

# **L'EFFICIENZA ENERGETICA NEL COMPARTO ZOOTECNICO**

Analisi dei consumi energetici e miglioramento delle  
*performance* di efficienza energetica in alcune  
tipologie di allevamento

U. DE CORATO, F.A. CANCELLARA

ENEA – Unità Tecnica Efficienza Energetica  
Servizio Analisi e Valutazione dei Sistemi di Efficienza Energetica  
Ufficio Territoriale di Bari, presso Consorzio Universitario per la Formazione ed Innovazione  
Uni.Versus, Bari



AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE,  
L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE

# L'EFFICIENZA ENERGETICA NEL COMPARTO ZOOTECNICO

Analisi dei consumi energetici e miglioramento delle  
*performance* di efficienza energetica in alcune  
tipologie di allevamento

U. DE CORATO, F.A. CANCELLARA

ENEA – Unità Tecnica Efficienza Energetica

Servizio Analisi e Valutazione dei Sistemi di Efficienza Energetica

Ufficio Territoriale di Bari, presso Consorzio Universitario per la Formazione ed Innovazione  
Uni.Versus, Bari

I Rapporti tecnici sono scaricabili in formato pdf dal sito web ENEA alla pagina  
<http://www.enea.it/it/produzione-scientifica/rapporti-tecnici>

I contenuti tecnico-scientifici dei rapporti tecnici dell'ENEA rispecchiano l'opinione degli autori e non necessariamente quella dell'Agenzia.

The technical and scientific contents of these reports express the opinion of the authors but not necessarily the opinion of ENEA.

## L'EFFICIENZA ENERGETICA NEL COMPARTO ZOOTECNICO

Analisi dei consumi energetici e miglioramento delle *performance* di efficienza energetica in alcune tipologie di allevamento

U. DE CORATO, F.A. CANCELLARA

### **Riassunto**

Nel presente Rapporto Tecnico sono stati descritti i consumi medi di energia elettrica e termica aziendali rilevati in tre comparti produttivi zootecnici (bovini da latte, suini da ingrasso e da riproduzione, galline ovaiole allevate in gabbia a batteria), distinti per singole operazioni unitarie tipiche della stalla, della porcilaia e del pollaio. Sono state poi analizzate in dettaglio le più recenti ed efficaci tecnologie di risparmio energetico per migliorare le *performance* di efficienza energetica degli allevamenti bovini da latte, suinicoli da ingrasso e da riproduzione, e delle ovaiole allevate in gabbie a batteria. Le tecnologie ed i dati energetici presentati mostrano che è possibile ottenere, anche in zootecnia, significativi risparmi di energia dell'azienda agricola, mediante l'impiego di semplici ed innovative soluzioni tecnologiche che richiedono limitati investimenti e con tempi di ritorno ragionevoli.

**Parole chiave:** Bovini da latte, Efficienza energetica in zootecnia, Galline ovaiole, Risparmio energetico in zootecnia, Suini da ingrasso e riproduzione.

### **Summary**

*The medium consumption of electric and thermal energy measured in three zoo-technical breeding types (milk-cattle, reproduction-pigs and egg-pullets), split for single unitary operation of each breeding type, are described in the present Technical Report. Then, the most recent and efficient technologies of energy saving and energy efficiency for each Italian breeding type (milk-cattle, reproduction-pigs and egg-pullets) have been analysed in detail. The technologies and data presented shows that it is possible to obtain, also in zoo-technics, significant energy saving of the farms, by means of the employment of simple and innovative technology solutions, which requires limited investments and short returned times.*

**Key words:** *Egg-pullets, Energy efficiency in zoo-technics, Energy saving in zoo-technics, Milk-cattle, Reproduction-pigs.*



# INDICE

|  |           |
|--|-----------|
| <b>GENERALITA' SULL'EFFICIENZA ENERGETICA IN TRE COMPARTI PRODUTTIVI ZOOTECNICI.....</b>   | <b>7</b>  |
| LO SCENARIO TRANS-NAZIONALE.....   | 7         |
| LO SCENARIO ITALIANO.....  | 8         |
| <br>   |           |
| <b>CONSUMI ENERGETICI E MIGLIORAMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA NEL COMPARTO "BOVINI DA LATTE".....</b>   | <b>10</b> |
| GENERALITA' SUI CONSUMI DI ENERGIA ELETTRICA E DI ENERGIA TERMICA.....   | 11        |
| ANALISI DEI CONSUMI DI ENERGIA ELETTRICA E DI ENERGIA TERMICA SUDDIVISI PER OPERAZIONI UNITARIE DELLA STALLA DA LATTE.....                         | 13        |
| MIGLIORAMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA NEGLI ALLEVAMENTI BOVINI DA LATTE.....  | 18        |
| <br>   |           |
| <b>CONSUMI ENERGETICI E MIGLIORAMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA NEL COMPARTO "SUINI DA INGRASSO E DA RIPRODUZIONE".....</b>                       | <b>23</b> |
| GENERALITA' SUI CONSUMI DI ENERGIA ELETTRICA E DI ENERGIA TERMICA.....   | 24        |
| ANALISI DEI CONSUMI DI ENERGIA ELETTRICA E DI ENERGIA TERMICA SUDDIVISI PER OPERAZIONI UNITARIE DELLA PORCILAIA DA INGRASSO E DA RIPRODUZIONE..... | 27        |
| MIGLIORAMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA NEGLI ALLEVAMENTI SUINI DA INGRASSO E DA RIPRODUZIONE.....  | 31        |
| <br>   |           |
| <b>CONSUMI ENERGETICI E MIGLIORAMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA NEL COMPARTO "OVAIOLE IN GABBIA".....</b>   | <b>38</b> |
| <br>   |           |
| <b>CONCLUSIONI.....</b>  | <b>40</b> |
| COMPARTO BOVINI DA LATTE.....  | 40        |
| COMPARTO SUINI DA INGRASSO E DA RIPRODUZIONE.....  | 40        |
| <br>   |           |
| <b>BIBLIOGRAFIA.....</b>   | <b>41</b> |



# GENERALITA' SULL'EFFICIENZA ENERGETICA IN TRE COMPARTI PRODUTTIVI ZOOTECNICI

## LO SCENARIO TRANS-NAZIONALE

Un Rapporto FAO pubblicato nel 2011, riferisce che la crescita della popolazione e del reddito mondiale stanno alimentando un *trend* di progressivo aumento del consumo pro-capite di proteine animali nei Paesi in via di sviluppo. Si stima che il consumo di carne crescerà di circa il 73% entro il 2050, mentre il consumo di prodotti caseari salirà del 58% rispetto ai livelli odierni.

Lo stesso Rapporto afferma che la gran parte della domanda futura di prodotti d'allevamento, ed in particolare nelle aree metropolitane in espansione in cui si concentra la maggior parte della crescita della popolazione, verrà soddisfatta dall'uso di sistemi zootecnici d'allevamento di tipo intensivo su larga scala. Allo stato attuale, non esistono soluzioni alternative tecnicamente o economicamente fattibili per realizzare l'offerta di prodotti alimentari zootecnici necessarie a soddisfare i bisogni delle popolazioni in espansione.

Tali sistemi sono fonte di preoccupazione, sia per il loro impatto ambientale, come l'inquinamento delle falde acquifere e l'emissione di gas serra, sia in quanto potenziali incubatori di malattie anche trasmissibili all'uomo. Il Rapporto segnala che una sfida inderogabile è quella di rendere la produzione zootecnica intensiva più sostenibile a livello ambientale.

Secondo la FAO, allo stato attuale delle conoscenze e della tecnologia vi sono tre modi per farlo:

- ridurre il livello di inquinamento prodotto dagli scarti zootecnici e dai gas serra;
- ridurre la quantità di acqua e cereali necessaria a produrre le proteine animali;
- riciclare i sotto-prodotti agro-silvo-industriali nell'industria mangimistica zootecnica.

La crescita della produzione zootecnica verificatasi negli ultimi 40 anni è dovuta principalmente all'aumento del numero totale dei capi di bestiame allevati. Ma è difficile immaginare di poter soddisfare la crescente domanda prevista in futuro allevando il doppio del pollame, l'80% in più di piccoli ruminanti, il 50% in più di bovini e il 40% in più di suini, e soprattutto continuando a sfruttare lo stesso livello di risorse naturali di adesso.

Al contrario, gli aumenti produttivi dovranno scaturire da una maggiore efficienza dei sistemi zootecnici in grado di convertire le risorse naturali in cibo e ridurre gli sprechi. Ciò richiederà investimenti di capitali nonché politiche ed un contesto normativo più favorevoli.

Altri problemi di cui tenere conto sono la siccità e la desertificazione, l'insufficienza di risorse idriche ed altri effetti relativi al clima, per non parlare delle malattie animali, alcune delle quali possono minacciare direttamente la salute stessa dell'uomo, tutte sfide che andranno affrontate con il progressivo aumento della produzione zootecnica Mondiale.

Dal 1967 al 2011, la produzione globale di pollame è aumentata di circa il 700%. Anche altri prodotti hanno visto una notevole crescita produttiva, come le uova, che hanno registrato un

aumento del 350%, la carne di maiale (290%), la carne di pecora e di capra (200%), la carne di bovini e bufali (180%) e il latte (180%). I prodotti zootecnici oggi forniscono il 12,9% delle calorie consumate a livello mondiale, circa il 20,3% nei Paesi sviluppati. Il loro contributo al consumo di proteine è stimato pari al 27,9% a livello mondiale e al 47,8% nei Paesi sviluppati.

Il Rapporto FAO riferisce che il consumo medio di proteine animali in Africa è meno di un quarto di quello nelle Americhe, in Europa e in Oceania, ed è pari a solo il 17% del livello raccomandato di consumo di proteine in generale. Al contrario, il consumo di proteine animali nelle Americhe, in Europa e in Oceania nel 2005 era tra il 78 ed il 98% del fabbisogno proteico totale, il che indica un sovra-consumo di prodotti zootecnici in queste Regioni.

Ma nei Paesi in via di sviluppo, l'allevamento e i prodotti zootecnici possono contribuire in maniera cruciale alla sicurezza economica e alimentare delle famiglie, nonché alla loro alimentazione. Anche piccole quantità di alimenti d'origine animale possono migliorare lo stato nutrizionale delle famiglie a basso reddito. Carne, latte e uova forniscono proteine con una vasta gamma di amminoacidi e di micro-nutrienti come il ferro, lo zinco, la vitamina A, la vitamina B<sub>12</sub> e il calcio, di cui le persone malnutrite sono carenti.

Per le comunità pastorali dipendenti dall'allevamento, come quelle dell'Africa Orientale, gli obiettivi prioritari dovrebbero essere: aumentare il contributo del settore zootecnico alla sicurezza alimentare, risanando i pascoli in degrado e gestendoli in maniera migliore; perfezionare la cura della salute animale; rendere più facile per gli allevatori la collocazione dei propri animali e beni sul mercato.

## **LO SCENARIO ITALIANO**

Il comparto zootecnico Italiano è andato soggetto, soprattutto nelle Regioni a più spiccata vocazione zootecnica quali la Pianura Padana, ad un processo di intensa ristrutturazione produttiva e tecnologica.

Sul piano produttivo si è assistito alla crescente concentrazione degli allevamenti in aziende di dimensioni sempre più elevate. Sul piano tecnologico tale processo è stato accelerato dalla disponibilità di impianti e attrezzature diretti a conseguire un riassetto ergonomico degli allevamenti, con conseguente riduzione di manodopera e sua progressiva sostituzione con impianti che richiedono un più elevato consumo energetico.

Così, per quanto il costo energetico rappresenti tuttora una frazione non elevata sul totale dei costi di produzione (ad esempio, solo il 5% nel comparto bovino da latte), si prevede che, in futuro, assumerà un'importanza sempre maggiore, di pari passo con l'aumento dei costi delle fonti energetiche tradizionali non rinnovabili e con il progressivo e crescente trasferimento di tecnologia nel settore della produzione zootecnica (Rossi, 2011).

Ciò spiega l'interesse per una problematica destinata ad assumere una valenza strategica negli sviluppi del comparto, soprattutto alla luce della necessità di operare sul versante della riduzione dei costi di produzione per affermare, specialmente sul piano economico, la concorrenzialità del prodotto nazionale rispetto all'offerta proveniente dai sistemi zootecnici "forti" del mercato comunitario.

Il crescente aumento delle produzioni zootecniche deve quindi fare i conti con il raggiungimento di una maggiore efficienza energetica dei relativi comparti produttivi. Questo obiettivo lo si può raggiungere agendo contemporaneamente su tre fattori:

- riduzione dei consumi diretti di energia elettrica e termica;
- uso efficiente dei mezzi di produzione (mangimi, integratori alimentari, fertilizzanti, acqua, ecc.);
- riduzione degli sprechi alimentari.

Gli attuali orientamenti di efficienza energetica nel settore zootecnico mirano all'ottimizzazione di micro-climi allo scopo di renderli più favorevoli al benessere animale, con conseguente miglioramento quali-quantitativo delle produzioni zootecniche e con risparmi di energia elettrica e termica (e quindi di denaro). Questi obiettivi si ottengono attraverso la contemporanea ed integrata adozione di due approcci:

- la razionalizzazione e l'ottimizzazione delle operazioni di gestione della stalla, della porcilaia e del pollaio;
- la realizzazione di interventi di miglioramento: delle prestazioni energetiche degli ambienti di allevamento (ad esempio, con la coibentazione degli edifici); del gruppo di mungitura e di raffreddamento del latte; delle operazioni di movimentazione meccanica di effluenti e lettiere; degli impianti di riscaldamento, ventilazione, raffrescamento ed illuminazione.

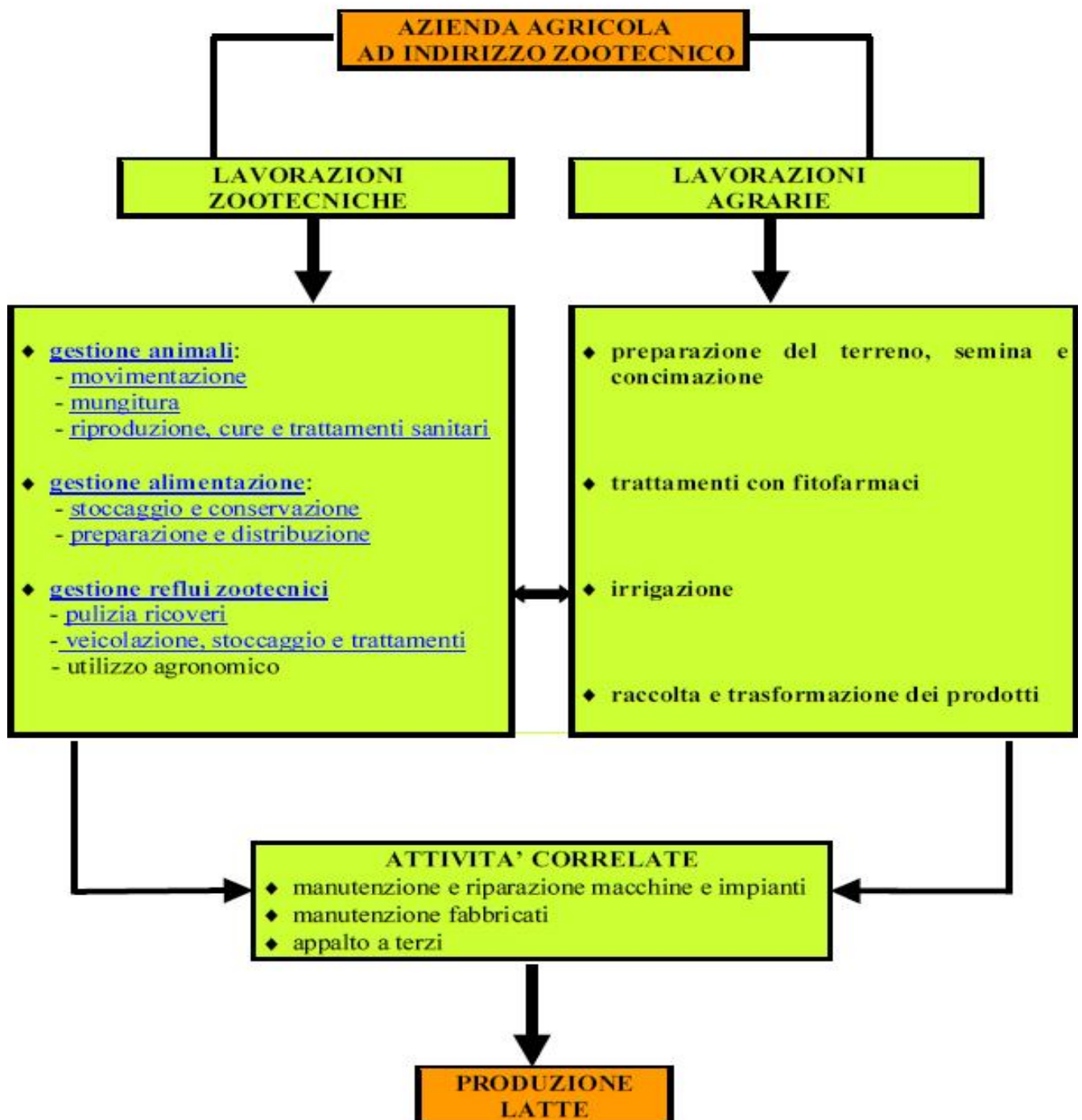
L'obiettivo della ricerca nel settore dell'efficienza energetica nel comparto zootecnico è quindi quello di promuovere: la diversificazione produttiva delle aziende agricole; un maggior sfruttamento dell'energia rinnovabile (sistemi a solare fotovoltaico e a solare termico per la produzione di acqua calda); l'adozione di sistemi per il risparmio energetico con tecniche che puntino all'efficienza e all'ottimizzazione di strutture ed impianti esistenti.

Peraltro, la quantificazione dei fabbisogni energetici diretti del comparto zootecnico nazionale, o di suoi sottoinsiemi territoriali, è impresa alquanto complessa. Infatti il sistema produttivo zootecnico Italiano risulta tutt'altro che omogeneo quanto a struttura di base e ad orientamenti produttivi. Inoltre, le tecnologie applicate al processo produttivo, dalle quali dipende in larga misura l'entità del consumo energetico, variano in modo consistente a seconda delle caratteristiche strutturali e produttive degli allevamenti. Purtroppo, proprio queste ultime caratteristiche, che rappresentano le variabili più idonee a spiegare le diverse esigenze energetiche delle aziende zootecniche, sono note solo parzialmente. La bibliografia nazionale ed internazionale relativa ai consumi energetici negli allevamenti non è molto vasta ed aggiornata, sebbene negli ultimi anni hanno visto la luce alcuni studi interessanti condotti in Italia, Francia e Germania, e i cui risultati sono riportati in una *Review* pubblicata dal Centro Ricerche Produzioni Animali (CRPA s.p.a.) di Reggio-Emilia.

I tre comparti produttivi zootecnici trattati in questo Rapporto Tecnico ENEA sono il "bovino da latte", con particolare riferimento alla zona tipica di produzione del Parmigiano Reggiano, il "suino da ingrasso e riproduzione", e l'"avicolo allevato in gabbia a batteria", ovvero quelli più rilevanti per la zootecnia Padana. In questo Rapporto si dà per scontato la conoscenza dei sistemi di allevamento adottati in Italia. Vengono pertanto analizzati, prima di tutto, i consumi elettrici e termici in alcune tipologie di allevamento della Pianura Padana e, successivamente, descritti gli interventi tecnicamente più efficaci ed economicamente più convenienti per il miglioramento delle *performance* energetiche dei tre comparti zootecnici sopracitati.

# CONSUMI ENERGETICI E MIGLIORAMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA NEL COMPARTO "BOVINI DA LATTE"

FLOW-CHART  
ALLEVAMENTO BOVINI DA LATTE



## GENERALITA' SUI CONSUMI DI ENERGIA ELETTRICA E DI ENERGIA TERMICA

Dal *flow-chart* riportato nella pagina precedente, si possono stimare i consumi energetici (elettrici e termici) delle singole operazioni relative alle lavorazioni zootecniche secondo una metodologia statistica e sperimentale. Ovviamente, per avere una panoramica aziendale più ampia, vanno inclusi i consumi energetici delle operazioni relative alle lavorazioni agrarie, diverse a seconda della tipologia di allevamento, che però non sono oggetto della presente trattazione e pertanto non vengono qui considerati.

I consumi energetici negli allevamenti di bovini da latte sono stati oggetto di alcuni studi a livello Internazionale e Nazionale e la loro analisi offre significativi spunti di riflessione nell'ambito della gestione di questa importante voce di costo nella gestione della stalla da latte (Rossi e Gastaldo, 2011a).

Di particolare interesse è un'indagine Francese del 2009 condotta su 60 allevamenti bovini da latte che ha rilevato i consumi di energia elettrica e termica per il funzionamento degli edifici d'allevamento e per l'esecuzione dei lavori di stalla.

Per quanto riguarda la voce "consumi di energia elettrica", le utenze risultate più energivore sono:

- ✓ la gestione del serbatoio di raccolta e di refrigerazione del latte;
- ✓ la gestione del riscaldamento dell'acqua sanitaria per le operazioni di lavaggio della mammella;
- ✓ la gestione dell'illuminazione del blocco mungitura, delle aree di stabulazione e delle aree esterne alla stalla;
- ✓ la gestione delle attrezzature per la pulizia ed il lavaggio della stalla;
- ✓ la gestione delle pompe dell'impianto elettro-meccanico del gruppo di mungitura.

Secondo questa indagine, la gestione del gruppo di mungitura si pone al primo posto per i consumi elettrici, con un valore medio annuo di 420 kWh/vacca in lattazione (min = 160; max = 920), pari a 61 Wh per litro di latte. Le utenze del blocco mungitura che comportano i più alti consumi sono: la refrigerazione del latte (43%), il riscaldamento dell'acqua (27%) e l'uso della pompa da vuoto (15%). Le aziende dotate di robot di mungitura evidenziano un consumo imputabile alla pompa del vuoto circa doppio rispetto alle sale tradizionali, perché la pompa ha molte più ore/giorno di funzionamento.

Le altre utenze della stalla hanno una rilevanza decisamente minore rispetto al gruppo di mungitura: in media 34 kWh/vacca per anno per la gestione delle deiezioni e 18 kWh/vacca per anno per l'alimentazione.

Per quanto riguarda la voce "consumi di carburante" delle aziende Francesi, questo è imputabile al funzionamento delle trattrici agricole per le seguenti attività di stalla: alimentazione (preparazione e distribuzione del mangime), distribuzione della lettiera e gestione degli effluenti. L'alimentazione è la voce più rilevante in termini di consumo di gasolio: in media 45 litri/vacca per anno, con punte massime di 110 litri/vacca per anno. Mediamente la quota di consumo per l'alimentazione è pari al 54% di quello complessivo di gasolio per le operazioni di stalla, seguita dalla distribuzione della paglia, che incide per il 19% del totale. Per la gestione degli effluenti, i sistemi a solo liquame risultano meno esigenti (37 litri/vacca per anno) rispetto a quelli misti e a quelli con solo letame (54 litri/vacca per anno).

Un'altra indagine condotta su 41 allevamenti della Germania dell'Est riporta consumi elettrici annui variabili da 166 a 269 kWh/vacca, imputabili all'impianto di mungitura nel suo complesso. Con riferimento alla produzione di latte, i consumi oscillano da un minimo di 2,58 a un massimo di 4,14 kWh/100 kg di prodotto. Tale indagine riporta anche il consumo totale medio di energia elettrica degli allevamenti esaminati, che risulta pari a 9 kWh/100 kg di latte, e ne indica la suddivisione per le diverse attività: 68% per la sala di mungitura, 14% per l'alimentazione, 8% per l'illuminazione e il controllo ambientale, 6% per la rimozione degli effluenti e 4% per le altre attività.

Un'altra indagine Tedesca riporta i dati rilevati in 4 allevamenti, differenti sia per capienza (da 60 a 400 vacche) e sia per produzione di latte (da 6.250 a 7.000 kg/vacca per anno). Per quanto riguarda il consumo energetico per il riscaldamento dell'acqua tecnologica e per la pulizia si va da un minimo di 287 kWh/vacca per anno ad un massimo di 350 kWh/vacca per anno.

Nel 2007 sono stati raccolti i dati in 2 allevamenti commerciali Tedeschi di bovini da latte, evidenziando un consumo medio di 5,2 kWh/100 kg di prodotto, da intendersi come consumo totale di energia elettrica per le diverse attività d'allevamento.

Secondo uno studio Statunitense, il consumo di energia elettrica per la refrigerazione del latte può essere stimato nel 10-18% di quello energetico totale; l'entità varia da 1,76 a 2,42 kWh/100 kg di latte. Il consumo di energia elettrica imputabile al *tank* del latte, riscaldamento dell'acqua e pompa del vuoto è pari al 36-55% dell'energia elettrica totale utilizzata in azienda.

Un recente lavoro pubblicato in Italia riporta i risultati di una stima effettuata per un allevamento da latte lombardo con 195 vacche in mungitura: il consumo energetico globale (energia elettrica e termica) di tutte le operazioni attinenti all'allevamento ammonta a 1.065 kWh/vacca per anno, pari a 83,7 Wh/l di latte, dei quali 25,4 Wh/l di latte imputabili alla mungitura.

Sempre in Italia, in un allevamento con 390 vacche da latte in produzione è stato rilevato un consumo di energia elettrica per le sole operazioni di mungitura (con 3 mungiture al giorno) di 57 Wh/kg di latte. I consumi totali annui dell'allevamento sono pari a 1.740 kWh/vacca e risultano così suddivisi: 90 Wh/kg di latte per l'energia elettrica e 79 Wh/kg per quella termica.

Infine, nel corso di un'altra indagine campionaria Italiana finanziata nel 2009 dalla Regione Emilia-Romagna su 60 allevamenti di bovini da latte, si sono valutate il consumo energetico annuo, la spesa elettrica e termica annuale.

Il consumo energetico annuo, con riferimento alle sole attività connesse all'allevamento, ma con esclusione dell'eventuale mangimificio, è pari a 5,24 GJ/vacca (1.457 kWh/vacca), con un valore minimo di 0,48 GJ/vacca ed un massimo di 15,93 GJ/vacca. Solo 3 aziende mostrano un consumo superiore a 10 GJ/vacca e soltanto 6 hanno un consumo minore di 2 GJ/vacca. Quindi, quasi l'80% delle aziende ha un consumo annuale netto compreso fra 2 e 10 GJ/vacca (da 556 a 2.780 kWh/vacca). Il consumo energetico annuo netto parametrato all'Indice "Unità Bovino Adulto" (Uba) risulta mediamente pari a 3,66 GJ/Uba, con un minimo di 0,32 GJ/Uba e un massimo di 10,83 GJ/Uba.

La potenza contrattuale della fornitura di energia elettrica è risultata mediamente pari a 51 kW, con un minimo di 6 kW ed un massimo di 216 kW. Interessante notare che, se si parametrizza il numero totale di Uba alla potenza contrattuale, risulta un intervallo compreso fra 1,7 e 16,2 Uba/kW, con una media di 5,6. Parametrando poi il consumo annuo di energia elettrica al numero di vacche, si

ottiene un valore medio di 510 kWh/vacca, con un minimo di 36 kWh/vacca e un massimo di 1.416 kWh/vacca.

L'indicazione della spesa elettrica annua ha permesso di estrapolare il costo del chilowattora: in media le aziende agricole del campione spendono 0,2 €/kWh, con un minimo di 0,07 €/kWh ed un massimo di 0,54 €/kWh. Il 69% delle imprese ha un costo compreso fra 0,1 e 0,2 €/kWh. Moltiplicando il consumo medio unitario di energia elettrica per il costo medio per chilowattora si ottiene la spesa media sostenuta dalle aziende del campione per l'energia elettrica, che risulta di 102 €/vacca per anno.

Per quanto riguarda la spesa termica annua, cioè di carburante, è possibile affermare che il consumo medio annuo di metano è di 28 m<sup>3</sup>/vacca, per una spesa media annua di 24,64 €/vacca (0,88 €/m<sup>3</sup>), mentre per gasolio e Gpl si ha rispettivamente un consumo di 109 e 92 l/vacca, per una spesa di 73 e 64 €/vacca (prezzi medi rispettivamente pari a 0,67 e a 0,70 €/l). Il totale della spesa energetica termica mostra un valore medio di quasi 105 €/vacca per anno, con un minimo annuale di 9 €/vacca ed un massimo annuale di quasi 350 €/vacca.

## **ANALISI DEI CONSUMI DI ENERGIA ELETTRICA E DI ENERGIA TERMICA SUDDIVISI PER OPERAZIONI UNITARIE DELLA STALLA DA LATTE**

I dati disponibili in bibliografia sui consumi di energia elettrica e di energia termica della stalla, scorporati per le singole operazioni unitarie effettuate per la gestione della stalla da latte, sono stati acquisiti ed elaborati dal CRPA di Reggio-Emilia. Analizziamo ora le operazioni tipiche della stalla da latte ed i relativi consumi di energia (Rossi *et al.*, 2011a).

### ➤ *Alimentazione*

Negli allevamenti bovini da latte l'alimentazione assorbe quasi il 52% del fabbisogno di energia termica ed il 17% di energia elettrica.

Per quanto riguarda i consumi di energia elettrica, più della metà delle aziende monitorate adotta il sistema di alimentazione a piatto unico (*unifed*); le rimanenti, quello tradizionale a base di foraggi e mangimi concentrati.

Grazie ai dati raccolti sulla tipologia d'impianto è stato possibile stimare il consumo elettrico medio annuo dell'impianto di autoalimentazione, che ammonta a 17,2 kWh/anno per capo servito.

Complessivamente, il consumo di energia elettrica per le operazioni di alimentazione, comprensivo di allattamento vitelli, preparazione e distribuzione degli alimenti e auto-alimentatori, è mediamente pari a 79,3 kWh/anno per Uba, ovvero a 10,65 Wh/l di latte prodotto. La componente elettrica però costituisce solo una parte, quasi sempre minoritaria, del consumo energetico totale per l'alimentazione, a cui si deve aggiungere l'energia termica consumata dalle macchine utilizzate per le diverse operazioni di preparazione e di distribuzione degli alimenti, nonché quella impiegata per l'allattamento dei vitelli. Questa entità risulta mediamente pari a 437,2 kWh/anno per Uba, ovvero a 74,77 Wh/l di latte.

In totale, la gestione dell'operazione di alimentazione richiede un consumo medio annuo di 516,5 kWh/Uba, pari a 85,42 Wh/l di latte.



*Per l'alimentazione è stimato un consumo annuo di circa 516,5 kWh/Uba, pari a 85,42 Wh/l di latte. (Fonte: CRPA)*

➤ ***Ventilazione di soccorso estiva***

Negli allevamenti bovini da latte la ventilazione di soccorso estiva assorbe quasi il 20% del fabbisogno di energia elettrica. Il consumo di energia elettrica per il funzionamento dell'impianto di ventilazione estiva di soccorso risulta di 93,2 kWh/anno per Uba, cioè 13,9 Wh/l di latte. In questo caso il consumo è tipicamente concentrato nei mesi più caldi, cioè da Maggio a Settembre, con il picco nei tre mesi estivi (Giugno, Luglio e Agosto). La tecnologia ad *inverter*, di cui si parlerà più diffusamente per il comparto suinicolo, e che caratterizza gli impianti più moderni consentendo risparmi di energia elettrica a parità di prestazioni fornite, è però diffusa solo nel 25% delle aziende monitorate.

➤ ***Mungitura e raffreddamento del latte***

Negli allevamenti bovini da latte la mungitura assorbe quasi il 16% del fabbisogno di energia elettrica. La zona di mungitura è l'area di una stalla per vacche da latte a maggior concentrazione di tecnologia, e spesso è responsabile di una quota considerevole dei consumi di energia elettrica. Una prima voce è quella relativa ai consumi elettrici per le operazioni di mungitura (funzionamento dell'impianto e lavaggio della mammella): si stima un consumo medio di 110,4 kWh/anno per vacca in lattazione, pari a 12,75 Wh/l di latte.

Per quanto riguarda i consumi di energia termica utilizzata per il riscaldamento dell'acqua tecnologica, allorquando l'azienda non utilizzi *boiler* elettrici, la media dei consumi è pari a 77,7 kWh/anno per vacca in lattazione, ovvero a 8,7 Wh/l di latte.

Per l'energia elettrica consumata per il raffreddamento in cisterna del latte per la produzione di Parmigiano Reggiano, in media è pari a 84,3 kWh/anno per vacca in lattazione, equivalente a 9,9 Wh/l di latte.

Il reparto "zona di mungitura" presenta quindi un consumo energetico totale di 272,4 kWh/anno per vacca in lattazione, pari a 31,35 Wh/l di latte prodotto.

### ➤ *Gestione delle lettiera, degli effluenti e delle aree di riposo*

Negli allevamenti bovini da latte il trattamento degli effluenti assorbe quasi il 18% del fabbisogno di energia elettrica, mentre la distribuzione degli effluenti sui terreni assorbe quasi il 26% di energia termica.

Per la rimozione degli effluenti vengono utilizzati, nell'85% delle aziende monitorate dal CRPA, mezzi meccanici (come trattrici dotate di pale raschianti o di benne caricatori) per un numero medio di capi serviti pari a 64, mentre nel 95% dei casi sono installati impianti meccanici fissi (raschiatori, nastri trasportatori), per 197 capi mediamente serviti. La contemporanea presenza di entrambi i sistemi in quasi tutte le aziende dipende dal fatto che spesso, nelle stalle della rimonta, è presente la lettiera permanente o semipermanente, che richiede trattori attrezzati per l'asportazione della lettiera esausta. Gli impianti di tipo idraulico sono presenti soltanto nel 10% degli allevamenti, ma il numero medio di capi serviti è molto elevato (1.085).

Il consumo medio di energia elettrica per la rimozione degli effluenti è pari a 47,8 e 38,2 kWh/anno, rispettivamente per capo servito e per Uba, abbastanza ben distribuito nell'arco della giornata di lavoro tipo. Il consumo medio di energia termica, invece, è più del doppio, ovvero di 114,6 kWh/anno per capo servito.

Una volta allontanati dalla stalla, gli effluenti zootecnici devono essere stoccati in apposite strutture (concimaie e vasche). In 2 aziende, per queste operazioni sono stati registrati consumi termici di 34,4 kWh/Uba per anno. Diverso il discorso per l'energia elettrica, il cui consumo annuo per le operazioni di trattamento degli effluenti risulta di 84,8 kWh/Uba presentando, com'era prevedibile, un'ampia variabilità (da 7 a 258 kWh/Uba) legata alle tipologie di impianti presenti. L'energia termica, ovviamente, riveste un ruolo importante nelle operazioni di distribuzione degli effluenti sui terreni: il suo consumo medio ammonta a 218 kWh/Uba per anno. Se questo viene parametrato alla Superficie Agricola Utile aziendale (SAU), si ottiene un valore di 421 kWh/anno per ettaro di SAU. In un solo caso è stato segnalato un consumo di energia elettrica per la distribuzione degli effluenti sui terreni, per un ammontare di 4,5 kWh/anno per Uba, da attribuirsi all'uso di una pompa per la fertirrigazione.

Altro aspetto da considerare è la cura delle aree di riposo. Il consumo medio annuale di lettiera nelle stalle del campione è pari a 721 kg/Uba, con un minimo di 226 kg/Uba e un massimo di 1.613 kg/Uba. Per distribuire tale quantitativo di lettiera, si consumano in media 79,9 kWh/anno di energia termica per capo servito, corrispondenti a 57,1 kWh/anno per Uba.



*La distribuzione della lettiera (sinistra) necessita di un consumo di energia termica pari a circa 57 kWh/anno per Uba. Il consumo di energia elettrica per il trattamento degli effluenti (destra) è pari a circa 85 kWh/anno per Uba. (Fonte: CRPA)*

### ➤ *Illuminazione*

L'indagine del CRPA ha consentito di rilevare le caratteristiche degli apparecchi illuminanti distintamente per tre aree: la stalla, le zone di stabulazione della stalla, e gli edifici di servizio annessi alla stalla.

Il consumo elettrico rilevato ammonta mediamente a 25,7 e 19,9 kWh/anno, rispettivamente per posto di stabulazione e per Uba. Il consumo medio per l'illuminazione esterna e degli altri locali aziendali risulta pari rispettivamente a 9,1 e 6,2 kWh/anno per Uba. Nel complesso, l'illuminazione richiede un consumo medio annuo di energia elettrica pari a circa 34,7 kWh/Uba.

Gli interventi di efficientamento energetico idonei a ridurre questa voce alquanto "energivora", saranno descritti con dettaglio nel capitolo riguardante gli allevamenti suini da ingrasso e da riproduzione.

Di seguito sono riassunti i consumi di energia elettrica e termica suddivisi per operazioni unitarie di gestione della stalla da latte secondo i dati del CRPA.

### *Sintesi delle operazioni più «energivore» nella stalla da latte*

#### *❖ Consumi medi di energia elettrica*

La voce più rilevante è quella della *ventilazione di soccorso estiva* (20%), seguita dal *trattamento degli effluenti* (18,2%) e dall'*alimentazione* (17%). Piuttosto consistente è anche la voce *gestione della mungitura* (16,2%). Per le altre voci si consulti la tabella seguente.

#### *❖ Consumi medi di energia termica*

Si deve evidenziare *il grande peso dell'alimentazione* che da sola copre più della metà del consumo termico totale (51,9%). Grande importanza ha anche la *distribuzione degli effluenti sui terreni* (25,9%), anche se questa utenza non è specifica dell'allevamento, ma si pone a metà fra le lavorazioni zootecniche ed agrarie. Le altre voci di consumo di energia termica hanno un peso decisamente minore, con in testa la *distribuzione della lettiera* (6,8%) e la *mungitura* (6,4%).

**Nota bene: Nel complesso, l'energia elettrica incide meno di quella termica nel comparto "bovini da latte"**

**Tab. 1 - CONSUMI ENERGETICI MEDI DEL CAMPIONE DI AZIENDE BOVINE DA LATTE DELL'EMILIA-ROMAGNA  
PER FONTE ENERGETICA E TIPOLOGIA DI OPERAZIONE  
(espressi in chilowattora/anno per Uba - Unità bovino adulto).**

| OPERAZIONE                          | ENERGIA ELETTRICA | %          | ENERGIA TERMICA | %          |
|-------------------------------------|-------------------|------------|-----------------|------------|
| Alimentazione                       | 79,3              | 17         | 437,2           | 51,9       |
| Ventilazione                        | 93,2              | 20         | 0               | 0          |
| Mungitura                           | 76,1              | 16,2       | 54,3            | 6,4        |
| Raffreddamento latte                | 55,8              | 12         | 0               | 0          |
| Distribuzione lettiera              | 0                 | 0          | 57,1            | 6,8        |
| Rimozione effluenti                 | 38,2              | 8,2        | 41,2            | 4,9        |
| Trattamento effluenti               | 84,8              | 18,2       | 34,4            | 4,1        |
| Distribuzione effluenti sui terreni | 4,5               | 1          | 218             | 25,9       |
| Illuminazione                       | 34,7              | 7,4        | 0               | 0          |
| <b>TOTALE</b>                       | <b>466,6</b>      | <b>100</b> | <b>842,2</b>    | <b>100</b> |

## MIGLIORAMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA NEGLI ALLEVAMENTI BOVINI DA LATTE

La prima azione da compiere ai fini del risparmio energetico è ovviamente un'accurata analisi dell'azienda zootecnica, per determinare l'entità delle varie voci di consumo e per confrontarle con scale appositamente predisposte per evidenziarne i valori da correggere.

Nel comparto bovino, sono state già accennate alcune soluzioni tecniche che possono conseguire significativi risparmi energetici (Zappavigna, 2011). Adesso entriamo nel dettaglio su alcune tecnologie di risparmio energetico per questa tipologia di allevamento (ReSole, 2009).

### ➤ *Gestione del gruppo di mungitura e del raffreddamento del latte*

I maggiori consumi di energia elettrica (60-70% del totale di stalla) sono a carico del blocco di mungitura. Le fonti bibliografiche consultate sono concordi nello stimare l'entità di tali consumi, per litro di latte, attorno ai 50-65 Wh/l (ma con punte fino a 120), con un aumento del 10-15% per i sistemi robotizzati.

Una prima possibilità è data dall'adozione di un sistema di preraffreddamento del latte, consistente in uno scambiatore di calore latte-acqua posizionato fra la pompa del latte e il serbatoio: in questo modo si può conseguire un risparmio del 40-50% sul consumo complessivo. Ancora più consistente, nel caso di allevamenti che producono latte non destinato alla produzione di Parmigiano Reggiano, è il risparmio ottenibile adottando un recuperatore del calore emesso dall'impianto frigorifero per preriscaldare l'acqua di lavaggio: il risparmio può essere del 70-80% rispetto all'energia che occorre per riscaldare l'acqua. Un'altra soluzione consiste nel mantenere bassa la temperatura dell'ambiente attorno al frigorifero, dal momento che l'efficienza aumenta all'aumentare del gradiente termico fra aria e fluido: si può così ottenere un risparmio di 5 Wh/l (18% di elettricità risparmiata) ogni 5 °C di riduzione della temperatura ambientale.

Riassumiamo quindi le tipologie di intervento tecnico più significative:

- il preraffreddamento del latte, con produzione di acqua tiepida (circa 18 °C), che può comportare un risparmio del 40-50% sul consumo del *tank* di raccolta nella situazione di un allevamento che produce latte alimentare (mentre, come si è già detto, le cose sono diverse per la filiera produttiva del Parmigiano Reggiano);
- il recupero di calore dal serbatoio di refrigerazione del latte, con produzione di acqua preriscaldata a 55 °C che può essere poi inviata in un serbatoio di stoccaggio coibentato e, al bisogno, in un *boiler* per un ulteriore aumento della temperatura (65 °C): così si possono ottenere risparmi del 70-80% sull'energia necessaria per il riscaldamento dell'acqua tecnologica;
- la produzione di acqua calda sanitaria mediante un sistema a solare termico, sempre in abbinamento con un sistema complementare di riscaldamento dell'acqua a serpentina elettrica;
- l'adeguata progettazione della sala del latte, in particolare per quanto concerne la buona ventilazione interna: infatti, una bassa temperatura dell'ambiente interno riduce i consumi energetici del *tank* del latte (5 °C in meno fanno risparmiare il 18% di energia elettrica);
- favorire la ventilazione della sala del latte ponendo il gruppo del freddo vicino all'entrata dell'aria (posizionata in basso, con uscita verso l'alto);

- disporre la parte posteriore del serbatoio all'esterno, in una posizione ben riparata;
- collocare il gruppo frigorifero all'esterno, e separato del serbatoio, a distanza inferiore a 10 metri e ben protetto;
- mantenere pulite le alette del radiatore;
- adottare un corretto dimensionamento della pompa del vuoto e della durata della mungitura consente di ridurre ulteriormente i consumi elettrici.



*Serbatoio (tank) di raccolta e di refrigerazione del latte (sinistra). Sala di mungitura a pettine (destra).  
(Fonte: CRPA)*

### ➤ *Ottimizzazione del tempo di lavoro dei mezzi meccanici*

Riguardo ai consumi di carburante, la principale azione di risparmio riguarda la riduzione del tempo di lavoro impiegato dai mezzi meccanici per la distribuzione dell'alimento e per la movimentazione delle lettiere ed effluenti. Assumono quindi importanza l'organizzazione dei percorsi e la dimensione dei mezzi, in quanto condizionano il numero e l'entità degli spostamenti. In particolare conviene privilegiare la vicinanza fra la stalla e il deposito dei foraggi, oppure optare per impianti automatici a funzionamento elettrico, particolarmente interessanti nel caso in cui l'azienda abbia un impianto solare fotovoltaico.

Molto importante è anche l'organizzazione del lavoro, che può migliorare l'efficienza energetica razionalizzando le diverse fasi di lavoro ed evitando la presenza di ostacoli sul percorso pianificato (ad esempio, barriere e porte da manovrare). Anche il modo di guida e una buona manutenzione dei mezzi portano risparmi che possono arrivare a 1,5 litri di carburante/ora. L'impiego di raschiatori automatici è preferibile rispetto a quello dei trattori: la potenza richiesta, infatti, nel primo caso è di 7,5 kW, contro i 50-60 kW (70-80 CV) erogati dal trattore.

Riassumiamo quindi le tipologie di intervento tecnico più significative:

- l'uso corretto dei trattori aziendali, limitando il più possibile il loro funzionamento a vuoto (trattore che rimane acceso senza svolgere alcun lavoro) ed assumendo una modalità di guida a "basso consumo";
- la buona organizzazione interna del centro aziendale, con limitazione dei percorsi non produttivi dei mezzi meccanici (tratti brevi fra il silo, la zona preparazione alimenti e la stalla);

- l'adozione di sistemi meccanici automatici di pulizia delle corsie (raschiatori), meno esigenti in termini energetici rispetto alle ruspe o alle lame raschianti portate dalla trattrice.



***Robot per l'avvicinamento del foraggio alla mangiatoia e per la distribuzione del mangime concentrato (sinistra). Centraline oleodinamiche per la movimentazione di raschiatori meccanici (destra). (Fonte: CRPA)***

### ➤ ***Gestione della ventilazione di soccorso estiva***

Sempre nel comparto bovino da latte hanno grande rilevanza le azioni di risparmio che si possono mettere in atto per la gestione della ventilazione di soccorso estiva (raffrescamento). Tale tecnologia sta diventando sempre più importante negli allevamenti da latte, perché:

- le vacche in produzione sono sempre più sensibili alle alte temperature, per le dimensioni corporee e le produzioni di latte sempre più elevate (grande quantità di calore prodotto);
- la temperatura esterna è tendenzialmente in crescita (riscaldamento globale);
- le stalle sono spesso progettate con poca attenzione verso agli aspetti del controllo ambientale (errato orientamento, edifici troppo chiusi, assenza di cupolini, superfici ventilanti insufficienti, tetti non coibentati, ecc.).

Sono state rilevate le caratteristiche dei sistemi di raffrescamento estivo in 10 stalle di vacche da latte dell'Emilia-Romagna. I sistemi per il raffrescamento estivo oggi più utilizzati prevedono l'impiego di ventilatori elicoidali, anche in abbinamento con l'acqua pressurizzata (nebulizzazione in corrente d'aria) o con le docce (acqua a "goccia pesante" distribuita direttamente sugli animali).

I ventilatori di uso comune sono del tipo ad asse di rotazione orizzontale, con diametri che variano da 0,6 a 1,4 m e con motori elettrici di potenza variabile da 0,37 a 0,75 kW. In genere questi ventilatori prevedono l'accoppiamento fra girante e motore tramite cinghia di trasmissione, ma nei modelli più piccoli l'asse di rotazione della girante esce direttamente dal blocco motore. Un ventilatore di questo tipo è in grado di fornire una portata massima variabile da 10.000 m<sup>3</sup>/h per un diametro della girante di 0,6 m a 35.000 m<sup>3</sup>/h per un diametro di 1,4 m. I ventilatori ad asse orizzontale vengono installati nelle zone di alimentazione e nelle aree di riposo delle stalle, appesi alle travi del tetto o fissati ai pilastri della struttura portante. In genere sono collocati in fila indiana, a 6-12 m di distanza l'uno dall'altro e leggermente inclinati verso il basso, in modo da creare un flusso d'aria continuo che dalla testata più fresca si dirige verso la testata più calda della stalla.

Negli ultimi anni hanno cominciato a diffondersi anche nelle stalle Italiane i grandi ventilatori a pale ad asse di rotazione verticale, detti “elicotteri”, che vengono installati appesi alle travi del tetto. Questi ventilatori hanno diametro delle pale variabile da 3 a 7 m e creano un flusso d'aria con direzione dall'alto al basso, che poi si apre a raggiera. E' chiaro quindi che l'area interessata dal singolo ventilatore è molto maggiore rispetto a quanto accade con i ventilatori tradizionali illustrati in precedenza. Le portate d'aria sono veramente rilevanti: un ventilatore da 7 m di diametro può muovere da 200.000 a 250.000 m<sup>3</sup>/h d'aria. Per contro, le potenze sono ridotte, con motori della potenza di 0,6-1,1 kW, e questo è uno degli aspetti più interessanti dal punto di vista dei consumi di energia elettrica.

Bisogna inoltre considerare che spesso i motori di questi moderni ventilatori sono controllati con tecnologia ad *inverter*, fatto che consente un ulteriore risparmio nei consumi energetici. Il rilievo delle caratteristiche di tipologie diverse di ventilatori nelle 10 stalle ha consentito di fare delle valutazioni di consumo energetico per un uso standardizzato della ventilazione di soccorso. Nell'ipotesi di una stalla per 80 vacche da latte, con lunghezza interna di 60 m e larghezza interna di 17 m, si possono prevedere i seguenti due impianti alternativi.

1. Impianto di tipo tradizionale (impianto 1), con una fila di 6 ventilatori ad asse orizzontale posta in corrispondenza della zona di alimentazione e una seconda fila di altri 6 ventilatori posta sulla zona di riposo a cuccette. Ogni ventilatore ha diametro della girante di 0,96 m, motore con potenza di 0,4 kW e portata massima di 16.000 m<sup>3</sup>/h. La potenzialità dell'impianto è quindi pari a 192.000 m<sup>3</sup>/h, ovvero a 2.400 m<sup>3</sup>/h per vacca, mentre la potenza impegnata è pari a 4,8 kW.
2. Impianto di tipo innovativo (impianto 2), costituito da una fila di 3 ventilatori tipo “elicottero” posta fra zona di alimentazione e zona di riposo. Ogni ventilatore ha diametro della girante di 7 m, motore con potenza di 0,8 kW e portata massima di 200.000 m<sup>3</sup>/h. La potenzialità dell'impianto è quindi pari a 600.000 m<sup>3</sup>/h, ovvero a 7.500 m<sup>3</sup>/h per vacca, mentre la potenza impegnata è pari a 2,4 kW.

Già dalle caratteristiche tecniche si intuisce che l'impianto 2 ha prestazioni decisamente più elevate, garantendo un movimento d'aria più che triplo rispetto all'impianto 1. Inoltre, il rapporto fra portata e potenza ci indica che mentre l'impianto 1 eroga 40.000 m<sup>3</sup>/h per kW installato, l'impianto 2 ne eroga 250.000 m<sup>3</sup>/h per kW installato.

Nelle condizioni della Pianura Padana, gli impianti per il raffrescamento iniziano a funzionare verso l'inizio di Maggio e terminano il loro lavoro verso la fine di Settembre, ovviamente con un numero di ore/giorno di funzionamento crescente fino a metà Agosto e poi di nuovo calante. Si sono ipotizzati i seguenti tempi di funzionamento:

- Maggio: 14 ore/giorno,
- Giugno: 20 ore/giorno,
- Luglio: 22 ore/giorno,
- Agosto: 20 ore/giorno,
- Settembre: 14 ore/giorno.

Il tempo totale di funzionamento annuo è quindi pari a 2.756 ore. In condizioni analoghe di controllo del sistema di ventilazione (centraline tradizionali) l'impianto 1 consumerà 13.223 kWh/anno, mentre l'impianto 2 consumerà meno della metà (6.614 kWh/anno). Ma in realtà i nuovi ventilatori ad “elicottero” sono dotati di motori a variazione continua di velocità di rotazione, con

controllo ad *inverter*, tecnologia che consente risparmi energetici anche del 50-60%; è quindi plausibile che l'impianto 2 consumi in un anno poco meno di 3.500 kWh, cioè il 26,5% del consumo dell'impianto 1.

Di seguito sono riassunti i punti su dove e come intervenire per ridurre i consumi di energia elettrica e termica durante le operazioni unitarie di gestione della stalla da latte.

### **Dove intervenire per ridurre i consumi di energia elettrica e termica nella stalla da latte**

#### **❖ Per il risparmio di energia elettrica, sulla:**

- *Mungitura e Raffreddamento del latte*
- *Gestione degli effluenti*
- *Ventilazione di soccorso estiva*
- *Alimentazione*
- *Illuminazione*

#### **❖ Per il risparmio di energia termica, sulla:**

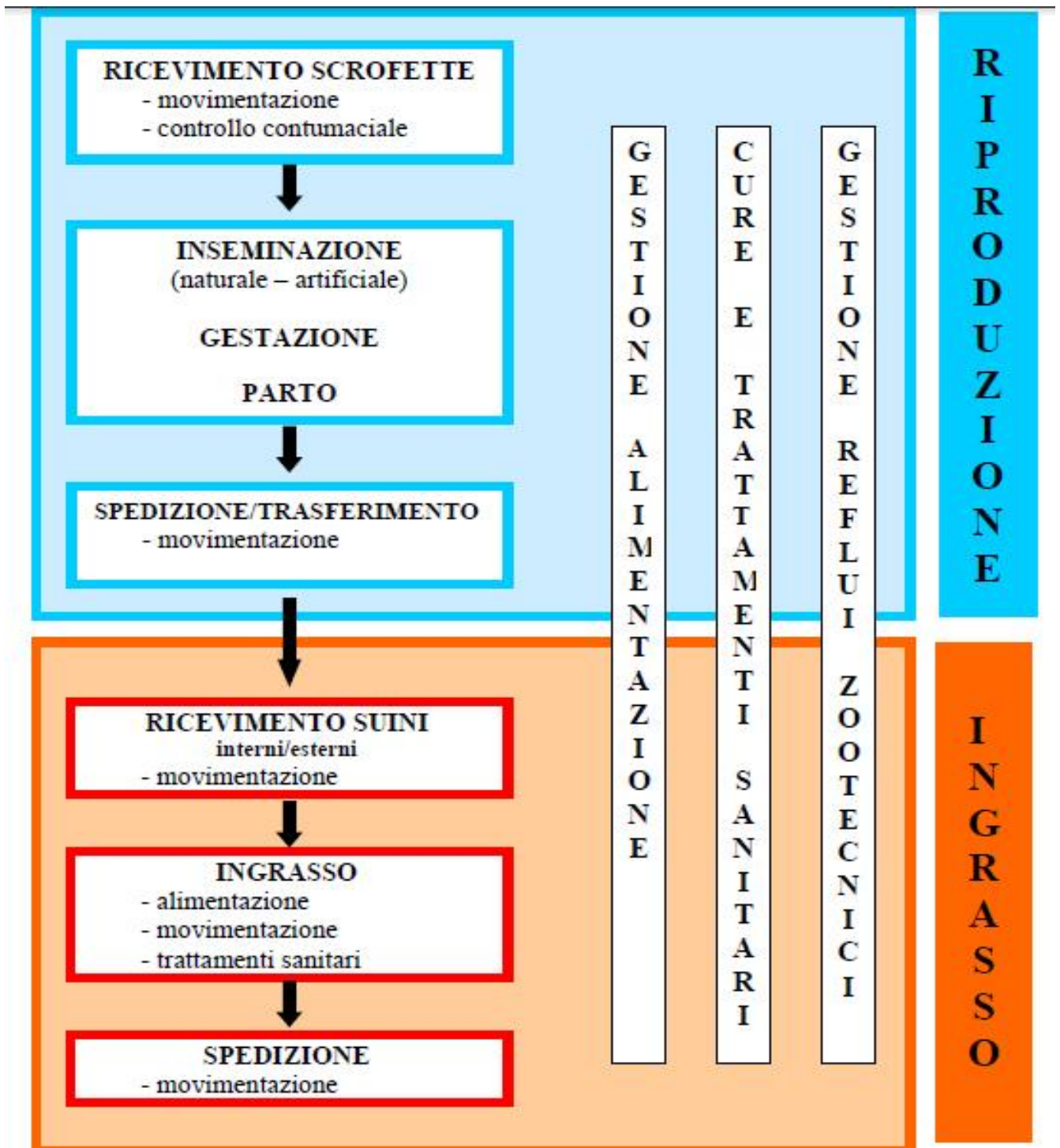
- *Alimentazione*
- *Gestione degli effluenti*

### **Come intervenire per ridurre i consumi di energia elettrica e termica nella stalla da latte**

- *Preraffreddamento del latte con produzione di acqua tiepida (18 °C) per un risparmio del 40-50 % sul consumo del serbatoio di raccolta, e recupero del calore dal serbatoio di refrigerazione del latte con produzione di acqua calda tecnologica (55 °C) per un risparmio del 70-80 % sull'energia per produrla.*
- *Produzione di acqua calda sanitaria con un sistema di tipo «solare termico».*
- *Ottimizzazione della ventilazione naturale interna della sala del latte.*
- *Ventilazione di soccorso estiva (raffrescamento) con l'uso di grandi ventilatori a pale ad asse verticale (elicotteri).*
- *Uso ottimale di trattrici aziendali con modalità a «basso consumo» e di raschiatori automatici per la gestione delle operazioni di alimentazione, per la pulizia delle corsie e per la gestione degli effluenti e delle deiezioni.*

# CONSUMI ENERGETICI E MIGLIORAMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA NEL COMPARTO "SUINI DA INGRASSO E DA RIPRODUZIONE"

FLOW-CHART  
ALLEVAMENTO SUINI DA RIPRODUZIONE E DA INGRASSO



## GENERALITA' SUI CONSUMI DI ENERGIA ELETTRICA E DI ENERGIA TERMICA

Dal *flow-chart* riportato nella pagina precedente, si possono stimare i consumi energetici (elettrici e termici) delle singole operazioni relative alle lavorazioni zootecniche secondo una metodologia statistica e sperimentale. Ovviamente, per avere una panoramica aziendale più ampia, vanno inclusi i consumi energetici delle operazioni relative alle lavorazioni agrarie ed alla gestione di un eventuale mangimificio, diverse a seconda della tipologia di porcilaia, che però non sono oggetto della presente trattazione e pertanto non vengono qui considerati.

L'analisi sui consumi energetici degli allevamenti suinicoli offre ancoraggi poco standardizzati. Fra l'altro, le indicazioni di consumo energetico non sempre sono supportate da precise descrizioni delle dotazioni tecnologiche e del tipo di gestione degli allevamenti esaminati. Tuttavia, sui grandi numeri la variabilità di casistiche parziali finisce per compensare le differenze e per rendere più attendibili anche valori medi caratterizzati da elevata dispersione.

I consumi energetici negli allevamenti suini da ingrasso e da riproduzione sono stati oggetto di numerosi studi a livello Internazionale e Nazionale e la loro analisi offre significativi spunti di riflessione nell'ambito della gestione di questa importante voce di costo nella gestione della porcilaia da ingrasso e da riproduzione (Rossi e Gastaldo, 2011b).

Un'analisi della domanda di energia elettrica e termica delle aziende suinicole dell'Emilia-Romagna è stata svolta dal CRPA considerando tre diverse tipologie di allevamento: da riproduzione, da ingrasso e a ciclo chiuso. Di seguito, sono anche riportati i risultati di alcune indagini Francesi sui fabbisogni energetici in porcilaie da ingrasso e da riproduzione per svezzamento e post-svezzamento.

Su 20 aziende suinicole Italiane monitorate dal CRPA, 8 sono a ciclo chiuso, 3 sono da riproduzione e 9 da ingrasso. Negli allevamenti a ciclo chiuso e da riproduzione il numero di scrofe è mediamente pari a 581, con un minimo di 30 e un massimo di 1.100 unità. Per gli allevamenti da ingrasso i capi sono circa 3.627, con un intervallo compreso tra 170 e 12.000 soggetti. Da un punto di vista strutturale, le aziende del campione sono dotate mediamente di 7 porcilaie, con alcuni grandi insediamenti che raggiungono anche i 15 edifici di stabulazione. Inoltre, sono presenti in media altri 3 edifici di servizio (depositi, magazzini, ricoveri per macchine e attrezzi, cucine di preparazione degli alimenti, ecc.).

La potenza contrattuale della fornitura di energia elettrica corrisponde a un valore medio di 115 kW, quindi circa doppio rispetto a quanto rilevato negli allevamenti bovini, con un minimo di 6 e un massimo di 380 kW. Se si parametrizza il numero totale di Uba alla potenza contrattuale, risulta un intervallo di valori compreso fra 3 e 38 Uba/kW, con una media di 13 Uba/kW. Parametrando il consumo al numero di Uba si ottiene un valore di 187 kWh/Uba, con un minimo di 59 kWh/Uba e un massimo di 663 kWh/Uba.

Un'altra indagine Italiana del CRPA ha monitorato 14 aziende suinicole (5 a ciclo chiuso, 5 da riproduzione e 4 da ingrasso) di dimensioni medio-grandi dislocate in Emilia-Romagna e in Lombardia. Di seguito sono riportati i risultati aggregati dell'indagine.

- ✓ Gli allevamenti a ciclo chiuso evidenziano una media generale nei consumi elettrici di 211 Wh/giorno per 100 kg di peso vivo (ovvero di 2.333 Wh/giorno per scrofa). La media dei consumi di sola energia termica è di 437 Wh/giorno per 100 kg di peso vivo. La variabilità dei

consumi medi degli allevamenti ha motivazioni legate soprattutto alla presenza di mangimifici aziendali o di complessi impianti di depurazione dei liquami.

- ✓ Gli allevamenti da riproduzione evidenziano un valore medio di consumo elettrico di 232 Wh/giorno per 100 kg di peso vivo. Il consumo medio giornaliero riferito alla scrofa presente varia da un minimo di 425 Wh ad un massimo di 2.358 Wh, per una media pari a 1.036 Wh. In 3 dei 5 allevamenti da riproduzione si registra un consumo termico di 1.138 Wh/giorno per 100 kg di peso vivo con una variabilità molto ampia (deviazione standard di 626 Wh).
- ✓ Gli allevamenti da ingrasso presentano consumi piuttosto limitati in confronto alle altre tipologie. In particolare, si registra un consumo medio complessivo di energia elettrica pari a 96 Wh/giorno per 100 kg di peso vivo presente, mentre il consumo di energia termica è presente in un solo allevamento, per un valore medio di 175 Wh/giorno per 100 kg di peso vivo.

Passiamo ora a considerare alcuni risultati ottenuti dall'analisi dei consumi energetici di aziende suinicole a ciclo chiuso, da riproduzione e da ingrasso.

- ✓ I consumi elettrici di una porcilaia a ciclo chiuso sono stati stimati in 223÷315 kWh per tonnellata di peso vivo venduto. In altri termini, i consumi sono variati da 51 a 69 kWh/mese per tonnellata di peso vivo presente.
- ✓ I consumi elettrici di una porcilaia da riproduzione da 5.330 capi sono di circa 250 Wh/giorno per 100 kg di peso vivo.
- ✓ Il consumo energetico totale di una porcilaia da ingrasso varia dai 40 ai 400 Wh/giorno per 100 kg di peso vivo presente, in relazione alle tecniche di allevamento adottate. I consumi scorporati per le diverse utenze dell'allevamento da ingrasso sono pari a 30-85 Wh/capo al giorno per la ventilazione artificiale, 200-300 Wh/capo al giorno per la preparazione e la distribuzione dell'alimento liquido e fino a 1.100 Wh/capo al giorno per il riscaldamento artificiale.
- ✓ I consumi energetici riferiti al periodo estivo di una porcilaia da ingrasso da 640 posti con pavimentazione fessurata e impianto di ventilazione dinamica in depressione sono di 80 Wh/giorno per suino stabulato, con punte massime di 95 Wh durante i periodi più critici.
- ✓ Il consumo elettrico di una porcilaia da ingrasso da 1.500 capi con alimentazione liquida automatica e raschiatori sotto grigliato è pari a 55 Wh/giorno, compreso il consumo del mangimificio aziendale.
- ✓ I consumi elettrici di una porcilaia da ingrasso con alimentazione a broda e ventilazione artificiale sono pari a 337 Wh/capo al giorno per un settore con tre ventilatori estrattori (2.200 W di potenza impegnata totale) e a 171 Wh/capo al giorno per un settore con quattro ventilatori estrattori (2.050 W di potenza impegnata totale).
- ✓ Il consumo di gasolio per il riscaldamento artificiale degli ambienti varia da 170 a 550 Wh/giorno per 100 kg di peso vivo presente.

Un'altra indagine finalizzata alla stima dei consumi energetici diretti della suinicoltura nazionale riporta i risultati raccolti in 246 allevamenti della Pianura Padana. Il consumo medio di energia è pari a 319 Wh/giorno per capo presente, di cui circa 100 Wh di energia elettrica e i rimanenti di termica. I valori massimi si sono rilevati negli allevamenti da riproduzione, i più bassi in quelli da ingrasso.

I risultati di queste indagini del CRPA indicano che i fabbisogni energetici sono correlati anche alla dimensione produttiva aziendale in quanto, a fronte di un consumo unitario di poco superiore ai 236 Wh/giorno in allevamenti con meno di 500 capi suini, si arriva a 443 Wh/giorno in quelli con oltre 3.000 capi suini.

La diversificazione delle fonti energetiche pone il gasolio al primo posto, con circa 142 Wh/giorno per capo presente, corrispondenti al 45% del fabbisogno energetico medio complessivo degli allevamenti.

Relativamente alla tipologia di allevamento, la più evidente differenza riguarda l'ingrasso, dove il gasolio apporta soltanto il 20% del fabbisogno energetico complessivo. L'energia elettrica occupa il secondo gradino in ordine di importanza e mantiene questa posizione in tutti e tre i tipi d'allevamento, coprendo una quota del 30-35% del consumo globale.

Secondo invece un'indagine Francese, il consumo totale di energia in porcilaie a ciclo chiuso equivale a 983 kWh/scrofa per anno, con esclusione dei consumi per gli impianti di trattamento liquami e di produzione di alimenti.

Riguardo alle porcilaie da riproduzione, il consumo medio vale 403 kWh/scrofa per anno, ossia 19 kWh per suinetto svezzato, con un elevato grado di variabilità dovuto principalmente ai metodi di distribuzione dell'alimento (manuale o meccanico). L'elettricità costituisce il 70%, mentre il gasolio il 30% del totale.

Riguardo alle porcilaie da svezzamento, post-svezzamento ed ingrasso, il consumo medio è di 252 kWh per suino prodotto, cioè 0,22 kWh per chilogrammo di carne. L'elettricità è ancora la fonte primaria di energia, costituendo l'86% del totale, al gasolio spetta il rimanente 14%. In generale, circa il 50% dell'energia è impiegata per riscaldare le unità parto e post-svezzamento. Il settore post-svezzamento è il più energivoro, incidendo per il 36% del totale, seguito dall'ingrasso (27%), parto (22%) ed altri (15%). Nella maternità e nel post-svezzamento il consumo annuo di energia è risultato di 319 kWh per scrofa, di cui il solo riscaldamento costituisce l'80%, con la ventilazione al 15%, l'illuminazione al 6% e l'alimentazione all'1%.

Nell'unità di ingrasso, il consumo annuo di energia è pari a 237 kWh/scrofa. La ventilazione è di gran lunga la voce più energivora (90%), mentre il rimanente 10% è suddiviso fra alimentazione (6%) e illuminazione (4%). Una stima fatta per singole voci ha evidenziato che il riscaldamento e la ventilazione sono quelle di maggiore rilevanza, costituendo rispettivamente il 46 e il 39%, a fronte di un 4% per l'illuminazione e di un 6% per la distribuzione dell'alimento. La dimensione dell'unità influisce sul consumo di energia: più è grande, più i consumi crescono, risultato in parte spiegabile con l'aumento dell'automazione e della dotazione impiantistica.

Anche l'età degli edifici ed il loro grado di isolamento hanno un effetto importante, in particolare nel settore post-svezzamento. Ad esempio, negli edifici costruiti prima del 1992 il consumo medio si attestava a 1.095 kWh per scrofa, contro gli 890 kWh di quelli più recenti. Parimenti, gli edifici ritenuti dagli allevatori dotati di un livello di isolamento buono o molto buono hanno rivelato un consumo medio di 953 kWh per scrofa, contro i 1.171 kWh degli edifici considerati di livello medio o scarso.

Un confronto della realtà Francese con quella della Pianura Padana deve tenere conto sia del fatto che i suini da ingrasso in Francia sono prevalentemente del tipo leggero, sia delle differenti condizioni climatiche, soprattutto estive. Si è registrato un significativo campo di variazione fra gli allevamenti monitorati. La voce consumi energetici costituisce approssimativamente il 2% del costo di produzione, valore modesto, che risulta però cresciuto del 12% negli ultimi cinque anni. In media si tratta di 48 kWh per suino prodotto, corrispondente a 0,42 kWh per chilogrammo di peso vivo.

L'elettricità incide per il 76% del totale (749 kWh). La seconda fonte di energia è il gasolio, che incide per il 21% (209 kWh). Il gas rappresenta invece solo il 3% del totale.

Passando ora ad esaminare la spesa elettrica annua, i dati presentati hanno permesso di estrapolare il costo del chilowattora. In media, le aziende suinicole del campione spendono 0,15 €/kWh, con un minimo di 0,12 €/kWh ed un massimo di 0,20 €/kWh. Moltiplicando il consumo medio unitario di energia elettrica per il costo medio per chilowattora si ottiene la spesa media sostenuta pari a 28,05 €/Uba per anno.

Per quanto riguarda invece la spesa termica annua, il metano è utilizzato nel 20% delle aziende, con un consumo medio annuo di 22 m<sup>3</sup>/Uba e una spesa di 9,58 €/Uba. Per il gasolio e il Gpl i consumi sono stati rispettivamente di 43 e 20 l/Uba per anno e la spesa di 27 e 13 €/Uba. Il totale della spesa termica mostra un valore di circa 41 €/Uba per anno, con un minimo di 4 €/Uba per anno e con un massimo di quasi 260 €/Uba per anno.

Il consumo energetico annuo, in riferimento alle sole attività connesse all'allevamento ma con esclusione dell'eventuale mangimificio, è pari a 1,62 GJ/Uba (450 kWh/Uba), con un minimo di 0,2 GJ/Uba (55,6 kWh/Uba) e con un massimo di 3,97 GJ/Uba (1.104 kWh/Uba).

## **ANALISI DEI CONSUMI DI ENERGIA ELETTRICA E DI ENERGIA TERMICA SUDDIVISI PER OPERAZIONI UNITARIE DELLA PORCILAIA DA INGRASSO E DA RIPRODUZIONE**

I dati disponibili in bibliografia sui consumi di energia elettrica e di energia termica, scorporati per singole operazioni unitarie effettuate per la gestione della porcilaia, sono stati acquisiti ed elaborati dal CRPA. Analizziamo ora le operazioni tipiche degli allevamenti suinicoli da ingrasso e da riproduzione ed i relativi consumi di energia (Rossi *et al.*, 2011b).

### **➤ Alimentazione**

Negli allevamenti suinicoli l'alimentazione assorbe quasi il 23% del fabbisogno di energia elettrica. La tipologia prevalente è quella razionata a "broda" (alimentazione liquida), ma nei reparti di svezzamento e di accrescimento è utilizzata l'alimentazione secca *ad libitum*. Il consumo di energia elettrica annuo per il funzionamento della vasca di preparazione della broda ammonta mediamente a 45,1 kWh/Uba. Si devono poi aggiungere in media 7,8 kWh/Uba per i trasportatori meccanici (spirali, coclee, nastri) e i compressori per l'apertura delle elettrovalvole pneumatiche.

A differenza del comparto bovino, in quello suino non è presente una componente rilevante di energia termica consumata per l'alimentazione.



**Vasca di preparazione della «broda» (sinistra). Impianto automatico di distribuzione dell'alimento secco ad libitum (destra). (Fonte: CRPA)**

➤ **Ventilazione artificiale forzata**

Negli allevamenti suinicoli la ventilazione artificiale forzata assorbe quasi il 50% del fabbisogno di energia elettrica. A fronte di un consumo medio di 110,7 kWh/anno per Uba, quello minimo è di circa 12 kWh/anno per Uba, il massimo di 287 kWh/anno per Uba; questa variabilità è ovviamente legata al grado di diffusione della ventilazione artificiale forzata nei diversi reparti dell'allevamento.

Negli allevamenti visitati, la tecnologia ad *inverter* era presente soprattutto nelle sale parto e nei locali di svezzamento, mentre i reparti d'ingrasso ventilati artificialmente erano per lo più dotati di sistemi di regolazione a 3÷4 posizioni preimpostate. Gli *inverter* che interessano in questo caso sono i cosiddetti *inverter* CA-CA o raddrizzatori-invertitori, cioè quelli che variano la frequenza e la tensione di alimentazione di un motore elettrico per adeguarne la velocità alle effettive esigenze.

➤ **Riscaldamento dei locali d'allevamento**

Negli allevamenti suinicoli il riscaldamento dei locali d'allevamento assorbe quasi il 47% del fabbisogno di energia termica. Soltanto l'allevamento a ciclo chiuso registra consumi termici per il riscaldamento, per un valore annuo di 46,8 kWh/Uba, imputabili al riscaldamento generale delle sale di maternità e di svezzamento.



**Impianto di riscaldamento nel settore svezzamento (sinistra). Sala parto con riscaldamento localizzato del nido per i suinetti (destra). (Fonte: CRPA)**

➤ ***Preparazione dei mangimi***

Il suo consumo medio risulta di 14,8 kWh/Uba per anno e il funzionamento di questo impianto determina evidenti picchi di assorbimento elettrico.

➤ ***Rimozione degli effluenti***

La tecnica più utilizzata non richiede alcun consumo, in quanto si basa sull'apertura manuale di speciali valvole che consentono al liquame di scorrere in tubazioni di Poli-Vinil-Cloruro (PVC) e di raggiungere le vasche di prima raccolta per semplice gravità. I consumi, quindi, sono da attribuirsi al sistema idraulico di pulizia (ricircolo) e all'impiego di pompe di sollevamento per il trasferimento del liquame dalle vasche di raccolta ai bacini di stoccaggio. Il consumo medio di energia elettrica per la rimozione degli effluenti è pari a 10 kWh/Uba per anno.

➤ ***Stoccaggio degli effluenti***

Il consumo elettrico annuo per le operazioni di trattamento degli effluenti risulta pari a 6,6 kWh/Uba per anno e deve essere attribuito al funzionamento di pompe, agitatori meccanici e separatori di materiale solido/liquido.

➤ ***Distribuzione degli effluenti sul terreno***

Negli allevamenti suinicoli la distribuzione degli effluenti sul terreno assorbe quasi il 53% del fabbisogno di energia termica. Il consumo medio di energia elettrica ammonta a 28,3 kWh/Uba per anno, mentre quello termico annuale è pari a 52,7 kWh/Uba per una richiesta energetica complessiva di 63,5 kWh/Uba.

➤ ***Illuminazione***

Negli allevamenti del campione si consumano in media 4,2 kWh/Uba per anno, valore decisamente più basso rispetto a quanto riscontrato negli allevamenti bovini, ma non per questo non suscettibile di interventi tecnici di miglioramento dell'efficienza energetica.

Di seguito sono riassunti i consumi di energia elettrica e termica suddivisi per singole operazioni unitarie di gestione della porcilaia secondo i dati del CRPA.

### *Sintesi delle operazioni più «energivore» nella porcilaia da ingrasso e da riproduzione*

#### ❖ *Consumi medi di energia elettrica*

La voce più rilevante è quella della *ventilazione artificiale forzata (48,7%)*. In seconda posizione si colloca l'*alimentazione (23,3%)*, seguita dalla *distribuzione degli effluenti sui terreni (12,4%)*. Netamente meno rilevanti sono le altre voci come da tabella seguente.

#### ❖ *Consumi medi di energia termica*

Al contrario dell'energia elettrica, è stato rilevato un picco di consumo di energia termica per due sole utenze, ovvero per la *distribuzione degli effluenti sui terreni* con un ammontare medio annuo del **53%**, e per il *riscaldamento dei locali d'allevamento* con un valore medio annuo del **47%**.

**Nota bene: Nel complesso, l'energia termica incide meno di quella elettrica nel comparto "suini da ingrasso e da riproduzione"**

**Tab. 1 - CONSUMI ENERGETICI MEDI DEL CAMPIONE DI AZIENDE SUINICOLE DELL'EMILIA-ROMAGNA  
PER FONTE ENERGETICA E TIPOLOGIA DI OPERAZIONE  
(espressi in chilowattora/anno per Uba - Unità bovino adulto).**

| OPERAZIONE                          | ENERGIA ELETTRICA | %          | ENERGIA TERMICA | %          |
|-------------------------------------|-------------------|------------|-----------------|------------|
| Alimentazione                       | 52,9              | 23,3       | 0               | 0          |
| Ventilazione                        | 110,7             | 48,7       | 0               | 0          |
| Riscaldamento                       | 0                 | 0          | 46,8            | 47         |
| Mangimificio                        | 14,8              | 6,5        | 0               | 0          |
| Rimozione effluenti                 | 10                | 4,4        | 0               | 0          |
| Trattamento effluenti               | 6,6               | 2,9        | 0               | 0          |
| Distribuzione effluenti sui terreni | 28,3              | 12,4       | 52,7            | 53         |
| Illuminazione                       | 4,2               | 1,8        | 0               | 0          |
| <b>TOTALE</b>                       | <b>227,5</b>      | <b>100</b> | <b>99,5</b>     | <b>100</b> |

## **MIGLIORAMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA NEGLI ALLEVAMENTI SUINI DA INGRASSO E DA RIPRODUZIONE**

La prima azione da compiere ai fini del risparmio energetico è ovviamente un'accurata analisi dell'azienda zootecnica, per determinare l'entità delle varie voci di consumo e per confrontarle con scale appositamente predisposte per evidenziarne i valori da correggere.

Nel comparto suinicolo, sono state già accennate alcune soluzioni tecniche che possono conseguire significativi risparmi energetici (Zappavigna, 2011). Adesso entriamo nel dettaglio su alcune tecnologie di risparmio energetico per questa tipologia di allevamento (ReSole, 2009).

### ➤ *Gestione della ventilazione artificiale forzata*

Anche per il comparto suinicolo è stata condotta un'indagine su 10 allevamenti da ingrasso e a ciclo chiuso, al fine di rilevare le caratteristiche degli impianti di ventilazione. Nel caso dell'allevamento suinicolo, non si è trattato di ventilazione di soccorso estiva, bensì di ventilazione artificiale forzata degli ambienti d'allevamento, in alternativa alla ventilazione naturale già esaminata per le stalle da latte.

La ventilazione dinamica si realizza mediante l'impiego di ventilatori azionati da motori elettrici. Molto importanti sono le caratteristiche tecniche dei ventilatori e, in particolare, la potenza (W), la velocità massima di rotazione (giri/min) e la relativa portata massima ( $m^3/min$  o  $m^3/h$ ). I tipi di ventilatore riscontrati sono tutti del tipo elicoidali a pale larghe, caratterizzati dal fatto di ruotare su un asse parallelo a quello del flusso d'aria che creano. Questi ventilatori sono in grado di spostare grandi masse d'aria con pressioni relativamente modeste. La regolazione della portata di ventilazione è in genere affidata a una centralina collegata a una sonda termometrica. Nei modelli più semplici si possono stabilire due velocità di rotazione dei ventilatori, e quindi due livelli di portata d'aria, e il livello di temperatura che stabilisce l'inserimento della bassa o dell'alta velocità. In altri casi, soprattutto negli impianti di più recente installazione, abbiamo la variazione in continuo della velocità dei ventilatori. Il numero di giri viene determinato, in misura proporzionale alla temperatura ambientale, da una centralina elettronica che fa variare la tensione di alimentazione dei ventilatori; sono queste le centraline con regolazione ad *inverter*. Mediante appositi potenziometri vengono impostate la portata minima e massima e le relative temperature di riferimento (minima e massima). Quando la temperatura dell'ambiente scende al di sotto della minima preimpostata i ventilatori si mantengono alla velocità minima; quando la temperatura ambiente supera quella massima stabilita i ventilatori si mantengono alla massima velocità; quando, infine, la temperatura del locale è compresa fra la minima e la massima impostate la portata di ventilazione varia in proporzione alla temperatura rilevata da una sonda termosensibile.

Uno dei principali vantaggi della ventilazione artificiale è il fatto che i flussi d'aria sono svincolati dall'andamento dei moti convettivi, potendosi così porre le bocche di entrata dell'aria in alto e le uscite a livello del pavimento. Ciò garantisce il rapido allontanamento dei gas nocivi che, originandosi dalla fermentazione delle deiezioni, si producono a livello del pavimento, o addirittura sotto ad esso se questo è fessurato.

La ventilazione artificiale può essere realizzata in pressione (o immissione) e in depressione (o estrazione). Nel primo caso l'aria viene introdotta nel ricovero per effetto della sovrappressione

esercitata dai ventilatori e viene evacuata tramite apposite aperture. Nel secondo caso i ventilatori estraggono l'aria viziata dall'ambiente e la depressione che si crea richiama l'aria esterna attraverso aperture praticate sulle pareti o sul soffitto.

Diversi possono essere gli schemi di ventilazione impostati. Quello più frequentemente usato nelle sale parto e nelle sale svezzamento è l'estrazione dall'alto, tramite camini, con ingresso dell'aria da un corridoio laterale di preriscaldamento o ingresso tramite tubo plastico forato (*fan jet*), mentre negli ingrassi e nelle gestazioni prevale l'estrazione laterale, con ventilatori collocati su una parete e ingresso dell'aria dalle finestre della parete opposta. La ventilazione in estrazione è spesso preferita nelle porcilaie per la sua semplicità costruttiva, l'affidabilità e la più facile gestione. Richiede però edifici perfettamente a tenuta se si vuole che il percorso dell'aria sia quello progettato.

I ventilatori rilevati negli allevamenti hanno portate comprese fra 1.500 e 8.000 m<sup>3</sup>/h, con diametri variabili dai 350 ai 600 mm, e sono azionati da motori monofase o trifase che assorbono una potenza variabile da 150 a 500 W. Nel caso di impianti a controllo tradizionale si ipotizza un locale da ingrasso da 220 posti per suini che raggiungono un peso medio finale di 160 kg; la portata massima di ventilazione (estate) risulta pari a 31.000 m<sup>3</sup>/h mentre quella minima (invernale) risulta pari a 5.000 m<sup>3</sup>/h. Lo schema di ventilazione impostato prevede estrazione laterale da entrambi i lati del locale, con 2 ventilatori su ogni lato, e ingresso dell'aria da apertura continua di colmo. Il singolo ventilatore ha diametro delle pale di 568 mm, portata massima di 8.800 m<sup>3</sup>/h alla pressione statica neutra (0 Pa) e alla tensione di 230 V, potenza massima di 430 W e numero massimo di 880 giri/min. Nelle condizioni reali di funzionamento i ventilatori dovranno operare alla pressione statica negativa di circa 25 Pa, avendo una portata massima di 8.000 m<sup>3</sup>/h alla tensione di 230 V; quindi, la portata massima reale dell'impianto di ventilazione è pari a 32.000 m<sup>3</sup>/h, in linea con la portata di progetto.

La centralina di controllo, di tipo tradizionale, consente la regolazione automatica della portata su 4 posizioni preimpostate che, in base alle curve caratteristiche del ventilatore, restituiscono le seguenti *performance*:

- minima, portata totale di 6.000 m<sup>3</sup>/h quando la temperatura interna è inferiore a 18 °C, potenza di 130 W per ventilatore;
- medio-bassa, portata totale di 15.000 m<sup>3</sup>/h quando la temperatura interna è compresa fra 18 e 22 °C, potenza di 200 W per ventilatore;
- medio-alta, portata totale di 24.000 m<sup>3</sup>/h quando la temperatura interna è compresa fra 22 e 26 °C, potenza di 270 W per ventilatore;
- massima, portata totale di 32.000 m<sup>3</sup>/h quando la temperatura interna è superiore a 26 °C, potenza di 430 W per ventilatore.

Il numero di ore/anno ai diversi intervalli di temperatura è determinato sulla base delle temperature esterne dell'anno tipo, nell'ipotesi di una trasmittanza unitaria media (U<sub>med</sub>) del locale d'allevamento di 1 W/m<sup>2</sup> °C.

I consumi energetici annuali per la ventilazione sono così calcolati:

- alla portata minima:  $130 \times 2.800 = 364.000$  W,
- alla portata medio-bassa:  $200 \times 2.000 = 400.000$  W,
- alla portata medio-alta:  $270 \times 2.000 = 540.000$  W,
- alla portata massima:  $430 \times 1.960 = 842.800$  W.

Si raggiunge un consumo totale annuo di 2.147 kW, pari a 9,76 kW/posto. La stessa tipologia d'impianto, ma con controllo ad *inverter*, con variazione continua della velocità e della portata dei ventilatori, consentirebbe risparmi energetici anche del 50%, con consumi annuali che si attesterebbero sui 4,5-5,0 kW/posto.

È bene ricordare che in base alla normativa sul benessere degli animali è obbligatoria, in presenza di ventilazione artificiale degli ambienti d'allevamento, la predisposizione di sistemi di sicurezza in grado di avvertire l'allevatore di eventuali guasti dell'impianto di ventilazione (allarmi a suoneria) e di supplire a momentanei *black-out* (dispositivi automatici per l'apertura delle finestre per la ventilazione di soccorso).

La regolazione dei motori elettrici è un campo di grande interesse per quanto riguarda il risparmio energetico in zootecnia, soprattutto nei reparti dove i motori sono maggiormente usati come, ad esempio, nella ventilazione artificiale e nei sistemi di pompaggio (pompe del vuoto, pompe per liquami).

In tal senso, grande importanza riveste la già citata tecnologia ad *inverter*. Gli *inverter* che interessano in questo caso sono gli *inverter* CA-CA o raddrizzatori-invertitori (quelli che variano la frequenza e la tensione di alimentazione di un motore elettrico per adeguarne la velocità alle effettive esigenze). Nei sistemi a portata variabile che fanno uso di pompe e ventilatori, l'*inverter* consente la migliore efficienza energetica, che si traduce in risparmi variabili fra il 20 e il 60% a seconda dell'applicazione.

Secondo una stima, in Italia ci sono oltre 2 milioni di pompe e ventilatori con potenza inferiore ai 90 kW e di questi solo l'8% è regolato da *inverter*. Non si conosce l'incidenza dell'agricoltura in tale stima, ma è certamente plausibile che la situazione sia anche peggiore rispetto agli altri settori. Trattasi quindi di un campo nel quale ci sono enormi potenzialità, ma che ovviamente richiede investimenti con tempi di ritorno ragionevoli.

Per gli *inverter* si segnalano tempi di rientro dell'investimento variabili da 6 a 18 mesi, in base alla potenza in gioco, alle ore di funzionamento e al tipo di applicazione. Infine, bisogna rilevare che gli *inverter* consentono una riduzione dei costi di manutenzione e una maggiore vita utile degli impianti.

Sempre a proposito di motori elettrici, è utile ricordare che oggi sono disponibili, per numerose applicazioni, i motori ad alto rendimento (o a limitata dissipazione). In questi motori la percentuale di energia utilizzata per il lavoro utile (movimento meccanico) è maggiore rispetto ai motori tradizionali, perché una quota inferiore di energia viene dissipata sotto forma di calore. Le differenze sostanziali risiedono nell'impiego di più materiale (barre di conduzione a maggiore sezione, maggiore quantità di rame nello statore) e di materiale di migliore qualità (acciaio, cuscinetti, ventole ottimizzate). Di fatto, questi motori consentono risparmi energetici nell'ordine del 10% rispetto a motori tradizionali, pur non richiedendo investimenti gravosi (tempi di rientro da 12 a 36 mesi). Si tratta di capire quando questa tecnologia troverà applicazione anche per gli usi tipici del settore zootecnico, come ad esempio per i motori delle pompe o per quelli dei gruppi oleodinamici.



*Esempio di ventilatore usato nel settore zootecnico. (Fonte: CRPA)*

#### ➤ *Gestione e manutenzione degli impianti di ventilazione*

Riguardo poi agli impianti si possono ipotizzare alcune alternative a maggiore risparmio energetico. Nelle unità post-svezzamento va posta attenzione ai consumi dei diversi tipi di radiatori (ad esempio, quelli di tipo *standard*, correttamente regolati, consumano meno di quelli alogeni) ed anche alla posizione del termostato. Da valutare l'ipotesi di un riscaldamento localizzato, o addirittura quella di installare delle nicchie separate come quelle in uso nei sistemi a lettiera. Va esercitato un controllo attento (manuale o automatico) delle perdite per ventilazione, ad esempio, con un ricambio d'aria di 3 m<sup>3</sup>/h per capo il consumo di energia è la metà di quello con 5 m<sup>3</sup>/h per capo.

In generale, grazie al progresso intervenuto negli anni recenti nel campo dei sistemi e degli impianti di gestione del clima interno, un loro ammodernamento può portare a risparmi rilevanti (fino al 60%). Sembra, inoltre, che i sistemi di ventilazione centralizzati siano più efficienti dal punto di vista energetico, grazie ad una regolazione variabile della frequenza e a un'appropriata impostazione del ricambio d'aria. Un controllo assiduo e una regolare manutenzione contribuiscono a ottimizzare le prestazioni energetiche.

Così pure la disposizione corretta dei corpi scaldanti, seguendo le istruzioni di tecnici e produttori. Un'appropriata combinazione fra riscaldamento e ventilazione costituisce comunque l'obiettivo più importante, dal momento che le due finalità agiscono in opposizione, in quanto l'aumento del ricambio d'aria comporta un maggior fabbisogno di riscaldamento. Idealmente, un unico termostato dovrebbe regolare entrambe, curando che la temperatura di attivazione del riscaldamento sia leggermente inferiore, o al massimo uguale, a quella di attivazione dei ventilatori.

Un altro importante campo di azione è quello dei recuperatori di calore. Uno scambiatore di calore aria-aria installato in una unità post-svezzamento può portare un risparmio fra il 40 e il 60% dell'energia per riscaldamento.

### ➤ *Ottimizzazione del grado di isolamento degli edifici d'allevamento*

Un'azione importante per la limitazione dei consumi energetici riguarda il miglioramento del grado di isolamento degli edifici d'allevamento, in particolare di quelli riscaldati. Questo tipo di intervento tecnico ha rilevanza nel comparto suino ed anche in quello avicolo, mentre, come già detto, non è rilevante per quello bovino da latte.

Si tratta di effettuare una valutazione caso per caso sugli scambi termici attraverso l'involucro edilizio e la ventilazione, comprendendo le eventuali perdite per cattiva tenuta dei vari componenti di chiusura. Da qui possono desumersi modalità di intervento che, con costi ridotti, consentano di ottenere benefici significativi.

Con riferimento ad una specifica porcilaia per la fase di accrescimento, sono stati valutati gli effetti sul costo di costruzione della porcilaia e sul costo energetico per il riscaldamento al variare del grado di coibentazione. Sei differenti soluzioni sono state messe a confronto, con valori di trasmittanza unitaria media ( $U_{med}$ ) variabili da un massimo di  $4,54 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$  (edificio non coibentato) ad un minimo di  $0,73 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$  (edificio con un'ottima coibentazione). Le conclusioni indicano che la porcilaia a maggiore isolamento termico risulta più vantaggiosa della porcilaia a ridotta coibentazione per un importo di 2.641 €/anno, pari a 4,89 €/posto per anno. Nell'ipotesi che ogni posto della porcilaia faccia "girare" 9 suini all'anno (da 30 a 50 kg con un'occupazione media di 40 giorni), il vantaggio per singolo suino prodotto si attesta sugli 0,54 €.

Ovviamente, il beneficio ottenibile con una migliore coibentazione dell'edificio non si misura soltanto con dei semplici calcoli microeconomici, ma deve considerare anche la relevantissima questione del risparmio energetico, con tutto ciò che ne consegue (dall'inquinamento atmosferico al riscaldamento globale del pianeta), oltre al fatto che ridurre la dipendenza dai combustibili fossili è operazione che mette al riparo l'azienda da improvvisi e non prevedibili mutamenti del mercato dei prodotti petroliferi.

### ➤ *Gestione degli impianti di illuminazione*

L'illuminazione è una voce non irrilevante del consumo di energia elettrica ed è relativamente facile da migliorare con accorgimenti comuni validi anche per la stalla da latte. Innanzitutto, conviene sfruttare al massimo la luce naturale, opportunamente filtrata e schermata. In secondo luogo, usando lampadine e tubi fluorescenti a basso consumo e installando sensori intelligenti in uffici e annessi è possibile ridurre in modo considerevole il consumo energetico (risparmi fra il 15 e il 70%).

Le lampadine a basso consumo (LBC) hanno la caratteristica di produrre la stessa quantità di luce consumando fino a cinque volte meno di corrente; per esse si stima una vita utile sino a cinque volte maggiore di quella delle tradizionali lampadine ad incandescenza, ma questo è un aspetto tutto da verificare. Nei confronti delle LBC, di recente, si è aperta una discussione polemica a livello europeo circa i danni che queste potrebbero comportare per la salute umana; in particolare, si tratta del fatto che le LBC contengono modeste quantità di mercurio, che come è noto è un prodotto molto velenoso per l'uomo ed eco-tossico per l'ambiente, e del fatto che queste lampadine produrrebbero dei campi elettromagnetici particolarmente forti a piccola distanza, che potrebbero essere pericolosi per la salute umana. Inoltre, se è vero che le LBC consumano meno energia diretta, è altrettanto vero che per produrre queste lampadine, molto più pesanti delle tradizionali, serve più energia, e quindi il risparmio andrebbe valutato più correttamente sull'energia totale (diretta e indiretta).

L'uso della tecnologia *Light Emission Diode* (LED), già molto usata in agricoltura protetta per l'accrescimento di vegetali (Campiotti *et al.*, 2009), permette l'allungamento del tempo di vita della lampada rispetto alle tecnologie tradizionali (lampade fluorescenti e a vapori di mercurio). Conseguentemente, sono necessarie minori manutenzioni e minore sostituzione delle lampade, conseguendo risparmi energetici fino al 75%. Prodotti "Core Line Philips" sono disponibili in differenti potenze (19 W, 23 W, 29 W, 41 W, 57 W), con un tempo di vita superiore a 50.000 ore ed un indice di colore superiore all'80%. E' molto facile la sostituzione delle lampade tradizionali con altre a LED; ciò richiede un piccolo investimento. La qualità ed il livello della luce LED permette la sostituzione di vecchie lampade a vapori di mercurio con delle nuove a LED molto facilmente e con costi più che sostenibili. Lo sviluppo di dispositivi LED capaci di coprire un ampio spettro di emissione, dal verde fino all'ultravioletto, sta portando ad una rivoluzione nell'industria dedicata all'illuminazione; infatti, l'introduzione di strutture ad elevata efficienza luminosa mira a rimpiazzare le sorgenti bianche comunemente usate per scopi generali d'illuminazione. Allo stato attuale, tali dispositivi sono già utilizzati per realizzare sorgenti luminose complesse LED che hanno un'efficienza luminosa superiore a 100 lm/W, con sviluppi che hanno già raggiunto efficienze pari a 120 lm/W ed indicano un continuo e rapido aumento. I vantaggi nell'adottare la tecnologia LED per l'illuminazione generale sono legati sia alla riduzione delle emissioni prodotte nella generazione di energia elettrica che alla eliminazione del pericolo di inquinamento da mercurio, contenuto nelle attuali lampade a scarica. La realizzazione di LED di potenza con emissione nelle lunghezze d'onda nel blu o ultravioletto ha permesso di realizzare in modo efficiente LED a luce bianca, ottimale per l'illuminazione pubblica. Le migliori efficienze dei LED bianchi sono attualmente ottenute per temperature di colore molto elevate (superiori ai 5.700 K) che possono presentarsi vantaggiosi per l'illuminazione esterna, in particolare lavorando a bassi livelli di luminanza, per i quali l'occhio umano ha una maggiore sensibilità nel verde-blu. La loro applicazione potrebbe permettere di adottare livelli di luminanza minori, pur mantenendo gli stessi standard di sicurezza, rispetto all'impiego delle convenzionali lampade al sodio (per considerare le sorgenti attualmente impiegate a maggiore efficienza luminosa) con emissione centrata sul giallo. Si fa notare che l'attuale normativa per l'illuminazione esterna considera la possibilità di ridurre i livelli di luminanza (declassamento) in presenza di sorgenti con buona resa cromatica. È essenziale comunque una adeguata sperimentazione prima che le sorgenti e i livelli di luminanza necessari per la sicurezza stradale possano essere valutati direttamente sulla base delle condizioni di visione mesopiche. Per le sorgenti a LED, sia bianche che colorate, è normalmente dichiarata una vita media dell'ordine di 20.000, 60.000 ore di esercizio. Si tratta in realtà di un tempo stimato in condizioni operative molto diverse da quelle nelle quali possono trovarsi ad operare se usati per scopi illuminotecnici *outdoor*.



*Esempi di lampade a LED usate nel settore zootecnico. (Fonte: «LG Illuminazione»)*

Di seguito sono riassunti i punti su dove e come intervenire per ridurre i consumi di energia elettrica e termica durante le operazioni unitarie di gestione della porcilaia.

**Dove intervenire per ridurre i consumi di energia elettrica e termica nella porcilaia da ingrasso e da riproduzione**

❖ **Per il risparmio di energia elettrica, sulla:**

- *Ventilazione artificiale forzata*
- *Alimentazione*
- *Gestione degli effluenti*
- *Illuminazione*

❖ **Per il risparmio di energia termica, sulla:**

- *Riscaldamento*
- *Gestione degli effluenti*

**Come intervenire per ridurre i consumi di energia elettrica e termica nella porcilaia da ingrasso e da riproduzione**

- *Uso di ventilazione artificiale forzata degli ambienti di allevamento riscaldati (sale parto, locali di svezzamento e reparti per l'ingrasso dei suinetti), in alternativa alla ventilazione naturale, mediante l'uso di ventilatori di ultima generazione, della tecnologia ad inverter, di motori elettrici ad elevato rendimento e di centraline dotate di sistemi automatici di regolazione e controllo.*
- *Miglioramento del grado di coibentazione termica degli ambienti di allevamento riscaldati, con l'obiettivo di arrivare a valori di trasmittanza termica vicini a  $0,73 \text{ W/m}^2 \cdot \text{C}$  (ottima coibentazione dell'edificio), nonché del grado di isolamento termico degli impianti di riscaldamento.*
- *Accurata e costante manutenzione e pulizia degli impianti o di loro parti (sensori, ventilatori e corpi radianti).*
- *Uso ottimale di trattrici aziendali con modalità a «basso consumo» per la gestione ottimale delle operazioni di alimentazione e per la gestione degli effluenti.*
- *Uso razionale dell'illuminazione mediante l'impiego di sistemi temporizzati di accensione/spegnimento e l'uso di lampadine LBC e a LED.*

## **CONSUMI ENERGETICI E MIGLIORAMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA NEL COMPARTO "OVAIOLE IN GABBIA"**

Un'indagine Francese condotta nel 2010 ha stimato che i consumi di energia nella filiera avicola da carne incidono per circa il 3,7% dei costi di produzione, i quali sono così ripartiti: 80% gas propano, 13% elettricità, 7% gasolio.

La stessa indagine ha rilevato che, nel caso della filiera avicola da uova, il consumo medio (quasi esclusivamente elettrico) è di 3,15 kWh/posta, ossia di 0,27 kWh/kg di uova (compreso il settore delle pollastre).

Le azioni di risparmio energetico da adottare per il comparto delle galline ovaiole allevate in gabbia a batteria sono simili a quelle descritte per il comparto suinicolo (Zappavigna, 2011; ReSole, 2009).

Riguardo agli edifici d'allevamento, devono essere curati soprattutto: l'orientamento (con la ventilazione dinamica trasversale è preferibile avere l'entrata d'aria a Sud nei settori riscaldati); l'isolamento termico (prevedendo un'ottima coibentazione del soffitto a cui spetta il 70% della dissipazione di calore); la tenuta all'infiltrazione d'aria; e la corretta ventilazione e l'illuminazione (privilegiando quella naturale, poiché meno costosa e più adatta per la produzione di carni e uova).

Riguardo agli impianti, da tenere presente che gli aerotermini sono più efficienti dei radiatori, per quanto questi ultimi abbiano fatto considerevoli progressi negli anni recenti. Con un recuperatore di calore si può notevolmente risparmiare energia. Ammodernare gli impianti di ventilazione può consentire, anche grazie al miglioramento delle tecniche di controllo congiunto di riscaldamento e ricambio d'aria, risparmi consistenti di energia con tempi di rientro ragionevoli.

Infine, un ruolo significativo spetta alle pratiche di gestione dell'allevatore per contribuire a ridurre i fabbisogni e i consumi energetici: una pulizia regolare e costante di sensori, ventilatori e corpi radianti per mantenere alta l'efficienza degli impianti; una buona gestione della lettiera; l'adozione di pratiche di contenimento alla creazione ed alla movimentazione delle polveri.



*Per le galline ovaiole allevate in gabbia a batteria è possibile risparmiare energia con interventi simili a quelli adottati per i suini. (Fonte: CRPA)*

Di seguito sono riassunti i punti su come intervenire per ridurre i consumi di energia elettrica e termica durante le operazioni di gestione del pollaio per ovaiole in gabbia a batteria.

**Come intervenire per ridurre i consumi di energia elettrica e termica negli allevamenti per ovaiole in gabbia a batteria**

- *Uso di ventilazione artificiale forzata degli ambienti di allevamento riscaldati del pollaio, in alternativa alla ventilazione naturale, mediante l'uso di ventilatori di ultima generazione, della tecnologia ad inverter, di motori elettrici ad elevato rendimento e di centraline dotate di sistemi automatici di regolazione e controllo.*
- *Miglioramento del grado di isolamento e di coibentazione termica, sia degli ambienti di allevamento del pollaio riscaldati con l'obiettivo di arrivare a valori di trasmittanza termica vicini a  $0,73 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$  (ottima coibentazione dell'edificio), sia degli impianti di riscaldamento.*
- *Accurata e costante manutenzione e pulizia degli impianti o di loro parti (sensori, ventilatori e corpi radianti).*
- *Uso razionale dell'illuminazione mediante l'impiego di sistemi temporizzati di accensione/spengimento e di lampadine LBC e a LED.*

## CONCLUSIONI

Le conclusioni di seguito riportate sono il risultato dell'indagine condotta nel già citato Progetto ReSole in Pianura Padana, e riguardano tre aspetti in particolare: le aspettative degli allevatori, l'uso effettivo di energia rinnovabile, e l'adozione di tecnologie per il risparmio energetico nelle aziende zootecniche monitorate.

### COMPARTO BOVINI DA LATTE

Per quanto riguarda le aspettative degli allevatori, la grande maggioranza di essi (93%) ritiene molto importante investire sulle tecnologie per la produzione di energia rinnovabile e per il risparmio energetico.

Per quanto riguarda l'adozione di tecnologie per la produzione di energia rinnovabile, quasi il 78% delle aziende ha nei progetti futuri l'installazione di un impianto fotovoltaico e il 32% vorrebbe investire sul solare termico. Anche gli investimenti su impianti a biomasse intercettano l'interesse degli agricoltori, con un 27% di titolari che ne ipotizzano l'installazione nel prossimo futuro. Nel 12% delle aziende del campione è già stato installato un impianto fotovoltaico, che ha una potenza media di picco di 73 kW, mentre nel 5% dei casi è presente un impianto per la produzione di biogas, con potenza media di 170 kW. Solo una azienda ha installato un impianto a solare termico per la produzione di acqua calda sanitaria.

Per quanto riguarda l'adozione di tecnologie per il risparmio energetico, quella più auspicata è l'uso di motori ad alta efficienza (25% delle aziende), seguita dalla predisposizione di lampade a basso consumo (22%). Meno interesse destano altre tecnologie, come l'eolico (15%) o gli scambiatori/pompe di calore (12%). La tecnologia già in uso per il risparmio energetico è quella delle lampade a basso consumo (50% delle aziende), gli scambiatori di calore (15%), i motori ad alta efficienza (22%) e le pompe di calore (5%).

### COMPARTO SUINI DA INGRASSO E DA RIPRODUZIONE

Per quanto riguarda le aspettative degli allevatori, la grande maggioranza di essi (90%) ritiene molto importante investire sulle tecnologie per la produzione di energia rinnovabile e per il risparmio energetico.

Per quanto riguarda l'adozione di tecnologie per la produzione di energia rinnovabile, il 55% delle aziende ha nei progetti futuri l'installazione di un impianto fotovoltaico, il 40% vorrebbe investire su quelli a biomasse ed il 20% sul solare termico. Due aziende del campione hanno già installato un impianto fotovoltaico, con una potenza media di picco di 73 kW, mentre un'altra è dotata di un impianto per la produzione di biogas di potenza pari a 60 kW.

Per quanto riguarda l'adozione di tecnologie per il risparmio energetico, quelle già adottate sono le lampade a basso consumo, presenti nel 60% degli allevamenti, ed i ventilatori con regolazione ad *inverter* si trovano nel 30% delle aziende. Il 20% di aziende è dotato di motori ad alta efficienza, mentre gli scambiatori/pompe di calore sono utilizzati in una sola azienda del campione.

## BIBLIOGRAFIA

### Articoli

- Rossi, P., 2011. Consumi energetici e produzione di energia fotovoltaica in zootecnia: La questione energetica esige nuove risposte. *I Supplementi di Agricoltura*, 47, 4-5.
- Rossi, P., Gastaldo, A., 2011a. Consumi energetici e produzione di energia fotovoltaica in zootecnia: Bovini da latte, la voce “energia” pesa sui costi. *I Supplementi di Agricoltura*, 47, 6-8.
- Rossi, P., Gastaldo, A., 2011b. Consumi energetici e produzione di energia fotovoltaica in zootecnia: Per i suini i valori cambiano in base al tipo di allevamento. *I Supplementi di Agricoltura*, 47, 9-12.
- Rossi, P., Gastaldo, A., Leso, L., 2011a. Consumi energetici e produzione di energia fotovoltaica in zootecnia: Le caratteristiche delle stalle incidono sui consumi. *I Supplementi di Agricoltura*, 47, 16-19.
- Rossi, P., Gastaldo, A., Pignedoli, S., 2011b. Consumi energetici e produzione di energia fotovoltaica in zootecnia: Negli allevamenti suinicoli la ventilazione assorbe il 50% dell’elettricità. *I Supplementi di Agricoltura*, 47, 20-23.
- Zappavigna, P., 2011. Consumi energetici e produzione di energia fotovoltaica in zootecnia: Risparmiare si può, ecco come intervenire. *I Supplementi di Agricoltura*, 47, 24-27.

### Rapporti

- Campiotti, C.A., Bernardini, A., Di Carlo, F., Scoccianti, M., Alonzo, G., Carlino, M., Dondi, F., Bibbiani, C., 2009. Accrescimento delle piante con luce LED. *Rapporto Tecnico ENEA*. RT/2009/25/BIOTEC, 36 pp.
- FAO, 2011. La Zootecnia nel Mondo – World Livestock 2011: Livestock in food security. *Rapporto FAO 2011*. Sito Web: [www.fao.org](http://www.fao.org).
- ReSole, 2009. Tecnologie per il risparmio energetico in zootecnia. *Allegato Progetto ReSole, L.R. 28/98 – P.S.A. 2009*. Anno 1, Capitolo 4, 11 pp.

Edito dall' **ENEA**  
Servizio Comunicazione

Lungotevere Thaon di Revel, 76 - 00196 Roma

*[www.enea.it](http://www.enea.it)*

Stampa: Tecnografico ENEA - CR Frascati  
Pervenuto il 9.9.2014

Finito di stampare nel mese di settembre 2014