farmers in NVZs - England. DEFRA Publ., London, UK.

Dourmad, J.Y., Guingand, N., Latimier, P., Sève, B., 1999. Nitrogen and Phosphorus consumption, utilization and losses in pig production: France. *Livest. Prod. Sci.* 58:199-211.

Dourmad, J.Y., Pomar, C., Massé, D., 2003. Mathematical modelling of manure production by pig farms. Effect of feeding and housing conditions. Eastern Nutrition Conference 2003. Home page address: http://www.dsm.com/en_US/

downloads/[dnpus/enc_03_10.pdf](#)

ERM/ABDL, 2001. Livestock manures – Nitrogen equivalents. European Commission,, Brussels, Belgium.

European Commission, 2003. Integrated pollution prevention and control. Reference document on best available techniques for intensive rearing of poultry and pigs. European Commission, Brussels, Belgium. [Home page address: http://www.jrc.cec.eu.int/eippcb/doc/ilf_bref_0703.pdf](http://www.jrc.cec.eu.int/eippcb/doc/ilf_bref_0703.pdf).

http://www.jrc.cec.eu.int/eippcb/doc/ilf_bref_0703.pdf.

Faeti, V., Pacchioli, M.T., Rossi, A., Poletti, E., Marchetto, G., Calderone, D., Della Casa, G., 1998. Studio dei fabbisogni idrici del suino. Effetti della riduzione del rapporto acqua:mangime sulle prestazioni produttive di suini pesanti e sulla stagionatura dei prosciutti. Riv. Suinicolt. 39(12):76-80.

Ferguson, N.S., Gous, R.M., Emmans, G.C., 1994. Preferred components for the construction of a new simulation model of growth, feed intake and nutrient requirements of growing pigs. South Afr. J. Anim. Sci. 24:10-17.

Fernandez, J.A., 2006. The composition of faeces and urine from slaughter pigs and gestating sows is determined by diet composition. Proc. 12th Ramiran Int. Conf. Technology for Recycling of Manure and Organic Residues in a Whole-Farm Perspective, Tjele, Denmark., 123:85-87.

Garella, E., 2008. La giusta stagione di distribuzione per ogni refluo zootecnico. Terra e Vita 29:55-60.

Grignani, C., Zavattaro, L., 1999. Migliorare la gestione agronomica dei reflui zootecnici. Inform. Agr. 41:28-32.

Huynh, T.T.T., Aarnick, A.J.A., Verstegen, M.W.A., Gerrits, W.J.J., Heetkamp, M.J.W., Kemp, B., Canh, T.T., 2005. Effect of increasing temperature on physiological changes in pigs at different relative humidities. J. Anim. Sci. 83:1385-1396.

Jongbloed, A.W., Lenis, N.P., Mroz, Z., 1997. Impact of nutrition on reduction of environmental pollution by pigs: An overview of recent research. Vet. Quart. 19:130-134.

Koenegay, E.T., Graber, G., 1968. Effect of food intake and moisture content on weight gain, digestibility of diet constituents and N-retention of swine. J. Anim. Sci. 27:1591-1595.

- Le Goff, G., Noblet, J., 2001. Comparative total tract digestibility of dietary energy and nutrients in growing pigs and adult sows. *J. Anim. Sci.* 79:2418-2427.
- Levasseur, P., 1998. Composition et volume de lisier produit par le porc. Données bibliographiques. *Techni-Porc*.21(4):17-24.
- Li, Y.Z., Chénard, L., Lemay S.P., Gonyou, H.W., 2005. Water intake and wastage at nipple drinkers by growing-finishing pigs. *J Anim. Sci.* 83:1413-1422.
- Manitoba, 2007. Farm practices guidelines for pig producers in Manitoba. Home page address: http://www.prairieswine.com/database/all_details.php?id=34334
- Martinez Suller, L., Azzelino, A., Provolo, G., 2008. Analysis of livestock slurries from farms across Northern Italy: relationship between indicators and nutrient content. *Biosyst. Eng.* 99:540:552.
- Ministry of Agricultural and Forestry Policies (MIPAF, Italy), 2006. Legislative Decree of 7 April 2006 concerning general criteria and technical rules for the disposal of livestock effluents on agricultural land. In: Italian Official Journal No. 109 of 12.05.2006, Ord. Suppl. No. 120.
- Monetti, P.G., Tassinari, M., Vignola, G., Gonzales Valdès, J.L., 1996. Bilancio azotato e digeribilità apparente di alcuni nutrienti in suini alimentati con diete contenenti una zeolite naturale. *Zoot. Nutr. Anim.* 22:159-167.
- Mroz, Z., Jongbloed, A.W., Lenis, N.P., Vreman, K., 1995. Water in pig nutrition: physiology, allowances and environmental implications. *Nutr. Res. Rev.* 8:137-164.
- Negrini, G., 1995. Che impatto questi reflui. *Inform. Zootec.* 13:28-31.
- NRC, 1998. Nutrient Requirements of Swine. 10th rev. ed. National Academy Press, Washington, DC, USA.
- O'Callaghan, J.R., Dodd, V.A., O'Donoghue, P.A.J., Pollock, K.A., 1971. Characterization of waste treatment properties of pig manure. *J. Agr. Eng. Res.* 16:399-419.
- O'Connell-Motherway, S., Lynch, P.B., Carton, O.T., O'Toole, P., 1998. Effect of water: feed ratio and house temperature on pig slurry production and dry matter content. In:

Aspects of slurry management on pig farms. End of Project Report. ARMIS No. 4336. Teagasc, Dublin, IR. Home page address: <http://www.bak.teagasc.ie/research/reports/environment/4336/eopr-4336.asp>

Partanen, K., Siljander-Rasi, H., Alaviuhkola, T., Suomi, K., Fossi, M., 2002. Performance of growing–finishing pigs fed medium- or high-fibre diets supplemented with avilamycin, formic acid or formic acid–sorbate blend. *Livest. Prod. Sci.* 73:139-152.

Plagge, J.G., Van Leuteren, J., 1989. Water consumption of fattening pigs. Proefstation voor de Varkenshouderij, Rosmalen, Netherlands.

Poulsen, H.D., Kristensen, V.F., 1998. Standard Values for Farm Manure – A revaluation of the Danish Standard Values concerning the Nitrogen, Phosphorus and Potassium Content of Manure. DIAS Report, No.7. Danish Institute of Agricultural Sciences ed., Viborg, Denmark.

Powers, W., 2004. Revision of ASAE Standard D384.1: A new approach to estimating manure nutrients and characteristics. Iowa State University Animal Industry Report, Ames, USA. Home page address: <http://www.ans.iastate.edu/report/air/2004pdf/AS1923.pdf>

Sangiorgi, F., 2000. Distribuzione dei reflui zootecnici. Regional Office for animal production of Lombardia Region. Home page address: <http://www.agricoltura.regione.lombardia.it>

Sardi, L., Martelli, G., Parisini, P., Cessi, E., Mordenti, A., 2002. The effects of clinoptilolite on piglet and heavy pig production. *Ital. J. Anim. Sci.* 1:103-111.

Schiavon, S., Dal Maso, M., Tagliapietra, F., Ceolin, C., 2008a. Modelli di quantificazione delle escrezioni di azoto e fosforo negli allevamenti di suini in accrescimento del Veneto. Annex A of the Regional Decree of the Office for agro-environment and agricultural services of the Veneto Region. In: Veneto Official Journal No. 308 of 7.8.2008. Home page address: http://www.regione.veneto.it/NR/rdonlyres/D7C80B2A-44EE-46AB-99E5-68C360086249/0/DDR308_2008AllegatoA.PDF

Schiavon, S., Emmans, G.C., 2000. A model to predict water intake of a pig growing in a known environment on a known diet. *Brit. J. Nutr.* 84:873-883.

Schiavon, S., Gallo, L., Dal Maso, M., Tagliapietra, F., Bailoni, L., 2008b. Aspetti generali sui modelli di quantificazione delle escrezioni di azoto e fosforo nelle principali tipologie di allevamento nel Veneto. Annex A of the Regional Decree of the Office for agro-environment and agricultural services of the Veneto Region. In: Veneto Official Journal No. 308 of 7.8.2008. Home page address: http://www.regione.veneto.it/NR/rdonlyres/D7C80B2A-44EE-46AB-99E5-68C360086249/0/DDR308_2008AllegatoA.PDF

Schiavon, S., Ramanzin, M., Bailoni, L., Mauro, M., Oblakov, N., 1997a. Fattori di variazione del rapporto acqua:mangime nei suini in accrescimento. Proc. 51th Nat. Congr. SISVet, Bologna, Italy, 51:473-474.

Schiavon, S., Ramanzin, M., Oblakov, N., Simonetto, A., 1997b. Effetto del carico elettrolitico sulle ingestioni e sulle escrezioni idriche di suini in accrescimento. pp 309-310 in Proc. 12th Nat. Congr. ASPA, Pisa, Italy,.

[Shaw, M.I., Beaulieu, A.D., Patience, J.F., 2006. Effect of diet composition on water consumption in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 84:3123-3132.](#)

Smith, K.A., Charles, D.R., Moorhouse, D., 2000. Nitrogen excretion by farm livestock with respect to land spreading requirements and controlling nitrogen losses to ground and surface waters. Part 2: Pigs and poultry. *Bioresource Technol.* 71:183-194.

Suzuki, K., Cheng, X.C., Kano, H., Shimizu, T., Sato, Y., 1998. Influence of low protein diets on water intake and urine and nitrogen excretion in growing pigs. *Anim. Feed Sci. Tech.* 69:267-270.

Tagliapietra, F., Ceolin, C., Gallo, L., Schiavon, S., 2004. Prestazioni produttive e bilancio dell'azoto in allevamenti di suini pesanti, medio pesanti e medi nel Veneto. Proc. 58th Nat. Congr. SISVet, Grado (GO), Italy, 58:483-484.

Tagliapietra, F., Ceolin, C., Schiavon, S., 2005. On-farm estimation of pig growth parameters from longitudinal data of live weight and feed consumption and the use of a mathematical model. *Ital. J. Anim Sci.* 4(Suppl.2):116-118.

Van Horn, H.H., 1998. Factors affecting manure quantity, quality and use. Home page address: <http://www.txanc.org/proceedings/1998/vanhorn3.pdf>

Wellock, I.J., Emmans, G.C., Kyriazakis, I., 2003. Modelling the effects of thermal environment and dietary composition on pig performance: model logic and concepts. *Anim. Sci.* 77:255-266.

Xiccato, G., Schiavon, S., Gallo, L., Bailoni, L., Bittante, G., 2005. Nitrogen excretion in dairy cow, beef and veal cattle, pig, and rabbit farms in Northern Italy. *Ital. J. Anim. Sci.* 4:103-111.

TABLES AND FIGURES

Table 1. Feeding regime, diet chemical composition and expected growth performance of heavy pig. Data provided by a large feed industry¹

		Feeding phase			
		1	2	3	4
Feeding program:					
Age	weeks	10 to 14	15 to 21	22 to 28	29 to 41
Initial LW	kg	25	41	75	111
Expected final LW	kg	41	75	111	163
Average feed consumption	kg/d	1.23	1.90	2.37	2.78
Diet composition:					
Metabolizable energy	MJ/kg	13.2	12.9	12.6	12.6
Crude protein	%	17.6	16.2	15.5	14.0
Lysine	“	1.15	0.85	0.80	0.72
Methionine	“	0.33	0.25	0.24	0.22
Ca	“	1.00	1.05	0.90	0.85
P	“	0.70	0.68	0.60	0.55
Na (assumed)	“	0.13	0.13	0.13	0.13
Cl (assumed)	“	0.30	0.30	0.30	0.30
Mg (assumed)		0.13	0.13	0.13	0.13
K (assumed)	“	0.65	0.65	0.65	0.65

¹ In the original table data were expressed by week, from week 10 to 41. Here, for simplicity, data have been averaged for feeding phase.

Table 2. Estimated values for the water balance components of pigs using the tabled feeding program and feed composition provided by the feed industry¹ as inputs to run the model of Schiavon and Emmans (2000).

		Feeding phase				Mean
		1	2	3	4	
Model estimates:						
Weeks of age		10 to 14	15 to 21	22 to 28	29 to 41	
Final live weight	kg	40	74	110	163	
Incomes of water:						
Drinking ($w_{i_{ad\ lib}}$)	kg/kg feed	2.68	3.02	2.95	2.93	2.89
Feed (wf)	“	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
Nutrient oxidation (wo)	“	0.24	0.24	0.25	0.26	0.25
Outcomes of water:						
Digestion (wd)	“	0.07	0.08	0.08	0.07	0.08
Synthesis (ws)	“	0.05	0.06	0.06	0.05	0.06
Body retention (wg)	“	0.23	0.17	0.13	0.09	0.14
Faeces (wfec)	“	0.23	0.33	0.33	0.36	0.33
Evaporation (we)	“	0.87	1.02	0.98	0.91	0.96
Urine ($w_{u_{ad\ lib}}$)	“	1.59	1.72	1.64	1.83	1.72

¹ More details are given in Table 1

Table 3. Mean effects of the mean dietary crude protein level (12.1, 15.1 and 18.1% as fed) on water intake and urinary water losses of growing pigs fed restricted diet and receiving water *ad libitum* from 25 to 163 kg LW. Estimates achieved by the model of Schiavon and Emmans (2000).

		Mean dietary crude protein level		
		Low	Conventional	High
		12.1%	15.1%	18.1%
Model estimates:				
Final live weight (LWf, 41 weeks of age)	kg/pig	162	163	164
Feed consumption (FC)	kg/pig round	477	477	477
Voluntary water:feed ratio ($w_{i_{ad\ lib}}$)	kg/kg feed	2.68	2.89	3.18
Water lost with the urine ($w_{u_{ad\ lib}}$)	“	1.52	1.72	2.02
Difference ($w_{i_{ad\ lib}} - w_{u_{ad\ lib}}$)	“	1.16	1.19	1.16
Average daily water drunk	kg/d	5.89	6.35	6.99

Table 4. Indicative values to convert the “fresh” into the “as removed” slurry production according to the housing system (presuming ordinary management practice).

Housing system		Solid floor	Partially slatted floor	Fully slatted floor	Source
DM losses (DM_{losses})	kg/kg	0.30	0.20	0.20	Pousen and Kristensen, 1998
Water diluting the slurry:					
-spillage from nipple drinkers (W_{spillage})	kg/d	1.5	1.5	1.5	European commission, 2003
-cleaning water (W_{cleaning})	kg/pig/year	300	185	70	”
-rainfall in uncovered storages - evaporation ($W_{\text{rain-evaporation}}$)	kg/year	according to the local climatic conditions	according to the local climatic conditions	according to the local climatic conditions	

Table 5. Estimates of slurry production and its DM content of pigs growing on different conditions of water supply.

Water: feed ratio		Heavy pigs			2.5:1	Light pigs	
		2.5:1 ¹	2.9:1 ²	4.0:1 ³		2.9:1 ²	4.0:1 ³
Inputs:							
Initial live weight (LWi)	kg	25	25	25	25	25	25
Final live weight (LWf)	“	163	163	163	120	120	120
Production times (t)	d	210	210	210	130	130	130
Empty times	d	14	14	14	14	14	14
Rounds per year		1.63	1.63	1.63	2.53	2.53	2.53
DM digestibility	%	82	82	82	82	82	82
Estimated FCR ⁴	kg/kg	3.5	3.5	3.5	2.9	2.9	2.9
Outputs:							
Water consumption	kg/pig round	1208	1396	1932	689	796	1102
Faecal DM excretion	“	77	77	77	44	44	44
Faecal water excretion	“	159	159	159	91	91	91
Urinary DM excretion	“	18	18	18	10	10	10
Urinary water excretion	“	628	830	1352	358	474	771
Fresh slurry production:	“	881	1084	1606	503	618	916
Fresh manure DM content	%	11.9	9.5	6.2	11.9	9.5	6.2

¹ water:feed ratio assumed for restricted access to drinking water

² water:feed ratio assumed for spontaneous drinking

³ water:feed ratio assumed for forced supply of water by wet feeding

⁴ Feed conversion ratio estimated as $0.814+0.028*LWi+0.0101*(LWf-LWi)+0.00299*T$ (eq. 1).

Table 6. Estimates of “as removed” slurry production, its DM content and expected farm water consumption under different conditions of water supply and housing system.

Water: feed ratio		Heavy pigs			Light pigs		
		2.5:1 ¹	2.9:1 ²	4.0:1 ³	2.5:1 ¹	2.9:1 ²	4.0:1 ³
Fresh slurry production:	ton/pig/year	1.44	1.77	2.62	1.28	1.57	2.32
Fresh manure DM content	%	11.9	9.5	6.2	11.9	9.5	6.2
Kind of floor:							
Solid (nipple drink only for <i>ad lib</i> drinking)							
- slurry production per pig	ton/pig/year	1.69	2.53	2.87	1.55	2.32	2.58
- slurry DM content	%	6.3	4.2	3.7	6.2	4.1	3.7
- expected farm water consumption (FWCex)	ton/pig/year/	2.27	3.09	3.45	2.05	2.81	3.09
Partially slatted (nipple drink only for <i>ad lib</i> drinking)							
- slurry production	kg/pig/year	1.59	2.46	2.77	1.43	2.27	2.48
- slurry DM content	%	7.7	5.0	4.4	7.6	4.8	4.4
- expected farm water consumption (FWCex)	ton/pig/year	2.15	3.00	3.33	1.93	2.70	2.98
Fully slatted (nipple drink only for <i>ad lib</i> drinking)							
- slurry production	kg/pig/year	1.48	2.06	2.66	1.32	1.89	2.36
- slurry DM content	%	8.3	6.0	4.6	8.3	5.8	4.6
- expected farm water consumption (FWCex)	ton/pig/year	2.04	2.89	3.21	1.82	2.58	2.86

¹ water:feed ratio assumed for restricted access to drinking water

² water:feed ratio assumed for spontaneous drinking on dry feed plus 1.5 kg/d of spillage due to nipple drinkers

³ water:feed ratio assumed for forced supply of water by wet feeding

Table 7. Annual slurry production and DM content (as excreta and as removed) from different sources.

Source	Slurry production “as excreta”		Slurry production “as removed”		Range of LW kg	Notes
	Amount ton/pig/year	DM content %	Amount ton/pig/year	DM content %		
Levasseur (1998)	1.03 to 1.56		1.24 to 1.63	-	25 to 110	
Poulsen and Kristensen (1998) ¹	1.07		1.45	8.3	30 to 100	Solid floor water:feed = 2.5:1
Poulsen and Kristensen (1998) ¹	1.07		1.51	7.0	30 to 100	Partially slatted floor water:feed = 2.5:1
Poulsen and Kristensen (1998) ¹	1.07		1.51	6.5	30 to 100	Fully slatted floor water:feed = 2.5:1
Smith et al. (2000) ²	1.48	10			35 to 105	Dry meal fed
Smith et al. (2000) ²	2.37	6			35 to 105	Wet fed (4:1)
DEFRA (2002)			1.5	-	35 to 105	Dry meal fed
DEFRA (2002)			2.4	-	35 to 105	Wet meal fed (4:1)
ASAE (2003)	1.65	11			61 kg mean	
European commission (2003)	0.88 to 1.38	13.5 to 7.8		-	-	Water:feed ratios from 1.9:1 to 2.6:1
European commission (2003)			1.1 to 2.63	-	30 to 120	No data for heavy pigs
MIPAF (2006)			6.6	-	31 to 160	Solid floor
MIPAF (2006)			4.0	-	31 to 160	Partially slatted floor
MIPAF (2006)			3.4	-	31 to 160	Fully slatted floor
ADAS (2007)	1.22				31 to 65	
ADAS (2007)	1.69			-	66 to 100	

DEFRA (2007) ²	1.19			-	30 to 65	
DEFRA (2007) ²	1.61				66 to 100	
MANITOBA (2007) ²			2.33	3.7	23 to 113	
Present work	1.44	11.9	1.48-1.69	6.3-8.3	25 to 160	Water:feed: 2.5:1
Present work	1.77	9.5	2.06-2.53	4.2-6.0	25 to 160	Water:feed:2.9:1
Present work	2.62	6.2	2.66-2.87	3.7-4.6	25 to 160	Water:feed:4.0:1

¹ Data provided per pig produced and converted on annual basis considering 3.14 rounds/year.

² Data have been expressed on annual basis considering an occupancy of 0.90.

Table 8. Summary of the equations proposed to predict slurry production at farm level

Variables	Equations	unit	Notes
1) Rounds =	$365/(t + \text{empty times})$	year ⁻¹	
<i>Prediction of fresh and mature slurry production for spontaneous drinking:</i>			
2) $WI_{ad\ lib}$ =	$wi_{ad\ lib} * FC * \text{Rounds}$	kg/pig/year	$wi_{ad\ lib} = 2.89$ or $wi_{ad\ lib} = 1.658 + 8.33 * CP$; kg/kg feed
3) $WU_{ad\ lib}$ =	$wu_{ad\ lib} * FC * \text{Rounds}$	“	$wu_{ad\ lib} = 1.72$ or $wu_{ad\ lib} = 0.495 + 8.33 * CP$; kg/kg feed
4) $Urine_{ad\ lib}$ =	$WU_{ad\ lib} * (1 + dm_u) * \text{Rounds}$	“	$dm_u = 0.021$ kg/kg urine
5) $Urine_{DM\ ad\ lib}$	$Urine_{ad\ lib} - WU_{ad\ lib}$	“	
6) W_{fec} =	$w_{fec} * FC * \text{Rounds}$	“	$w_{fec} = 0.33$, kg/kg feed
7) $Faeces_{DM}$ =	$(1 - w_f) * (1 - DMD) * FC * \text{Rounds}$	“	
8) $Faeces$ =	$(W_{fec} + Faeces_{DM})$	“	
9) $Fresh\ slurry_{ad\ lib}$ =	$Urine_{ad\ lib} + Faeces$	“	
10) $Fresh\ slurry_{DM_ad\ lib}$ =	$Urine_{DM\ ad\ lib} + Faeces_{DM}$	“	

11) Mature slurry _{ad lib} =	$\text{Fresh slurry}_{\text{ad lib}} - (\text{Fresh slurry}_{\text{DM_ad lib}})(\text{DM}_{\text{losses}}) + W_{\text{spillage}} * t * \text{rounds} + W_{\text{cleaning}}$	“	W_{spillage}	Reference values in Table 4
12) FWC_{exp} =	$W_{\text{ad lib}} + W_{\text{spillage}} * t * \text{rounds} + W_{\text{cleaning}}$	“	W_{cleaning}	Reference values in Table 4
13) W_{adj} =	$\text{FWC} - \text{FWC}_{\text{exp}}$	“		
14) AMSP=	$\text{Mature slurry}_{\text{ad lib}} + W_{\text{adj}}$ (to be adjusted for the local net precipitation)	“		
<i>Prediction of fresh and mature slurry production under forced drinking conditions</i>				
15) W_{forced} =	$w_{\text{forced}} * (1-x) * \text{FC} * \text{Rounds}$	“		
16) $W_{\text{U forced}}$ =	$[w_{\text{forced}} * (1-x) - 1.20] * \text{FC} * \text{Rounds}$	“		
17) $\text{Urine}_{\text{DM forced}}$ =	$w_{\text{ad lib}} * 0.021 * \text{FC} * \text{Rounds}$	“		
18) $\text{Urine}_{\text{forced}}$ =	$W_{\text{forced}} + \text{Urine}_{\text{DM forced}}$	“		
19) $\text{Faeces}_{\text{DM}}$ =	$(1-wf) * (1-\text{DMD}) * \text{FC} * \text{Rounds}$	“		
20) Faeces =	$(W_{\text{fec}} + \text{Faeces}_{\text{DM}})$	“		
21) Fresh slurry _{forced} =	$\text{Urine}_{\text{forced}} + \text{Faeces}$	“		
22) Fresh slurry _{DM} =	$\text{Urine}_{\text{DM forced}} + \text{Faeces}_{\text{DM}}$	“		
23) Mature slurry _{forced} =	$\text{Fresh slurry}_{\text{forced}} - (\text{Fresh slurry}_{\text{DM forced}})(\text{DM}_{\text{losses}}) + W_{\text{spillage}} * t * \text{rounds} + W_{\text{cleaning}}$	“		

24) $FWC_{exp} =$	$WI_{forced} + W_{spillage} * t * rounds + W_{cleaning}$	“
25) $W_{adj} =$	$FWC - FWC_{exp}$	“
26) AMSP	Mature slurry _{forced} + W_{adj} (to be adjusted for the local net precipitation)	“

The list of the abbreviations is given in Appendix 1

Figure 1. Expected LW from data provided by a large feed industry of heavy pigs *versus* predicted LW (using the model of Ferguson *et al.* 1994) at the end of each feeding phase.

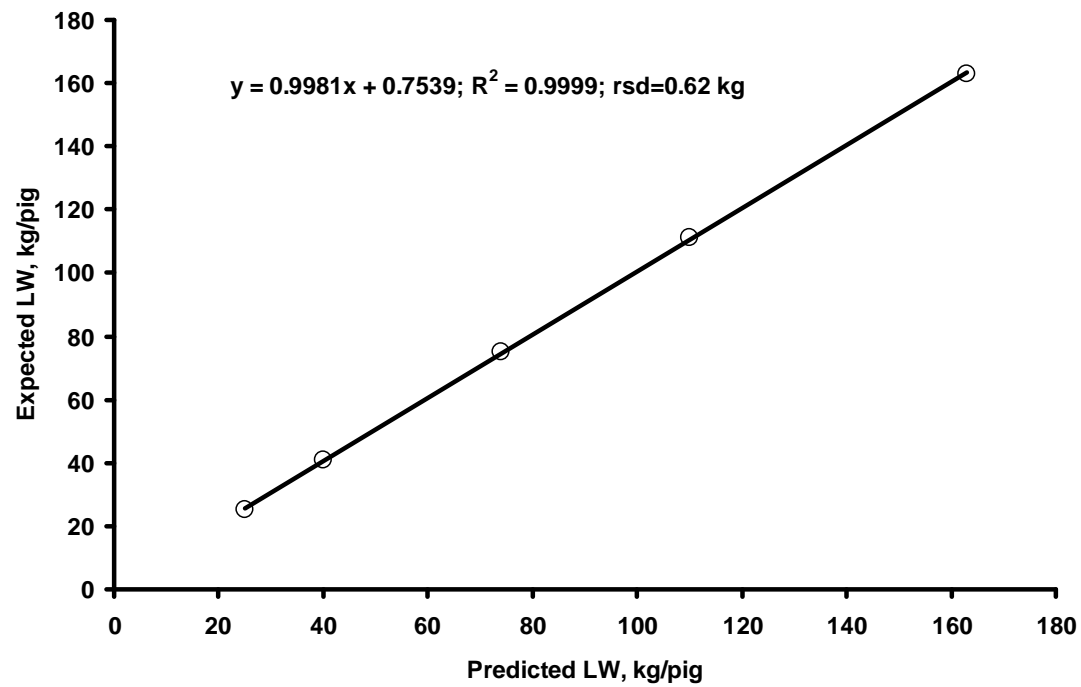
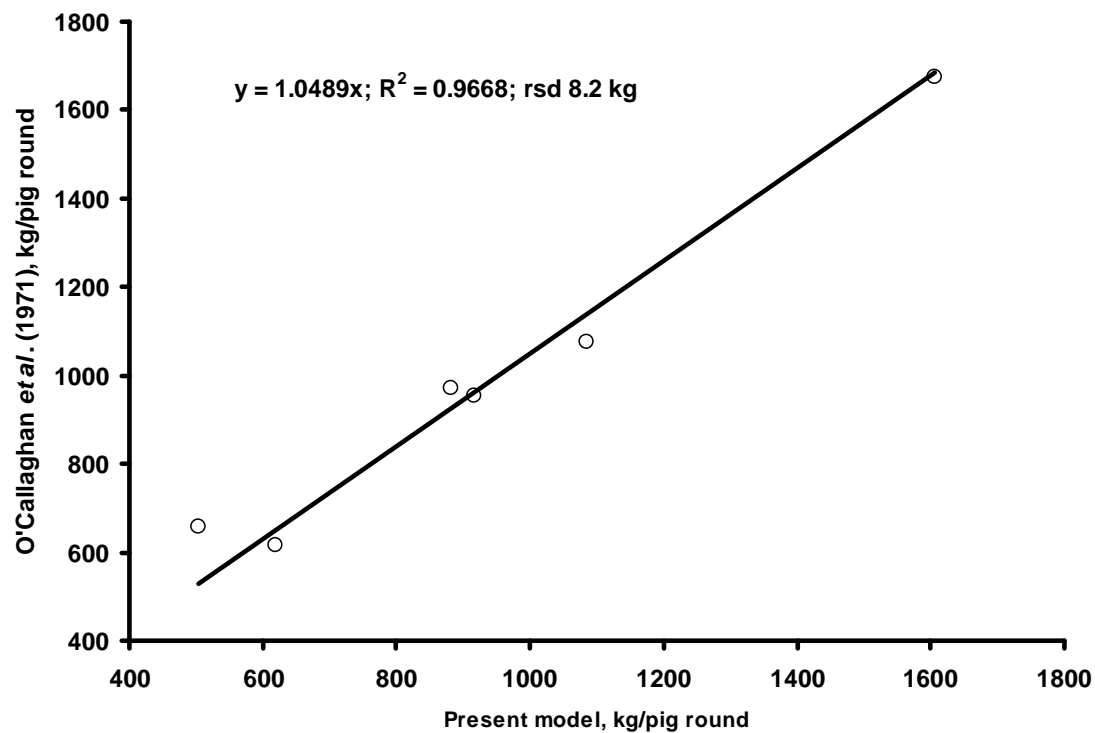


Figure 2. Estimates of fresh excreta production (faeces+urine) for heavy and light pigs (kg/pig/round) kept under different water:feed ratios (2.76:1 ad lib, 2.5:1 and 4:1 simulated pipeline feed) using the empirical equation proposed by O'Callaghan *et al.* (1971) regressed against those achieved using the present model.



Appendix 1.

List of the abbreviations

Water balance components:

FWC = farm water consumption measured through water meters (kg/pig/year)

FWC_{exp} = farm water consumption expected with spontaneous or forced drinking (kg/pig/year)

W_{spillage} = Water lost for spillage under ordinary conditions (kg/pig/day)

W_{cleaning} = water used for cleaning under ordinary conditions (kg/pig/year)

W_{adj} = Adjustment factor for farm water usage with spontaneous or forced drinking (kg/pig/year)

WD = water lost for digestion (kg/pig round)

wd = water lost for digestion per unit of feed consumed (kg/kg feed)

WE = water lost for evaporation (kg/pig round)

we = water lost for evaporation per unit of feed consumed (kg/kg feed)

WF = water gained from feed (kg/pig round)

wf = water content in feed (kg/kg feed)

W_{fec} = water excreted with faeces (kg/pig round)

w_{fec} = water excreted with faeces per unit of feed consumed (kg/kg feed)

WG = water retained in body tissues (kg/pig round)

wg = water retained in body tissues per unit of feed consumed (kg/kg/feed)

W_{i ad lib} = spontaneous water intake (kg/pig/year)

w_{i ad lib} = spontaneous water intake per unit of feed consumed (kg/kg)

WI_{forced} = forced water intake	(kg/pig/year)
wi_{forced} = forced water intake per unit of feed consumed	(kg/kg)
WO = water arising from nutrient oxidation	(kg/pig round)
wo = water arising from nutrient oxidation per unit of feed consumed	(kg/kg feed)
WS = water for synthesis of body protein and lipid	(kg/pig round)
ws = water for synthesis of body protein and lipid per unit of feed consumed	(kg/kg/feed)
$WU_{\text{ad lib}}$ = water excreted with urine with spontaneous drinking	(kg/pig/year)
$wu_{\text{ad lib}}$ = water excreted with urine per kg of feed consumed with spontaneous drinking	(kg/kg feed)
WU_{forced} = water excreted with urine with forced drinking	(kg/pig/year)
wu_{forced} = water excreted with urine per kg of feed consumed with forced drinking	(kg/kg feed)

Diet and production variables:

CP = average crude protein content of the feed	(kg/kg)
DMD = Dry matter digestibility of diet	(kg/kg)
empty = duration of empty period	(days)
FC = feed consumption	(kg/pig round)
FCR = feed consumed per unit of live weight gain	(kg/kg)
LWi = initial live weight	(kg/pig)
LWf = final live weight	(kg/pig)
t = duration of production period	(days)

$w_{i_{ad\ lib}}$ = water:feed ratio with spontaneous drinking (kg/kg)

$w_{i_{forced}}$ = water:feed ratio with forced drinking (kg/kg)

x = dry matter content of the liquid feed introduced in the wet diets (kg/kg)

Faeces and urine:

dm_u = DM content of urine with spontaneous drinking (kg/kg urine)

Faeces = faecal excretion (kg/pig/year)

Faeces_{DM} = faecal excretion of dry matter (kg/pig/year)

Urine_{ad lib} = urine produced with spontaneous drinking (kg/pig/year)

Urine_{DM ad lib} = dry matter excreted with the urine with spontaneous drinking (kg/pig/year)

Urine_{forced} = urine produced with forced drinking (kg/pig/year)

Urine_{DM forced} = dry matter excreted with the urine with forced drinking (kg/pig/year)

Slurry:

Fresh slurry_{ad lib} = fresh slurry produced with spontaneous drinking (kg/pig/year)

Fresh slurry_{DM ad lib} = fresh slurry dry matter produced with spontaneous drinking
(kg/pig/year)

Fresh slurry_{forced} = fresh slurry produced with forced drinking (kg/pig/year)

Fresh slurry_{DM forced} = fresh slurry dry matter produced with forced drinking (kg/pig/year)

Mature slurry_{ad lib}: 'as removed' slurry production with spontaneous drinking (kg/pig/year)

Mature slurry_{forced}: 'as removed' slurry production with forced drinking (kg/pig/year)

AMSP = Adjusted mature slurry production with spontaneous or forced drinking (kg/pig/year)

DISCUSSIONE GENERALE

Nel presente lavoro di tesi si sono messi a punto modelli di previsione dell'escrezione di nutrienti nei ruminanti. Il lavoro è stato recepito dall'attuale normativa veneta nel Decreto della Giunta Regionale n. 2439 del 7/8/2007, Allegato D. Ci si augura quindi che il lavoro svolto possa venire accolto favorevolmente dal mondo operativo come strumento concreto per migliorare la sostenibilità ambientale ed economica dell'attività di allevamento nel nostro Paese. Accanto alla definizione di modelli di quantificazione nel secondo contributo si riportano le caratteristiche medie degli allevamenti di vacche da latte nel Veneto. Le informazioni raccolte potranno essere utili sia sul versante istituzionale, per giustificare gli attuali standard di escrezione, che su quello operativo per verificare la situazione delle singole aziende in riferimento alla media.

Nel terzo contributo di questa tesi, si è dimostrato che in vitelloni piemontesi doppia coscia la riduzione del livello di proteina grezza dal 14.5 al 11% non penalizza le prestazioni produttive e le caratteristiche delle carcasse al macello, mentre riduce le escrezioni di azoto del 28%. L'entità della riduzione è tale da poter consentire un sensibile aumento del carico di animali allevati per ettaro, anche rispetto agli attuali standard di escrezione. Date le caratteristiche peculiari di questi animali (scarsa capacità di ingestione e elevata capacità di crescita magra) è possibile che anche in allevamenti con bovini convenzionali diete ipoproteiche possano dare risultati simili se non maggiori. I risultati ottenuti stimolano quindi la realizzazione di ulteriori prove sperimentali con altri tipi genetici che sono attualmente in corso. Inoltre l'utilizzo dei CLA ha dimostrato avere effetti positivi in termini di miglioramento degli indici di conversione e dello stato di salute inteso come diminuzione delle patologie podali. Tuttavia i livelli di CLA utilizzati nelle razioni di questo lavoro sono molto elevati per cui maggiori sperimentazioni sarebbero auspicabili per valutare gli effetti di dosaggi e/o di tempi di somministrazione inferiori.

Nel quarto contributo si sono sviluppati modelli di previsione delle produzioni di effluenti dagli allevamenti suini basati su bilanci di massa della sostanza secca e dell'acqua. Le stime sono in accordo con quanto riportato nella letteratura scientifica e tecnica. Il modello,

basato su pochi inputs aziendali di semplice rilevazione, è facilmente integrabile con altri modelli di quantificazione aziendale delle escrezioni di azoto e fosforo oggi disponibili e può quindi rappresentare uno strumento prezioso, non solo per la valutazione dei volumi e delle caratteristiche compositive dei reflui prodotti in azienda, ma anche per individuare quelle strategie di riduzione dell'impatto ambientale che sono oggi necessarie per assicurare la sostenibilità ambientale, oltre che economica degli allevamenti. Il presente lavoro può costituire il riferimento necessario per la predisposizione della relazione tecnica di accompagnamento alla comunicazione di spandimento, in particolare laddove gli allevatori riscontrino nelle loro specifiche condizioni differenze sensibili di produzione di effluenti rispetto ai valori standard indicati dalla correte normativa.