



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO

DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE
E AMBIENTALI - PRODUZIONE,
TERRITORIO, AGROENERGIA



www.regione.lombardia.it

UREA NEL LATTE CAPRINO: CONTENIMENTO DELL'ESCREZIONE AZOTATA E RIDUZIONE DEL COSTO DELLA RAZIONE



Quaderni della Ricerca
n. 151 - aprile 2013



Regione Lombardia
Agricoltura

Sperimentazione condotta nell'ambito del progetto di ricerca n. 1334 "VALUTAZIONE DEL CONTENUTO DI UREA DEL LATTE CAPRINO COME STRUMENTO PER IL CONTENIMENTO DELL'ESCREZIONE AZOTATA E LA RIDUZIONE DEL COSTO DELLA RAZIONE ALIMENTARE." (D.g.r. 30/03/2009 n. VIII/9182 - Piano per la ricerca e lo sviluppo 2009).

Testi a cura di:

Luca Rapetti, Guido Bruni, Giorgio Zanatta, Chiara Penati e Stefania Colombini

Foto a cura di:

Luca Rapetti

Hanno realizzato le attività sperimentali:

Università degli Studi di Milano
Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali - Produzione, Territorio, Agroenergia
Via Celoria, 2
20133 Milano
Tel.: +39.02.5031.6433 - Fax: +39.02.5031.6434
Referente: prof. Luca Rapetti
e-mail: luca.rapetti@unimi.it

Associazione Regionale Allevatori della Lombardia
Via Kennedy, 30
26013 Crema (CR)
Tel.: +39.0373.89701 - Fax: +39.0373.81582
Referenti: Dott. Guido Bruni, Dott. Giorgio Zanatta
e-mail: g.bruni@aral.lom.it; g.zanatta@aral.lom.it

Per Informazioni:

Regione Lombardia - Direzione Generale Agricoltura
U.O. Innovazione, cooperazione e valorizzazione delle produzioni
Struttura Ricerca, innovazione tecnologica e servizi alle imprese
Piazza Città di Lombardia, 1 - 20124 Milano
Tel.: +39.02.6765.3790 - Fax: +39.02.6765.8056
e-mail: agri_ricerca@regione.lombardia.it
Referenti: Maria Lina Sandionigi, Gianpaolo Bertoncini
e-mail: maria_lina_sandionigi@regione.lombardia.it;
gianpaolo_bertoncini@regione.lombardia.it

UREA NEL LATTE CAPRINO: CONTENIMENTO DELL'ESCREZIONE AZOTATA E RIDUZIONE DEL COSTO DELLA RAZIONE

Sommario

1. Presentazione	pag. 5
2. Introduzione	» 7
2.1. Premessa	» 7
2.2. Le motivazioni del progetto	» 9
2.3. Impatto dell'allevamento sul ciclo dell'azoto	» 12
2.3.1. Il ciclo dell'azoto	» 12
2.3.2. Zootecnica e inquinamento delle acque	» 13
2.3.3. Zootecnica e acidificazione	» 13
2.3.4. Zootecnica e riscaldamento globale	» 14
3. Finalità della ricerca	» 15
4. Approccio metodologico	» 16
4.1. Parte prima: Descrizione del dataset derivato dalle sperimentazioni in vivo	» 16
4.2. Parte seconda: Monitoraggio del contenuto di urea nel latte nelle aziende campione, nel biennio 2010-2011	» 17
4.2.1. Scelta delle aziende costituenti il campione	» 17
4.2.2. Raccolta dati e analisi	» 18
4.2.2.1. Produzione e qualità del latte individuale dei Controlli Funzionali	» 18
4.2.2.2. Determinazione del contenuto in urea del latte individuale	» 18
4.2.2.3. Visite aziendali	» 19
4.2.2.4. Analisi degli alimenti	» 19
4.2.3. Stima dell'ingestione alimentare	» 20
4.2.4. Stima degli apporti, dei fabbisogni e del bilancio di PDI e UFL	» 21
4.2.5. Studio della curva di lattazione	» 21
4.3. Previsione del valore proteico degli alimenti per ruminanti secondo il sistema INRA	» 22
4.4. Previsione del valore energetico degli alimenti per ruminanti secondo il sistema INRA	» 27
4.5. Stima dei fabbisogni proteici della capra da latte secondo il sistema INRA	» 31
4.6. Stima dei fabbisogni energetici della capra da latte secondo il sistema INRA	» 32
5. I risultati ottenuti e le nuove conoscenze acquisite	» 34
5.1. Studio delle relazioni tra l'urea del latte e le caratteristiche compositive della dieta, la produzione latte e l'escrezione azotata	» 34
5.1.1. Urea del latte e proteina grezza della dieta	» 34
5.1.2. Produzione di latte e contenuto in proteina grezza della dieta	» 35
5.1.3. Efficienza di utilizzazione dell'azoto alimentare, urea del latte e costo della razione	» 36
5.1.4. Escrezione azotata urinaria e contenuto in urea del latte	» 37
5.1.5. Individuazione del livello ottimale di urea nel latte per la specie caprina	» 39
5.2. I risultati del monitoraggio del contenuto di urea del latte nelle aziende campione durante il biennio 2010-2011	» 44
5.2.1. Statistiche descrittive delle aziende monitorate: le greggi e la produzione latte	» 44

5.2.2. Caratteristiche compositive degli alimenti, delle razioni e bilancio energetico e proteico nel corso della lattazione	» 48
5.2.3. Effetto dei fattori non-nutrizionali sul livello di urea nel latte	» 54
5.2.4. Effetto dei fattori nutrizionali sul livello di urea nel latte	» 55
5.2.5. Come definire un adeguato tenore proteico della razione in funzione del contenuto in urea nel latte e del livello produttivo	» 56
6. Considerazioni conclusive	» 57
7. Ringraziamenti	» 58
8. Bibliografia	» 59
<i>Appendice</i>	
Linee guida per il corretto razionamento della capra da latte	» 62

1. Presentazione

In Lombardia il settore caprino da latte ha conosciuto negli ultimi dieci anni uno sviluppo significativo e una progressiva diversificazione della tipologia dell'allevamento. Accanto ad allevamenti di tipo estensivo, situati in territorio montano e tradizionalmente legati all'utilizzo di aree di pascolo non adatte ai bovini, si sono diffusi allevamenti semi intensivi e intensivi che vendono il latte a caseifici o lo trasformano direttamente in prodotti diversi (formaggi, ricotte, yogurt, etc.). Quella caprina, se confrontata con altre filiere agro-zootecniche lombarde, è una filiera giovane, che tuttavia si contraddistingue per una gestione di tipo imprenditoriale ormai consolidata ed economicamente sostenibile. Tali cambiamenti sono avvenuti sia per le capacità degli allevatori, che hanno saputo coniugare gli aspetti culturali e le tradizioni con le esigenze di un mercato competitivo, sia per il supporto qualificato ed innovativo offerto dal servizio regionale di consulenza aziendale.

La ricerca condotta nell'ambito del progetto "Valutazione del contenuto di urea del latte caprino come strumento per il contenimento dell'escrezione azotata e la riduzione del costo della razione alimentare", ha approfondito le conoscenze relative al parametro "urea nel latte" quale possibile indicatore dello stato nutrizionale proteico della capra nel corso della lattazione, al fine di razionalizzarne l'alimentazione. Si è voluto dimostrare, infatti, che un elevato livello di urea nel latte, conseguente ad apporti proteici eccessivi, determina una maggiore escrezione urinaria di azoto peggiorando l'impatto sull'ambiente, senza tuttavia migliorare le prestazioni produttive degli animali. L'elaborazione dei dati raccolti negli allevamenti aderenti alla sperimentazione ha permesso la definizione di un intervallo di riferimento per questo parametro che consentirà di monitorare lo stato nutrizionale proteico in modo accurato, evitando, con un'adeguata copertura dei fabbisogni di proteina, possibili sovradosaggi.

E' stato inoltre messo a punto un foglio di calcolo excel per determinare in modo automatico il corretto fabbisogno nutrizionale del gregge, un facile strumento che tecnici e allevatori potranno impiegare per ottimizzare le razioni alimentari e l'efficienza di utilizzo delle proteine contenute nella dieta, evitando sprechi e riducendo quindi nel contempo i costi di gestione alimentare e l'eliminazione di sostanze azotate nell'ambiente.

L'Assessore all'Agricoltura
Regione Lombardia

2. Introduzione

2.1. Premessa

Il settore caprino da latte in regione Lombardia è attualmente una realtà operativa di tipo imprenditoriale consolidata, dinamica e in piena evoluzione.

Nonostante esso sia tuttora un comparto “minore” rispetto ad altre filiere agro-zootecniche, costituisce un modello interessante e alternativo per una serie di motivazioni: produzioni non eccedentarie, mantenimento della biodiversità, sostenibilità agro-ambientale e presidio territoriale.

In passato l'allevamento della capra era tradizionalmente legato ai soli territori montani e soprattutto alla produzione del capretto e di limitate quantità di formaggi. Il modello di gestione dell'allevamento era generalmente di tipo estensivo caratterizzato dall'utilizzo delle aree di pascolo, le più impervie e marginali non utilizzabili dai bovini.

Negli ultimi decenni il settore si è fortemente evoluto in forme più imprenditoriali in cui la produzione di latte e la trasformazione casearia hanno assunto un valore prevalente nella gestione e nella redditività dell'allevamento.

Allo stato attuale, le principali caratteristiche del settore operante in Lombardia possono essere così sintetizzate:

- la recente crescita del comparto ha dato luogo a una espansione territoriale anche al di fuori delle aree tradizionali della collina e della montagna, con nascita di nuovi allevamenti nelle zone di pianura;
- la presenza di un elevato numero di differenti razze allevate, quali le razze autoctone maggiormente adattate al territorio montano e le razze cosmopolite maggiormente specializzate nella produzione di latte, fa del settore un modello estremamente interessante in tema di biodiversità;
- l'esistenza di tipologie di allevamento estremamente differenziate, da quelle estensive (greggi caprini da carne) a tipologie intensive (allevamenti caprini da latte) con forme intermedie (stabulazione con utilizzo del pascolo e dell'alpeggio), garantisce la possibilità di operare scelte basate sull'utilizzo rispettoso del territorio;
- la prevalenza degli allevamenti che trasformano direttamente nei caseifici aziendali rispetto a quelli che effettuano la vendita diretta del latte.

Questo processo evolutivo è il risultato dell'abilità degli allevatori nel coniugare la tradizione con il mercato. Ne è prova la capacità di fare sistema con iniziative comuni in termini di promozione e di marketing in collaborazione con gli enti pubblici, le organizzazioni professionali e le associazioni degli allevatori, dando così luogo a sinergie che valorizzano la capacità di competere sul mercato. A tal riguardo riportiamo di seguito alcuni esempi tra i più significativi:

- la creazione di marchi collettivi a tutela del consumatore e delle produzioni locali e aziendali quali il “Formaggio di capra di fattoria” e il “Latte di capra da allevamenti Lombardi”;
- il recente riconoscimento della Denominazione di Origine Protetta per la Formaggella del Luinese (anno 2011);
- la realizzazione del presidio Slow Food del Fatùli della Val Savio, prodotto con latte di capra di razza Bionda dell'Adamello.

Fondamentale per lo sviluppo di questo settore è stato l'investimento che la Direzione Generale Agricoltura della Regione Lombardia ha operato a partire dal 1995, istituendo e finanziando il Servizio di Assistenza Tecnica agli Allevamenti (SATA), con una specifica sezione riguardante i caprini e gli ovini. Negli anni questo servizio è cresciuto accompagnando il progresso e le esigenze degli allevatori con il fine di fornire servizi di consulenza sempre più efficaci e mirati.

In termini di consistenza numerica dei capi e degli allevamenti caprini lombardi (tabella 1), i dati dell'Anagrafe Ovina e Caprina forniti dalla Direzione Generale Sanità della Regione Lombardia, indicano la presenza per l'anno 2011 di 73.182 fattrici caprine in 7.846 allevamenti con una dimensione media di circa 9

capi per allevamento. Queste consistenze non sono però indicative nel misurare la reale forza del settore poiché comprensive dei micro allevamenti di tipo hobbistico.

Tabella 2.1. Le consistenze dell'allevamento caprino in Lombardia.

Fonte	N° allevamenti	N° capi	N° capi/allevam.
D.G. Sanità della Regione Lombardia (2011)	7.846	73.182	9,3
Aderenti al SATA (2011)	553	21.724	39,3
Aderenti al Programma di monitoraggio della qualità del latte di capra e prodotti derivati - SATA (2011)	178	13.435	75,5

Il progetto chiaramente si rivolge a quella parte di allevamenti gestiti in modo imprenditoriale e legati alla filiera latte, in cui il tema in oggetto è strategico per migliorare il livello gestionale in termini di benessere animale e di corretto razionamento alimentare. In regione Lombardia, ascrivibili a tale modello possono essere considerati gli allevamenti aderenti al "Programma di monitoraggio della qualità del latte di capra e dei prodotti derivati". A questo programma, realizzato nell'ambito del SATA, possono aderire solo gli allevamenti in possesso di autorizzazione alla produzione e vendita di latte o di formaggi di capra. Per l'anno 2011 hanno aderito 178 allevamenti con un totale di 13.435 fattrici e con una dimensione media di 75,5 capi per allevamento.

Possiamo quindi ritenere che questi allevamenti rappresentino, per dimensioni, la vera realtà produttiva e imprenditoriale legata all'allevamento della capra da latte in regione.

Questi allevamenti sono distribuiti in modo omogeneo sul territorio, interessando le aree tradizionali della montagna e della collina, con un'espansione negli ultimi anni anche nelle aree di pianura. L'indirizzo produttivo prevalente è la trasformazione diretta del latte in caseifici aziendali (84%), il restante (16%) produce latte per la vendita.

I due indirizzi produttivi determinano una differenziazione nelle dimensioni aziendali. Le aziende che vendono latte presentano una dimensione media di 157 capi e si caratterizzano per una gestione intensiva e specializzata, e operano prevalentemente nei territori più vocati della pianura. Le aziende che trasformano presentano delle dimensioni minori con una media di circa 60 capi e si collocano prevalentemente nelle aree collinari e montane. In questo caso la gestione dell'allevamento è più complessa e articolata dovendo allevare, trasformare e vendere. Per ottimizzare la redditività dell'allevamento, i tre segmenti della filiera devono essere tra loro bilanciati richiedendo di conseguenza un'elevata professionalità in ciascuno di essi.

La gestione del gregge si caratterizza inoltre non tanto nel massimizzare la produttività quanto nel garantire qualità e particolarità delle produzioni casearie.

In entrambi gli indirizzi produttivi, trasformazione e vendita del latte, i fattori di gestione del gregge assumono, di fatto, la medesima rilevanza: riproduzione, selezione genetica, sanità-benessere animale e alimentazione. Il fattore alimentazione rappresenta però l'elemento che maggiormente può influenzare gli altri aspetti della gestione. Una corretta alimentazione influisce positivamente sul benessere del gregge (dismetabolie alimentari), estrinseca al meglio il potenziale genetico in termini di quantità e qualità delle produzioni, favorisce una corretta riproduzione.

Diventa di conseguenza fondamentale che la ricerca e il sistema di consulenza alle aziende siano in grado di rispondere e anticipare le esigenze degli allevatori.

Questo progetto rappresenta quindi un elemento di risposta e approfondimento, affrontando una tematica importante legata alla corretta alimentazione della capra da latte, utilizzando il parametro dell'urea del latte come indicatore, con delle ricadute evidenti che vanno dal benessere animale, alla qualità e quantità delle produzioni e all'incremento della redditività dell'allevamento.

2.2. Le motivazioni del progetto

Le problematiche del benessere animale, dell'impatto ambientale con particolare riferimento all'escrezione azotata, e quella prettamente economica volta al contenimento del costo della razione alimentare, possono essere parzialmente influenzate dalle caratteristiche compositive della dieta, soprattutto in termini di apporti proteici ed energetici. A questo riguardo, il più importante indicatore di una corretta alimentazione proteica è rappresentato dal contenuto in urea del latte (Hof et al., 1997).

Nell'animale l'urea si forma a livello epatico per ridurre la concentrazione di ioni ammonio derivanti principalmente da un surplus di azoto degradabile a livello ruminale, da un eccesso di proteina digeribile a livello intestinale e dalla gluconeogenesi derivante dal catabolismo aminoacidico (Schepers and Meijer, 1998). Dal plasma l'urea, per diffusione libera, attraversa il tessuto epiteliale mammario; la sua presenza nel latte, per tale motivo, risulta inferiore a quella plasmatica ma ad essa è molto ben correlata. Tale correlazione è stata dimostrata anche nella specie caprina (Cabiddu et al., 1999; Bava et al., 2001).

Per la bovina è ormai assodato che il contenuto in urea del latte può essere utilizzato per diagnosticare un eccessivo livello di ingestione di proteine (Eicher et al., 1999). A tal fine è ovviamente necessario avere un riferimento di quale debba essere l'intervallo ottimale del contenuto di urea: per la razza Frisona sono indicati range che vanno da 8-12 (Kohn, 2007) a 10-14 mg di azoto ureico per decilitro di latte. Anche altri fattori non nutrizionali influenzano il contenuto di urea: tra questi lo stadio di lattazione, la razza, l'ordine di parto, le mastiti, il peso dell'animale, l'orario di raccolta del latte (Westwood et al., 1998).

Nel caso della specie bovina, l'impatto ambientale ed economico di una sovralimentazione proteica utilizzando il contenuto di urea del latte come indicatore, è stato chiaramente evidenziato in una ricerca (Kohn, 2007) condotta in Virginia e Maryland (USA): nel 71,5% delle aziende controllate è stato superato il livello raccomandato - secondo gli standard statunitensi - di proteina somministrata alle bovine in relazione al loro livello produttivo. L'eccesso proteico si traduce principalmente in un aumento dell'escrezione azotata urinaria e poiché solo il 25% circa di tale azoto è riutilizzato dalle colture, il 75% di tale aumento è perso nell'ambiente. Riguardo al danno economico legato al sovradosaggio proteico è stato valutato che la sostituzione della farina di estrazione di soia con la farina di mais, per adeguarsi alle indicazioni degli standard americani, è quantificabile in 33 \$ per vacca e per anno.

La definizione di un range ottimale di urea nel latte di capra ampiamente validato e condiviso che consenta di monitorare lo status nutrizionale proteico non è presente in letteratura. Tra i pochi lavori inerenti la specie caprina riguardanti il tema in oggetto, quello di Brun-Bellut e coll. (1983) indica che un contenuto di urea del latte superiore a 30 mg/dl è dovuto a un eccesso di proteina degradabile a livello ruminale o di proteina digeribile oppure a un difetto di energia fermentescibile. Gli stessi autori in una pubblicazione dell'anno seguente (1984) indicarono un livello ottimale di urea compreso tra 28 e 32 mg/dl, in corrispondenza di un'escrezione giornaliera di allantoina urinaria (quale indicatore della produzione di proteina microbica ruminale) di almeno 4,5 g.

Dalla relazione tecnica relativa al "Programma di monitoraggio della qualità del latte di capra e dei prodotti derivati" redatta dagli specialisti del SATA (Stradiotto e Zanatta, 2011) risulta che negli allevamenti aderenti il contenuto medio di urea del latte dal 2004 al 2011 ha sempre superato (mediamente del 25%) questa univoca indicazione (grafico 2.2.1).

Un ulteriore motivo per ritenere importante studiare le relazioni tra il contenuto di urea del latte e l'alimentazione proteica della capra lattifera è dato dall'assenza di correlazione tra un alto tenore in urea e la produzione di latte, come è stato osservato (grafico 2.2.2) sui dati di produzione dell'anno 2007 nelle aziende aderenti al programma "Qualità latte SATA" (Rapetti et al., 2009).

Grafico 2.2.1. Contenuto medio in urea del latte di massa degli allevamenti caprini aderenti al "Programma di monitoraggio Qualità Latte SATA" nel periodo compreso tra il 2004 e il 2011.

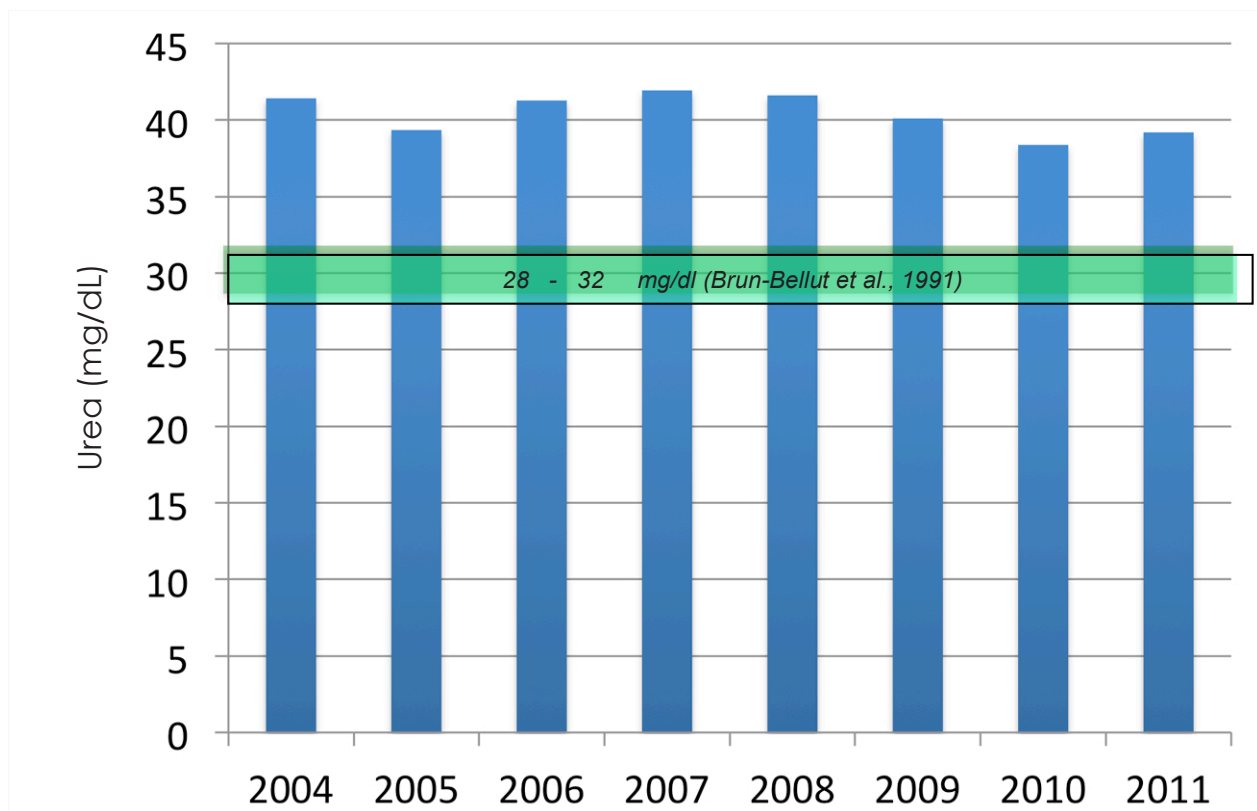
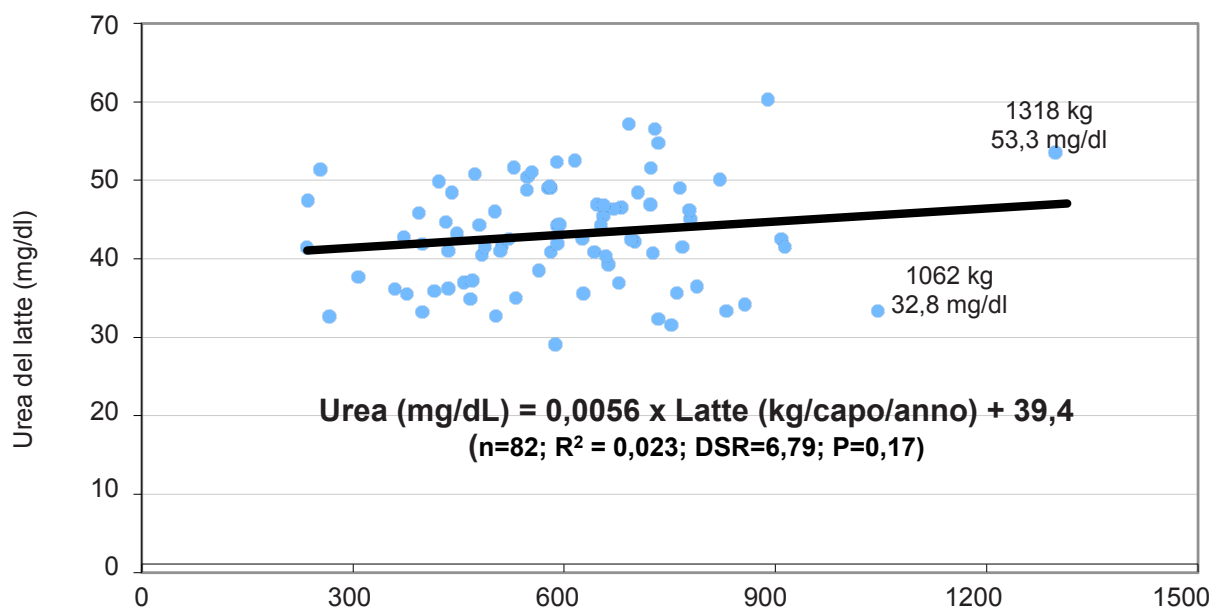


Grafico 2.2.2. Relazione tra la produzione di latte media annua per capo e il contenuto in urea del latte (adattato da Rapetti et al., 2009).



In aggiunta a quanto fin qui detto, è importante evidenziare anche che la localizzazione geografica della maggior parte degli allevamenti caprini lombardi comporta molto spesso una forte dipendenza dall'esterno per quel che riguarda l'approvvigionamento degli alimenti, soprattutto i concentrati. Questa situazione, in

concomitanza con il recente forte aumento dei prezzi delle materie prime (principalmente cereali e oleo-proteaginosi) e conseguentemente dei mangimi complementari, ha, di fatto, portato il costo delle razioni alimentari destinate alle capre lattifere a livelli che stanno minando la convenienza economica di questa tipologia di allevamento.

Una riduzione dell'inclusione di alimenti concentrati proteici, laddove presenti in dosi eccedenti rispetto ai fabbisogni, porterebbe alla diminuzione del costo della razione e a una riduzione dell'escrezione azotata con le deiezioni. Questa semplice considerazione pone però come condizionale la conoscenza dell'effettiva ingestione di nutrienti (in primis le sostanze azotate) rispetto ai fabbisogni dell'animale. Se da un lato per la stima dei fabbisogni ci si può avvalere di molteplici e recenti indicazioni fornite dai ricercatori francesi (Sauvant et al., 2007) e statunitensi (NRC, 2007) dall'altro lato una valutazione accurata del bilancio dei nutrienti nelle condizioni di campo è ostacolata dal fatto che non è semplice conoscere con precisione la razione reale; normalmente, infatti, nelle realtà aziendali lombarde la somministrazione di foraggi e concentrati avviene separatamente mentre sono rari i casi in cui si applica la tecnica unifeed avvalendosi di un carro miscelatore dotato di pesa. Oltre a ciò, anche la grande capacità selettiva della capra rende più difficoltosa un'accurata valutazione di quanto ha effettivamente ingerito l'animale. Forse come conseguenza a ciò si denota nella pratica di allevamento una certa tendenza a formulare piani di razionamento con livelli proteici elevati onde evitare situazioni di carenza di azoto.

Pertanto, il contenuto di urea del latte può essere utilizzato come uno strumento efficace e pratico di valutazione per determinare il reale apporto proteico rispetto ai fabbisogni e individuare sia i deficit sia gli eccessi dando così la possibilità di bilanciare in modo ottimale la razione.



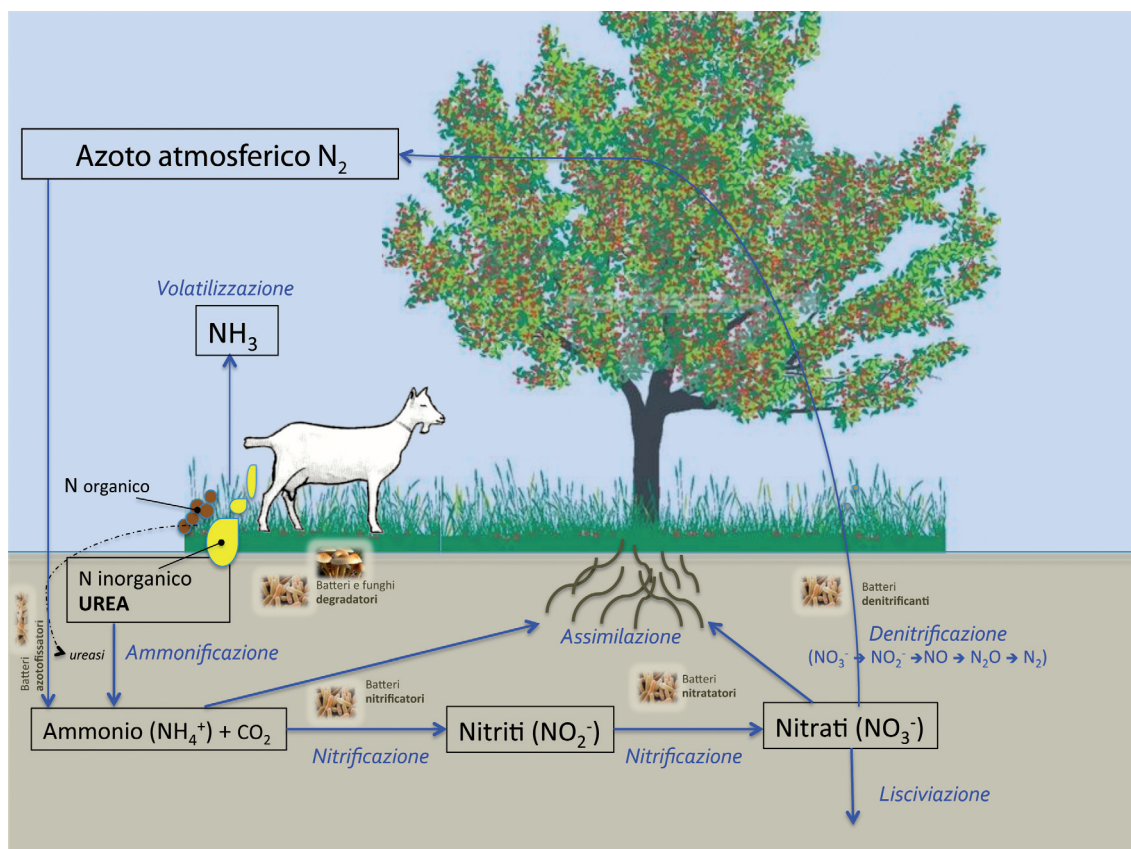
2.3. Impatto dell'allevamento sul ciclo dell'azoto

2.3.1. Il ciclo dell'azoto

L'azoto è un elemento essenziale per la vita, tanto che in alcuni ecosistemi terrestri e acquatici la disponibilità di azoto è il fattore chiave nel determinare l'evoluzione e la biodiversità del mondo vegetale.

Nel ciclo dell'azoto (figura 2.3.1) l'unico pool stabile e il più importante quantitativamente è l'azoto diatomico (N_2) atmosferico, che tuttavia è poco disponibile per gli organismi viventi che ne necessitano per sopravvivere e crescere. Ci sono solo pochi microorganismi capaci di assimilare l'azoto atmosferico (batteri azoto-fissatori simbiotici delle leguminose); questi lo convertono in forme di azoto cosiddetto reattivo e utilizzabile dalle piante (ammoniaca NH_3). In condizioni aerobiche l'ammoniaca nel suolo è convertita in nitriti e nitrati attraverso il processo di nitrificazione svolto da alcuni microorganismi cosiddetti nitrificatori (nitrificazione: $NH_4^+ \rightarrow NO_2^- \rightarrow NO_3^-$). Anche il processo inverso (denitrificazione, da azoto minerale a N_2) è svolto da microorganismi in condizioni però anaerobiche, ed è all'origine della formazione di ossido e protossido di azoto (NO e N_2O) come prodotti intermedi, che si accumulano quando la riduzione è incompleta (denitrificazione: $NO_3^- \rightarrow NO_2^- \rightarrow NO \rightarrow N_2O \rightarrow N_2$).

Figura 2.3.1. Ciclo dell'azoto semplificato.



2.3.2. Zootecnia e inquinamento delle acque

Il metabolismo proteico degli animali da reddito produce composti azotati che vengono escreti con le urine e le feci. La frazione di azoto escretata con le urine è costituita per la maggior parte da azoto ureico e in genere è maggiore della frazione escretata con le feci, soprattutto per diete caratterizzate da un eccessivo apporto proteico. L'urea è idrolizzata ad ammoniaca e anidride carbonica grazie all'azione dell'enzima ureasi, prodotto dai microrganismi presenti nelle feci. In condizioni aerobiche, l'ammoniaca formata si è convertita in nitriti e nitrati. Laddove i livelli di sostanza organica del suolo sono elevati, come nelle vicinanze dei reflui, non tutto l'azoto è convertito nel prodotto finale della nitrificazione (nitrati NO_3^-), ma parte rimane sotto forma di nitriti (NO_2^-). I nitriti sono ugualmente suscettibili alla lisciviazione rispetto ai nitrati, ma molto più tossici.

I nitrati possono facilmente essere lisciviati oltre la zona delle radici nelle acque di falda o entrare nel flusso sub-superficiale. L'aumentata presenza di nutrienti nei suoli, dovuta alla crescente intensività delle produzioni zootecniche (numero di animali per ettaro), genera un maggiore rischio di perdita nelle acque tramite lisciviazione e scorrimento superficiale (Hooda et al., 2000).

La perdita di nutrienti nelle acque non dipende soltanto dalla quantità di reflui distribuita per ettaro; tra gli altri fattori coinvolti ci sono: il tipo di refluo (letame o liquame), le condizioni pedoclimatiche, la modalità di distribuzione. Tutti questi fattori hanno un'influenza nell'assorbimento dell'azoto da parte delle colture e sulla capacità di ritenzione dei suoli. Le deiezioni prodotte dagli allevamenti caprini sono rappresentate principalmente da letame. Pochi studi hanno valutato le perdite di N per lisciviazione in funzione della tipologia di stoccaggio delle deiezioni, si evidenzia però come le perdite di N per lisciviazione siano inferiori per il letame (dal 2% al 5% dell'azoto in funzione della copertura della letamaia) rispetto al liquame (dal 5% al 10% dell'azoto in funzione della copertura della vasca di raccolta). Nonostante ciò, a livello europeo l'importanza relativa dello stoccaggio delle deiezioni sotto forma di letame è elevata (20-30%) e paragonabile a quella dei liquami (20-30%).

In uno studio di Carpenter et al. (1998) è stata misurata una percentuale media di azoto lisciviato dal 10 al 40% dell'azoto distribuito nei terreni argillosi e dal 25 ad addirittura l'80% dell'azoto distribuito nei terreni sabbiosi.

Negli Stati Uniti è stato stimato che circa un terzo dell'azoto e del fosforo che raggiungono le acque provenga dalla zootecnia e il contributo più importante al rilascio di azoto nell'ambiente proverrebbe dall'allevamento bovino (58%) (Steinfeld et al., 2006). Ma l'utilizzo di reflui nella fertilizzazione dei suoli ha anche un impatto positivo sull'ambiente, se questi sono distribuiti in maniera appropriata ed evitando eccessi. L'utilizzo dei reflui, in particolare, diminuisce l'uso di fertilizzanti artificiali, che hanno alti costi di produzione e trasporto, nonché elevate emissioni di anidride carbonica durante la loro produzione.

Inoltre i nutrienti presenti nei reflui sono principalmente in forma organica, quindi meno mobili nel suolo e disponibili gradualmente per le esigenze delle colture.

2.3.3. Zootecnia e acidificazione

La maggior parte delle perdite ammoniacali avviene nelle prime fasi di gestione del refluo: il sistema di stabulazione, la modalità di stoccaggio e di spargimento, la forma fisica del refluo, le condizioni della superficie agricola e la temperatura hanno importanza notevole nel determinare l'entità della volatilizzazione di azoto sotto forma di ammoniaca. In tal senso, anche l'alimentazione del bestiame potendo modificare la ripartizione dell'azoto escretato con le feci (meno volatile) e con le urine, può influire sulle emissioni ammoniacali.

L'emissione di ammoniaca nell'aria è co-responsabile (insieme a ossidi di azoto NO_x e biossido di zolfo SO_2) del fenomeno delle piogge acide o deposizioni acide. Ammoniaca, ossidi di azoto e biossido di zolfo, in presenza di umidità e di sostanze ossidanti, sono convertiti in acido nitrico e acido solforico. Gli effetti delle piogge acide sulla vegetazione, che risultano combinati ai danni provocati dall'ozono, consistono in un generale indebolimento delle piante, nella modificazione della chioma e nel ridotto sviluppo dell'apparato radicale. Le piogge acide colpiscono anche le acque dolci superficiali determinando un'alterazione chimica dei laghi e dei fiumi che provoca gravi danni agli ecosistemi acquatici. Inoltre tali sostanze acide sono nocive

per il sistema respiratorio e attaccano molti materiali. Va considerato che questi inquinanti possono essere trasportati dai venti anche a centinaia di chilometri di distanza dal punto di rilascio. Il fenomeno è responsabile anche dell'eutrofizzazione degli ecosistemi per l'apporto di azoto determinato dalla deposizione atmosferica su suoli e acque.

La maggior parte delle emissioni di SO_2 e di NO_x è prodotta dall'uso di combustibili e dai trasporti mentre le emissioni di NH_3 provengono soprattutto dall'agricoltura e in particolare dallo stoccaggio e dallo spargimento di reflui zootecnici e di fertilizzanti azotati: secondo l'EEA (European Environmental Agency - 2005), addirittura il 93% delle emissioni totali di ammoniaca in Europa deriverebbero dall'agricoltura. La zootecnia sarebbe responsabile di quasi i 2/3 (64%) delle emissioni ammoniacali di origine antropica (Steinfeld et al., 2006).

Il sistema di stabulazione, di stoccaggio e di distribuzione dei reflui, la sostanza secca contenuta nei reflui, le condizioni del suolo e la temperatura ambientale sono tutti fattori chiave nel determinare il quantitativo di ammoniaca rilasciata.

La maggior parte delle perdite di ammoniaca (NH_3) avvengono nei primi passaggi della gestione dei reflui, in seguito alla degradazione ad ammoniaca dell'urea contenuta nelle urine.

Anche gli odori originati dalle aziende zootecniche possono essere considerati un problema ambientale, soprattutto nelle zone dove le aziende sono vicino agli insediamenti umani. I composti chimici coinvolti nei cattivi odori sono: zolfo, fenoli, acidi grassi volatili, ammoniaca e ammine (Le et al., 2005).

2.3.4. Zootecnia e riscaldamento globale

Il protossido di azoto (N_2O) è un gas presente in piccole quantità nell'atmosfera ed è, in ordine d'importanza, il terzo gas serra, dopo anidride carbonica e metano. Pur essendo presente in piccole quantità il potenziale di riscaldamento globale del protossido di azoto è circa 298 volte maggiore di quello dell'anidride carbonica (IPCC, 2007). Il protossido di azoto è emesso in seguito a diverse attività umane, con un rilevante contributo derivato dall'attività zootecnica: si calcola che circa il 65% del protossido di azoto antropogenico derivi dalla zootecnia; di questo circa il 63% sarebbe dovuto agli allevamenti di tipo estensivo (Steinfeld et al., 2006). La produzione di protossido di azoto è legata principalmente alla modalità di conservazione e all'utilizzo agronomico dei reflui zootecnici ma anche alle caratteristiche chimiche degli stessi (ad esempio, il tenore in sostanza secca) e alla temperatura ambientale.

Affinché si verifichi l'emissione di N_2O è necessario che il refluo sia sottoposto inizialmente a condizioni di aerobiosi, in maniera tale da convertire l'ammoniaca (a sua volta derivata dall'urea escreta) in nitriti e nitrati attraverso il processo di nitrificazione, e successivamente a condizioni di anaerobiosi, per favorire il processo di denitrificazione, ossia di conversione dei nitriti e dei nitrati in N_2 , processo che ha come prodotti intermedi N_2O e NO , che si accumulano quando la riduzione è incompleta. Se le condizioni per la denitrificazione sono sub-ottimali, in particolare in caso di relativa carenza di carbonio organico rispetto ai nitrati, la produzione di N_2O aumenta (Swerts, 1996).

3. Finalità della ricerca

Il progetto ha avuto come principale obiettivo l'approfondimento delle conoscenze inerenti al contenuto di urea del latte caprino, con la finalità di utilizzare questo parametro qualitativo quale idoneo indicatore dello stato nutrizionale proteico per razionalizzare l'alimentazione della capra da latte nel corso della lattazione.

In particolare, il progetto si è proposto di valutare le relazioni tra il contenuto in urea del latte e il bilancio azotato della capra nelle condizioni di alimentazione tipiche dell'allevamento intensivo al fine di poter dare indicazioni pratiche a tecnici e allevatori.

Un ulteriore obiettivo di questo lavoro di ricerca è stato quello di dimostrare che livelli troppo elevati di urea del latte, conseguenza di apporti proteici eccessivi, determinano una maggiore escrezione azotata urinaria da parte degli animali peggiorando l'impatto ambientale dell'allevamento, tuttavia senza migliorarne le prestazioni produttive.

Dato che le scelte tecniche che si attuano in allevamento sono sempre condizionate dagli aspetti economici, è stato anche valutato come cambi il costo della razione alimentare modificando il tenore proteico della dieta in base alle indicazioni che scaturiscono dalla valutazione del contenuto in urea del latte.

Infine, poiché il progetto si è avvalso del pieno coinvolgimento dell'Associazione Regionale Allevatori della Lombardia (ARAL), un'altra finalità di questo lavoro è stata la creazione di procedure automatizzate per il calcolo del valore proteico ed energetico degli alimenti (a partire dai dati di analisi chimica ottenuti con il metodo NIRS), da attuarsi presso il laboratorio di analisi dell'ARAL, e la realizzazione di un foglio di calcolo elettronico per la stima dei fabbisogni degli animali in lattazione, utilizzabile dai tecnici del Servizio di Assistenza Tecnica agli Allevamenti del settore caprino, quale utile supporto tecnico nella pratica di campo per la verifica del corretto razionamento degli animali.



4. Approccio metodologico

Il progetto è stato suddiviso in due parti ben contraddistinte tra loro:

1. Elaborazione di dati raccolti in prove sperimentali realizzate dall'Università degli Studi di Milano, per valutare le relazioni tra il contenuto di urea del latte caprino e le caratteristiche compositive delle diete e i parametri del bilancio dell'azoto degli animali.
2. Studio ed elaborazione di dati raccolti nel corso del progetto stesso in alcune aziende caprine, rappresentative delle differenti tipologie di allevamento presenti in regione, aderenti al SATA.

4.1 Parte prima. Descrizione del dataset derivato dalle sperimentazioni *in vivo*

I dati elaborati in questa prima parte derivano da una serie di prove sperimentali condotte su capre in lattazione nelle quali è stato determinato in vivo il bilancio azotato degli animali. Le prove sono state effettuate nel corso degli anni, dal 1999 al 2007, presso l'allora Dipartimento di Scienze Animali dell'Università degli Studi di Milano.

Le prove considerate sono 5, costituite rispettivamente da 24 (anno 1999), 18 (anno 2001), 30 (anno 2003), 14 (anno 2005) e 20 (anno 2007) osservazioni individuali, per un totale di 106 osservazioni, ripartite su 13 diverse diete.

Delle cinque prove effettuate, due sono state svolte con disegno sperimentale a quadrato latino (esperimento 2 e 3; appendice al paragrafo 5.1, tabella 5.1.1), mentre negli altri casi il disegno sperimentale prevedeva che oltre al trattamento alimentare fosse valutato anche l'effetto dello stadio di lattazione; in tal caso i risultati relativi ai diversi momenti della lattazione sono stati considerati come indipendenti. In definitiva, il numero totale di trattamenti considerati è stato pari a 21.

Le capre utilizzate erano di razza Saanen, con un intervallo di lattazione compreso tra un minimo di 12 giorni e un massimo di 221 giorni e una media di 2,3 lattazioni (Appendice 5.1, tabella 5.1.1).

Durante le prove sperimentali, gli animali erano posti in gabbie metaboliche individuali al fine di raccogliere separatamente, oltre al latte, anche feci e urine per la determinazione del bilancio azotato.

In appendice al paragrafo 5.1 si riportano le tabelle con le informazioni riguardanti le caratteristiche degli animali (tabella 5.1.1), la composizione chimica delle diete (tabella 5.1.2), la produzione di latte (tabella 5.1.3), il bilancio dell'azoto (tabella 5.1.4) e il bilancio di PDIN (Proteine Digeribili nell'Intestino con l'azoto degradabile quale fattore limitante per la sintesi microbica ruminale) e UFL (Unità Foraggiere Latte) (tabella 5.1.5).

Tutti i dettagli sperimentali riguardanti tali prove sono qui omessi ma possono essere rilevati dalla bibliografia, trattandosi di lavori scientifici già pubblicati (Bava et al., 1999; Rapetti et al., 2004; Rapetti et al., 2005; Rapetti et al., 2009; Colombini et al., 2010).

Si ritiene importante evidenziare che, nel complesso, i trattamenti alimentari erano estremamente differenti sia in termini di tipologia di alimenti impiegati sia in termini di valore nutritivo. In particolare il contenuto di proteina grezza variava da un minimo di 129 a un massimo di 214 g/kg SS, con un valore medio di 159 g/kg SS.

La concentrazione media di urea nel latte (mg/dL) era pari a 33 mg/dL, evidenziando una variabilità molto ampia con un valore minimo di 11,9 e un massimo di 67,5 mg/dL. Il contenuto di urea del latte in tutte le prove è stato determinato mediante il metodo della pHmetria differenziale (strumento EFA 2000, ditta Hamilton Eurochem; norma di riferimento IDF 195:2004) dal laboratorio dell'ARAL.

Per la caratterizzazione del valore proteico ed energetico delle diete somministrate nelle diverse sperimentazioni, sono state utilizzate le equazioni previste dal modello INRA (Baumont et al., 2007) come descritto nei paragrafi 4.3 e 4.4. I fabbisogni proteici ed energetici giornalieri legati al mantenimento e alla produzione sono stati calcolati utilizzando sempre il sistema INRA (Sauvant et al., 2007), come descritto nei paragrafi 4.5 e 4.6. I fabbisogni legati alla gestazione non sono stati considerati poiché, durante le prove

effettuate, nessuna delle capre era in stato di gravidanza; riguardo ai fabbisogni legati alle variazioni ponderali degli animali, sono stati utilizzati dei valori fissi in accordo con le indicazioni del modello francese. Infine, ciascun bilancio individuale, in termini di PDIN e UFL, è stato calcolato come differenza tra apporti e fabbisogni.

4.2. Parte seconda. Monitoraggio del contenuto di urea nel latte nelle aziende campione, nel biennio 2010-2011

4.2.1 Scelta delle aziende costituenti il campione

Nell'ambito del progetto sono state selezionate 9 aziende caprine lombarde, rispondenti ai seguenti requisiti:

- Allevamento intensivo, con un'alimentazione facilmente controllabile e senza utilizzazione del pascolo;
- Gestione degli animali di tipo tradizionale, senza ricorso alla pratica della destagionalizzazione;
- Adesione al Servizio di Assistenza Tecnica agli Allevamenti (SATA) e ai Controlli Funzionali (CCFF);
- Variabilità nel tenore in urea del latte.

In figura 4.2.1 è indicata la collocazione sul territorio delle 9 aziende selezionate e così codificate:

- 2 aziende aderenti all'APA di Pavia: codice PV1 e PV2;
- 2 aziende aderenti all'APA di Varese: codice VA1 e VA2;
- 2 aziende aderenti all'APA di Como - Lecco: codice CO1 e CO2;
- 2 aziende aderenti all'APA di Brescia: codice BS1 e BS2;
- 1 azienda aderente all'APA di Bergamo: codice BG1.

In tabella 4.2.1 sono riportati i dati derivanti dai CCFF di capi di razza Saanen e Camosciata delle aziende selezionate riferiti alla lattazione 2009, rappresentante la situazione appena precedente l'inizio del progetto.

Figura 4.2.1. Collocazione geografica delle nove aziende selezionate.

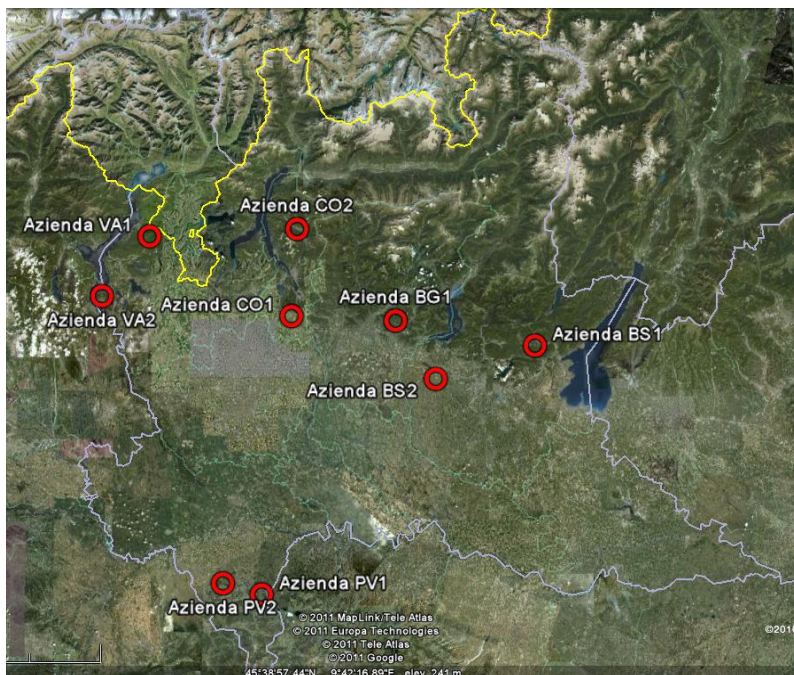


Tabella 4.2.1. Consistenze, produzione e qualità del latte di massa delle nove aziende selezionate per il progetto. Dati riferiti alla lattazione dell'anno 2009.

Azienda (cod.)	Prov.	Capi (n)	Razza	Latte ¹ (kg/d)	Grasso (%)	Proteina (%)	Urea (mg/dL)	Livello ²
BG1	BG	51	Saanen	51	3,95	3,09	32,8	B
BS1	BS	58	Camosciata	58	2,83	3,49	42,0	M
BS2	BS	41	Saanen	30	3,13	3,14	47,5	A
			Camosciata	11				
CO1	LC	45	Camosciata	45	2,05	3,67	54,1	A
CO2	LC	50	Saanen	50	2,48	3,08	43,3	M
PV1	PV	69	Camosciata	69	4,88	3,53	34,3	B
PV2	PV	49	Camosciata	49	2,80	3,46	40,7	M
VA1	VA	61	Camosciata	60	3,36	3,07	31,0	B
VA2	VA	21	Saanen	21	2,38	3,29	42,2	M
TOT		445						
MEDIA		49,4			3,10	3,31	40,9	

¹: Produzione latte individuale calcolata sulla lattazione effettiva.

²: Qualifica livello urea nel latte: A = alto; M = medio; B = basso.

Il livello medio di urea nel latte di massa per la lattazione di riferimento del 2009 è stato pari a $40,9 \pm 5,2$ mg/dL. Rispetto a tale parametro le aziende monitorate sono state suddivise in tre livelli: basso (B), con urea < 35; medio (M), con urea compresa tra 35 e 45; alto (A), con urea > 45 mg/dL (Tabella 4.2.1).

La media del livello di urea nel latte di massa delle aziende coinvolte nel progetto risultava simile al dato medio regionale per gli anni precedenti riportato da Stradiotto e Zanatta (2008) ma superiore, in otto delle nove aziende, agli intervalli di valore (28-32) suggeriti come ottimali da Brun-Bellut et al. (1983; 1984, 1991).

4.2.2. Raccolta dati e analisi

4.2.2.1. Produzione e qualità del latte individuale dei Controlli Funzionali

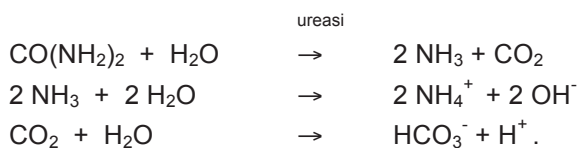
I dati relativi alla produzione quantitativa e alla qualità del latte (grasso, proteina grezza, lattosio e cellule somatiche) sono stati ricavati dai CCFF effettuati nel corso dell'intera lattazione nei due anni di progetto. In particolare, il dato della produzione latte misurato in litri è stato trasformato in kg considerando un peso specifico del latte medio pari a 1,029 kg/L. Tutti i parametri qualitativi sono stati determinati dal Laboratorio Latte dell'ARAL di Crema. In particolare, i tenori in grasso, proteina e lattosio sono stati determinati mediante analisi rapida all'infrarosso con lo strumento FOSS Milkoscan FT 6000 (norma di riferimento FIL IDF 141C:2000); per la determinazione del contenuto in cellule somatiche è stata invece impiegata l'apparecchiatura FOSS Fossomatic FC (norma di riferimento UNI EN ISO 13666-2:2007).

4.2.2.2. Determinazione del contenuto in urea del latte individuale

Per quanto riguarda la determinazione del contenuto in urea del latte individuale (non contemplata dai CCFF) si è ritenuto opportuno non avvalersi del metodo rapido all'infrarosso ma utilizzare il metodo della pH-metria differenziale (Luzzana e Giardini, 1999), più preciso e accurato. Tale analisi è stata effettuata sui medesimi campioni individuali di latte raccolti durante i CCFF utilizzando lo strumento EFA 2000 (HAMILTON EUROCHEM; norma di riferimento ISO 14637:2004/IDF 195:2004).

Tale metodo, come esemplificato nella catena di reazioni sotto riportate, è basato sul principio che l'aggiunta di enzima ureasi in campioni di latte determina la scissione dell'urea in ammoniaca (NH₃) e anidride carbonica (CO₂). A pH 6,7 (pH caratteristico del latte) l'ammoniaca idrolizza rilasciando ioni idrossido (OH⁻) mentre l'anidride carbonica idrolizza liberando ioni idrogeno (H⁺) che neutralizzano solo

parzialmente gli ioni idrossido rilasciati dall'ammoniaca. Questo comporta una variazione del pH del latte, strettamente correlata al tenore di urea dello stesso (Luzzana e Giardini, 1999; ISO e IDF, 2004), e dalla quale è possibile determinare il tenore di urea.



4.2.2.3. Visite aziendali

Come previsto dal progetto, per ciascun anno, ogni azienda è stata interessata da molteplici visite aziendali in corrispondenza dei momenti caratteristici del periodo di lattazione. In linea di massima, in ogni azienda sono state svolte quattro visite secondo lo schema seguente:

- inizio lattazione (febbraio-marzo);
- fase seguente al picco di lattazione (aprile-maggio);
- fase di lattazione decrescente (giugno-luglio);
- fine lattazione (settembre-ottobre).

Nel corso di ogni visita aziendale sono stati fatti rilievi sui capi in lattazione e sul razionamento praticato in azienda prelevando campioni degli alimenti somministrati.

Per la successiva fase di elaborazione, i dati rilevati nel corso di ogni singola visita aziendale sono stati riferiti ai dati del Controllo Funzionale più prossimo (entro le tre settimane) in termini di data di esecuzione.

Per l'azienda VA1 è stato possibile svolgere solamente tre visite nel corso del primo anno, a causa della cessazione dell'attività. La totale mancanza di dati nel secondo anno d'indagine ci ha indotti a eliminare completamente quest'azienda dall'elaborazione complessiva dei dati.

Nel corso di ognuna delle visite aziendali, per tutti i capi in lattazione, si è proceduto alla determinazione del peso vivo (PV) tramite pesata individuale degli animali e alla valutazione della condizione corporea (BCS, *Body Condition Score*), quest'ultima effettuata da parte del tecnico specialista SATA, al fine di stimare le dinamiche di mobilitazione/ricostituzione delle riserve corporee (soprattutto adipose).

Per monitorare il razionamento nel modo più preciso e dettagliato possibile, a ogni visita è stata compilata una scheda, con la collaborazione dell'allevatore e del tecnico specialista SATA. Tutti gli alimenti costituenti della razione sono stati rilevati e campionati per essere sottoposti alle successive analisi. Per gli alimenti concentrati è stata rilevata la quantità di ciascuno distribuita giornalmente per singolo capo. Per la quota foraggera, essendo questa solitamente distribuita *ad libitum*, è stata rilevata quale fosse - in linea di massima - la percentuale di ogni singolo foraggio sulla quantità complessiva di foraggi distribuita giornalmente.

Tutti gli alimenti campionati, sono stati macinati con un mulino a martelli con un vaglio di 1 Ø mm (FRITSH Pulverisette 19, Germania) per le successive analisi NIRS (Near Infra-Red Spettroscopy, Spettroscopia nel vicino infrarosso), chimiche e biologiche come descritto in seguito.

4.2.2.4. Analisi degli alimenti

La composizione chimica degli alimenti (proteina grezza, estratto etereo, ceneri, fibra grezza, NDF, ADF, amido) è stata determinata mediante metodica NIRS (Foss NIRSystem 5000, FOSS, Danimarca), presso il laboratorio di analisi agroalimentare dell'ARAL.

Per le tipologie di alimento per cui non era disponibile un'equazione di predizione, si è operato nel seguente modo: per gli alimenti inclusi nella razione in quantità inferiore al 10% sul totale, è stato determinato solo il contenuto in N totale secondo il metodo Kjeldahl (metodo 984.13; AOAC, 1995) mentre per tutti gli altri parametri si è fatto riferimento ai dati tabulati dall'INRA (Baumont et al., 2007b); diversamente, per gli alimenti inclusi nella razione in quantità superiore al 10% ma per i quali non fosse disponibile l'equazione di predizione per il NIRS, i parametri chimici sono stati tutti determinati con l'analisi bromatologica classica.

In ogni caso, data l'importanza del parametro proteina grezza, per tutti i campioni raccolti, il tenore di azoto è stato determinato chimicamente con il metodo Kjeldahl (AOAC, 1995).

Tutti gli alimenti campionati sono stati inoltre analizzati con tecnica *in vitro* per determinarne il valore energetico secondo il metodo del gas test in base alle indicazioni riportate da Menke e Steingass (1988). In particolare, il metodo proposto è basato sul principio che la quantità di gas prodotto, quando gli alimenti sono incubati *in vitro* per 24 h con liquido ruminale opportunamente diluito e tamponato, è strettamente correlata alla digeribilità e quindi al valore energetico degli alimenti stessi (Menke *et al.*, 1979; Menke e Steingass, 1988). Il fluido ruminale, utilizzato per le incubazioni degli alimenti raccolti, è stato prelevato da due bovine di razza frisona in asciutta e appositamente dotate di cannula ruminale. Il prelievo è stato sempre effettuato prima del pasto del mattino, così da ottenere materiale con composizione e attività costante. Ogni alimento è stato incubato in due diverse tornate di analisi con una durata di 24 h.

In base al volume di gas prodotto nella prova *in vitro* e ai principali parametri di composizione chimica, è stato possibile - per foraggi e concentrati - stimare la digeribilità della sostanza organica (dSO) e i contenuti in Energia Metabolizzabile (EM) e in Energia Netta Latte (EN_L). Le equazioni utilizzate sono qui di seguito riportate:

per gli alimenti concentrati:

$$\text{dSO (\%)} = 9,00 + 0,9991 \text{ GP} + 0,0595 \text{ PG} + 0,0181 \text{ CEN}$$

$$\text{ME (MJ/kg SS)} = 1,06 + 0,157 \text{ GP} + 0,0084 \text{ PG} + 0,022 \text{ EE} - 0,0081 \text{ CEN}$$

$$\text{NE}_L \text{ (MJ/kg SS)} = -0,36 + 0,1149 \text{ GP} + 0,0054 \text{ PG} + 0,0139 \text{ EE} - 0,0054 \text{ CEN};$$

per gli alimenti fibrosi:

$$\text{dSO (\%)} = 15,38 + 0,8453 \text{ GP} + 0,0595 \text{ PG} + 0,0675 \text{ CEN}$$

$$\text{ME (MJ/kg SS)} = 2,20 + 0,1357 \text{ GP} + 0,0057 \text{ PG} + 0,0002859 \text{ EE}^2$$

$$\text{NE}_L \text{ (MJ/kg SS)} = 0,54 + 0,0959 \text{ GP} + 0,0038 \text{ PG} + 0,0001733 \text{ EE}^2;$$

dove:

GP = produzione di gas, espressa in ml/200 mg SS, determinata dopo 24 h di incubazione;

PG = Proteina Grezza, espressa in g/kg SS;

CEN = Ceneri, espresse in g/kg SS;

EE = Estratto Etereo, espresso in g/kg SS.

Infine, dividendo il valore dell'Energia Netta Latte (EN_L) per una costante pari a 7,1128 è stato possibile calcolare il valore energetico espresso in Unità Foraggiere Latte (UFL/kg di SS): $\text{UFL} = \text{EN}_L / 7,1128$.

Su tutti i mangimi composti, inoltre, è stata determinata la degradabilità proteica teorica con il metodo *in vitro* proposto da Aufrere *et al.* (1989) al fine di stimare la degradabilità teorica (DT) per calcolare le PDIM (Proteina Digeribile nell'Intestino di origine Microbica) e le PDIA (Proteina Digeribile nell'Intestino di origine Alimentare), secondo quanto riportato nel paragrafo 4.3. Brevemente, tale analisi prevede che i campioni siano incubati con proteasi estratte da *Streptomyces griseus* ad una temperatura di circa 40°C per un tempo di 1 h. Al termine dell'incubazione i campioni sono filtrati e quindi centrifugati affinché sia determinato il contenuto in azoto su un'aliquota di surnatante per poter stimare la degradabilità teorica dell'azoto.

4.2.3. Stima dell'ingestione alimentare

Per i motivi su esposti, non è stato possibile quantificare con esattezza l'ingestione individuale. L'ingestione giornaliera individuale di sostanza secca (SSI, kg/capo/d) è stata quindi stimata in funzione del peso vivo e della produzione giornaliera di latte (corretta per il tenore in grasso e proteina vera - FPCM Latte Corretto al 3,5% di grasso e 3,1% di proteina vera) utilizzando la seguente equazione derivata dai dati tabulati da Sauvant *et al.* (2007):

$$\text{SSI (kg/d)} = 0,0165 \text{ PV (kg)} + 0,3214 \text{ FPCM (kg/d)} + 0,4233.$$

Tale valore è stato inoltre moltiplicato per un fattore di correzione che tenesse conto dello stadio di lattazione (indice lattazione, IL), come indicato dagli autori francesi (Sauvant *et al.*, 2007):

$$\text{IL} = 0,5 + [0,5 (1 - \exp^{-0,6 \text{ settimane lattazione}})].$$

Per ogni azienda e per ogni visita aziendale è stata quindi calcolata l'ingestione individuale media. In funzione di questi due valori (ingestione di SS individuale e media aziendale), per ogni capo in lattazione è stato calcolato l'indice individuale quale rapporto tra l'ingestione di SS individuale e quella media aziendale. La stima dell'ingestione individuale di alimenti concentrati è stata calcolata moltiplicando il quantitativo medio per capo di concentrato distribuito per il numero indice di ciascun capo. Tale sistema di calcolo si è basato sul presupposto che gli alimenti concentrati distribuiti con la razione fossero ingeriti dalle capre senza alcun avanzo e in modo proporzionale alla loro ingestione totale di sostanza secca.

La stima dell'ingestione individuale di SS da foraggi è stata ottenuta semplicemente sottraendo all'ingestione di SS individuale totale quella derivante dagli alimenti concentrati.

Infine, è stato possibile stimare la SS ingerita di ogni singolo foraggio in base alla ripartizione percentuale tra i vari foraggi segnalata in sede di intervista da tecnici specialisti e allevatore.

4.2.4. Stima degli apporti, dei fabbisogni e del bilancio di PDI e UFL

Per ogni capo in lattazione sono stati calcolati gli apporti giornalieri di PDI (Proteine Digeribili nell'Intestino) (g/d) e di UFL (Unità Foraggiere Latte) (UFL/d) con le razioni somministrate in funzione della quantità ingerita di ogni singolo alimento incluso nella razione e della loro concentrazione in PDI e UFL. Il valore proteico (PDI) degli alimenti è stato stimato secondo le equazioni proposte dai ricercatori francesi per il modello INRA (Baumont et al., 2007) (paragrafo 4.3); il valore energetico (UFL) è stato invece determinato mediante l'analisi biologica in vitro secondo il metodo del gas test (Menke e Staingass, 1988).

Sempre utilizzando le equazioni di stima del modello INRA (Sauvant et al., 2007) è stato quindi calcolato il fabbisogno individuale giornaliero di PDI e di UFL.

Per ciascun animale, infine, è stato calcolato il bilancio proteico ed energetico come differenza tra apporti e fabbisogni.

4.2.5. Studio della curva di lattazione

Utilizzando i dati di produzione e di qualità del latte individuale, ricavati dai Controlli Funzionali che hanno interessato tutti i capi in lattazione, è stato possibile valutare l'andamento della produzione di latte e dei parametri qualitativi nel corso della lattazione utilizzando il modello di Wood (1967), secondo la seguente equazione:

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

dove,

Y = variabile dipendente (produzione latte, kg/d; titolo percentuale lipidico e proteico; tenore in urea, mg/dl);

t = variabile indipendente (giorni di lattazione);

a = intercetta;

b = pendenza della curva precedente al picco;

c = pendenza della curva dopo il picco;

b/c = picco di lattazione, in giorni;

$a(b/c)^b e^{-c(b/c)}$ = valore della variabile dipendente in corrispondenza del picco.

4.3. Previsione del valore proteico degli alimenti per ruminanti secondo il sistema INRA

Il sistema delle PDI (Proteine Digeribili nell'Intestino) è un sistema di valutazione del valore azotato degli alimenti per ruminanti proposto dai ricercatori francesi dell'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) nel 1978, modificato nel 1988 e aggiornato, con l'ultima versione, nel 2007 (Baumont et al., 2007).

Il valore azotato dell'alimento viene determinato in base alle quote proteiche che giungono all'intestino (proteine alimentari non degradate nel rumine e proteine microbiche) e in base alle quantità di aminoacidi realmente assorbiti nell'intestino tenue.

Per ogni alimento il sistema prevede due valori paralleli:

- PDIN: rappresenta il valore di PDI quando l'alimento è incluso in una razione in cui l'azoto degradabile è il fattore limitante per la sintesi microbica;
- PDIE: rappresenta il valore di PDI di quando l'alimento è incluso in una razione in cui l'energia fermentescibile è il fattore limitante per la sintesi microbica.

I valori di PDIN e di PDIE sono ognuno la somma di due frazioni:

- PDIA: Proteina Digeribile nell'Intestino di origine Alimentare, proveniente direttamente dalle proteine alimentari non degradate nel rumine;
- PDIM: Proteina Digeribile nell'Intestino di origine Microbica, sintetizzata nel rumine.

Lo sviluppo della massa microbica presente nel rumine e la relativa sintesi di proteina microbica avvengono in funzione di due fattori principali: l'azoto degradabile e l'energia fermentescibile nel rumine. Le PDIM sono allora distinte in:

- PDIMN quando la produzione di proteina microbica è limitata dall'azoto degradabile;
- PDIME quando la produzione di proteina microbica è limitata dall'energia fermentescibile.

Di conseguenza, per ogni alimento, i valori di PDIE e PDIN sono calcolati come segue:

$$PDIN = PDIA + PDIMN$$

$$PDIE = PDIA + PDIME$$

Il valore effettivo di PDI di una razione è ottenuto eseguendo separatamente la somma delle PDIN e delle PDIE degli alimenti che la costituiscono e considerando come valore reale di PDI il più basso tra i due risultati.

Per il calcolo del valore in PDI è necessaria la conoscenza di quattro caratteristiche degli alimenti:

- Tenore in sostanze azotate totali o Proteine Grezze (PG);
- Degradabilità Teorica (DT) delle sostanze azotate nel rumine, misurata secondo le cinetiche di degradazione dell'azoto nel rumine (degradabilità in situ) con un tasso di passaggio delle particelle del 6% all'ora ($0 < DT < 1$). Dato che, secondo i ricercatori francesi, il valore di DT sovrastima la degradabilità reale della proteina degli alimenti, la quota proteica non degradata ($1 - DT$) è moltiplicata per il coefficiente 1,11;
- Digeribilità reale (dr) nell'intestino degli aminoacidi delle proteine alimentari non degradate nel rumine ($0 < dr < 1$);
- Tenore in Sostanza Organica Digeribile (SOD) (g/kg SS) da cui si calcola il tenore in Sostanza Organica Fermentescibile (SOF) (g/kg SS). Riguardo la previsione dei valori di DT e dr dei foraggi la versione INRA 1988 stabiliva dei valori fissi per le principali categorie di foraggi (foraggi verdi, differenti tipi di insilato, fieni). Per la dr distingueva anche tra graminacee e leguminose. La versione INRA 2007 stabilisce, invece, differenti equazioni di previsione di DT in funzione del tenore in PG del foraggio, in conformità a effetti fissi quali la famiglia botanica, lo stadio e il ciclo di vegetazione, il metodo di conservazione del

foraggio. Per le equazioni di stima della DT dei foraggi si rimanda alla tabella in appendice 4.3.1.

L'equazione di base per la stima della dr per i foraggi è la seguente:

$$dr = 100 \times (PIA - PANDI) / PIA$$

dove PIA = stima delle Proteine Alimentari Indegradate nel rumine che arrivano all'intestino; PANDI = stima delle Proteine Alimentari Non Digerite nell'Intestino, secondo l'equazione riportata nella tabella in appendice 4.3.1.

Per i foraggi elencati nel Riquadro 2 vengono utilizzati valori fissi di DT e di dr.

Per le materie prime e gli alimenti concentrati composti il modello INRA (2007) propone delle equazioni di previsione della DT e dei valori di PDI a partire dalla degradabilità ottenuta con metodo enzimatico (DE1 = Degradabilità Enzimatica, metodo di Aufrère et al., 1989) riportate nella tabella in appendice 4.3.3.

La SOD è calcolata moltiplicando il contenuto di Sostanza Organica (SO, g/kg SS) per il coefficiente di digeribilità della Sostanza Organica (dSO, %). Il modello INRA (2007) propone delle equazioni di stima della dSO in funzione dei costituenti chimici dei foraggi e degli alimenti, come riportato nella tabella in appendice 4.3.4.

Le equazioni che sono state utilizzate, secondo quanto proposto dal modello INRA (2007), per il calcolo delle PDI (g/kg SS) sono le seguenti:

- $PDIA = PG \times [1,11 (1 - DT)] \times 1,0 \times dr$

dove:

PDIA = PDI di origine Alimentare;

PG = sostanze azotate totali o Proteine Grezze;

1,11 = coefficiente correttivo della DT;

(1- DT) = quota proteica by-pass;

1,0 = proporzione di azoto amminoacido presente nelle proteine alimentari;

dr = coefficiente di digeribilità reale delle proteine non degradate nel rumine.

- $PDIMN = PG \times [1 - 1,11 (1 - DT)] \times 0,9 \times 0,8 \times 0,8$

dove:

PDIMN = PDI di origine Microbica, fattore limitante N degradabile;

$[1 - 1,11 (1 - DT)]$ = quota proteica alimentare degradabile nel rumine;

0,9 = coefficiente di captazione dell'azoto alimentare degradabile da parte dei microrganismi ruminali;

0,8 = proporzione di azoto amminoacido presente nella proteina batterica;

0,8 = coefficiente di digeribilità intestinale della proteina batterica.

- $PDIME = SOF \times 0,145 \times 0,8 \times 0,8$

dove:

PDIME = PDI di origine Microbica, fattore limitante Energia fermentescibile;

SOF = SOD - (PG non degradabili + estratto etereo + prodotti della fermentazione degli insilati);

0,145 = coefficiente per il calcolo della quantità di proteina microbica sintetizzata e fissata in 145 g/kg di SOF;

0,8 = proporzione di azoto amminoacido presente nella proteina batterica;

0,8 = coefficiente di digeribilità intestinale della proteina batterica.

Inoltre, è importante rilevare che, secondo il sistema INRA (Baumont *et al.* 2007), il tenore in SOF deve essere opportunamente ridotto per le materie prime contenenti più del 10% di amido per tener conto della frazione di amido che non subisce la fermentazione nel rumine; in particolare, per mais, sorgo e riso, si utilizza un coefficiente moltiplicativo di 0,6; per pisello, fava, polpe di patate, patate, farinaccio di riso, farina di germe di mais, crusca di mais e manioca, il coefficiente è pari a 0,8; per tutti i restanti alimenti con tenore di amido superiore al 10% il coefficiente utilizzato è 0,95.

Appendice 4.3.

Tabella 4.3.1: Equazioni utilizzate per stimare la DT (%) e la dr (%) dei foraggi in funzione del tenore in proteine grezze (PG, g/kg SS), del tenore in SS (%) per gli insilati, e delle caratteristiche dei foraggi (Baumont et al., 2007)

Stima dei valori di DT	Equazioni		
Foraggi verdi (FV)	$DT_{FV} = 51,2 + 0,14 PG_{FV} - 0,00017 PG^2_{FV} + \Delta_{FV}$		
Insilati e fieni: stima in funzione del valore del foraggio verde corrispondente			
- Insilati senza conservanti:	$DT = 46,5 + 0,56 DT_{FV} - 0,25 SS$		
- Insilati con conservanti:	$DT = 0,96 DT_{Insilato\ senza\ conservanti}$		
- Fieni:	$DT = 17,08 + 0,68 DT_{FV}$		
Insilati e fieni: stima in funzione della loro composizione			
- Insilati senza conservanti:	$DT = 73,7 + 0,088 PG + 0,00011 PG^2 - 0,25 SS + \Delta_{Insilato}$		
- Insilati con conservanti:	$DT = 0,96 DT_{Insilato\ senza\ conservanti}$		
- Fieni:	$DT = 50,8 + 0,12 PG - 0,00018 PG^2 + \Delta_{Fieno}$		
Valori di Δ	Δ_{FV}	$\Delta_{Insilato}$	Δ_{Fieno}
- Graminacee 1° ciclo	8,8	4,9	6,2
- Graminacee altri cicli 4,6	2,5	3,2	
- Leguminose	6,8	4,2	5,0
- Prati permanenti 1° ciclo	4,4	2,5	1,9
- Prati permanenti altri cicli	0,0	0,0	0,0
Stima dei valori di dr			
$dr = 100 \times [1,11 \times (1-DT/100) \times PG - PANDI] / [1,11 \times (1-DT/100) \times PG]$			
con $PANDI = 7,9 + 0,08 PG - 0,00033 PG^2 + \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3$			
$\Delta_1 = -1,9$ al 1° ciclo, 0 per gli altri cicli			
$\Delta_2 = -2,3$ per le graminacee e i prati permanenti, 0 per le leguminose			
$\Delta_3 = -2,0$ per i foraggi verdi, zero per i foraggi conservati			

Tabella 4.3.2: Valori di DT e di dr per gli altri foraggi (Baumont et al., 2007)

Foraggi	DT	d _r
Paglie, stocchi, spate	60	70
Insilati		
- Mais pianta intera	72	70
- Stocchi di mais	78	60
- Spiga di mais	55	90
- Grano immaturo	72	70
- Orzo immaturo	72	70
- Fava con conservanti	70	55
- Piselli con conservanti	70	60
- Girasole senza conservanti	70	70
- Cavolo senza conservanti	70	65
Barbabietole, Indivia, Rape	85	65
Carote	85	60
Manioca	75	95
Patate	65	60
Rutabaga e topinambour	85	95
Polpe di barbabietola insilate	60	65
Foglie e colletti di barbabietola	75	70
Polpe di patate	65	95

Tabella 4.3.3: Equazioni di previsione della DT (%) e dei valori in PDI (g/kg) delle materie prime e degli alimenti concentrati composti, a partire dai valori di degradabilità enzimatica DE1 (%) (metodo di Aufrère et al., 1989)

Materie prime	
DT = 0,36 DE1 + 47,9 + Δ	Δ
- Mais - farina di glutine di Mais	-18,5
- Farina di estrazione di colza o soia trattate con tannini	-16,6
- Farina di estrazione di colza trattata	-8,5
- Polpe di bietola - Buccette di soia e di colza	-4,2
- Medica disidratata	+2,6
- Farina di estrazione di soia – Farina di estrazione di seme di arachidi	+3,6
- Fava o lupino estrusi	+5,7
- Farina di estrazione di girasole	+8,5
- Cereali (escl. Mais) - Crusca - Semola glutinata di mais	+11,0
- Farina di estrazione di colza	+14,5
- Pisello proteico - Lupino - Fava - Granella di soia	+15,4
Materie prime non comprese nelle classi sopra riportate	
DT = 1,48 DE1 – 0,0076 DE1 ² + 21,1	
PDIA = 0,359 + MANDE1 + 0,00060 MANDE1 ²	
PDIN = 0,576 PG + 0,0087 MANDE1 + 0,00028 MANDE1 ²	
PDIE = 70,4 + 0,285 MANDE1 + 0,00063 MANDE1 ²	
PDIE = 0,321 MANDE1 + 0,00056 MANDE1 ² + 0,088 SOD	
PDIE = 20,9 + 0,291 MANDE1 + 0,00060 MANDE1 ² + 0,069 SOD – 0,90 EE	
Alimenti concentrati composti	
DT = 0,87 + 34,5	
PDIA = – 0,211 PG + 0,84 MANDE1	
PDIN = 0,507PG + 0,278 MANDE1	
PDIE = 67,1 – 0,220 PG + 0,802 MANDE1	
PDIE = – 0,199 PG + 0,766 MANDE1 + 0,090 SOD	
PDIE = – 0,190 PG + 0,751 MANDE1 + 0,96 SOD – 0,13 EE	
dove, MANDE1 = PG (1 – DE1/100).	

Tabella 4.3.4.: Equazioni di previsione della digeribilità della Sostanza Organica (dSO, %) a partire dai costituenti chimici dei foraggi e degli alimenti (FG, PG, ADF, NDF in g/kg SS; FGo, PGo, ADLo, ADLo in g/kg di SO) (Baumont et al., 2007)

Tipi di alimento	Equazioni di stima	R ²	DSR
Foraggi verdi			
- Prati permanenti	dSO = 90,1 - 0,095 FG + 0,044 PG	0,73	3,1
	dSO = 99,0 - 0,115 ADF + 0,043 PG	0,73	3,0
- Graminacee	dSO = 90,8 - 0,091 FG + 0,035 PG	0,60	4,0
	dSO = 94,3 - 0,094 ADF + 0,033 PG	0,63	3,8
- Leguminose	dSO = 95,5 - 0,101 FG	0,71	3,5
	dSO = 114,5 - 0,152 ADF	0,65	3,9
- Mais (anche insilato)	dSO = 79,4 - 0,059 FGo + 0,065 PGo	0,40	2,0
Insilati			
- Prati permanenti	dSO = 105,1 - 0,123 FG	0,67	2,5
	dSO = 116,5 - 0,148 ADF	0,67	2,5
- Graminacee	dSO = 114,5 - 0,153 FG	0,52	3,8
	dSO = 123,6 - 0,169 ADF	0,62	3,4
- Leguminose	dSO = 96,2 - 0,102 FG	0,78	1,8
	dSO = 134,2 - 0,211 ADF	0,79	1,8
Fieni			
- Prati permanenti	dSO = 56,5 - 0,022 FG + 0,104 PG	0,74	2,6
	dSO = 58,5 - 0,026 ADF + 0,104 PG	0,74	2,6
- Graminacee	dSO = 93,2 - 0,104 FG + 0,025 PG	0,64	3,1
	dSO = 104,9 - 0,127 ADF + 0,014 PG	0,72	2,7
- Leguminose	dSO = 78,9 - 0,059 FG	0,71	2,2
	dSO = 98,5 - 0,114 ADF	0,78	1,9
Foraggi disidratati			
- Graminacee	dSO = 74,1 - 0,1364 (ADF - 298,3)	0,64	3,6
- Erba medica	dSO = 65,9 - 0,0919 (ADF - 298,3)		
Cereali e relativi sottoprodotti	dSO = 95,8 - 0,191 + Δ	0,86	3,7
Δ = - 2,54 tutti, ad esclusione dei sottoprodotti del mais			
Δ = + 2,54 sottoprodotti del mais			
Farine d'estrazione di colza, girasole, cotone, cocco e palmisto, e semi di cotone	dSO = 97,51 - 0,1498 FG	0,62	6,5
Farine d'estrazione di arachide e soia e granelle di leguminose	dSO = 87,75 - 0,0314 FG + Δ	0,55	3,8
Δ = - 4,36 granelle soia			
Δ = - 1,86 pannello di arachide			
Δ = + 6,22 farina d'estrazione di soia			
Polpe di bietola	dSO = 87,2 - 0,0951 (FG - 163,9)	0,74	2,0
Pastazzo d'agrumi	dSO = 84,1 - 0,1374 (FG - 163,9)		
Manioca, melassi, vinacce e patate	dSO = 97,81 - 0,112 NDF	0,96	2,6
Alimenti concentrati composti	dSO = 87,9 - 0,258 ADLo	0,66	2,8
	dSO = 88,2 - 0,0031 ADLo - 0,253 ADLo	0,66	2,8

4.4. Previsione del valore energetico degli alimenti per ruminanti secondo il sistema INRA

Il contenuto in energia netta degli alimenti destinati ai ruminanti in produzione latte viene espresso, secondo il sistema elaborato dai ricercatori francesi (INRA), in termini di Unità Foraggiere Latte (UFL).

Ogni UFL corrisponde a 1700 kcal di Energia Netta per la produzione di latte (ENL), pari a quella contenuta in 1 kg di orzo di riferimento (870 g di sostanza secca, 2700 kcal di energia metabolizzabile).

Pertanto l'equazione di base per il calcolo del valore energetico degli alimenti è la seguente:

- $UFL = ENL/1700$,

dove:

ENL= Energia Netta per la produzione latte (ENL) contenuta nell'alimento (kcal/kg);

1700 = Energia Netta per la produzione di latte contenuta in 1 kg di orzo standard (kcal/kg).

A partire dalla composizione chimica dell'alimento, attraverso le diverse equazioni del sistema INRA (Baumont *et al.*, 2007), è possibile stimare l'Energia Lorda in esso contenuta e calcolarne il valore di Energia Digeribile (ED), Energia Metabolizzabile (EM) ed Energia Netta latte (ENL), tenendo conto delle perdite energetiche sotto forma rispettivamente di feci, urine, gas metano (CH₄) e calore.

Nello specifico, l'Energia Lorda di un alimento è stimata con equazioni che includono alcune caratteristiche chimiche compositive dello stesso e fattori fissi quali, nel caso dei foraggi, la famiglia botanica e le modalità di conservazione (tabella 4.4.1).

L'Energia Metabolizzabile (EM) è calcolata in funzione del contenuto in Energia Digeribile ($EM = EL \times dE$) e dal rapporto EM/ED necessario a tener conto delle perdite energetiche dovute ai gas di fermentazione (CH₄) e alle urine:

- $EM = EL \times dE \times (EM/ED)$,

dove:

EL, ED, EM sono espresse in kcal/kg;

dE = coefficiente di digeribilità dell'energia ($0 < dE < 1$).

La dE (%) dei foraggi è calcolata in funzione della dSO (%) - per la quale è già stata descritta nel precedente capitolo la modalità di calcolo (tabella 4.3.4) - con equazioni che tengono conto del tipo di foraggio e delle modalità di conservazione. Per i concentrati la dE (%) è stimata in funzione della dSO (%) e della composizione chimica (tabella 4.4.2).

Il rapporto tra EM ed ED (EM/ED) varia in funzione della composizione chimica dell'alimento e del livello alimentare (LA):

- $EM/ED = (84,17 - 0,0099 \times FGo - 0,0196 \times PGo + 2,21 \times LA) / 100$

dove:

FGo = tenore in fibra grezza dell'alimento, espresso in g/kg di Sostanza Organica;

PGo = tenore in proteina grezza dell'alimento, espresso in g/kg di Sostanza Organica.

Baumont *et al.* (2007) riportano il valore medio di LA da prendere in considerazione per le diverse categorie di alimenti. In particolare, si considerano i seguenti LA: 1,7 per i foraggi verdi, 1,5 per gli insilati d'erba, 1,2 per la pianta intera di mais verde o insilata, 1,35 per i fieni, 0,75 per la paglia e, infine, 1 per gli alimenti concentrati.

Sono inoltre riportate le relazioni tra FG, NDF e ADF che consentono, a partire dal valore di NDF o ADF dei foraggi, di stimare il relativo tenore di FG (tabella 4.4.3).

L'efficienza di conversione dell'Energia Metabolizzabile in Energia Netta per la produzione di latte ($k_1 = ENL/EM$) è calcolata in funzione del rapporto tra il contenuto di Energia Metabolizzabile e il contenuto di Energia Lorda ($q = EM/EL$).

L'equazione per la stima del k_l è la seguente:

- $k_l = 0,60 + 0,24 \times (q - 0,57)$

A questo punto è possibile calcolare l'Energia Netta disponibile per la produzione di latte:

- $ENL = EM \times k_l$

dove:

ENL e EM sono espresse in kcal/kg;

k_l = coefficiente di efficienza di utilizzazione dell'energia metabolizzabile (EM) per la produzione di latte ($0 < k_l < 1$).

Appendice 4.4.

Tabella 4.4.1. Equazioni utilizzate per calcolare il contenuto in energia lorda (EL, kcal/kg SO) degli alimenti in funzione dei loro costituenti chimici (g/kg SO) (Baumont et al., 2007).

Tipi di alimento	Equazioni di stima	R ²	DSR
Foraggi verdi e fieni - Graminacee, prati permanenti, leguminose e cereali immaturi	EL = 4531 + 1,735 PG + Δ Δ = -71 foraggi verdi di graminacee Δ = -11 foraggi verdi di trifoglio violetto, di sulla, di prati permanenti di montagna; fieni di prati avvicendati; cereali immaturi freschi Δ = +82 foraggi verdi di erba medica e di prati permanenti di pianura; fieni di prati permanenti di pianura e di montagna	0,89	38
Foraggi verdi di - Sorgo	EL = 4478 + 1,265 PG	0,81	37
- Mais	EL = 4487 + 2,019 PG	0,33	25
Insilati d'erba - trinciati corti senza preappassimento	EL = 3910 + 2,45 PG + 169,6 pH	0,59	84
- preappassiti	EL = 1,03 EL verdi		
- fieno silo	EL = EL verdi		
Insilato di mais	EL = 1,02 EL verde, se SS < 30% EL = EL verde + 25, se SS > 30%		
Erba medica disidratata	EL = 4618 + 2,051 PG	0,41	64
Alimenti concentrati semplici	EL (kcal/kg SS) = 4134 + 1,473 PG (g/kg SS) + 5,239 EE (g/kg SS) + 0,925 FG (g/kg SS) - 4,44 CEN (g/kg SS) + Δ Δ = 308, glutine di mais Δ = 268, farina di sangue Δ = 249, concentrato proteico di medica Δ = 139, sottoprodotti di distilleria del frumento, semola di mais e riso Δ = 117, semi di colza, di lino, di cotone, farina di estrazione di cotone Δ = 74, avena sottoprodotti della molitura del frumento, semola glutinata di mais, farina di mais, sorgo Δ = 45, erba disidratata, paglia Δ = 36, orzo Δ = -43, farina di carne e ossa Δ = -45, f. e. di lino, pannello di semi di palma, semi di soia, f. e. di soia, semi di girasole, f. e. di girasole Δ = -55, manioca Δ = -86, fava, lupino, pisello Δ = -102, polpe di bietola, melasso, vinacce, polpe di patate Δ = -177, siero di latte Δ = -232, buccette di soia Δ = 0, per tutti gli altri alimenti non elencati, con l'eccezione dell'amido di mais e delle trebbie di birra		
Amido di mais e trebbie di birra	EL (kcal/kg SS) = 5,49 PG (g/kg SS) + 9,30 EE (g/kg SS) + 4,16 Amido (g/kg SS) + 3,96 Zuccheri (g/kg SS) + 4,50 NDF (g/kg SS) + 4,24 (SO-PG-EE-Amido-Zucc.-NDF) (g/kg SS)		
Alimenti concentrati composti	EL = 5,7 PG + 9,57 EE + 4,24 (SO - PG - EE).	0,83	67

Tabella 4.4.2. Equazioni di stima per il calcolo della digeribilità dell'energia (dE, %) in funzione della digeribilità della sostanza organica (dSO, %) e, per gli alimenti concentrati, anche dalla composizione chimica (g/kg SS) (Baumont et al., 2007).

Tipi di alimento	Equazioni di stima	R ²	DSR
Foraggi verdi			
- Graminacee e leguminose	dE = 0,957 dSO - 0,068	0,99	0,6
- Mais	dE = 0,997 dSO - 2,35	0,996	0,2
Insilati			
- Graminacee e leguminose	dE = 1,0263 dSO - 5,723	0,98	0,8
- Mais	dE = 1,001 dSO - 2,86	0,96	0,7
Fieni e fieno-silo			
- Graminacee e leguminose	dE = 0,985 dSO - 2,556	0,97	0,6
Paglia	dE = 0,985 dSO - 2,949	0,99	0,8
Erba medica disidratata	dE = 1,003 dSO - 3,00	0,97	0,9
Alimenti concentrati	dE = dSO - 3,94 + 0,0104 PG + 0,0149 EE + 0,0022 NDF - 0,0244 CEN	0,46	1,5
	dE = dSO - 3,50 + 0,0046 PG + 0,0155 EE	0,24	1,8
	dE = dSO - 2,90 + 0,0051 PG	0,46	1,5

Tabella 4.4.3. Relazioni tra le frazioni fibrose NDF e ADF e la fibra grezza (FG) dei foraggi verdi. Tutti i dati sono espressi in g/kg SS. Fatta eccezione per il mais, tutte le altre equazioni di regressione derivano dai dati delle tabelle INRA (Baumont et al., 2007).

Tipi di alimento	Equazioni di stima	R ²	DSR
- Prati permanenti	NDF = 0,90 FG + 306	0,96	9,9
	ADF = 0,83 FG + 76	0,99	4,0
	FG = 1,19 ADF - 88	0,99	4,8
- Graminacee foraggere	NDF = 1,14 FG + 260	0,88	17,1
	ADF = 0,95 FG + 40	0,93	10,8
	FG = 0,98 ADF - 19	0,93	11,0
- Leguminose (medica e trifoglio violetto)	NDF = 0,575 FG + 320	0,92	9,3
	ADF = 0,579 FG + 147	0,91	9,6
	FG = 1,572 ADF - 209	0,91	15,8
- Mais foraggero	NDF = 1,30 FG + 201	0,73	18,1
	ADF = 1,06 FG + 8,2	0,92	7,1
	FG = 0,87 ADF + 9,5	0,92	6,4
- Altri cereali foraggeri	NDF = 1,24 FG + 228	0,98	9,6
	ADF = 0,97 FG + 55	0,98	7,1
	FG = 1,01 ADF - 50	0,98	7,3

Le relazioni tra ADF e FG sono applicabili per tutti i modi di conservazione del foraggio.

La relazione tra NDF e FG deve essere invece modificata per gli insilati di prati permanenti, di graminacee e di leguminose, diminuendo il coefficiente angolare della retta di regressione di 0,13, nel caso dell'insilamento diretto, di 0,05 nel caso di insilati pre-appassiti o fieno-sili. Per i fieni, invece, il coefficiente angolare della retta di regressione della relazione tra NDF e FG deve essere aumentato di 0,07.

4.5. Stima dei fabbisogni proteici della capra da latte secondo il sistema INRA

Per stimare i fabbisogni proteici giornalieri delle capre, espressi in termini di PDI (g/d), ci si è avvalsi delle indicazioni del sistema INRA.

Il fabbisogno totale giornaliero di PDI è pari alla somma dei fabbisogni per il mantenimento, per la produzione lattea, per la gestazione e per la ricostituzione delle riserve corporee e per l'accrescimento. Per il calcolo di tali fabbisogni sono state utilizzate le seguenti equazioni, derivate da quanto riportato dai ricercatori francesi (Sauvant et al., 2007).

- Mantenimento: $PDI = 12,8 + 0,62 PV$

dove:

PV = peso vivo dell'animale (kg).

Ad esempio, per una capra di 60 kg di PV, il fabbisogno giornaliero di mantenimento sarà pari a 50 g PDI.

- Produzione di latte: $PDI = \text{Latte} \times TP \times 0,69$

dove:

Latte = produzione lattea giornaliera (kg);

TP = tasso proteico del latte (proteina vera) (g/kg);

0,69 = efficienza di utilizzazione delle PDI per la produzione di proteina vera del latte.

Ne consegue che è necessario un apporto di 45 g di PDI per produrre 1 kg di latte con un tenore in proteina vera di 31 g/kg.

A questo riguardo, va evidenziato che la versione del sistema INRA del 1988, prevedeva un tasso di utilizzazione delle PDI per la produzione di proteina vera del latte pari a 0,64. L'aumento del valore di efficienza (dal 64 al 69%) è giustificata dai ricercatori francesi, dal fatto che la popolazione caprina attuale francese presenta livelli di proteina del latte mediamente elevati, connessi a una maggiore presenza di caseina alfa-s1, e che tali soggetti sembrerebbero essere più efficienti nel trasformare le PDI assorbite in proteina vera del latte. Inoltre, l'attuale sistema INRA (Sauvant et al., 2007), per calcolare il fabbisogno di PDI (g/d) per la produzione, indica semplicemente di moltiplicare i kg di latte per 45, senza tenere conto del tasso di proteina. E' chiaro che si tratta di una semplificazione che, nella pratica, può essere utilmente seguita. Nello specifico, nell'elaborazione dei dati del presente progetto abbiamo ritenuto opportuno considerare sempre il reale tenore in proteina vera del latte. Nei casi in cui fosse nota solo la proteina grezza - somma di proteina vera e azoto non proteico (NPN) - per calcolare la proteina vera è stato stimato l'NPN in funzione del contenuto in urea del latte secondo l'equazione:

$$NPN (\% N \text{ tot}) = 0,247 \text{ Urea (mg/dL)} + 3,637$$

Quindi, la proteina vera è stata calcolata sottraendo al valore di proteina grezza del latte quello di NPN. Nel caso in cui sia noto esclusivamente il dato della proteina grezza, è possibile stimare la proteina vera con buona approssimazione, moltiplicando la PG per un coefficiente pari a 0,9, considerando quindi un tenore medio di NPN del 10%.

Per quel che riguarda il valore di efficienza di utilizzazione delle PDI, nell'elaborazione dei dati delle prove di bilancio individuale è stato utilizzato il valore 0,64, poiché realizzate su animali con un presumibile basso tenore in caseina alfa-s1. Al contrario, nell'elaborazione dei dati raccolti nelle aziende negli anni 2010 e 2011, è stato impiegato il coefficiente 0,69 poiché un'elevata percentuale di soggetti è risultata caratterizzata dalla presenza di alleli forti per il gene che codifica per la caseina alfa-s1.

Terminato questo lungo inciso, esaminando gli altri fattori di cui tenere conto per la stima dei fabbisogni in PDI, i ricercatori francesi raccomandano per i soggetti in gravidanza di moltiplicare il fabbisogno di mantenimento in PDI per 1,6 e per 2,2, rispettivamente per il 4° e 5° mese di gravidanza, per tener conto degli accresciuti fabbisogni uterini.

I ricercatori francesi ritengono tollerabile, nelle prime fasi di lattazione, un certo deficit di PDI rispetto ai fabbisogni stimati. Tale deficit non deve essere superiore ai 80-90 g/d di PDI durante la prima settimana di lattazione e ai 20-30 g/d di PDI durante la seconda settimana di lattazione. Dalla terza settimana di lattazione i fabbisogni dovrebbero essere soddisfatti in toto.

Dal momento in cui riprende la ricostituzione delle riserve precedentemente mobilitate, cosa che normalmente avviene già nel corso del secondo mese di lattazione, i ricercatori francesi suggeriscono di aggiungere 13 g/d e 4 g/d di PDI rispettivamente per le primipare e per le pluripare, per tener conto delle necessità legate alla ricostituzione delle riserve e dell'accrescimento corporeo.

4.6. Stima dei fabbisogni energetici della capra da latte secondo il sistema INRA

Il fabbisogno energetico totale di una capra è costituito dalla somma dei fabbisogni per il mantenimento, per la produzione di latte, per la deposizione (o mobilitazione - in tal caso con segno negativo) di tessuti corporei, per la gravidanza e per gli spostamenti di una certa entità dovuti al pascolamento. Tale fabbisogno giornaliero complessivo è espresso dal sistema francese in termini di Unità Foraggiare Latte (UFL/d).

La scomposizione del fabbisogno totale nelle sue diverse parti, derivata da quanto riportato da Sauvant et al. (2007), è qui di seguito riportata:

- 1) Fabbisogno per il Mantenimento (UFL/d) = $0,01 \text{ PV (kg)} + 0,19$.
- 2) Fabbisogno per la Produzione di 1 kg latte standard (PL 35) (al 3,5% in grasso, al 3,1% in proteine e 4,3% in lattosio) = $676,5 \text{ kcal ENL} = 0,40 \text{ UFL}$.

Il latte standard (PL 35) può essere calcolato in funzione del titolo lipidico:

$$\text{PL 35 (kg) = latte (0,1875 GR + 0,34375),}$$

oppure in base ai titoli lipidico e proteico:

$$\text{PL 35 (kg) = latte (0,1375 GR + 0,0825 PR + 0,263),}$$

dove, il latte è espresso in kg e grasso e proteina vera sono espressi in percentuale.

Analogamente, la spesa energetica legata alla produzione di latte può essere calcolata in modo diretto con le seguenti equazioni:

$$\text{Fabb. Produzione latte (UFL/d) = Latte [0,4 + 0,0075 (GR - 35)];}$$

oppure, se si conosce anche la proteina vera del latte:

$$\text{Fabb. Produzione latte (UFL/d) = Latte [0,4 + 0,0055 (GR - 35) + 0,0033 (PR - 31)].}$$

- 3) Fabbisogno per la deposizione / mobilitazione di tessuti corporei, per tenere conto delle modificazioni dei fabbisogni energetici dovuti alle variazioni ponderali e delle riserve corporee (mobilitazione, accumulo riserve lipidiche):
 - -3,7 UFL per ogni kg di perdita di PV (corrispondenti a 0,53 UFL/d apportate dalla perdita media di 1 kg/settimana);
 - +3,9 UFL per ogni kg di incremento di PV (corrispondenti a 0,16 UFL/d di costo energetico per il guadagno medio di PV registrato dai ricercatori INRA in fase di lattazione decrescente di 1,2 kg PV/mese).

Per le primipare bisogna tener conto di un fabbisogno supplementare per il completamento della crescita corporea durante la lattazione; l'incremento medio è di 1 kg di PV/mese (complessivamente 0,29 UFL/d).

- 4) I fabbisogni energetici di gravidanza diventano significativi a partire dal 4° mese di gravidanza. Per tenerne conto, i fabbisogni di mantenimento, calcolati per il 4° e 5° mese di gravidanza, vengono moltiplicati per 1,15 e 1,30.
- 5) Per le attività di spostamento al pascolo i ricercatori francesi prevedono aumenti medi del fabbisogno energetico di mantenimento dal 20-30% al 40-60% rispettivamente per il pascolo in zona piana o su terreno accidentato, oppure costi energetici medi di 0,03 UFL per ogni km di spostamento

orizzontale o di 0,022 e 0,010 UFL per ogni 100 m di spostamento verticale, rispettivamente in salita o in discesa.

Infine, per tener conto della diminuzione del valore energetico degli alimenti, legata agli elevati livelli d'ingestione e alle interazioni digestive dovute agli apporti di concentrati, i ricercatori francesi suggeriscono di aumentare i fabbisogni della seguente quantità di UFL:

- Correttivo per le interazioni digestive (UFL/d) = $2,5 \text{ PL } 35 / \text{PV}$,
dove PL 35 e PV sono espressi in kg.

5. I risultati ottenuti e le nuove conoscenze acquisite

5.1. Studio delle relazioni tra l'urea del latte e le caratteristiche compositive della dieta, la produzione latte e l'escrezione azotata

5.1.1. Urea del latte e proteina grezza della dieta

Il contenuto di urea nel latte è influenzato, in primo luogo, dai principi alimentari della dieta. Tra questi, quello certamente più rilevante è rappresentato dalla proteina grezza. In particolare, nella specie bovina, il contenuto di urea nel latte è positivamente correlato con il contenuto di PG della dieta (Broderick e Clayton, 1997; Nousiainen et al., 2004); similmente, anche nella specie ovina, all'aumentare del contenuto proteico della razione aumenta la concentrazione di urea (Cannas et al., 1998).

Utilizzando i dati del nostro dataset derivato dalle sperimentazioni *in vivo*, descritto al paragrafo 4.1, è stata quindi eseguita una regressione lineare semplice tra il contenuto di urea del latte (mg/dL) e il contenuto di proteina grezza della dieta (g/kg SS):

$$\text{UREA (mg/dL)} = 5,6 \text{ PG dieta (\% s.s.)} - 57,5;$$

la relazione ottenuta è altamente significativa ($P < 0,001$) con un coefficiente di determinazione (r^2) pari a 0,76 (Grafico 5.1.1).

Confrontando la retta di regressione del grafico, con quella relativa alle bovine, pubblicata da Nousiainen et al. (2004) di seguito riportata,

$$\text{UREA (mg/dL)} = 3,643 \text{ PG (\% s.s.)} - 30,47,$$

appare evidente che nei caprini le variazioni del tenore proteico della dieta sembrerebbero avere un maggiore impatto sul contenuto di urea del latte. Infatti, per ogni punto percentuale d'incremento del tenore proteico della razione è previsto un aumento di circa 5,6 mg/dL di urea nel latte, mentre nei bovini l'aumento previsto è di circa 3,6 mg.

A titolo di esempio, con un tenore proteico della dieta del 16% s.s. dovremmo attenderci valori di urea di circa 28 e 32 mg/dL di latte, rispettivamente per le bovine e per le capre.

Esplicitando l'equazione del grafico 5.1.1 in funzione del tenore proteico della dieta, si ottiene un'equazione che può essere impiegata per stimare quale sia la concentrazione di PG della razione ingerita in funzione del livello di urea nel latte di massa:

$$\text{PG (\% s.s.)} = 0,179 \text{ UREA (mg/dL)} + 10,3.$$

Analogamente, altri ricercatori italiani (Bonanno et al., 2008), impiegando capre di razza Girgentana, hanno ottenuto la seguente relazione:

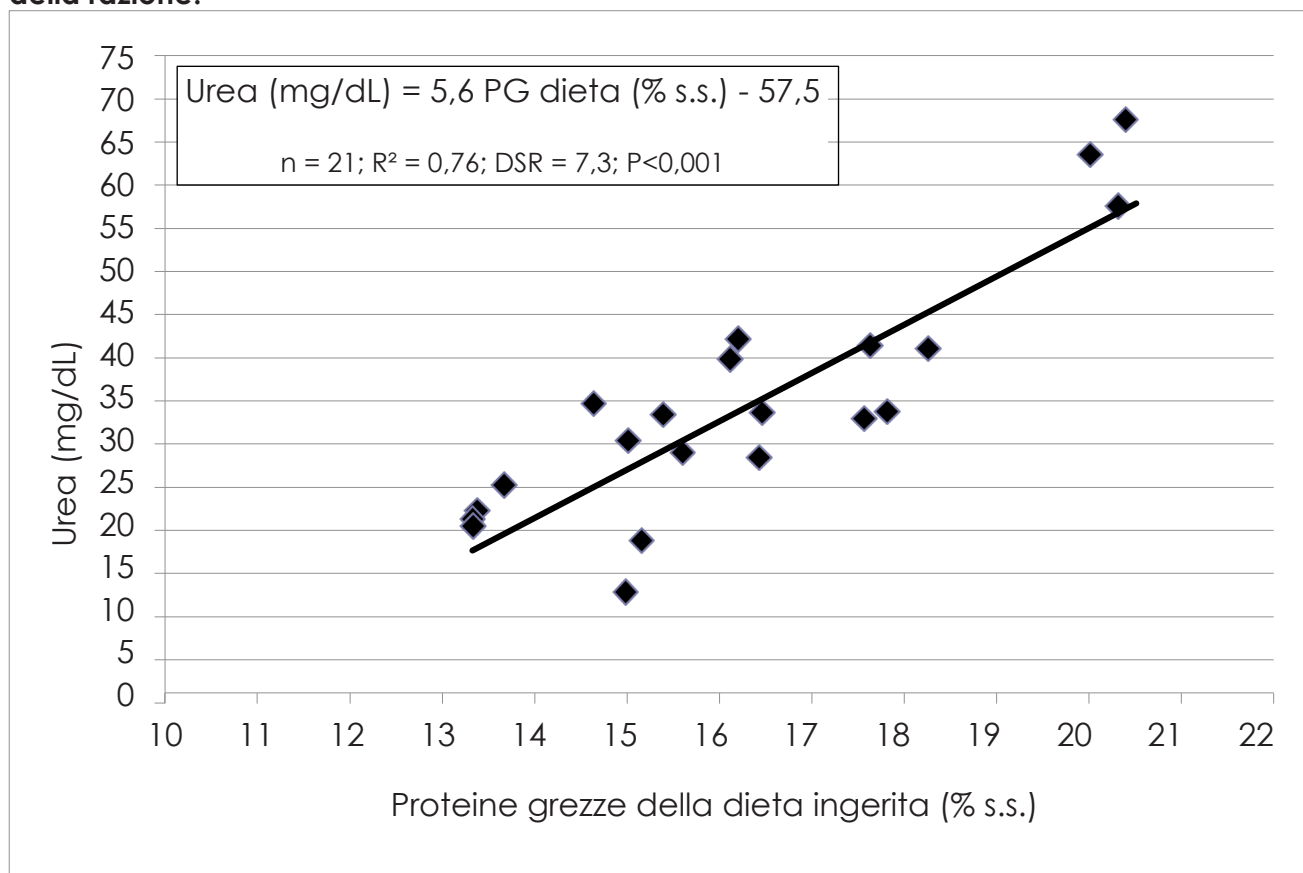
$$\text{PG (\% s.s.)} = 0,285 \text{ UREA (mg/dL)} + 6,91.$$

In entrambi i casi, a un livello di urea nel latte di 30 mg/dL, corrisponde un valore di PG della dieta ingerita pari a circa il 15,5% s.s..

Un aspetto importante da rilevare è che la stima del tenore proteico della dieta è riferita alla razione realmente ingerita e non a quella somministrata. Tramite questa relazione, quindi, il tenore di urea nel latte potrebbe essere utilizzato, in via orientativa, per evidenziare un'eventuale azione di selezione alimentare operata dagli animali sulla razione distribuita.

A tal proposito si ricorda che quanto più elevata è la quantità di foraggio distribuita in mangiatoia, tanto maggiore è la selezione delle parti più pregiate che le capre riescono a esercitare sul foraggio. Ciò determina, quindi, uno scostamento tra la qualità della razione somministrata rispetto a quella effettivamente ingerita.

Grafico 5.1.1. Relazione tra il contenuto in urea nel latte e il contenuto in proteine grezze della razione.



5.1.2. Produzione di latte e contenuto in proteina grezza della dieta

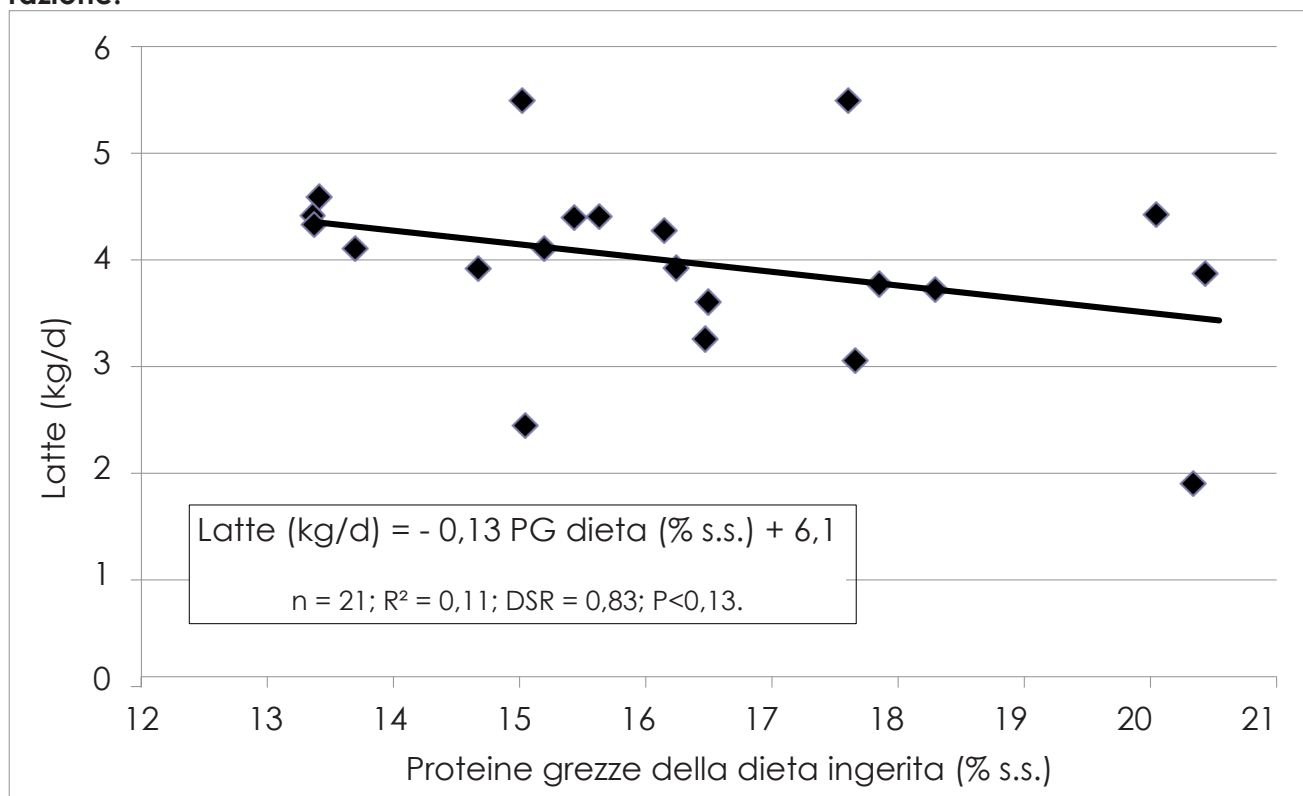
Avendo potuto osservare anche nella capra il forte legame tra contenuto proteico della razione e urea del latte, abbiamo voluto verificare se l'impiego di razioni con elevato tenore proteico avesse influenzato in maniera positiva la produzione lattea.

Il grafico 5.1.2 di seguito riportato pone in risalto la totale assenza di un effetto positivo del tenore proteico della razione sulla quantità di latte prodotto.

Osservando la retta di regressione si evidenzia addirittura una tendenza negativa; tuttavia, questa non è statisticamente significativa.

Sicuramente sarebbe da attendersi che ulteriori riduzioni del tenore proteico della dieta porterebbero a una riduzione della produzione lattea. Purtroppo i dati a nostra disposizione non hanno consentito di effettuare una tale verifica.

Grafico 5.1.2. Relazione tra la produzione lattea e il contenuto in proteine grezze della razione.



5.1.3. Efficienza di utilizzazione dell'azoto alimentare, urea del latte e costo della razione

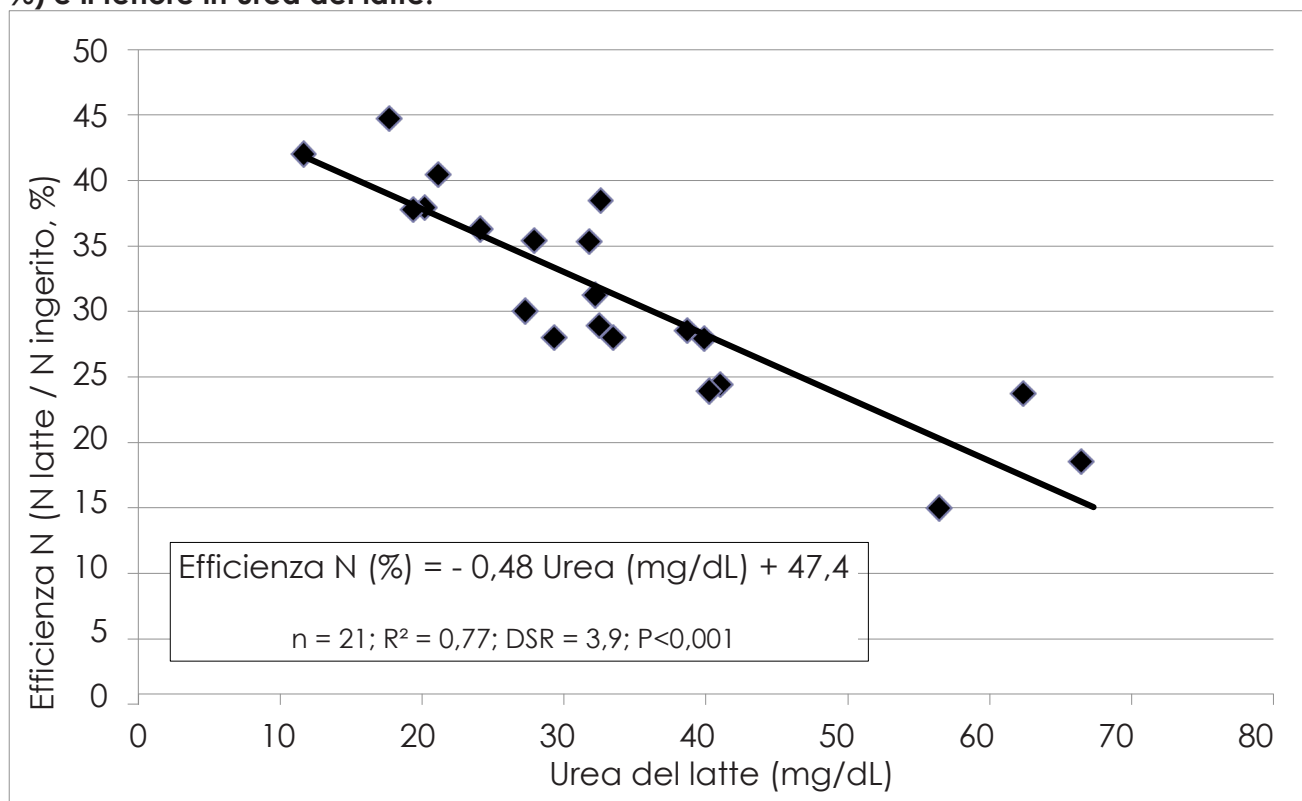
La relazione tra l'efficienza con la quale l'azoto alimentare è utilizzato per la produzione lattea e il contenuto di urea presente nel latte (grafico 5.1.3), rappresenta in sintesi i due grafici appena discussi.

E' molto evidente che l'aumento di proteina della dieta aumenta il tenore in urea senza migliorare la produzione e quindi peggiorando sensibilmente l'efficienza con la quale è utilizzata la proteina alimentare.

A questo riguardo è doveroso fare delle considerazioni di carattere economico. Facendo riferimento ai dati riportati nel listino della Borsa Granaria di Milano (<http://borsa.granariamilano.org/>) nel primo semestre dell'anno 2012, abbiamo rilevato che il prezzo medio della farina di estrazione di soia nazionale (387 €/t) rispetto a quello del granoturco nazionale ibrido (207 €/t) è stato mediamente superiore dell'87%. Nel caso dell'ultimo listino di giugno (203 e 463 €/t, per mais e soia, rispettivamente), addirittura, la differenza ha raggiunto il +128%!

Per valutare in campo gli effetti della sostituzione del mais con la farina di estrazione di soia, è stata svolta una prova sperimentale (Colli, 2010) nella quale due gruppi di capre di razza Saanen sono stati alimentati con due diete differenziate esclusivamente per la sostituzione di 300 g/d di queste due materie prime. Tale sostituzione ha comportato un cambiamento importante nei tenori in PG e amido della dieta: infatti, si è passati dai 149 g/kg s.s. di PG e 235 g/kg s.s. di amido della dieta con più mais, ai 181 g/kg s.s. di PG e 168 g/kg s.s. di amido della razione con più farina di estrazione di soia. Gli unici effetti che abbiamo potuto riscontrare sono stati un forte aumento del contenuto in urea del latte (passato da 37 a 58 mg/dL), una riduzione dell'efficienza di utilizzazione dell'azoto (dal 20,8 al 18%) e un aumento del costo della razione giornaliera (calcolato in base ai prezzi registrati durante la prova) di circa 6 centesimi di € per capo. Se facessimo riferimento alla differenza di prezzo attuale delle due materie prime, pari a 260 €/t, il maggior costo giornaliero sostenuto per aumentare il tenore proteico della dieta sarebbe di 7,8 centesimi di € per capo in lattazione.

Grafico 5.1.3. Relazione tra l'efficienza di utilizzazione dell'azoto ingerito (N latte/N ingerito, %) e il tenore in urea del latte.



5.1.4. Escrezione azotata urinaria e contenuto in urea del latte

A questo punto è logico chiedersi quale fine faccia il surplus di azoto somministrato con la dieta. Stante il fatto che la quota di escrezione azotata fecale cambia poco - poiché influenzata principalmente dalle caratteristiche intrinseche (digeribilità dell'azoto) degli alimenti che costituiscono la razione - avviene che l'azoto in eccesso sia escreto principalmente con le urine.

La stima di quanto sia l'escrezione di N urinario (NU, g/d/PV^{0,75}) in funzione dell'N ingerito (NI, g/d/PV^{0,75}) (grafico 5.1.4), valutata mediante una funzione polinomiale quadratica, è rappresentata dalla seguente equazione:

$$NU = 0,026 NI^2 + 0,162 NI + 0,192; (n=33; r^2 = 0,656; DSR = 0,244; P < 0,001).$$

Tale stima è stata valutata prendendo in esame anche altri valori di bilancio relativi a prove sperimentali svolte dalla nostra unità di ricerca precedentemente al 1999.

Il parametro che più di ogni altro è in grado di consentire una previsione della quantità di azoto escreto attraverso le urine è proprio il contenuto in urea del latte. Il grafico seguente (5.1.5) evidenzia, infatti, che l'aumento dell'escrezione azotata urinaria (espressa in g/d) è spiegato per circa il 90% dall'aumento del tenore di urea nel latte.

E' perciò molto evidente che una somministrazione di proteina alimentare che vada oltre le effettive richieste dell'animale, non solo non è in grado di migliorare la produzione lattea, ma determina una maggiore spesa per la razione e soprattutto una maggiore dispersione di azoto nell'ambiente. E' inoltre da sottolineare che la riduzione del tenore proteico della dieta comporta una riduzione dell'azoto ureico urinario e non degli altri componenti azotati presenti nell'urina (Pfeffer et al., 2009). Ciò determina, a maggior ragione, una minore volatilizzazione di ammoniaca nell'ambiente stallino, con un evidente vantaggio per il benessere degli animali e degli operatori.

Grafico 5.1.4. Relazione tra la quantità di azoto escreto con le urine e la quantità di azoto ingerito con la dieta (dati giornalieri, espressi per kg di peso metabolico).

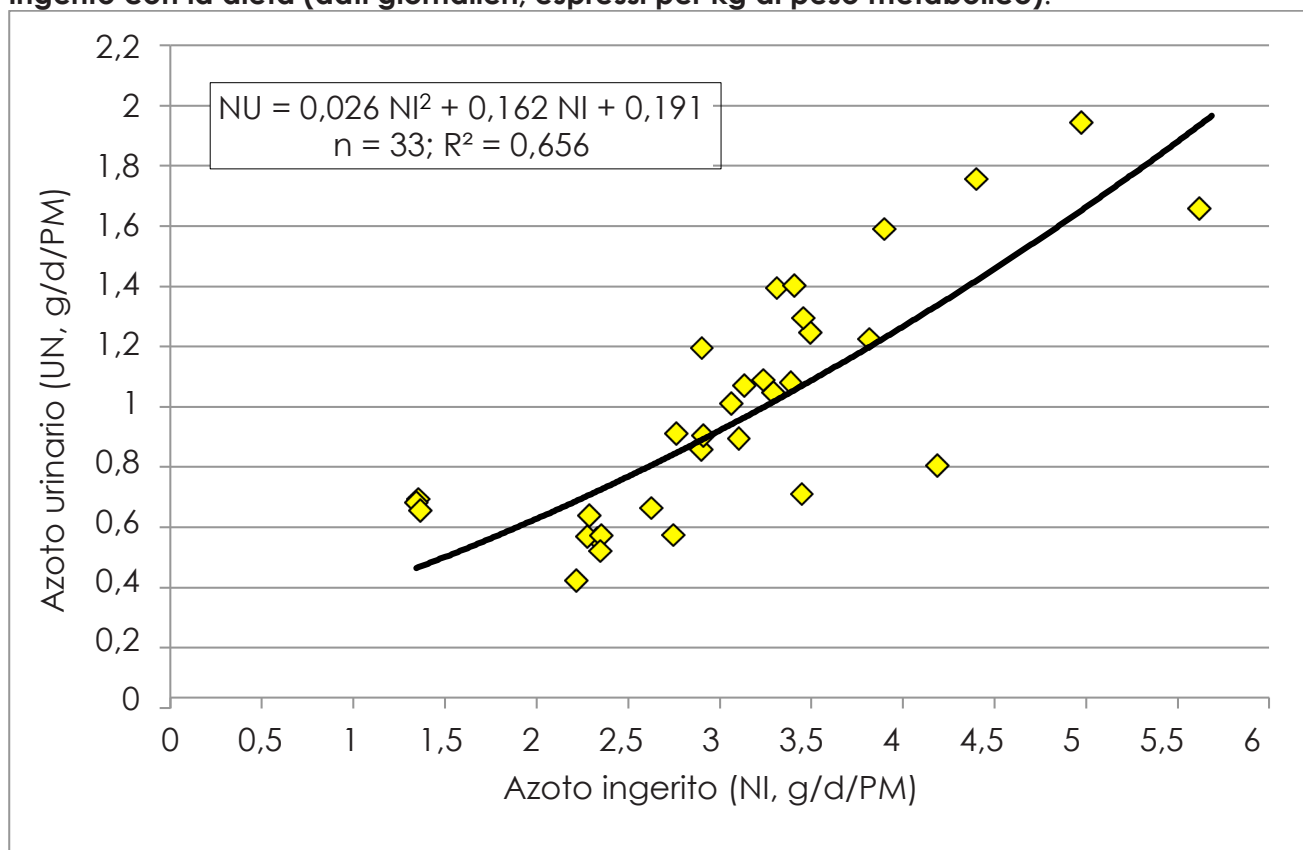
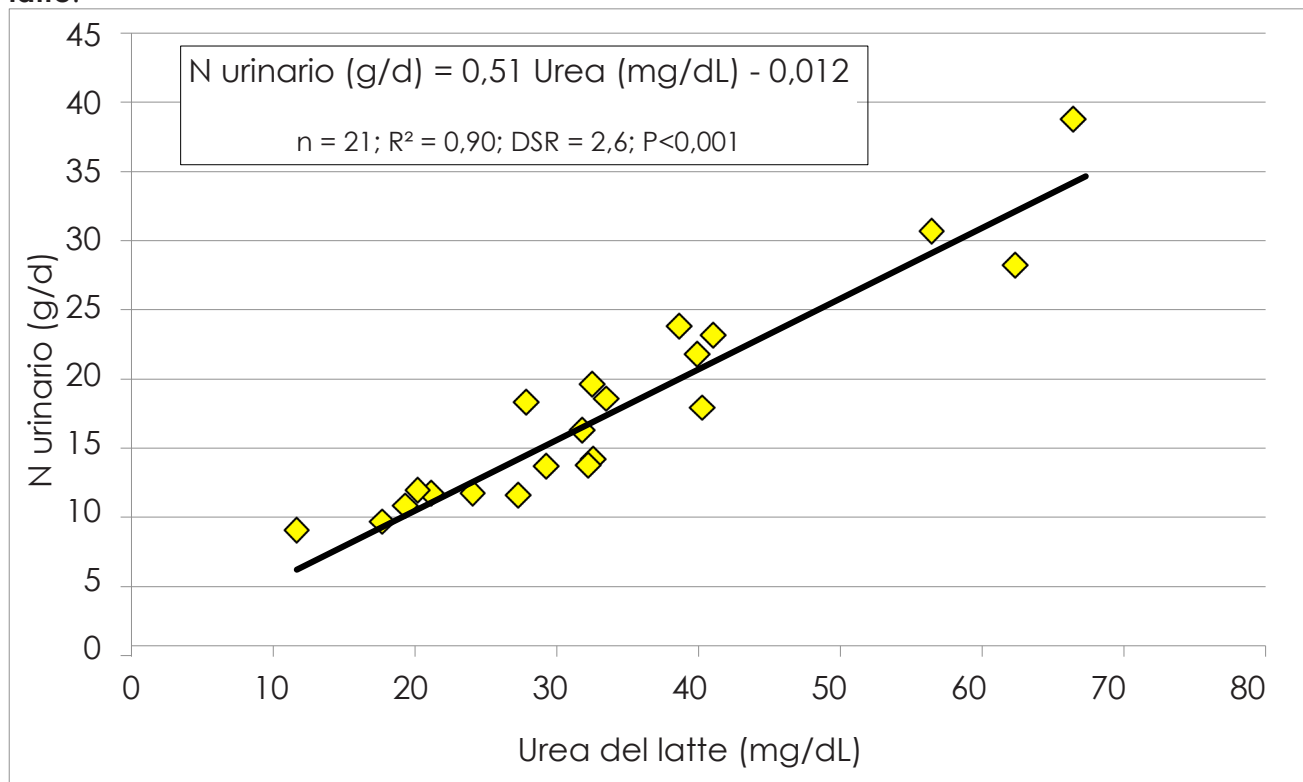


Grafico 5.1.5. Relazione tra la quantità di azoto escreto con le urine e il tenore in urea del latte.



5.1.5. Individuazione del livello ottimale di urea nel latte per la specie caprina

A questo punto il problema è di stabilire quale debba essere l'apporto corretto di proteina che è necessario fornire all'animale senza incorrere in eccessi utilizzando come indicatore il contenuto in urea del latte, data la sua facile e rapida determinazione analitica.

A tale scopo va innanzitutto chiarito che la relazione tra la proteina grezza della dieta e l'urea del latte non rappresenta la soluzione corretta perché non è possibile stabilire con buona approssimazione quale sia il reale fabbisogno di proteina grezza dell'animale. E' utile ricordare che le sostanze azotate che sono assorbite nel lume intestinale per essere utilmente utilizzate per le funzioni metaboliche sono gli aminoacidi e i piccoli peptidi (di e tri-peptidi). Questi nutrienti sono assorbiti a livello intestinale nella fase finale del processo digestivo che interessa le proteine alimentari non degradate dai microrganismi ruminali e la proteina microbica formatasi nel corso delle fermentazioni ruminali. Di conseguenza, il valore nutritivo della dieta da un punto di vista proteico è valutato quantificando gli apporti di PDI e non di PG (paragrafo 4.3). Logicamente anche la stima dei fabbisogni proteici è calcolata facendo riferimento alle PDI (paragrafo 4.4).

Secondo queste considerazioni, abbiamo valutato la relazione tra il contenuto in urea del latte e il bilancio delle PDI, calcolato come differenza tra apporti e fabbisogni. In particolare, per gli apporti abbiamo fatto riferimento alle PDIN poiché direttamente calcolate in funzione della quantità di azoto degradabile nel rumine e quindi, nel caso degli eccessi, più correlate con un aumento di azoto a livello plasmatico.

Come evidenziato nei grafici 5.1.5.1 (a) e (b), la variazione del bilancio delle PDIN arriva a spiegare quasi completamente la variabilità del tenore in urea del latte. Particolarmente interessante è il punto nel quale la retta di regressione intercetta l'asse Y che rappresenta il contenuto in urea; questo punto definisce il livello della variabile Y quando il valore della variabile X è pari a zero. In altre parole, rappresenta il valore di urea del latte quando il bilancio delle PDIN è nullo, ossia quando gli apporti di PDIN equivalgono i fabbisogni di PDI dell'animale.

In entrambi i grafici (a) e (b) - che si differenziano solo per l'unità di misura relativa al bilancio delle PDIN - alla situazione di perfetto equilibrio tra apporti e fabbisogni corrisponde una concentrazione di urea del latte pari a 25 mg/dL. Se consideriamo i limiti di confidenza statistica dell'intercetta, possiamo individuare l'intervallo del tenore in urea nel quale il bilancio delle PDIN è nullo: 23 – 28 (mg/dL).

Se però riteniamo utile considerare un margine di sicurezza tale per cui gli apporti di PDIN superino i fabbisogni in misura del 20%, il limite superiore dell'intervallo di urea si sposta fino al valore di 34 mg/dL.

A livello pratico, riteniamo quindi ragionevole che l'intervallo all'interno del quale dovrebbe essere compreso il contenuto in urea del latte di massa del gregge sia quello tra i valori di 23 e 34 mg per dL.

I valori di urea compresi in questo intervallo si presume possano ridurre in modo ragionevole la quota di azoto urinario disperso nell'ambiente, evitando un inutile spreco di risorse economiche legate all'alimentazione senza però penalizzare la produzione latte.

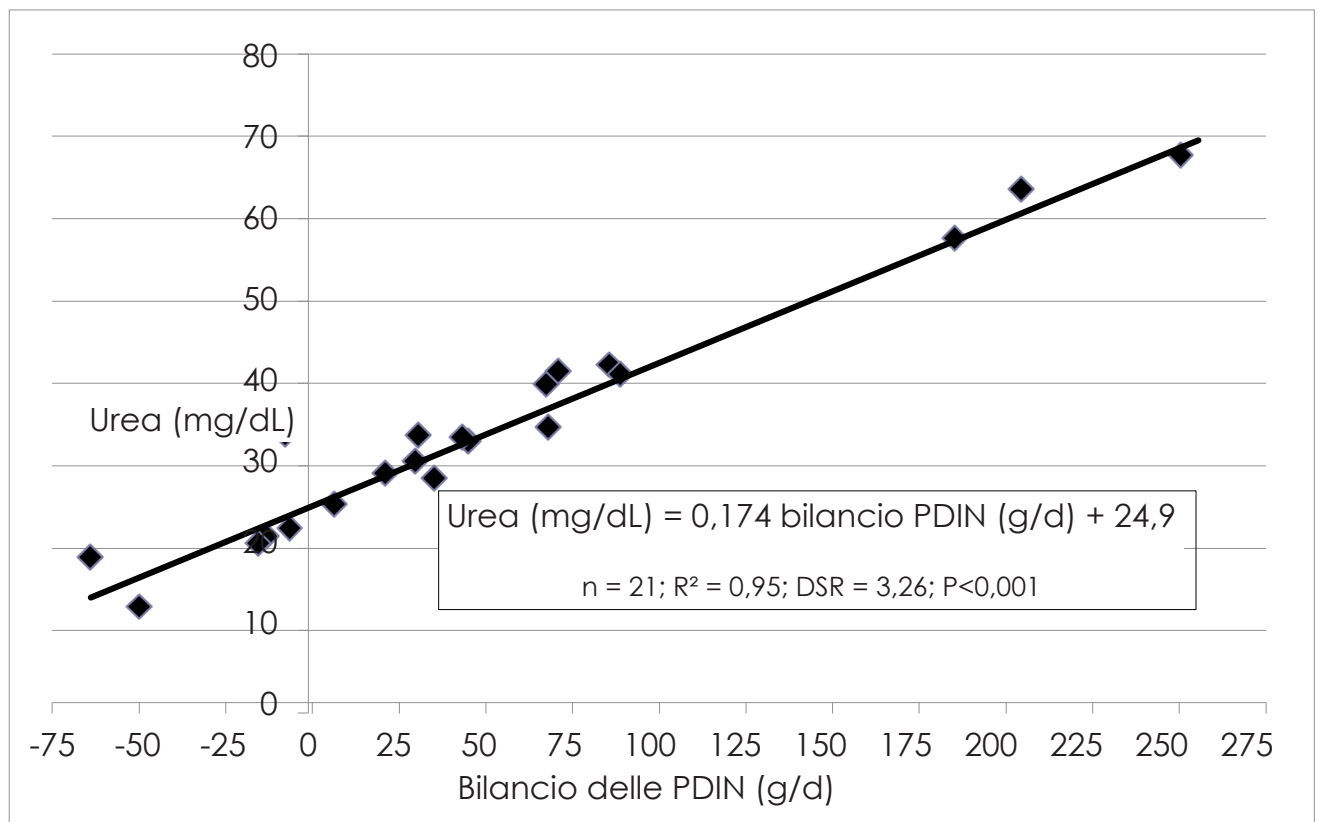
Inoltre, in relazione al valore del coefficiente angolare della retta di regressione che è pari a 0,335, si tenga presente che per ogni 10 punti percentuali di riduzione o di aumento del bilancio delle PDIN corrisponde una riduzione o un aumento di 3,35 mg/dL di urea nel latte. Quindi, a titolo di esempio, se volessimo considerare un surplus del 10% anziché del 20%, come sopra riportato, il valore massimo del range si ridurrebbe a 31 mg/dL.

Per concludere, è importante precisare che il solo fatto di avere il tenore di urea del latte del gregge all'interno dell'intervallo indicato di per sé non è garanzia assoluta che gli apporti di proteine digeribili intestinali siano adeguati: per questo è opportuno anche confrontare i livelli di PDIN e PDIE, verificando che la differenza tra essi sia contenuta entro limiti accettabili, nell'ordine del 5% in valore relativo.

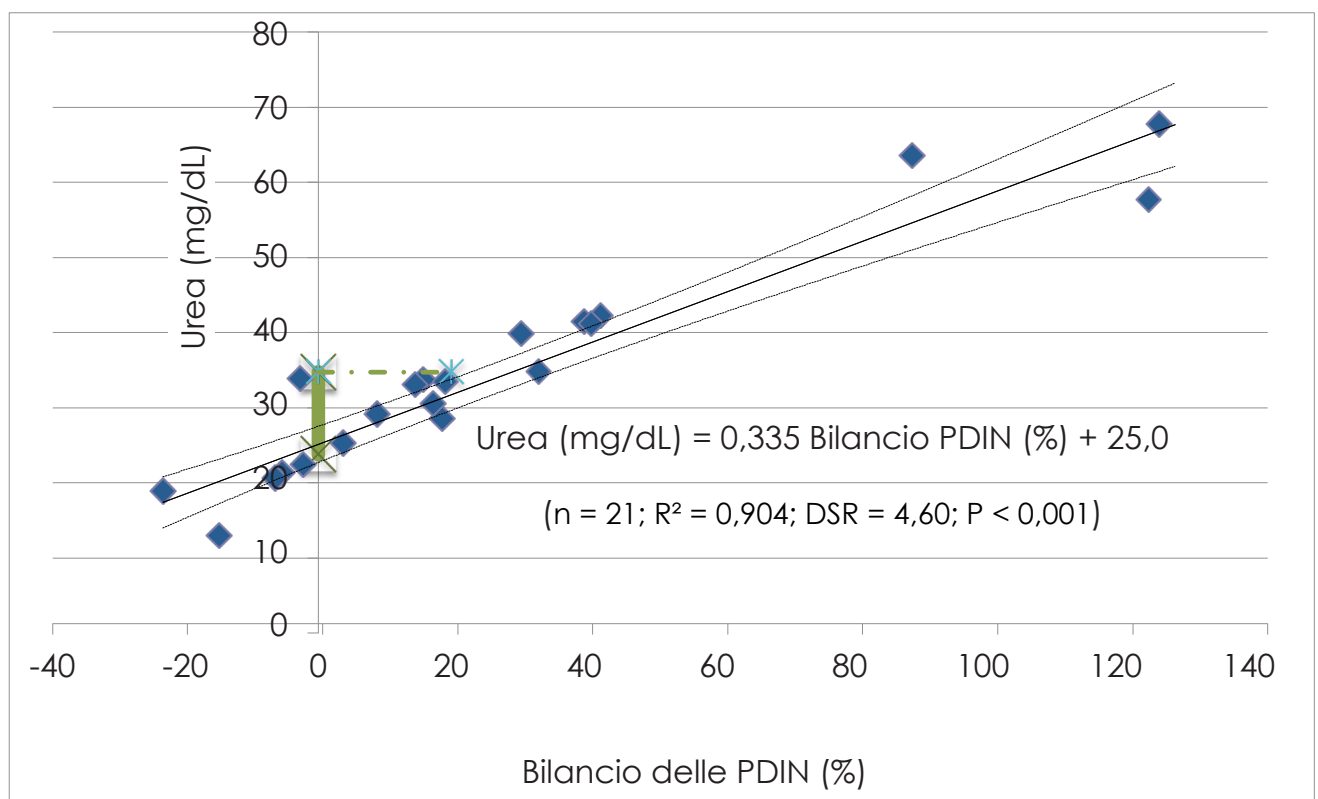
Il rispetto di questa condizione dovrebbe significare un giusto equilibrio tra gli apporti alimentari di sostanza organica fermentescibile e azoto degradabile a livello ruminale.

Grafico 5.1.5.1. Relazione tra il contenuto in urea del latte e il bilancio delle proteine digeribili a livello intestinale, (in grammi (a) o in percentuale (b)).

a)



b)



Appendice 5.1.

Tabella 5.1.1. Caratteristiche degli animali impiegati nelle prove sperimentali.

ESPERIMENTO	TRATTAMENTO ¹	PERIODO	ANIMALI n°	PESO VIVO kg	LATTAZIONE n°	PRIMIPARE %	GIORNI DI	
							LATTAZIONE	n°
1	I	1	4	52,0	2,0	0		46
1	I	2	4	57,8	2,0	0		102
1	I	3	4	61,1	2,0	0		221
1	NF	1	4	47,5	1,8	25		42
1	NF	2	4	53,9	1,8	25		98
1	NF	3	4	58,6	1,8	25		217
2	E	LS	6	54,0	1,5	50		136
2	F	LS	6	55,8	1,5	50		135
2	NF	LS	6	54,4	1,5	50		140
3	HSCG	LS	8	57,5	2,8	0		79
3	HSCM	LS	7	56,6	2,9	0		81
3	LSCG	LS	7	57,9	2,7	0		83
3	LSCM	LS	8	58,0	2,8	0		78
4	HP	1	3	59,4	2,7	33		12
4	HP	2	3	55,2	2,7	33		31
4	LP	1	4	66,0	2,5	25		12
4	LP	2	4	62,8	2,5	25		31
5	H	1	4	60,9	2,8	0		27
5	H	2	4	63,4	2,8	0		60
5	L	1	6	60,3	2,8	0		21
5	L	2	6	61,9	2,8	0		54
Media complessiva			106	57,8	2,3	15,1		84
Deviazione standard				7,6	1,0	36,0		57

¹: Esperimento 1: I = dieta a base di insilati; NF = dieta priva di foraggio.

Esperimento 2: E = dieta a base di erba; F = dieta a base di fieno; NF = dieta priva di foraggio.

Esperimento 3: HSCG = alto amido - mais granella; HSCM = alto amido - mais farina; LSCG = basso amido - mais granella; LSCM = basso amido - mais farina.

Esperimento 4: HP = alta proteina; LP = bassa proteina.

Esperimento 5: H = alto tenore in concentrato; L = basso tenore in concentrati.

Tabella 5.1.2. Composizione chimica e valore proteico ed energetico delle diete sperimentali.

ESPERIMENTO	TRATTAMENTO ¹	PERIODO	ANIMALI n°	SS	SO	PG	EE	NDF	ADF	ADL	NFC	PDIA ²	PDIN ²	PDIE ²	UFL ³	
				g/kg	g/kg SS	g/kg SS	g/kg SS	g/kg SS	g/kg SS	g/kg SS	g/kg SS	g/kg SS	g/kg SS	g/kg SS	g/kg SS	n/kg SS
1	I	1	4	461	922	155	32	330	178	21	406	55	107	101	0,98	
1	I	2	4	461	922	147	32	330	178	21	406	55	107	101	0,98	
1	I	3	4	461	922	151	32	330	178	21	406	55	107	101	0,98	
1	NF	1	4	915	897	204	56	368	261	96	288	116	157	153	0,82	
1	NF	2	4	915	897	206	56	368	261	96	288	116	157	153	0,82	
1	NF	3	4	915	897	204	56	368	261	96	288	116	157	153	0,82	
2	E	LS	6	541	923	178	18	342	225	28	388	68	124	114	0,93	
2	F	LS	6	892	914	184	23	315	194	21	387	76	133	122	0,97	
2	NF	LS	6	900	944	165	29	302	216	54	447	65	112	118	1,00	
3	HSCG	LS	8	896	924	134	27	313	181	29	476	58	99	106	0,98	
3	HSCM	LS	7	894	922	137	23,6	318	179	26	471	58	99	105	0,98	
3	LSCG	LS	7	898	914	134	19,9	395	234	30	401	49	90	101	0,90	
3	LSCM	LS	8	898	915	134	19	399	233	29	400	49	90	101	0,90	
4	HP	1	3	617	932	179	56,1	307	198	35	414	61	121	106	0,97	
4	HP	2	3	617	932	177	56,1	307	198	35	414	61	121	106	0,97	
4	LP	1	4	619	936	152	59,2	307	202	37	437	48	98	92	0,97	
4	LP	2	4	619	936	152	59,2	307	202	37	437	48	98	92	0,97	
5	H	1	4	904	878	157	46,4	323	220	44	394	62	110	108	0,98	
5	H	2	4	904	878	162	46,4	323	220	44	394	62	110	108	0,98	
5	L	1	6	908	868	166	45,6	370	277	60	345	57	104	101	0,91	
5	L	2	6	908	868	163	45,6	370	277	60	345	57	104	101	0,91	
Media complessiva				794	911	160	36,6	341	219	42	397	64	112	110	108	0,94
Deviazione standard				169	22,4	22,92	14,7	32,2	33,3	23	53	20	20	17	0,05	

¹: vedi nota della tabella 5.1.1.

²: PDIA: proteina digeribile nell'intestino di origine alimentare; PDIN: PDI, con l'azoto degradabile nel rumine quale fattore limitante la crescita microbica ruminale; PDIE: PDI, con l'energia fermentescibile nel rumine quale fattore limitante la crescita microbica ruminale. Dati stimati in base alle equazioni proposte dal sistema INRA (Baumont et al., 2007)

Tabella 5.1.3. Ingestione alimentare, produzione latte ed efficienza produttiva delle capre alimentate con le diverse diete sperimentali.

ESPERIMENTO	TRATTAMENTO ¹	PERIODO	ANIMALI n°	SSI kg/d	Prod. latte kg/d	FPCM ² kg/d	GRASSO %p/p	PROTEINA		LATTOSIO %p/p	LS ³	UREA mg/dL	EFFIC. PROD. ⁴
								GREZZA %p/p	VERA %p/p				
1	I	1	4	2,62	4,37	4,33	3,67	3,05	2,72	4,98	5,17	32,8	1,68
1	I	2	4	2,63	3,88	3,57	3,23	3,57	2,96	4,69	6,67	34,0	1,48
1	I	3	4	1,98	2,39	2,62	3,99	3,77	3,41	4,59	7,88	29,8	1,21
1	NF	1	4	2,95	4,34	4,62	4,18	3,22	2,74	5,03	7,34	66,5	1,49
1	NF	2	4	2,91	3,84	3,63	3,46	3,02	2,50	4,76	6,49	67,5	1,33
1	NF	3	4	2,03	1,89	2,33	5,00	3,91	3,45	4,14	6,77	61,5	0,96
2	E	LS	6	2,06	3,01	2,87	3,38	3,22	2,76	4,33	8,19	40,9	1,49
2	F	LS	6	2,36	3,69	3,50	3,24	3,35	2,92	4,38	7,02	40,5	1,56
2	NF	LS	6	2,10	3,21	2,93	2,97	3,32	2,94	4,44	7,36	27,7	1,54
3	HSCG	LS	8	2,30	4,57	3,64	2,34	2,80	2,55	4,48	4,98	21,5	1,98
3	HSCM	LS	7	2,16	4,08	3,39	2,68	2,68	2,43	4,50	6,22	24,5	1,89
3	LSCG	LS	7	2,34	4,39	3,55	2,47	2,77	2,51	4,36	5,23	20,5	1,87
3	LSCM	LS	8	2,33	4,31	3,53	2,52	2,79	2,56	4,42	4,87	19,7	1,85
4	HP	1	3	1,98	3,74	4,49	4,87	3,71	3,28	5,11	5,45	33,1	1,89
4	HP	2	3	3,05	5,49	5,68	3,75	3,51	3,11	5,08	4,64	32,3	1,80
4	LP	1	4	2,13	4,07	4,80	4,66	3,63	3,34	5,03	4,68	17,9	1,91
4	LP	2	4	2,89	5,49	5,43	3,36	3,43	3,20	4,95	4,48	11,9	1,86
5	H	1	4	2,51	4,38	4,43	3,71	3,23	2,89	4,64	4,92	28,3	1,78
5	H	2	4	2,72	4,25	3,85	3,11	2,99	2,59	4,34	4,11	39,3	1,58
5	L	1	6	2,28	3,57	3,61	3,80	3,09	2,73	4,54	4,83	33,0	1,56
5	L	2	6	2,83	3,89	3,50	3,13	2,90	2,50	4,31	4,10	41,7	1,38
Media complessiva				2,44	3,95	3,82	3,50	3,24	2,86	4,62	5,78	34,5	1,62
Deviazione standard				0,35	0,85	0,86	0,75	0,36	0,33	0,30	1,28	15,1	0,27

¹: vedi nota della tabella 5.1.1.

²: produzione latte corretta per i titoli di grasso e proteina vera.

³: linear score (log₁₀ cellule somatiche/12500).

⁴: efficienza produttiva calcolata come rapporto tra la produzione di latte e l'ingestione di sostanza secca.

Tabella 5.1.4. Bilancio dell'azoto delle capre alimentate con le diverse diete sperimentali.

ESPERIMENTO	TRATTAMENTO ¹	PERIODO	ANIMALI n°	N Ingerito g/d	N fecale g/d	N urinario g/d	N latte g/d	N ritenuto g/d	N fecale % N ingerito	N urinario % N ingerito	N latte % N ingerito	N ritenuto % N ingerito
1	I	2	4	66,0	19,8	18,2	18,3	9,8	29,9	27,8	27,2	15,0
1	I	3	4	50,7	13,4	13,2	14,0	10,0	26,7	26,6	27,8	18,8
1	NF	1	4	101,8	33,3	30,5	22,2	15,9	32,6	30,0	22,1	15,3
1	NF	2	4	100,3	29,0	38,6	18,1	14,6	29,1	38,4	18,1	14,4
1	NF	3	4	69,1	19,1	28,9	11,5	9,6	28,0	42,2	17,6	12,3
2	E	LS	6	58,5	18,0	17,5	13,7	9,2	30,8	29,8	23,5	15,8
2	F	LS	6	69,5	19,4	21,4	19,2	9,6	27,9	31,1	27,7	13,3
2	NF	LS	6	55,2	19,9	11,1	16,4	7,8	36,0	20,7	29,8	13,5
3	HSCG	LS	8	49,3	15,0	11,2	19,9	3,2	30,4	22,8	40,2	6,6
3	HSCM	LS	7	47,5	17,0	11,2	17,1	2,1	36,0	23,6	36,1	4,3
3	LSCG	LS	7	50,0	17,4	11,4	18,9	2,3	34,6	23,1	37,8	4,4
3	LSCM	LS	8	49,9	17,2	10,3	18,7	3,7	34,4	20,6	37,6	7,4
4	HP	1	3	56,8	16,1	13,7	21,8	5,2	28,4	24,0	38,4	9,1
4	HP	2	3	86,3	21,7	15,9	30,3	18,5	25,0	18,7	35,1	21,2
4	LP	1	4	52,1	16,8	9,1	23,2	2,9	32,4	17,6	44,4	5,6
4	LP	2	4	70,5	22,3	8,5	29,5	10,2	32,0	12,2	41,2	14,6
5	H	1	4	63,1	17,1	17,9	22,2	5,9	27,2	28,3	35,8	8,7
5	H	2	4	70,8	17,4	23,5	20,0	10,0	24,6	33,2	28,6	13,7
5	L	1	6	60,5	16,1	19,2	17,3	7,9	26,7	31,7	28,5	13,1
5	L	2	6	73,9	18,1	22,8	17,7	15,3	24,5	30,6	24,0	20,9
Media complessiva				62,8	18,8	16,8	19,1	8,1	30,4	26,1	31,5	12,0
Deviazione standard				16,9	5,1	8,0	5,1	5,8	4,8	7,5	8,3	7,2

¹: vedi nota della tabella 5.1.1.

Tabella 5.1.5. Bilancio delle PDIN e delle UFL delle capre alimentate con le diverse diete sperimentali, calcolati secondo le indicazioni del sistema INRA (Sauvant et al. 2007; Baumont et al., 2007).

ESPERIMENTO	TRATTAMENTO ¹	PERIODO	ANIMALI n°	FABBISOGNO	APPORTO	APPORTO	APPORTO	BILANCIO	FABBISOGNO	APPORTO	BILANCIO
				PDI g/d	PDIA g/d	PDIN g/d	PDIE g/d	PDIN g/d	UFL n/d	UFL n/d	UFL n/d
1	I	1	4	236	143	281	264	45	2,65	2,57	-0,08
1	I	2	4	212	143	282	265	70	2,36	2,58	0,22
1	I	3	4	181	108	212	199	31	1,96	1,94	-0,02
1	NF	1	4	234	341	463	451	229	2,76	2,42	-0,34
1	NF	2	4	202	338	458	446	256	2,39	2,39	0,01
1	NF	3	4	155	235	318	310	163	1,84	1,67	-0,18
2	E	LS	6	183	174	256	235	73	2,08	1,92	-0,16
2	F	LS	6	223	178	314	288	91	2,36	2,29	-0,07
2	NF	LS	6	198	137	235	248	37	2,12	2,10	-0,02
3	HSCG	LS	8	233	134	228	242	-5	2,37	2,24	-0,12
3	HSCM	LS	7	207	126	215	228	8	2,26	2,11	-0,16
3	LSCG	LS	7	223	115	211	235	-12	2,33	2,10	-0,24
3	LSCM	LS	8	224	114	210	234	-15	2,33	2,09	-0,24
4	HP	1	3	247	121	240	211	-7	2,78	1,93	-0,85
4	HP	2	3	321	186	368	324	47	3,27	2,97	-0,30
4	LP	1	4	273	102	209	196	-64	2,95	2,08	-0,88
4	LP	2	4	333	138	283	266	-50	3,20	2,82	-0,39
5	H	1	4	252	155	275	270	22	2,75	2,47	-0,29
5	H	2	4	228	168	298	293	70	2,52	2,68	0,16
5	L	1	6	206	130	238	230	32	2,39	2,07	-0,31
5	L	2	6	207	162	295	286	88	2,36	2,57	0,22
Media complessiva				228	164	280	273	53	2,48	2,29	-0,19
Deviazione standard				42	66	74	68	81	0,37	0,33	0,28

¹: vedi nota della tabella 5.1.1.

5.2. I risultati del monitoraggio del contenuto di urea nel latte nelle aziende campione durante il biennio 2010-2011

5.2.1. Statistiche descrittive delle aziende monitorate: le greggi e la produzione latte

La consistenza media delle greggi monitorate in ciascuno dei due anni del progetto, le caratteristiche degli animali allevati, le loro produzioni quanti-qualitative di latte, sono sinteticamente riportate nella tabella 5.2.1.1..

Tali dati rappresentano i valori medi calcolati a partire dalle medie di ciascuna capra per ciascuna lattazione. Da questo calcolo - come pure da tutti quelli che saranno descritti qui di seguito - sono stati esclusi i soggetti dell'azienda VA1 poiché nella seconda metà del 2010 l'allevamento è stato chiuso.

Dal confronto tra i due anni (2010 e 2011) emergono solo piccole differenze sia per quel che riguarda le caratteristiche dei soggetti sia per gli aspetti produttivi. In particolare, è stato registrato un leggero miglioramento del contenuto in grasso e proteine del latte e solo una modesta riduzione del contenuto in urea. Per quest'ultimo dato le aspettative erano diverse in quanto nel primo anno di progetto l'intendimento era quello di rilevare semplicemente la situazione di fatto esistente nelle aziende selezionate; solo nel corso del secondo anno, in funzione dei dati rilevati nel primo e sulla base del range ritenuto ottimale per l'urea del latte, si sarebbero dovuti applicare dei correttivi alla razione laddove ce ne fosse stato il bisogno. In realtà, se si osservano i valori medi di urea nel latte delle aziende oggetto dello studio dell'anno 2009 (tab. 4.2.1.), appare evidente che già nel corso del 2010 si sia registrata una sensibile riduzione del tenore di urea. Infatti, escludendo dal calcolo della media dell'anno 2009 l'azienda VA1, il valore di urea si è ridotto, passando da circa 42 mg/dL (2009) a 38 (2010) e infine a 37 mg/dL (2011).

L'evoluzione della produzione latte e dei tenori di urea, grasso e proteina grezza del latte nel corso della lattazione è stata descritta avvalendosi del modello di Wood (Wood, 1967). Nei grafici 5.2.1.1-2-3-4, sono riportati sia le curve sia i valori medi mensili registrati nel corso dei due anni successivi.

Il picco di lattazione - in entrambe le annate - è stato raggiunto intorno ai 60 giorni di lattazione con produzioni giornaliere di circa 3,5 kg di latte. La buona persistenza della curva denota nel complesso una gestione ottimale del gregge e un buon livello selettivo degli animali.

Anche l'evoluzione dei tenori in grasso e proteine è quello tipico, con una riduzione iniziale seguita da una ripresa graduale dopo circa il terzo mese di lattazione. Come si può rilevare frequentemente nelle aziende caprine lombarde, anche negli allevamenti monitorati nel progetto, mediamente il rapporto tra i titoli in grasso e proteina grezza è stato inferiore a 1. L'anomala inversione tra i titoli in entrambi gli anni si è verificata mediamente dopo circa 100 giorni di lattazione, ossia in corrispondenza del periodo di fine primavera quando iniziano a verificarsi i primi caldi.

Per quanto riguarda l'andamento del contenuto di urea (grafico 5.2.1.2.) è molto interessante osservare la forma della curva che appare piuttosto simile a quella della produzione latte anche se caratterizzata da un picco posticipato di circa 30-40 giorni rispetto a essa. Le differenze tra i valori osservati all'inizio e alla fine della lattazione rispetto alla fase centrale della stessa sono state nell'ordine dei 4-8 mg/dL, risultando un po' più marcate nel corso dell'anno 2010.

I valori delle medie mensili di urea nel latte, fatta eccezione per il primo e l'ultimo controllo, sono sempre stati sopra l'intervallo 23-34 mg/dL (evidenziato in colore verde), da noi ritenuto ottimale.

Tabella 5.2.1.1. Caratteristiche delle capre monitorate durante la lattazione del 2010 (n=354) e del 2011 (n=386) e relative prestazioni produttive.

Item		Media	DS	Min	Max
Anno 2010					
Numero di parto	(n)	2,8	1,8	1	9
Peso vivo	(kg)	63,6	12,6	36,3	110,4
Body condition score ¹	(1-5)	2,43	0,30	1,63	3,25
Lattazione effettiva	(d)	255	36	69	351
Data parto	(data o d)	16/2/10	23		
Età al parto	(mesi)	34,5	22,0	9,8	109,1
Latte	(kg/d)	3,01	1,12	1,00	7,04
Latte	(kg/lattaz. eff.)	745	304	192	1790
FCM35 ²	(kg/d)	2,92	1,12	1,00	6,53
Urea	(mg/dL)	37,9	7,2	19,5	65,4
Grasso	(%)	3,42	0,49	2,18	5,14
Proteina grezza	(%)	3,47	0,36	2,24	4,49
Lattosio	(%)	4,42	0,15	3,89	4,79
Proteina vera ³	(%)	3,03	0,34	1,92	4,03
Azoto non proteico ³	(% N tot.)	12,9	1,8	8,4	19,8
Cellule somatiche	(migliaia/ml)	1358	1151	79	7715
Linear score ⁴		5,66	1,17	2,38	9,05
Anno 2011					
Ordine di parto	(n)	2,8	1,6	1	10
Peso vivo	(kg)	64,8	12,6	26,0	103,0
Body condition score ¹	(1-5)	2,34	0,36	1,13	3,31
Lattazione effettiva	(d)	246	43	36	310
Data parto	(data o d)	19/2/11	32		
Età al parto	(mesi)	35,8	22,4	10,8	121,1
Latte	(kg/d)	3,01	0,99	1,03	7,14
Latte	(kg/lattaz. eff.)	711	292	96	1729
FCM35 ²	(kg/d)	2,98	1,04	1,07	6,42
Urea	(mg/dL)	37,1	8,5	18,5	61,7
Grasso	(%)	3,52	0,49	2,40	5,06
Proteina grezza	(%)	3,53	0,34	2,31	4,52
Lattosio	(%)	4,43	0,19	3,45	4,94
Proteina vera ³	(%)	3,10	0,33	1,96	4,09
Azoto non proteico ³	(% N tot.)	12,4	2,0	8,2	18,9
Cellule somatiche	(migliaia/ml)	1276	1417	57	16103
Linear score ⁴		5,56	1,40	1,65	10,14

¹: punteggio della condizione corporea valutato in una scala da 1 a 5.

²: latte corretto (35 g/kg di grasso e 31 g/kg di proteina vera).

³: dati stimati in funzione del tenore di proteina grezza e di urea del latte.

⁴: trasformazione logaritmica del n. di cellule somatiche (Linear Score= \log_2 Cellule somatiche/12,5).

Grafico 5.2.1.1. Curve di lattazione delle capre oggetto dello studio, suddivise per anno.

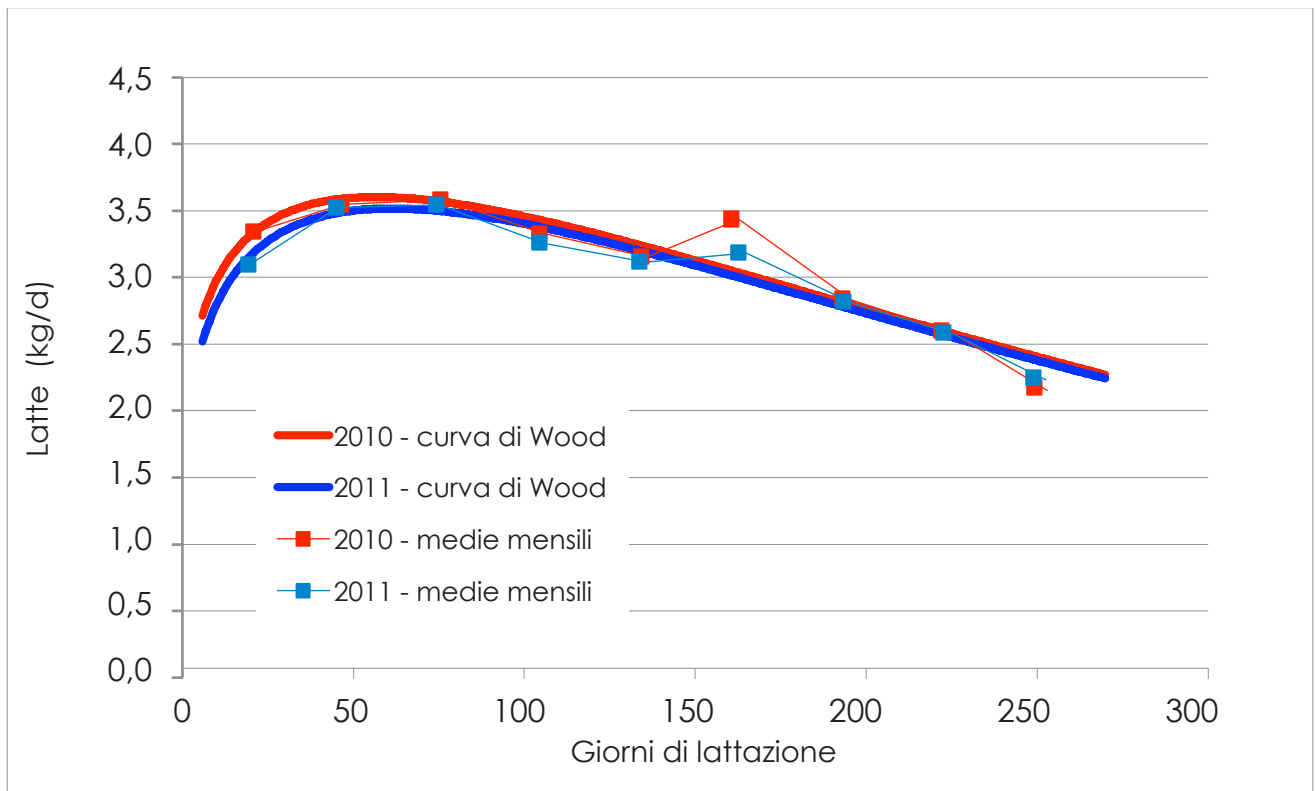


Grafico 5.2.1.2. Andamento del tenore di urea nel latte delle capre oggetto dello studio, suddivise per anno.

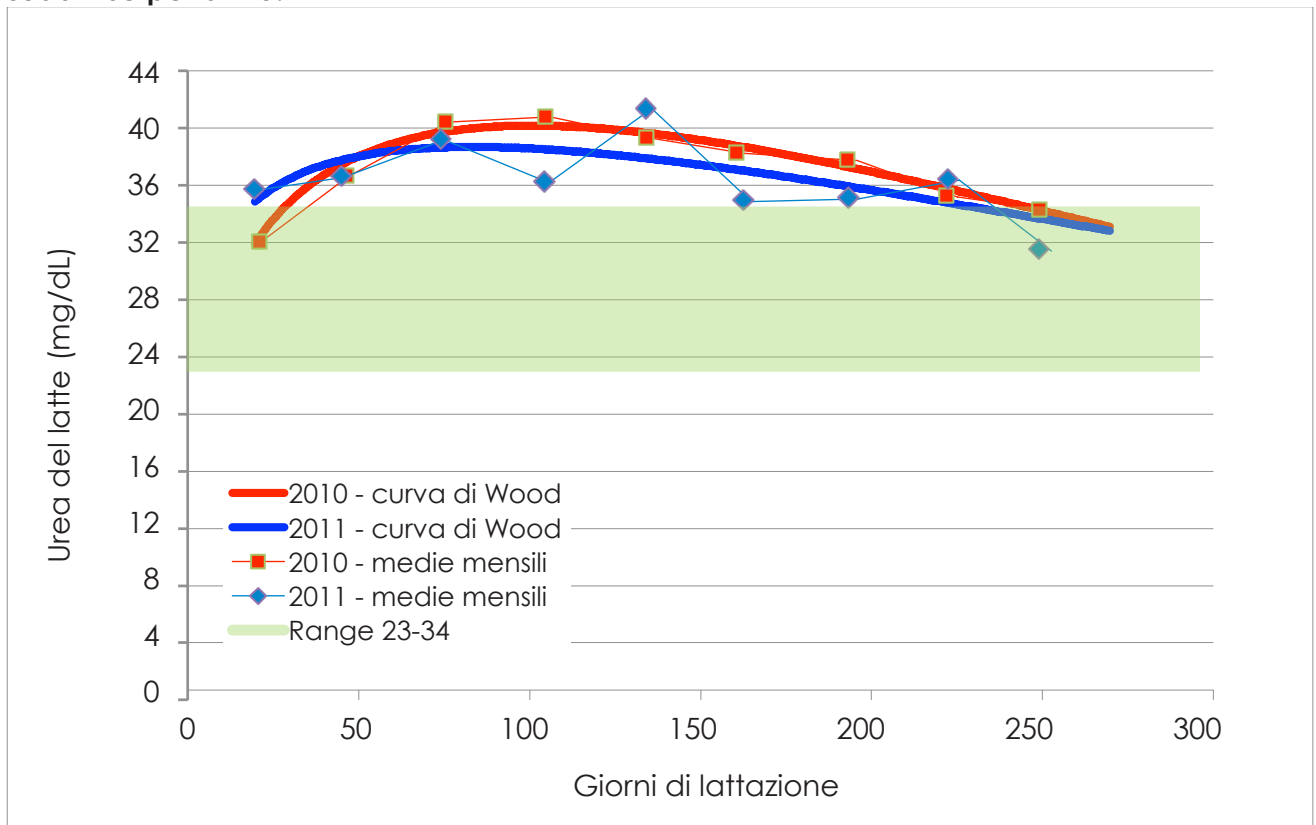


Grafico 5.2.1.3. Andamento del tenore lipidico del latte delle capre oggetto dello studio, suddivise per anno.

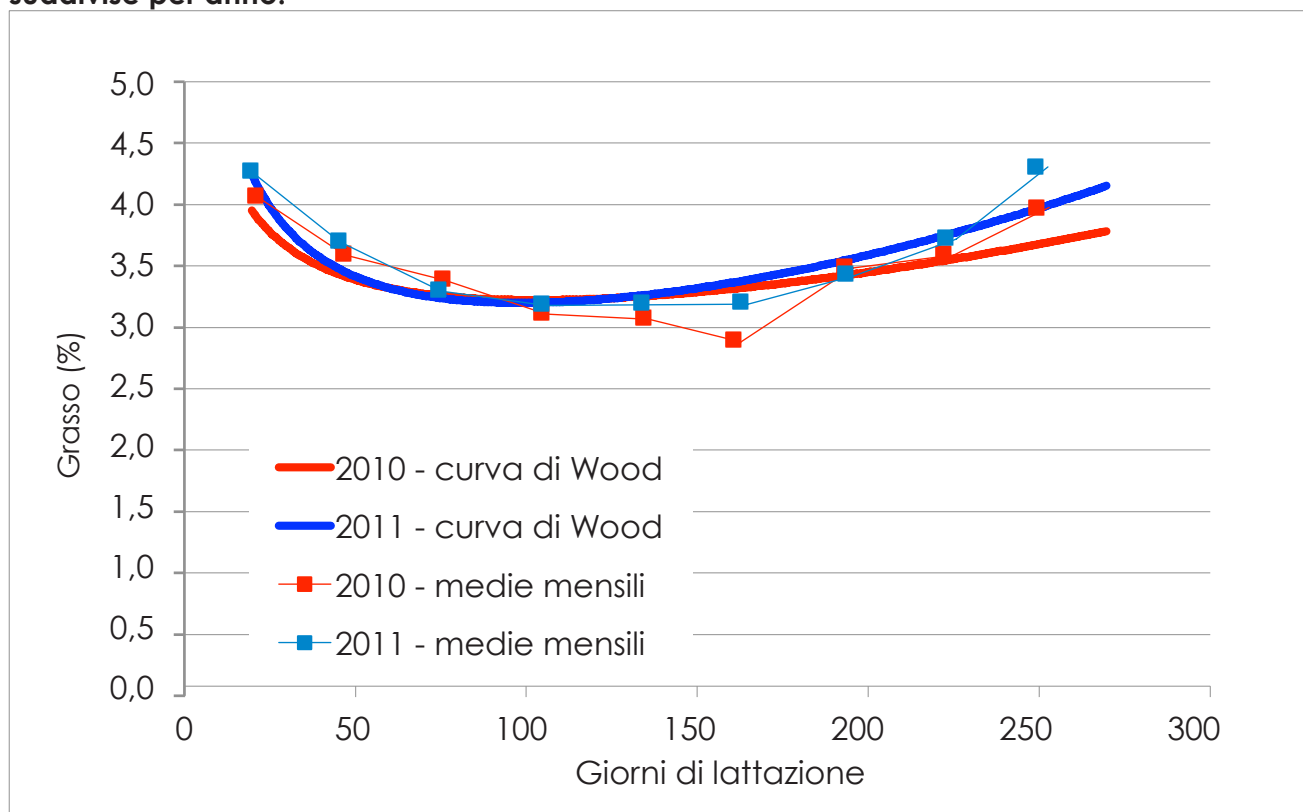
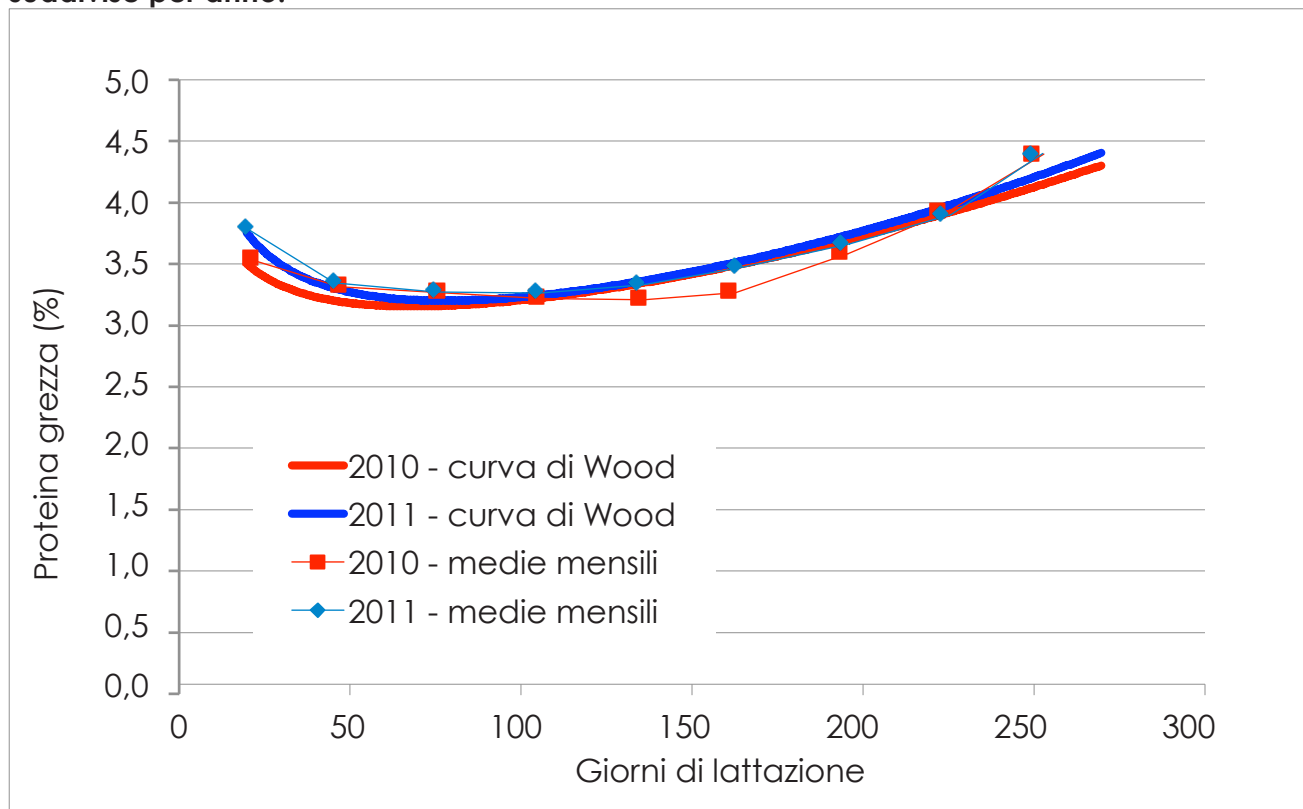


Grafico 5.2.1.4. Andamento del tenore proteico del latte delle capre oggetto dello studio, suddivise per anno.



5.2.2. Caratteristiche compositive degli alimenti e delle razioni e bilancio energetico e proteico nel corso della lattazione

Le diverse tipologie di razioni impiegate nelle aziende monitorate possono essere qui di seguito schematizzate in relazione agli alimenti in esse presenti:

BG1: Fieno polifita + Mangime composto + Unifeed secco complementare.

BS1: Fieno loiessa + Fieno di medica + Mangime composto.

BS2: Fieno polifita + Fieno di medica + Mais granella + Mangime composto.

CO1: Fieno polifita + Mais granella + Mangime composto.

CO2: Fieno polifita + Medica pellet + Mais + Orzo + Mangime composto.

PV1: Fieno polifita + Fieno di medica + Polpe bietola pellet + Soia fioccata + Semi di lino + Mangime composto.

PV2: Fieno polifita + Fieno di medica + Mais granella + Orzo laminato + Soia fioccata + Mangime composto.

VA1: Fieno polifita + Medica pellet + Mais granella + Mangime composto.

VA2: Fieno polifita + Fieno di medica + Medica pellet + Mais granella + Mangime composto.

Si tratta quindi di diete costituite solamente da alimenti secchi, caratterizzate dalla presenza di:

FIENO+MANGIME composto+(CEREALI)+(SOIA fioccata)+(MEDICA pellet)+(POLPE pellet).

In un'azienda è anche normalmente utilizzato un mangime composto complementare che abbiamo definito "Unifeed secco" perché in parte costituito da fieno trinciato.

I foraggi affienati sono stati prevalentemente ottenuti da prati polifiti di 1°, 2° e 3° taglio e da prati di erba medica di 2°, 3° e 4° taglio.

Nella tabella 5.2.2.1. sono descritte le caratteristiche analitiche dei mangimi composti complementari e dei fieni più comunemente impiegati.

Riguardo al contenuto proteico dei mangimi composti, in figura 5.2.2.3 è anche descritta la distribuzione in quartili che consente di avere un quadro più chiaro della situazione per tale parametro. Ad esempio, il valore medio di 18,6% è inferiore di quasi un punto percentuale rispetto al dato della mediana (19,4%). Il terzo quartile (Q3) invece ci indica che un quarto dei mangimi analizzati era caratterizzato da un tenore proteico superiore al 20% s.s.. In termini di valore energetico, invece, la mediana è risultata uguale alla media (1,04 UFL/kg SS), mentre minimo, primo e terzo quartile e massimo, sono risultati pari a 0,95, 0,99, 1,09 e 1,15 UFL/kg SS, rispettivamente.

Per quanto riguarda i fieni è molto interessante evidenziare la loro variabilità (figura 5.2.2.2), in termini sia energetici che proteici. Ad esempio, per il fieno polifita di 1° taglio, se il quarto peggiore dei campioni ha un valore inferiore a 0,67 UFL/kg SS, quello migliore è caratterizzato da valori superiori a 0,79 UFL/kg SS. Si tratta di differenze importanti che influenzano decisamente le scelte relative alla formulazione della razione.

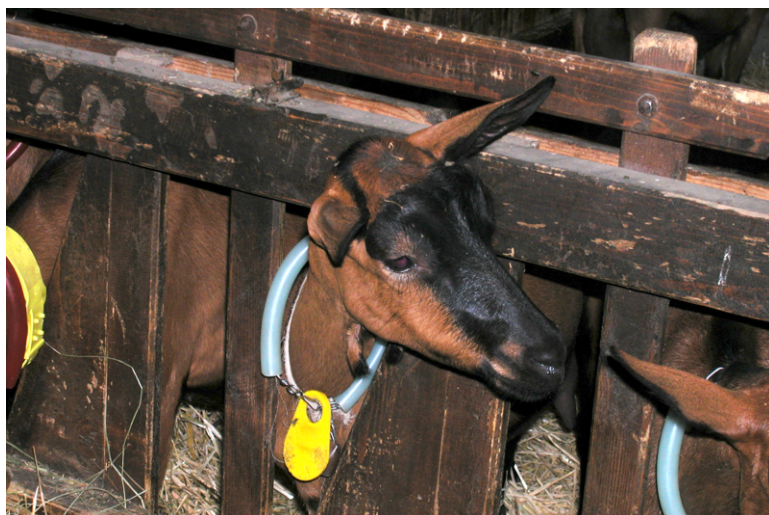


Tabella 5.2.2.1. Caratteristiche analitiche dei mangimi composti e dei differenti tagli dei fieni di prato polifita e di erba medica.

		Mangimi composti		Fieni di prato polifita				Fieni di erba medica			
				1° taglio		2° e 3° taglio		2° taglio		3° e 4° taglio	
		Media	DS	Media	DS	Media	DS	Media	DS	Media	DS
UFL ¹	(n/kg SS)	1,04	0,06	0,71	0,08	0,71	0,07	0,70	0,05	0,77	0,06
PG	(% s.s.)	18,6	2,1	10,0	1,71	11,8	1,63	17,0	1,9	18,4	1,3
EE	(% s.s.)	4,4	0,8	1,3	0,30	1,8	0,46	1,1	0,4	1,6	0,4
CEN	(% s.s.)	7,5	1,7	10,2	2,46	10,1	2,27	12,8	5,9	10,8	1,8
NDF	(% s.s.)	25,6	3,3	54,8	2,97	53,4	4,15	46,2	6,0	40,3	4,0
ADF	(% s.s.)	10,2	2,9	37,9	2,24	36,4	2,81	34,5	4,2	29,8	2,4
ADL	(% s.s.)	2,3	0,8	5,7	1,09	5,4	1,27	7,5	2,1	6,5	1,2
FG	(% s.s.)	7,8	2,3	28,2	1,97	27,1	2,44	29,7	6,1	25,5	2,5
NFC ²	(% s.s.)	44,0	6,1	23,7	3,22	22,8	3,64	23,0	3,0	28,9	4,1
PDIN	(g/kg SS)	128	14,5	66,6	12,0	78,2	11,6	109	13,4	119	9,4
PDIE	(g/kg SS)	122	11,6	78,6	6,8	85,2	5,9	87	4,2	93	3,8

¹: Unità Foraggiere Latte stimate con analisi in vitro secondo il sistema del Gas Test.

²: Carboidrati non fibrosi: $NFC=100-(PG+CEN+EE+NDF)$.

Figura 5.2.2.2. Suddivisione in quartili per tenore proteico (PG) e unità foraggiere latte (UFL) dei fieni di prato polifita e di erba medica.

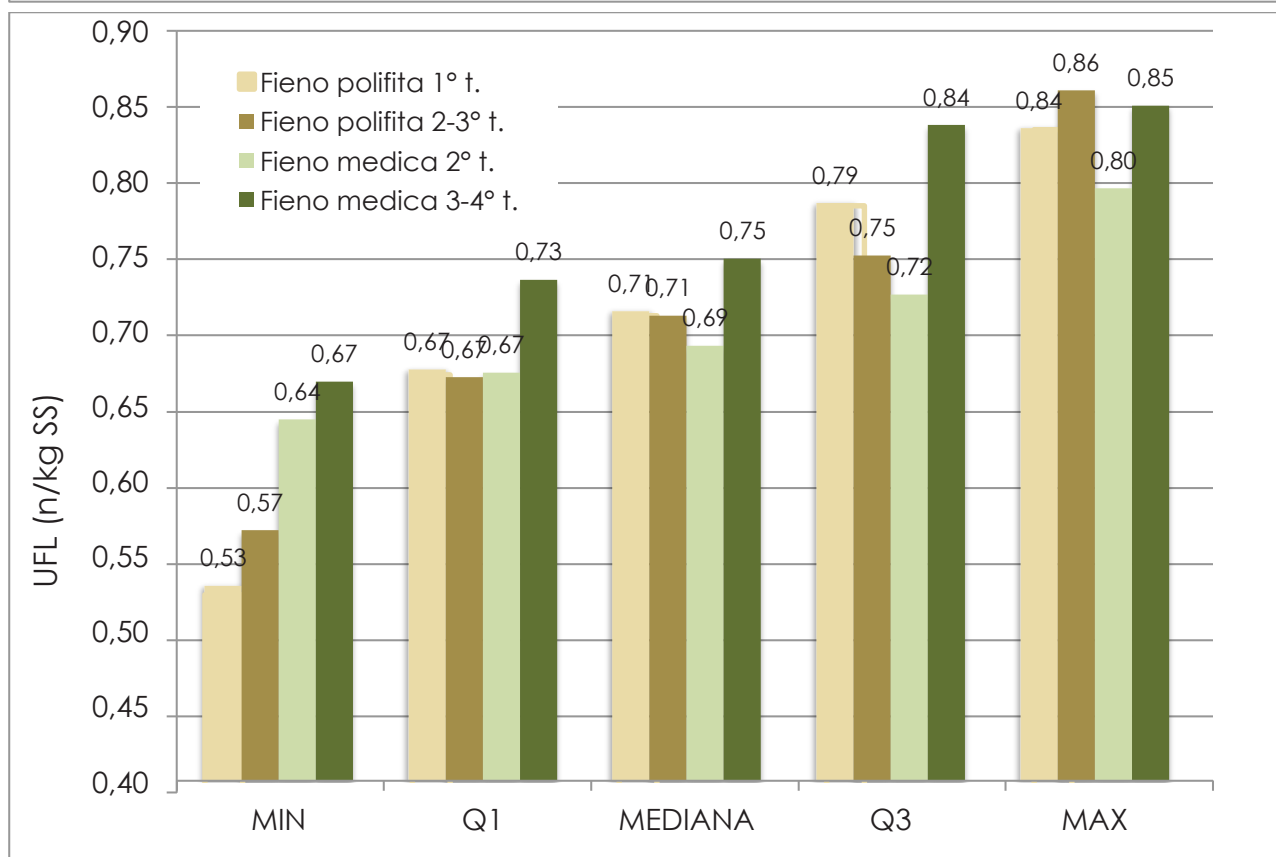
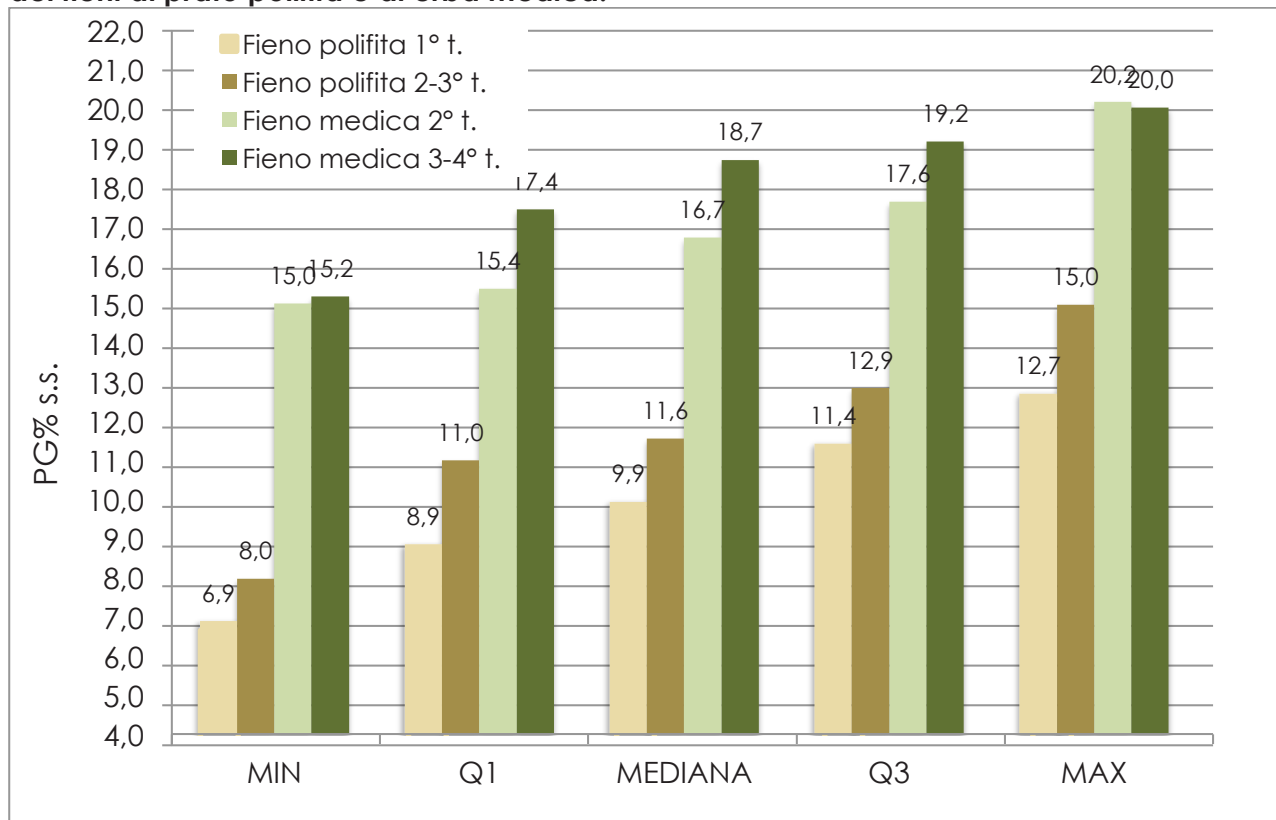
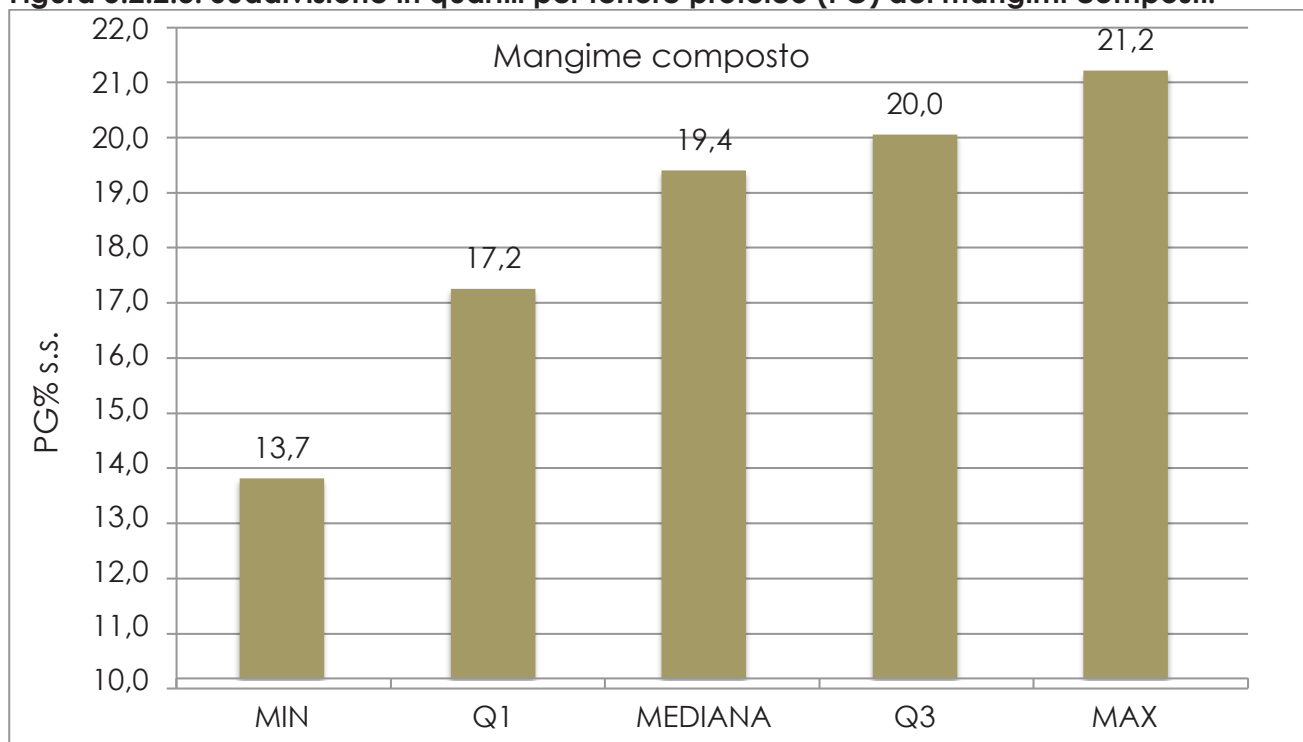


Figura 5.2.2.3. Suddivisione in quartili per tenore proteico (PG) dei mangimi composti.



La valutazione della concentrazione in proteina grezza, amido e UFL, dell'insieme degli alimenti concentrati presenti in razione nelle diverse fasi della lattazione (tabella 5.2.2.4) dimostra che, tra il primo e il secondo anno, qualche cambiamento rivolto verso un aumento degli apporti di amido in sostituzione della proteina è avvenuto. Contemporaneamente, però, vi è anche stato un leggero aumento del contenuto medio di PG dei foraggi impiegati in razione, ad eccezione della terza fase di lattazione (tabella 5.2.2.4).

Nel complesso, il rapporto amido/PG della dieta (tabella 5.2.2.5), nel 2011 è leggermente aumentato rispetto all'anno precedente, e ciò ha determinato - almeno in parte (2^a e 3^a fase di lattazione) - una riduzione del contenuto di urea nel latte.

In tabella 5.2.2.5 sono anche riportati i bilanci stimati di energia e proteina digeribile a livello intestinale, calcolati come differenza tra gli apporti e i fabbisogni ed esprimendo poi tale differenza in percentuale rispetto ai fabbisogni. Applicando l'equazione di regressione riportata nel grafico 5.1.5.b per stimare il contenuto di urea nel latte in funzione del bilancio delle PDIN, otteniamo - per la fase di piena lattazione negli anni 2010 e 2011 - dei valori di urea pari a 37 e 35 mg/dL, di qualche punto inferiori a quelli effettivamente registrati.

Per spiegare, almeno in parte, questa sottostima, è opportuno ricordare che gli apporti di nutrienti sono stati calcolati in funzione di un'ingestione di sostanza secca stimata e, soprattutto, senza poter prendere in considerazione la selezione alimentare effettuata dagli animali sulla componente foraggera. Data la rinomata capacità selettiva della capra, possiamo almeno supporre che la reale ingestione di PDIN sia stata superiore rispetto a quella calcolata. In definitiva, anche se non siamo in grado di valutarne l'entità, il bilancio dovrebbe essere superiore e quindi la stima del contenuto in urea del latte in funzione di tale parametro dovrebbe risultare più accurata.

In tabella 5.2.2.6 sono stati riportati i valori medi delle otto aziende per ciascun anno di controllo, relativi alla produzione giornaliera di latte, al titolo di urea, alla concentrazione proteica ed energetica della razione e ai relativi bilanci giornalieri. Emerge che la relazione tra il bilancio proteico e l'urea nell'insieme denota una connotazione con segno positivo; ad esempio, le due aziende con i valori più bassi di urea sono quelle caratterizzate dai valori più contenuti nel bilancio delle PDIN; tuttavia negli altri casi non sempre la relazione è così evidente. L'analisi statistica dei dati attraverso lo studio di regressione lineare conferma, in ogni caso, questa tendenza (paragrafo 5.2.4) di un incremento dell'urea all'aumento del bilancio delle PDIN.

Tabella 5.2.2.4. Composizione chimica e valore energetico degli alimenti concentrati e dei foraggi nei due anni del progetto.

Anno	Fase di lattazione	2010			2011		
		1	2	3	1	2	3
<i>Concentrati</i>							
PG	(g/kg SS)	182	180	172	178	176	165
AMIDO	(g/kg SS)	371	358	347	419	420	409
UFL	(n/kg SS)	1.08	1.06	1.03	1.10	1.10	1.06
<i>Foraggi</i>							
PG	(g/kg SS)	116	118	120	125	122	117
UFL	(n/kg SS)	0.71	0.72	0.72	0.73	0.73	0.73

Tabella 5.2.2.5. Ingestione di sostanza secca stimata (SSI), produzione latte, bilancio energetico e proteico e composizione chimica e nutrizionale delle diete nelle diversi fasi della lattazione.

Anno	Fase di lattazione	2010			2011		
		1	2	3	1	2	3
Giorni di lattazione	(d)	40	106	236	42	107	219
SSI stimata	(kg/d)	2.44	2.43	2.22	2.58	2.50	2.31
Rapporto F/C		0.60	0.54	0.50	0.56	0.55	0.52
<i>Composizione della razione</i>							
SO	(g/kg SS)	913	915	908	911	912	923
PG	(g/kg SS)	141	145	146	149	145	139
PDIN	(g/kg SS)	96	98	99	99	97	93
PDIE	(g/kg SS)	99	100	101	96	96	95
EE	(g/kg SS)	29	30	28	30	30	28
NDF	(g/kg SS)	423	408	407	382	383	400
ADF	(g/kg SS)	269	254	246	234	234	240
NFC	(g/kg SS)	321	333	326	351	354	358
Amido	(g/kg SS)	149	163	172	185	187	192
UFL	(n/kg SS)	0.86	0.87	0.88	0.90	0.89	0.89
<i>Bilancio energetico e proteico</i>							
UFL	(%)	-7.5	1.7	9.7	-3.2	2.5	7.8
PDIN	(%)	23.9	35.3	39.0	29.7	28.6	27.0
<i>Produzione latte</i>							
Latte	(kg/d)	3.32	3.13	2.02	3.53	3.33	2.37
UREA del latte	(mg/dL)	38	42	37	38	38	35

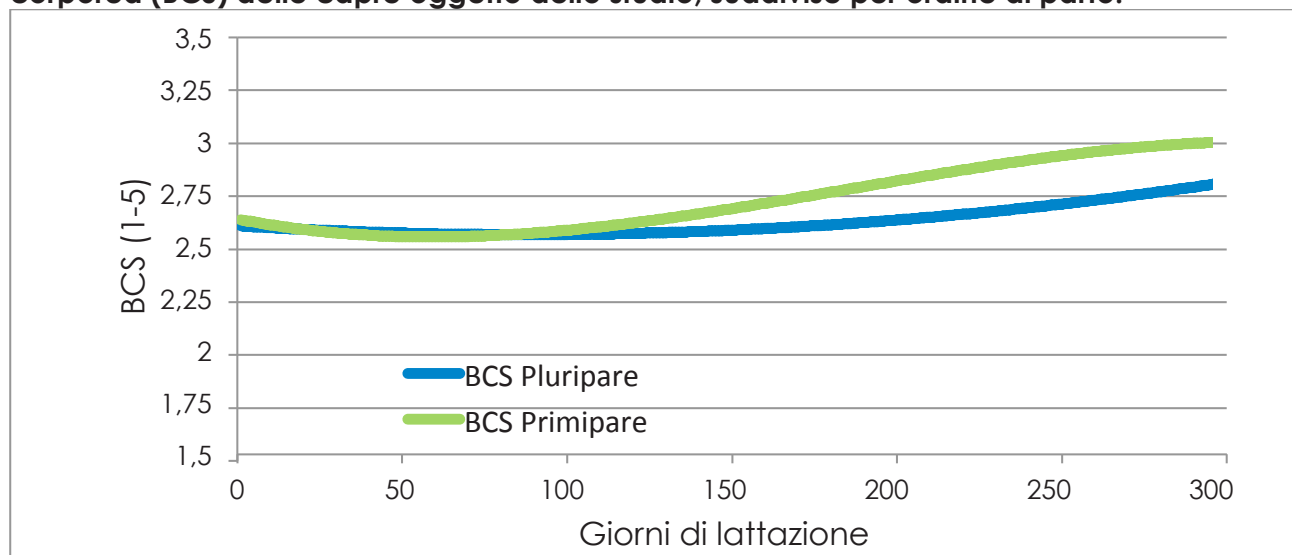
Tabella 5.2.2.6. Produzione latte e livello di urea, tenore proteico ed energetico della dieta e relativi bilanci nelle diverse aziende nei due anni del progetto.

Azienda	Anno	Latte (kg/d)	UREA (mg/dL)	Dieta			
				PG (g/kg SS)	Bil. PDIN (%)	UFL (n/kg SS)	Bil. UFL (%)
BG1	2010	4.07	31.1	146	18.8	0.91	-1.8
BG1	2011	3.75	30.7	143	14.1	0.91	1.3
BS1	2010	3.00	47.2	141	33.5	0.86	0.0
BS1	2011	2.95	48.6	135	21.0	0.83	-4.2
BS2	2010	2.24	37.0	135	37.7	0.79	-2.1
BS2	2011	2.50	32.2	140	32.0	0.87	5.3
CO1	2010	2.55	37.6	143	38.3	0.89	8.9
CO1	2011	2.41	33.8	146	40.5	0.88	7.8
CO2	2010	1.89	34.3	150	42.8	0.83	-2.5
CO2	2011	2.37	42.6	139	25.0	0.87	0.9
PV1	2010	4.54	34.1	149	10.2	0.96	-0.9
PV1	2011	4.53	26.9	148	10.1	0.96	2.1
PV2	2010	2.71	46.1	145	33.0	0.92	4.0
PV2	2011	2.81	43.2	151	33.3	0.94	7.5
VA2	2010	2.50	42.1	140	37.8	0.80	-3.0
VA2	2011	2.64	40.9	134	38.0	0.87	3.8

Un altro aspetto rilevato nel corso delle visite aziendali è stato l'andamento della condizione corporea in termini di depositi adiposi valutata mediante il BCS (Body Condition Score).

Come si può osservare dal grafico 5.2.1.7, nel corso della lattazione si denota un calo iniziale seguito da una ripresa che porta gli animali ad avere un punteggio medio a fine lattazione di circa 3 per le primipare e 2,75 per le pluripare. Tali valori sono ben correlati ai dati di bilancio energetico espressi in termini di UFL riportati in tabella 5.2.2.5. Infatti, durante i primi due mesi di lattazione (fase 1) a un bilancio mediamente negativo corrisponde un andamento decrescente del BCS; in seguito (fasi 2 e 3) il bilancio energetico diviene positivo e ad esso corrisponde un aumento del BCS che in media risulta essere ottimale.

Grafico 5.2.1.7. Andamento nel corso della lattazione del punteggio della condizione corporea (BCS) delle capre oggetto dello studio, suddivise per ordine di parto.



5.2.3. Effetto dei fattori non-nutrizionali sul livello di urea nel latte

La letteratura scientifica riguardante lo studio dei fattori non-nutrizionali in grado di influenzare il contenuto di urea nel latte della specie caprina è - a nostra conoscenza - in sostanza assente; in bibliografia sono presenti, invece, studi specifici sul latte bovino che evidenziano l'importanza di tali fattori. Lo stadio di lattazione (Arunvipas et al., 2003; Johnson e Young, 2003), l'orario di mungitura (Broderick e Clayton, 1997), il tenore proteico e lipidico del latte (Arunvipas et al., 2003; Johnson e Young, 2003) e il numero di cellule somatiche (Licata, 1985; Faust et al., 1997; Godden et al., 2000; Arunvipas et al., 2003; Johnson e Young, 2003) sono, infatti, significativamente correlati con il livello di urea nel latte bovino.

I risultati ottenuti nella nostra indagine sulla specie caprina sostanzialmente concordano con quelli evidenziati nella bovina. In particolare, l'analisi statistica effettuata sui valori medi di lattazione delle capre monitorate nel 2010 (n=354) e nel 2011 (n=386) - come si può evincere dalla tabella 5.2.3.1 - ha evidenziato una correlazione significativa negativa tra l'urea e il tenore proteico, il lattosio e il contenuto in cellule somatiche del latte. Anche il livello produttivo è risultato correlato in senso negativo con il contenuto in urea. Riguardo al tenore lipidico, invece, la più modesta correlazione negativa è non significativa.

L'analisi dei dati individuali (n=4702), nel complesso, ha condotto agli stessi risultati evidenziando però una correlazione significativa anche per il tenore lipidico del latte.

Dall'analisi statistica dei dati di ciascuna capra mediati per anno e per stadio di lattazione (tabella 5.2.3.2) è anche risultato che il tenore in urea della mungitura del mattino è leggermente inferiore rispetto a quello della sera. Inoltre, come già descritto (paragrafo 5.2.1), nel corso della fase centrale della lattazione l'urea risulta superiore di circa 4 mg/dL rispetto alle fasi iniziale e finale della lattazione.

In definitiva, questo studio evidenzia che l'urea è associata inversamente al tenore proteico del latte e segue invece la curva della produzione latte.

Tabella 5.2.3.1. Coefficienti di correlazione di Pearson tra il contenuto di urea nel latte e altri fattori non-nutrizionali, relativi ai valori medi di lattazione delle capre monitorate nel 2010 (n=354) e nel 2011 (n=386).

Parametro	UREA	Latte	Grasso	Proteina	Lattosio	LS
UREA	1					
Latte	-0,287 <0,001	1				
Grasso	-0,044 0,230	-0,081 0,027	1			
Proteina	-0,364 <0,001	0,089 0,015	0,559 <0,001	1		
Lattosio	-0,102 0,006	-0,0278 0,451	0,240 <0,001	0,117 0,001	1	
LS	-0,098 0,007	-0,006 0,879	-0,087 0,017	0,124 0,001	-0,377 <0,001	1

Tabella 5.2.3.2. Effetto di alcuni fattori non-nutrizionali sulla concentrazione di urea nel latte.

Fattori	Medie			ES	P
Mungitura	Mattino	Sera			
	37,2	38,0		0,18	0,002
Fase di lattazione ¹	I	II	III		
	35,9	40,4	36,6	0,27	<0,001

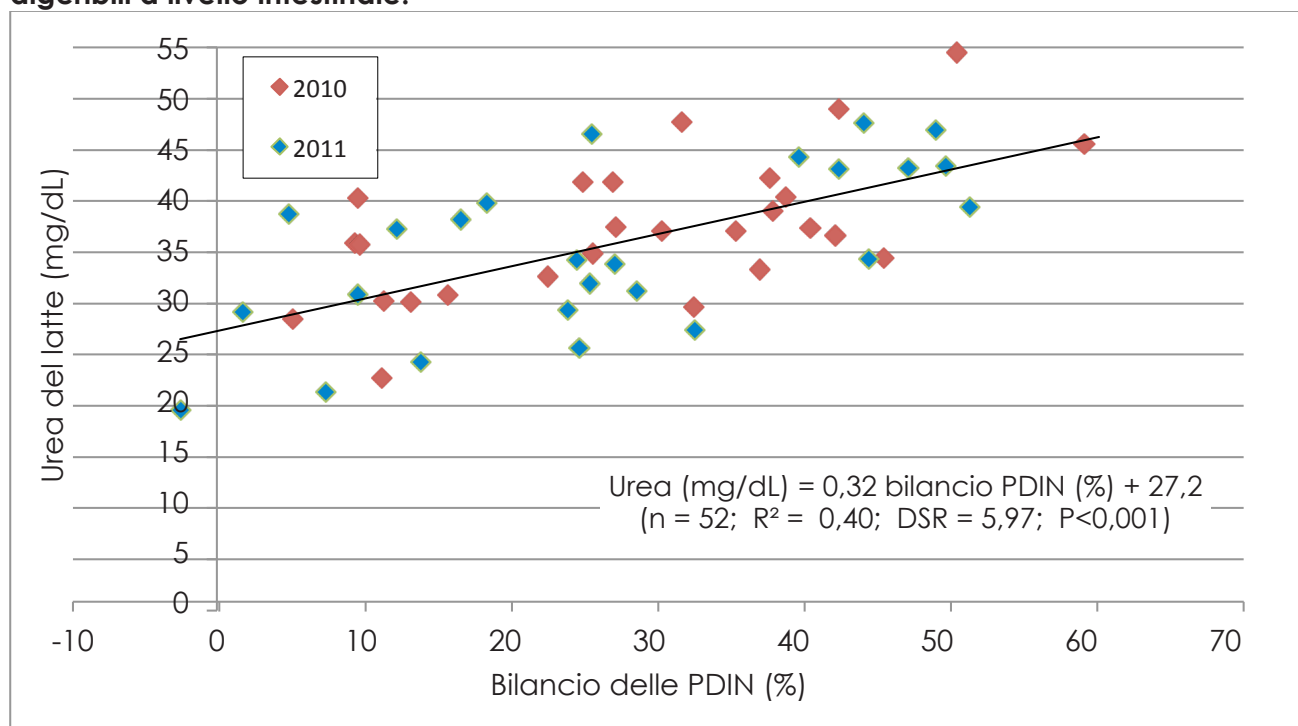
¹: Fase di lattazione: I: d < 60; II: 60 < d < 150; III: d >150.

5.2.4. Effetto dei fattori nutrizionali sul livello di urea nel latte

Il più importante principio alimentare rispetto alla capacità di influenzare il livello di urea nel latte è senz'altro la proteina grezza. La relazione tra il tenore proteico della dieta e l'urea è già stata descritta nel paragrafo 5.1.1. (al quale si rimanda) sulla base dei risultati ottenuti nelle capre sottoposte a prove di bilancio dell'azoto in condizioni sperimentali altamente controllate. Nel monitoraggio svolto negli anni 2010-2011 nelle otto aziende lombarde prescelte, la relazione tra PG della dieta e urea del latte è risultata ancora positiva tuttavia meno evidente a causa delle differenze esistenti tra le aziende, soprattutto per il livello produttivo. Di segno opposto sono invece risultati parametri quali le UFL o la fermentescibilità ruminale (misurata in termini di Gas Production); per questi, un aumento del loro valore determina una riduzione del contenuto in urea. Questa relazione può essere spiegata dalla maggiore capacità dei microrganismi ruminali di utilizzare l'azoto ammoniacale quando essi hanno a disposizione una maggior quantità di energia che deriva dalla fermentazione ruminale dei carboidrati fibrosi e non fibrosi.

Come per le prove di bilancio dell'azoto (paragrafo 5.1.5), anche sui dati scaturiti dal monitoraggio in campo abbiamo studiato la relazione tra l'urea e il bilancio delle PDIN (Grafico 5.2.4.1). La relazione ottenuta è piuttosto simile a quella del grafico 5.1.5.1.b., e il significato è il medesimo: quanto più si eccede nel somministrare PDIN all'animale tanto più sarà elevata la quantità di urea nel latte.

Grafico 5.2.4.1. Relazione tra il contenuto in urea del latte e il bilancio delle proteine digeribili a livello intestinale.



5.2.5. Come definire un adeguato tenore proteico della razione in funzione del contenuto in urea nel latte e del livello produttivo

Sebbene la proteina grezza (Nx6,25) sotto il profilo nutrizionale abbia una valenza meno rilevante rispetto alle proteine digeribili a livello intestinale (PDI), è sicuramente facile da determinare sia con l'analisi classica (metodo Kjeldahl) che con l'analisi per combustione (metodo Dumas) come pure mediante l'analisi rapida ed economica della spettroscopia nel vicino infrarosso (NIRS).

La stima dei tenori in PDIN e PDIE, invece, è più complessa, e richiede l'applicazione di formule (cap. 4.3) che, secondo la tipologia di alimento, sono basate sulla conoscenza solo di alcuni parametri chimici (PG, ADF o FG), come nel caso dei foraggi, oppure richiedono, come nel caso dei concentrati, anche l'effettuazione di un'analisi enzimatica necessaria per stimare la degradabilità ruminale dell'azoto.

Per quanto riguarda, invece, la stima dei fabbisogni proteici, il parametro utilizzato per esprimerli è solo quello delle PDI.

Detto questo, formulare correttamente una razione dal punto di vista proteico significa trovare la giusta combinazione degli alimenti che apportino una quantità di PDI in grado di soddisfare i fabbisogni. Nel caso in cui non si è in grado di caratterizzare gli apporti della razione in termini di PDI ma ci si possa avvalere solo del dato della proteina grezza (PG), è necessario - pur con una certa approssimazione - trasformare il fabbisogno di PDI in un fabbisogno espresso in termini di PG, in base all'efficienza di trasformazione della PG alimentare in PDIN.

Il riferimento alle PDIN - e non alle PDIE - è dovuto al fatto che sono proprio le PDIN a essere strettamente legate al contenuto di urea nel latte.

La variabilità dell'efficienza di trasformazione della PG in PDIN nei diversi alimenti determina una certa approssimazione di questa stima. Tuttavia, abbiamo potuto rilevare che, in media, il rapporto tra PDIN e PG delle razioni utilizzate nelle otto aziende monitorate nel corso dei due anni del progetto è pari a 0,675, con valori di minimo e massimo rispettivamente pari a 0,657 e 0,690. Quindi, in base a ciò, la stima della concentrazione in PG della razione può essere calcolata dividendo il fabbisogno di PDIN per 0,675 e rapportando tale risultato alla sostanza secca ingerita totale. Per essere più chiari, a titolo esemplificativo, per un gregge che ha già superato il picco di produzione, di un peso vivo medio di 65 kg, con una produzione media di latte di 3 kg/d, avente un tenore in proteina grezza del 3,5%, il fabbisogno in PDI è pari a 197 g/d; poiché l'ingestione di sostanza secca prevista è di 2,46 kg/d, la concentrazione di PDI della razione dovrebbe essere pari all'8% s.s.. Nella pratica di allevamento, onde evitare il rischio di sottoalimentare gli animali, aumentiamo il fabbisogno del 15% ottenendo una concentrazione in PDI ottimale pari a 9,2% s.s.. Dividendo 9,2 per 0,675 potremo, infine, calcolare la concentrazione di PG (13,6% s.s.) che dovrebbe avere la razione. Analogamente, per produzioni di 2 e 4 kg di latte e a parità delle altre condizioni, possiamo stimare un tenore proteico ottimale in PG della dieta pari al 12,0 e al 14,8% s.s., rispettivamente.

Una volta impostata la razione secondo questo schema, eventuali aggiustamenti potranno essere eseguiti in base alla risposta produttiva degli animali, soprattutto riguardo al contenuto di urea nel latte.

La valenza di queste considerazioni sull'apporto proteico della razione ovviamente non può prescindere da un adeguato apporto di energia, che rimane sempre un punto cardine del razionamento delle lattifere.

6. Considerazioni conclusive

I risultati che sono scaturiti dalla realizzazione del progetto confermano che - anche per la specie caprina - il livello di urea presente nel latte può essere un utile riferimento per monitorare gli apporti proteici della razione alimentare.

L'intervallo dei valori di urea compreso tra 23 e 34 mg per decilitro di latte, proposto come riferimento per assicurare alla capra lattifera una copertura adeguata a soddisfare i suoi fabbisogni di proteina alimentare, è auspicabile che nella pratica di campo possa aiutare a correggere quegli errori del razionamento che frequentemente determinano un eccesso di sostanze azotate nella dieta.

L'insieme dei risultati ottenuti dalle prove sperimentali e dal monitoraggio in campo ha reso evidente che il tenore in proteina grezza della razione deve essere commisurato al livello produttivo del gregge. Un eccesso di proteina grezza non determina un aumento della produzione ma un sostanziale incremento dell'escrezione urinaria di urea, con effetti negativi sull'ambiente e sul benessere dell'animale.

Alti livelli di urea non possono, quindi, comportare una perdita nell'efficienza di utilizzazione dell'azoto alimentare per la produzione della proteina del latte.

Anche sotto il profilo economico, monitorare l'urea nel latte può consentire di evitare inutili sprechi, poiché il costo di una razione con un contenuto eccessivo in proteina è solitamente superiore a quello di una dieta equilibrata. La messa a punto della razione deve iniziare con un'accurata valutazione dei foraggi per proseguire poi con la conseguente scelta degli alimenti concentrati - semplici o composti - più idonei per complementare correttamente la base foraggera. In ogni caso, a monte di tutto, un punto cardine rimane il miglioramento della qualità del foraggio che può solo portare a effetti positivi poiché in grado, da un lato, di favorire la produzione ma anche di ridurre la quota di concentrati nella dieta.

7. Ringraziamenti

I ringraziamenti sono rivolti a tutti coloro che con la loro attività hanno reso possibile lo svolgimento di questo progetto.

In particolare, si ringraziano gli allevatori delle aziende nelle quali è stato compiuto il monitoraggio: Roberto Alborghetti, Liliana Bergamini, Marco Buzzi, Chiara Onida, Valeria Onofrio, Luigi Paleari, Brigida Sardo, Marco Valtolina e Renato Vecchia; i tecnici delle APA che li hanno supportati e che hanno collaborato alla raccolta dei dati: i dott.ri Giorgio Esposti, Stefano Milanese, Paolo Panteghini e Lisa Pirovano; i responsabili dei laboratori Latte e Agroalimentare dell'ARAL: dott.sse Chiara Ghilardi e Nicoletta Rizzi; il personale tecnico dell'Università degli Studi di Milano: Stefania Bonacina, Vincenzo D'Ardes e dott. Paolo Roveda; gli studenti che su questo progetto hanno potuto sviluppare le loro tesi e i loro tirocini: Andrea Magni, Filippo Marasco, Stefano Merati, Tommaso Molteni, Livia Paleari e Lorenzo Rota.

8. Bibliografia

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists), 1995. Official methods of analysis. 15th Ed. AOAC, Washington, DC.
- Arunvipas P., Dohoo I.R., Vanleeuwen J.A., Keefe G.P., 2003. The effect of non-nutritional factors on milk urea nitrogen levels in dairy cows in Prince Edward Island, Canada. *Prev. Vet. Med.*, 59:83-93.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC), 1998. Official Methods of Analysis, 16th ed. AOAC, Washington, DC, supplement.
- Aufrère J., Graviou D., Demarquilly C., Verite R., Michalet-Doreau B., Chapoutot P., 1989. Aliments concentrés pour ruminants: prévision de la valeur azotée PDI à partir d'une méthode enzymatique standardisée. *INRA Prod.Anim.* 2(4), 249-254.
- Baumont R., Dulphy J.P., Sauvant D., Meschy F., Aufrère J., Peyraud J.L., 2007a. Valeur alimentaire des fourrages et des matières premières: tables et prévision. In: *Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins des animaux – Valeurs des aliments. Tables INRA 2007.* Edition Quae, Versailles: 149-179.
- Baumont R., Dulphy J.P., Sauvant D., Tran G., Meschy F., Aufrère J., Peyraud J.L., Champciaux P., 2007b. Les tables de la valeur des aliments. In: *Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins des animaux – Valeurs des aliments. Tables INRA 2007.* Edition Quae, Versailles: 181-275.
- Bava L., Rapetti L., Crovetto G.M., Tamburini A., Sandrucci A., Galassi G., Succi G., 2001. Effects of a nonforage diet on milk production, energy, and nitrogen metabolism in dairy goats throughout lactation. *J. Dairy Sci.*, 84: 2450-2459.
- Broderick G.A., Clayton M.K., 1997. A statistical evaluation of animal and nutritional factors influencing concentrations of milk urea nitrogen. *J. Dairy Sci.*, 80: 2964-2971.
- Brun-Bellut J., Laurent F., Vignon B., 1983. Urea content in milk and nitrogen utilization in lactating goats. In: *4th International Symposium Protein Metabolism and Nutrition, Clermont-Ferrand (France), INRA Publ., Versailles (France), Vol. 2, pp165-168.*
- Brun-Bellut J., Laurent F., Vignon B., 1984. Urea content in milk and allantoin content in urine : parameters estimating of nitrogen nutrition in lactating goats. *Can. J. Anim. Sci.*, 64, 281.
- Brun-Bellut J., Lindberg J. E., Hajipanayotou M., 1991. Protein nutrition and requirements of adult dairy goats. In: P. Morand-Fehr (ed.). *Goat nutrition.* Pudoc Wageningen, pp 82-93.
- Cabiddu A., Branca A., Decandia M., Pes A., Cantucci P.M., Masoero F., Calamari L., 1999. Relationships between body condition score, metabolic profile, milk yield and milk composition in goats browsing a Mediterranean shrubland. *Livest. Prod. Sci.*, 61: 267-273.
- Cannas A., Pes A., Mancuso R., Vodret B., Nudda A., 1998. Effect of dietary energy and protein concentration on the concentration of milk urea nitrogen in dairy ewes. *J. Dairy Sci.*, 81: 499-508.
- Carpenter S.R., Caraco N.F., Correll D.L., Howarth R.W., Sharpley A.N., Smith V.H., 1998. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecological Applications*, 8: 559-568.
- Colli E. C., 2010. Effetto del livello proteico della dieta sulla produzione latte della capra. Dissertazione tesi di laurea, Università degli Studi di Milano.
- Colombini S., Galassi G., Malagutti L., Zucali M., Crovetto G. M., Rapetti L., 2010. Intake, milk production and nitrogen balance of goats fed diets with differing energy content in early lactation. In: *Energy and Protein Metabolism and Nutrition* Ed. Crovetto G. M., Wageningen Academic Publishers, EAAP publication 127, pp. 303-304.
- EEA – European Environmental Agency., 2005. Indicator: Emission trends of ammonia NH3
- Eicher R., Bouchard E., Bigras-Poulin M., 1999. Factors affecting milk urea nitrogen and protein concentrations in Quebec dairy cows. *Prev. Vet. Med.*, 39:53-63.
- Faust M. A., Kilmer L. H., Funk R., 1997. Effects of laboratories for milk urea nitrogen and other milk components. *J. Dairy Sci.*, 80 (Suppl. 1): 206.

- Godden S. M., Lissemore K. D., Kelton D. F., Lumsden J. H., Leslie K. E., Walton J. S., 2000. Analytic validation of an infrared milk urea assay and effects of sample acquisition factors on milk urea results. *J. Dairy Sci.* 83: 435-442.
- Hof G., M. D. Vervoorn M. D., Lenaers P. J., Tamminga S., 1997. Milk Urea Nitrogen as a Tool to Monitor the Protein Nutrition of Dairy Cows. *J. Dairy Sci.*, 80, 3333-3340.
- Hooda P.S., Edwards A.C., Anderson H.A, Miller A., 2000. A review of water quality concerns in livestock farming areas. *The Science of the Total Environment*, 250:1-3, 143-167.
http://themes.eea.europa.eu/Specific_media/air/indicators/AP3a%2C2005.12/ap3a_emiss_NH3_1990_2005_final.pdf
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press. <http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/wg1-report.html>
- ISO and IDF, 2004. Milk -- Determination of urea content -- Enzymatic method using difference in pH (Reference method). International standard ISO 14637:2004 (IDF 195:2004).
- Johnson R. G. and Young A. J., 2003. The association between milk urea nitrogen and DHI production variables in western commercial dairy herds. *J. Dairy Sci.*, 86: 3008-3015.
- Kohn R., 2007. Use of milk or blood nitrogen to identify feed management inefficiencies and estimate nitrogen excretion by dairy cattle and other animals. In: Florida Ruminant Nutrition Symposium, January 30-31, Best Western Gateway Grand, Gainesville, FL, USA.
- Le P. D., Aarnink A. J. A., Ogink N.W. M., Becker P. M., Verstegen M. W. A., 2005. Odour from animal production facilities: its relationship to diet. *Nutrition Research Reviews*, 18: 3–30.
- Licata E., 1985. Subclinical mastitis and urea determination in cows' milk. *Obiettivi e Doc-Vet*, 6: 65-67.
- Luzzana M., Giardino R., 1999. Urea determination in milk by a differential pH technique. *Le Lait*, 79: 261:267.
- Menke K.H., Raab L, Salewski A., Steingass H., Fritz D., Schneider W., 1979. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuff from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. *J. agric. Sci. Camb.* 93: 217-222.
- Menke, K.H., Steingass, H., 1988. Estimation of energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. In: *Animal Research and Development. A Biannual Collection of Recent German Contributions Concerning Development through Animal Research*, 28: 7-55.
- National Research Council (NRC), 2007. *Nutrient Requirements of Small Ruminants. Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids*. The National Academies Press. Washington, D.C. USA.
- Nousiainen J., Shingfield K.J., Huhtanen P., 2004. Evaluation of milk urea nitrogen as a diagnostic of protein feeding. *J. Dairy Sci.*, 87: 386-398.
- Pfeffer E., Speckter H., Bornemann S., Holthausen A., Rodehutschord M., 2009. Kinetics of endogenous urea in lactating goats and cows fed diets varying in their crude protein concentrations. *Archives of Animal nutrition*, 63(No 3): 230- 242.
- Rapetti L. e Bava L., 2004. Effect of grinding of maize and level of starch on digestibility and lactation performance of Saanen goats. *South African J. of Anim. Sci.*, 34 (suppl. 1): 85-88.
- Rapetti L. Zanatta G., 2009. Capre, perchè è utile valutare l'urea nel latte. In: *L'Informatore Agrario n.38 Supplemento Stalle da latte*: 19-22.
- Rapetti L., Bava L., Crovetto G. M., Tamburini A., 2005. Feeding behaviour, digestibility, energy balance and productive performance of lactating goats fed forage-based and forage-free diets. *Ital. J. Anim. Sci.*, 4: 71-83.
- Rapetti L., Bruni G., Zanatta G., Colombini S., 2009. The milk urea content in dairy goat farms in Lombardy. *Ital. J. Anim. Sci.*, Vol.8 (suppl.2): 356.
- Rapetti L., Colombini S., Crovetto G. M., Galassi G., 2009. Nitrogen balance of Saanen goats in early lactation fed diets with different protein : energy ratio. *J. Dairy Sci.* Vol. 92, E-Supplement 1, pp. 485-486.
- S.A.T.A., 2007. *Osservatorio piccoli ruminanti in Lombardia: dall'evoluzione del settore alla gestione degli allevamenti. Relazione tecnica*.

- Sauvant D., Giger-Reverdin S., Meschy F., 2007. Alimentation des caprins. In: Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins des animaux – Valeurs des aliments. Tables Inra 2007. Editions Quae, c/o Inra, RD 10, 78026 Versailles Cedex, France, pp 137-149.
- Schepers A.J., Meijer R.G.M., 1998. Evaluation of the utilization of dietary nitrogen by dairy cows based on urea concentration in milk. *J. Dairy Sci.* 81: 579-584.
- Steinfeld H., Gerber P., Wassenaar T., Castel V, Rosales M, de Haan C., 2006. Livestock's long shadow. Environmental issues and options. FAO.
- Stradiotto K., Zanatta G., 2011. Progetto qualità latte di capra e prodotti derivati. Dati non pubblicati.
- Stradiotto K., Zanatta G., 2008. Progetto qualità latte di capra e prodotti derivati 2008. Relazione dell'attività tecnica.
- Swerts. M., Merckx, R. and Vlassak, K.,1996. Influence of carbon availability on the production of NO, N₂O, N₂ and CO₂ by soil cores during anaerobic incubation. *Plant and Soil* 181: 145-151.
- Westwood C. T., Lean I. J., Kellaway R. C., 1998. Indication and implications for testing of milk urea in dairy cattle: a quantitative review. Part 1. Dietary sources and metabolism. *New Zeland Veterinary Journal*, 46: 87-96.
- Wood P.D.P., 1967. Algebraic model of the lactation curve in cattle. *Nature* 216: 164-165.

Appendice

Linee guida per il corretto razionamento della capra da latte

Premessa

Il corretto approccio per una efficace consulenza alimentare nell'allevamento caprino può essere strutturato nelle seguenti tre fasi successive:

1. definizione degli obiettivi con l'allevatore,
2. calcolo della razione della capra da latte,
3. verifica dei risultati ottenuti in allevamento.

Ognuna di queste fasi verrà descritta di seguito, tenuto conto dei risultati ottenuti e delle nuove conoscenze acquisite dal Progetto Caprura.

1 – Definizione degli obiettivi con l'allevatore

Per prima cosa è necessario dialogare con l'allevatore per definire gli obiettivi tecnici ed economici che intende perseguire e le strategie alimentari necessarie per realizzarli.

Gli obiettivi tecnici

- Definizione del periodo di riproduzione e dei parti nell'anno, in funzione della richiesta e della valorizzazione dei prodotti, tenendo conto dei picchi di lavoro di eventuali altre attività.
- Definizione degli obiettivi produttivi realizzabili, in funzione del sistema d'allevamento, del livello genetico del gregge e del sistema alimentare adottato.

Gli obiettivi economici

- Analisi delle tipologie e della quantità dei foraggi e dei concentrati autoprodotti (compreso il pascolo) e da acquistare.
- Valutazione della convenienza agli investimenti tecnologici per ridurre i tempi di alimentazione (unifeed, feedcar, autoalimentatori).
- Definizione del costo della razione sostenibile (efficienza economica della razione), in funzione della valorizzazione dei prodotti (reddito) e dell'evoluzione del costo alimentare (principale voce tra i costi variabili).

Le strategie alimentari per realizzarli

- Definizione del sistema alimentare più idoneo (tradizionale o unifeed, razioni secche o con insilati).
- Scelta dei foraggi (compreso il pascolo) e della tipologia dei concentrati ad essi complementari (mangime, mangime + materie prime, miscela di materie prime).
- Valutazione della capacità di stoccaggio in azienda dei foraggi e dei concentrati.

2 – Calcolo della razione della capra da latte

In base alle decisioni prese al punto precedente e alla situazione reale in cui si opera, si prevedono le seguenti azioni:

- Caratterizzare i fabbisogni alimentari del gregge (per tradurre la razione individuale in un gruppo o nell'intero gregge), in funzione del periodo dei parti, della concentrazione dei parti, dello stadio fisiologico dell'animale, del peso vivo medio, del livello produttivo medio e della variabilità individuale della produzione.
- Valutare la tipologia, la quantità e la qualità (stima della composizione chimica e del valore nutritivo tramite analisi NIRS) dei foraggi ed eventualmente dei concentrati prodotti in azienda.
- Definire gli alimenti (foraggi e concentrati) da acquisire sul mercato per integrare la razione alimentare in funzione dei due punti precedenti.

Inoltre una **corretta razione alimentare** deve essere:

- a. **Equilibrata**, per garantire i parametri di benessere dell'animale.
- b. **Bilanciata**, per coprire i fabbisogni alimentari nei vari stadi fisiologici.
- c. **Ottimizzata**, per minimizzare i costi alimentari.

Nella pratica vediamo di seguito degli esempi di razioni (tabella 1), calcolate per la stessa “capra media” (860 kg latte in 300 giorni = 2,9 kg latte/d al 3,3% Grasso e 3,2% Proteine) in “piena lattazione” (dal 3° al 5° mese, 3,3 kg/d, in media), diversificate in funzione della base foraggera e del tipo di alimenti concentrati.

Tabella 1 – Esempi di razioni diversificate in funzione della base foraggera e del tipo di alimenti concentrati utilizzati

RAZIONE		1) a base: LOIESSA spigatura	2) a base: LOIESSA fioritura	3) a base: LOIESSA spig. + MEDICA	4) a base: LOIESSA spig. + MEDICA	5) a base: MEDICA + LOIESSA spig.
<i>Composizione</i>						
Fieno di loiessa 1° taglio, spigatura	(kg/d)	1,7	-	1,0	1,0	0,7
Fieno di loiessa 1° taglio, fioritura	“	-	1,4	-	-	-
Fieno di erba medica (19% PG s.s.)	“	-	-	0,7	0,7	1,4
Mais	“	0,60	0,70	0,60	0,65	0,65
Orzo	“	0,20	0,30	0,20	0,25	0,20
Soia, farina d'estrazione	“	0,14	0,18	0,14	0,05	-
Girasole, f.e.	“	0,13	0,18	0,13	-	-
Soia, granella fioccata	“	0,15	0,15	0,15	0,15	-
Minerali e vitamine	“	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<i>Totale</i>	“	2,97	2,96	2,97	2,95	3,00
<i>Foraggi : Concentrati</i>		57 : 43	47 : 53	57 : 43	61 : 39	70 : 30
<i>Costo della razione</i>	€	0,66	0,70	0,67	0,63	0,58
<i>Analisi chimica</i>						
UFL	n/kg SS	0,91	0,88	0,93	0,93	0,90
PG	g/kg SS	136	136	161	136	137
PDIN	“	95	95	111	94	92
PDIE	“	102	104	108	101	99
NDF	“	406	390	363	369	369
ADF	“	210	206	194	193	201
AMIDO	“	191	236	191	216	203
NFC	“	339	364	358	377	386

La prima razione riportata nella tabella rappresenta un esempio di razione ben bilanciata nella quale la base foraggera è costituita esclusivamente da un buon fieno maggengo di loiessa raccolta all'inizio della spigatura, caratterizzato da una concentrazione di PG di 8,4% s.s. e da un valore energetico di 0,74 UFL/kg SS. Il bilanciamento della razione richiede in questo caso l'uso di un mangime (al 18% di PG sul tal quale) in ragione di circa 1270 g/capo/giorno. In tabella il mangime è sempre scomposto nei diversi alimenti concentrati che lo costituiscono.

Nella razione 2, il foraggio è costituito sempre da fieno di loiessa, raccolto però più tardivamente, in piena fioritura. Ciò determina uno scadimento del suo valore nutritivo (5,7% PG s.s. e 0,61 UFL/kg SS) e quindi una maggiore richiesta di mangime complementare (circa 1560 g/capo/d) per poter bilanciare la razione. La maggiore quota di concentrato determina un aumento del costo della razione che da 0,66 €/capo/d passa a 0,70 €/capo/d.

La terza razione rappresenta, invece, il caso di una dieta poco equilibrata sotto il profilo degli apporti proteici, volutamente inserito perché rappresenta una situazione che frequentemente si verifica in allevamento. In questa razione, oltre al fieno di loiessa, è impiegato anche dell'ottimo fieno di erba medica (19,2% PG s.s. e 0,83 UFL/kg SS) e si continua a utilizzare un mangime con un alto tenore proteico (18% s.t.q.). Ciò comporta un apporto eccessivo di proteina che determinerà una maggiore escrezione di azoto urinario e un aumento del tenore di urea nel latte.

Nella quarta razione, avente la medesima base foraggera della terza, l'integrazione con alimenti concentrati è fatta per ottenere una dieta bilanciata, senza spreco di proteina. Ne deriva un minore uso di mangime complementare (circa 1150 g/capo/d) che consente di ridurre il costo complessivo della razione (0,63 €/capo/d). Va sottolineato che in questo caso il mangime usato ha un tenore proteico pari a circa il 13,5% sul tal quale!

Infine, l'ultimo scenario (quinta razione) prevede una base foraggera costituita prevalentemente dal fieno di erba medica prima descritto e in minor misura da quello di loiessa. In questo caso il bilanciamento della razione è ottenuto utilizzando esclusivamente mais e orzo quali alimenti concentrati, oltre all'integrazione minerale e vitaminica. Le farine di estrazione di soia e girasole non sono state necessarie. Anche i semi di soia integrale tostata non sono stati inseriti nella dieta. Quest'ultima esclusione determina tuttavia una riduzione del tenore lipidico e la conseguente leggera diminuzione del contenuto in UFL rispetto alla dieta precedente. Il rapporto tra foraggi e concentrati in questo caso raggiunge addirittura il livello 70:30, determinando una ulteriore riduzione del costo totale della razione.

3 – Verifica dei risultati ottenuti in allevamento

Questa fase risulta fondamentale in quanto costituisce la sintesi di tutte le azioni intraprese in precedenza, permettendo di valutare in concreto l'impatto delle indicazioni date dal consulente e il loro livello di applicazione in allevamento. In pratica, sono da prevedere le seguenti due azioni:

Entrare in stalla e osservare gli animali e il loro comportamento verificando:

- Lo stato di benessere degli animali: pelo (lucido, non arruffato e non a chiazze) e feci ("a palline", non "a torta", con pochi semi di cerali).
- La mangiatoia e i residui di foraggio: quantità di residui presente ma non eccessiva e omogenea sulla lunghezza (numero di catture sufficienti).
- Gli abbeveratoi: in numero sufficiente (grande abbeveratoio in uscita dalla mungitura) e puliti (a pressione meglio che a galleggiante).
- Il comportamento degli animali, in media sulle 24 ore: 8 ore di sonno, 8 ore di alimentazione (concentrate all'alba e al tramonto) e 8 ore di ruminazione.
- Il numero di animali che stanno ruminando: la sera, dopo la mungitura, almeno 2/3 degli animali devono ruminare.

Definire e verificare con l'allevatore una serie di indicatori di risultato quali:

- il livello produttivo, attraverso la valutazione della quantità di latte del tank (previsione produttiva, realizzata o meno rispetto all'anno precedente), da valutarsi nelle diverse fasi della lattazione (inizio, metà e fine lattazione).
- il rapporto grasso/proteine, da calcolare con i dati individuali dei Controlli Funzionali (se è presente inversione – rapporto grasso/proteine < 1 - allerta per: calo di ingestione, foraggi poco appetiti, eccesso di concentrati, carenza di lipidi nella razione).
- il Body Condition Score (BCS), da effettuare su un campione (10-20% dei capi del gregge) valutando l'evoluzione sull'anno (obiettivi di BCS Lombare: all'asciutta 2,75-3,00 e al picco di lattazione 2,00-2,25).
- il contenuto di Urea nel latte di massa o individuale (obiettivo: mantenerlo nel corso dell'intera lattazione nel range ottimale definito dal progetto CAPRUREA: min 23 mg/dl - max 34 mg/dl) per ottimizzare il benessere animale, i costi alimentari e l'impatto ambientale.

Conclusioni

- La consulenza alimentare, soprattutto nei ruminanti, presuppone competenze molteplici e complesse.
- La capra è un ruminante che possiede livelli di adattabilità unici, ma deve essere conosciuta e rispettata nelle sue particolari specificità.
- La consulenza del SATA ha sempre avuto un approccio che ha privilegiato la componente foraggera nell'alimentazione della capra.
- I risultati ottenuti con il progetto CAPRUREA vanno nello stesso senso dimostrando che è inutile "sprecare" proteina nell'alimentazione.
- La sfida alla competitività e alla sostenibilità economica e ambientale, che gli allevatori e i tecnici si trovano ad affrontare quotidianamente, può trovare una soluzione in una consulenza alimentare sempre più attenta al benessere animale, alla riduzione dell'impatto sull'ambiente e al contenimento dei costi per l'alimentazione.

*Finito di stampare nel mese di maggio 2013
Stand By Graph – Borgomanero (NO)*



Regione Lombardia

Agricoltura

Ricerca e Sperimentazione in Agricoltura

www.agricoltura.regione.lombardia.it