

# QUADERNI ASSALZOO

PROBLEMI AMBIENTALI E TECNOLOGICI  
NELL'ALLEVAMENTO DEL SUINO

PIERLUIGI NAVAROTTO



ASSOCIAZIONE NAZIONALE TRA I PRODUTTORI DI ALIMENTI ZOOTECNICI

PROBLEMI AMBIENTALI E TECNOLOGICI  
NELL'ALLEVAMENTO DEL SUINO

PIERLUIGI NAVAROTTO

La continua evoluzione delle tecnologie zootecniche e della selezione degli animali ha consentito il raggiungimento di livelli produttivi un tempo impensabili; questi sono però ottenibili solamente a condizione di adottare un "management" sempre più accurato e specifico.

Tra i fattori che hanno maggiormente dimostrato di influenzare le produzioni, oltre che - ovviamente - la razione alimentare, grande importanza ha assunto l'ambiente.

Quest'ultimo è in effetti talmente correlato, non solo con i risultati produttivi, ma con la stessa qualità della razione, da essere ormai considerato come uno dei vari aspetti delle "tecnologie zootecniche".

Il perseguimento delle migliori performance produttive richiede quindi la disponibilità di strutture atte ad assicurare il mantenimento delle migliori condizioni ambientali.

Tale aspetto è ben sottolineato dal grafico della figura 1 (1) ove sono riportate, per una ricerca condotta negli allevamenti del nord dell'Irlanda, le perdite di suinetti in relazione alla bontà costruttiva del ricovero.

Se non sono possibili riferimenti specifici, validi ovviamente solamente per l'ambiente indagato, non si può non considerare come andamenti del tutto simili potrebbero essere rilevati pure nella nostra realtà.

#### I vari fattori ambientali

Nell'accezione più moderna per ambiente si

intende l'insieme dei diversi fattori che hanno peso sulle varie funzioni vitali degli animali e ne condizionano le relative produzioni.

Tra questi i più significativi sono la temperatura, l'umidità e la velocità dell'aria.

Altri aspetti quali, la presenza di gas nocivi, la numerosità dei boxes, lo spazio per capo, la luminosità, la polverosità, il tipo di pavimentazione e di attrezzature in genere concorrono pure essi, a costituire l'ambiente e debbono senz'altro essere tenuti presenti in sede di progettazione dei ricoveri mentre non ne tratteremo diffusamente in questa nota che si vuole più particolarmente occupare del controllo del microclima.

Sofferinarsi particolarmente sull'effetto di uno solo di questi parametri rappresenta in ogni caso una semplificazione che, pur indispensabile per una trattazione più chiara dell'argomento, può rischiare, se non attentamente considerata, di portare a conclusioni talvolta inesatte.

### La temperatura

E' il parametro sul quale si è maggiormente accentrata l'attenzione dei ricercatori e ciò per una sua indubbia notevole influenza sulla produzione, ma forse anche perchè è certamente il parametro più .... semplice (!) da controllare nel ricovero.

I livelli di temperatura ottimali sono correlati all'età, alla razza, al livello alimentare ed è bene, per meglio capire l'importanza di questo fattore, esaminare, pur velocemente, quali sono i meccanismi di reazione alle sue variazioni. Come noto gli animali allevati di interesse zootecnico sono omeotermi, tendono

cioè a mantenere costante la temperatura del corpo anche in presenza di variazioni della temperatura esterna. Per fare questo utilizzano un complesso sistema di termoregolazione che provvede, in presenza di basse temperature, a ridurre le perdite ed aumentare la produzione di calore; mentre nel caso contrario di alte temperature ne diminuisce la produzione e ne facilita la dispersione.

Tale meccanismo è possibile entro un certo campo di variazione della temperatura esterna; al di fuori di questo l'animale non è più in grado di mantenere il suo stato di omotermia, con situazioni allora di ipo o ipertermia, sino alla morte da freddo o da caldo.

Di notevole importanza, da un punto di vista pratico, è la individuazione del campo di temperature all'interno del quale la produzione di calore, ai fini dell'omotermia, è minima ed è quindi massima l'energia dell'alimento che resta disponibile per la produzione.

In tale intervallo, che si può indicare come zona di termoneutralità, di confort o di benessere, la produzione di calore del suino è indipendente dalla temperatura ambiente, essendo questa determinata solamente dal suo peso vivo e dal livello alimentare. Tale zona, identificabile come quella di massima produttività, è delimitata dalle temperature critiche inferiore e superiore al di là delle quali l'organismo deve spendere energia aggiuntiva per mantenere l'omotermia.

I valori delle temperature critiche dipendono da vari fattori quali il livello alimentare, la qualità della dieta, l'età degli animali, le dimensioni corporee, la numerosità dei box, il tipo di pavimentazione, il tipo di ventilazione, ed altri ancora; fattori che debbono essere quindi tutti considerati prima di fissa-

re le condizioni ambientali.

Alcune indicazioni si possono trarre dalla figura 3 e 4 e dalle tabelle 1, 2 e 3 ove sono indicati, per varie situazioni, i valori della temperatura critica inferiore.

Da considerare che normalmente i suinetti ed i suini in accrescimento hanno una razione pari a 2,5 - 3,5 volte quella di mantenimento, ed i più pesanti un rapporto relativamente più basso. Le scrofe in gestazione abbisognano solamente di poco più del mantenimento. Nel periodo dell'allattamento sono invece alimentate per circa 4 volte la razione di mantenimento.

Temperature più basse della critica provocano un peggioramento dell'indice di conversione degli alimenti. Alcune indicazioni si possono trarre dalla figura 5.

Oltre alla temperatura dell'aria ambiente ha influenza pure il grado della temperatura raggiante (= media delle temperature delle superfici interne dell'edificio).

Buona parte infatti del calore ceduto dagli animali viene ceduto proprio per irraggiamento. Si può mediamente considerare che, quando la temperatura raggiante media è pressochè eguale, o si discosta solo di 1° o 2°C, da quella dell'aria, circa il 40/50% del calore sia ceduto sotto forma di radiazioni elettromagnetiche; è evidente che tale quota è destinata ad aumentare con la diminuzione della temperatura raggiante.

Quando questa si discosta sensibilmente dalla temperatura dell'aria va considerato, come valore effettivo per gli animali, la media delle due. L'ottenimento di valori tra loro il più vicini possibile si garanti-

sce, nella pratica costruttiva dei ricoveri, attraverso la realizzazione di tamponamenti ben coibentati.

### L'umidità

E' il primo indice che, in situazione invernale, ci fornisce indicazioni sulla validità della ventilazione del ricovero. Come si vedrà meglio più avanti, infatti, l'eliminazione del vapore acqueo emesso dagli animali con la respirazione, si effettua tramite il ricambio dell'aria.

L'effetto sugli animali è sempre strettamente correlato alla temperatura; in ogni caso sono da evitare gli eccessi che possono provocare inconvenienti notevoli.

L'elevata umidità, in presenza di basse temperature, contribuisce ad aumentare le perdite di calore corporeo peggiorando l'azione protettiva dei peli ed aumentando la conducibilità; in presenza di alte temperature rende difficile lo smaltimento del calore corporeo per evaporazione che, proprio alle alte temperature, trova in questa forma la via più efficace per consentire la termoregolazione.

Da non sottovalutare inoltre il pericolo, in presenza di alta umidità, di avere formazione di condensa sulle pareti e sul tetto del ricovero con conseguenze negative nei confronti sia della manutenzione, sia dell'igiene ambientale.

Umidità eccessivamente bassa è d'altronde egualmente da evitare sia perchè, come vedremo più avanti, può essere in relazione a notevoli sprechi energetici, sia per l'aumento di polverosità che si può avere in ambiente. Tale effetto non è da sottovalutare, so-

prattutto nel settore svezzamento, ove ogni motivo di irritazione e di disturbo per gli animali può rivelarsi causa scatenante manifestazioni patologiche.

Valori ottimali dell'umidità relativa si possono considerare dal 60% all'80%.

### Velocità dell'aria

Anche questo è un fattore i cui effetti sono strettamente correlati alla temperatura. E' noto infatti che l'aumento della velocità dell'aria comporta un aumento delle perdite di calore (per convenzione) dal corpo dell'animale. Questo è il motivo per cui, nelle giornate calde, la presenza di un ventilatore che aumenti la velocità dell'aria ci da' un notevole senso di sollievo. Se ciò può essere favorevole nei periodi caldi, ed anche qui entro limiti ristretti, diventa senza altro negativo nei periodi freddi in cui aumenta la sensazione di freddo ed abbassa la soglia della temperatura critica inferiore (figura 6).

Particolarmente sensibili alle correnti sono i suinetti in svezzamento, soprattutto se ospitati in batteria ove manca loro ogni possibilità di riposo. In questi ambienti la velocità non dovrebbe mai, nei periodi invernali, superare i 5/10 cm al secondo.

Dopo aver esaminato singolarmente l'effetto dei tre parametri microclimatici più importanti sembra interessante, anche al fine di ribadire la stretta interdipendenza di questi riportare, nonostante si referisca all'uomo, un monogramma (figura 7) (tra i numerosisisimi disponibili), che fornisce la temperatura effettiva (quella cioè alla quale il soggetto ha la sensazione di trovarsi) in dipendenza della temperatura a bulbo secco (o del globotermometro nel caso di presenza di superfici radianti), della temperatura a bulbo umido



e della velocità dell'aria.

Da parte di alcuni Autori si è cercato di definire equazioni o monogrammi simili anche per gli animali ma con risultati ancora scarsi data la variabilità delle situazioni d'allevamento e l'impossibilità di procedere, nella rilevazione delle sensazioni ... per intervista!

Molto lavoro si stà comunque facendo in questa direzione e proprio a livello comunitario esiste un gruppo di studio con il compito specifico di predisporre un orientamento in questi rapporti.

#### Fattori non climatici

Come già detto all'inizio a "formare" l'ambiente concorrono numerosi altri fattori non climatici ma che ne influenzano le esigenze.

Intuitiva è, ad esempio, l'influenza della pavimentazione, se con paglia o senza paglia, se asciutta o bagnata; nel determinare il livello della temperatura critica inferiore.

Ciò si spiega facilmente se si pensa che circa il 20% della superficie corporea dell'animale può essere in contatto col pavimento. In condizioni di freddo, con un pavimento non isolato, le perdite per conduzione possono rappresentare sino il 20-25% delle totali.

In situazione di caldo ciò può rappresentare una via preziosa per la dissipazione.

Varie sperimentazioni hanno messo in evidenza tali influenze. Significative quelle condotte da Verstegen e coll. che hanno evidenziato, per suini di 40 Kg.

in gruppo, l'aumento della temperatura critica inferiore da 11-13°C, a 14-15°C, a 19-20°C passando dalla pavimentazione con paglia a quella con asfalto ed al fessurato in cemento. Al di sotto di questi livelli la produzione di calore sul fessurato è risultata più alta del 7% che sulle altre pavimentazioni.

Indicativo il grafico della figura 8 ove è evidenziata l'influenza del tipo di pavimentazione sul livello della temperatura critica inferiore.

Altri fattori che assumono importanza sono la numerosità del box e la superficie assegnata per capo; da un lato la temperatura critica inferiore aumenta all'aumentare della numerosità del gruppo; dall'altro è bene evitare concentrazioni eccessive che possono deprimere la produttività (figura 9).

#### I gas nocivi

La diffusione di soluzioni progettuali che prevedono sempre di più l'impiego del pavimento fessurato, con stoccaggio delle deiezioni, per periodi più o meno lunghi, nelle fosse sottostanti, pone indubbiamente il problema del controllo del livello dei contaminanti gassosi, che si producono dalla fermentazione delle sostanze organiche, e principalmente dalla anidride carbonica, dell'ammoniaca e dell'idrogeno solforato.

#### L'anidride carbonica

E' normalmente contenuta nell'aria per lo 0,03%. Alla concentrazione dell'1-2% provoca malessere sull'uomo; problemi seri si hanno con il 3-5% sino alla incoscienza col 10%.

In ambiente si somma quella contenuta nell'aria espirata dagli animali (l'aria espirata ne contiene

il 5%) con quella prodotta nella decomposizione delle deiezioni (si consideri che la CO<sub>2</sub> costituisce più del 40% delle bolle che si formano nelle deiezioni stoccate). Essa è molto solubile in acqua, è più pesante dell'aria e priva di colore e di odore per cui le concentrazioni massime si trovano nella zona bassa del ricovero; quella di norma interessata anche dagli animali.

La produzione di CO<sub>2</sub> si può calcolare grazie alla relazione che esiste con il metabolismo animale; in particolare si può assumere che per ogni Watt di calore metabolico totale prodotto da un suino, si producano  $45 \times 10^{-9} \text{m}^3 \text{l}^{-1}$  di CO<sub>2</sub>. Tale valore può essere anche assunto per il dimensionamento della ventilazione del ricovero.

La soglia limite nei ricoveri ed accettata da vari Autori (Baxter - Nordstrom, etc.) è pari allo 0,5%; meglio è prevedere un livello medio dello 0,3% con eventuali punte occasionali sino allo 0,5%.

#### L'ammoniaca

E' un gas incolore, più leggero dell'aria e solubile in acqua. Presenta un odore molto pungente che può essere avvertito sin da concentrazioni di 5 ppm in volume (0,0005%). E' irritante e può essere molto dannoso alle alte concentrazioni.

Si hanno irritazioni alle mucose a 100-500 ppm, irritazione agli occhi, tosse e bava alla bocca, con possibile morte, a 2000-3000 ppm e a 10.000 ppm (1%) rapidamente la morte.

Nel suino la presenza di ammoniaca oltre certi livelli riduce l'appetito, provoca convulsioni e alterazione del respiro. In sperimentazioni si è visto

che concentrazioni sino a 50 ppm non influiscono sulla produttività e nemmeno sulle caratteristiche dell'apparato respiratorio (Curtis e al. 1975).

La morsicatura della coda non era indotta sino a 60 ppm mentre risultava ridotta l'attività motoria (Verstegen e al. 1976).

La soglia limite per i lavoratori presenti per 8 ore al giorno e per 5 giorni la settimana è stata fissata da Nordstrom e McQuitty a 25 ppm. Nelle porcilaie è comunque bene non superare le 20 ppm quando i suini vi stazionano per lunghi periodi.

La concentrazione maggiore nel ricovero di solito si trova vicino al punto di produzione (deiezioni); essendo più leggera dell'aria è però fortemente influenzata dal tipo di ventilazione.

La sua alta solubilità nell'acqua fa sì inoltre che se ne avvertano livelli inferiori nei ricoveri ove le pulizie vengono fatte con lavaggi ad acqua mentre i livelli più alti si riscontrano in ricoveri con paglia o dove si hanno i pavimenti riscaldati (nido sui netti).

#### Idrogeno solforato

È un gas incolore, più pesante dell'aria, ha un odore pungente di uova marce ed è solubile in acqua.

Si produce dalla degradazione anaerobica delle proteine e dalla riduzione dei solfati contenuti nelle deiezioni.

La soglia avvertibile all'odore è a 0,01-0,7 ppm ed è sgradevole a 5 ppm.

L'esposizione per 1 ora a 50-100 ppm produce irritazione agli occhi ed all'apparato respiratorio.

L'esposizione da 8 a 48 h ad una concentrazione di 150 ppm può essere letale. La morte si ha rapidamente con 700- 2000 ppm; tali soglie si possono misurare in pratica in ricoveri con pavimento fessurato in concomitanza con la miscelazione delle deiezioni (Nordstrom e coll.).

Ricerche condotte sui suini hanno evidenziato perdita di appetito e fotofobia a 20 ppm ed insorgenza di vomito e diarrea a 50-200 ppm.

Il livello appropriato da non superare nelle porcilaie è di 5 ppm.

#### La ventilazione

La regolazione del ricambio dell'aria è senza altro l'aspetto principale da considerare nel controllo dell'ambiente. La regolazione deve inoltre occuparsi non solo della quantità del ricambio ma anche di come effettuarlo in modo da evitare correnti a livello degli animali ed assicurare uniformità in tutto il ricovero.

#### Il dimensionamento

Si è visto, nelle pagine precedenti come le condizioni ambientali abbiano notevole importanza sul benessere e quindi sulle risposte produttive degli animali.

Per ben comprendere il meccanismo del dimensionamento della ventilazione, è bene ricordare come la presenza degli animali influisca sulle condizioni ambientali.

Si è già detto che i processi di termogenesi propri del metabolismo animale comportano scambi di calore con l'ambiente. Questi si hanno sia sotto forma di calore sensibile, che si trasferisce nell'ambiente per convezione, conduzione ed irraggiamento; sia sotto forma di calore latente, impiegato cioè all'interno del corpo dell'animale per evaporare acqua, che si trasferisce nell'ambiente con l'immissione del vapore prodotto.

La produzione totale di calore prodotto (sensibile+latente) dipende da vari fattori quali la specie, la razza, l'età, il livello alimentare, e la temperatura ambientale.

La quota di calore latente sul totale emesso aumenta con l'aumentare della temperatura in relazione alla crescente difficoltà, per l'animale, di scambiare calore per convezione ed irraggiamento man mano che la temperatura ambiente si avvicina alla corporea.

Nella tabella 4 sono indicate tali produzioni per diverse categorie di suini razionati a vari livelli alimentari.

Il compito della ventilazione è quello allora, nei periodi freddi, di allontanare il vapore acqueo e la CO<sub>2</sub> emessi dagli animali; questi potrebbero altrimenti raggiungere velocemente valori eccessivamente elevati.

Diversa è la preoccupazione nei periodi caldi ove il compito prevalente, che funziona da "limitante", è la eliminazione del calore sensibile che altrimenti causerebbe un eccessivo aumento della temperatura ambientale.

La minima ventilazione invernale (in m<sup>3</sup>/h) si può allora calcolare; sulla base del vapore totale

prodotto nel ricovero, secondo la formula:

$$V_i = \frac{w}{Am U}$$

ove:  $w$  = grammi d'acqua prodotti nella porcilaia (calore latente totale). Si può calcolare considerando che mediamente il 20% del calore sensibile emesso dagli animali si converte in calore latente all'interno della costruzione aggiungendosi così a quello prodotto direttamente sotto tale forma.

$$Q_e \text{ totale} = n \times (0,2 Q + 0,8 Q_e)$$

ove:  $n$  = numero di animali

$Q$  = calore totale prodotto dagli animali (watts)

$Q_e$  = calore latente (watts)

I grammi d'acqua prodotti all'ora si ottengono moltiplicando il  $Q_e$  totale per 1,47

$mU$  = la differenza tra le umidità assoluta dell'aria interna ed esterna.

La perdita di calore (watts) dovuta alla ventilazione si può calcolare:

$$Q_v = V_i \times 0,36 \times t$$

ove:  $V_i$  = Volume di ventilazione ( $m^3/h$ )

0,36 = Watts necessari mediamente per riscaldare di  $1^\circ C$ ,  $1 m^3$  d'aria

$At$  = la differenza di temperatura tra l'interno e l'esterno.

Oltre a questa, nel periodo invernale, si hanno poi le perdite di calore attraverso le pareti ed il tetto dell'edificio che dipendono dalla superficie di questi ( $S$ ), dalla differenza di temperatura tra interno

ed esterno ( $At$ ) e dalla media ponderale dei coefficienti di trasmissione del calore delle diverse parti dell'edificio. Si calcola secondo la formula:

$$Q_p = K_m \times S \times At$$

Nel ricovero si potrà mantenere la temperatura desiderata, senza ricorrere a fonti artificiali di calore, solamente se il calore sensibile prodotto dagli animali sarà in grado di far fronte alla somma di queste perdite.

Considerato che il volume di ventilazione calcolato, una volta fissate le condizioni di temperatura ed umidità desiderate, è il minimo insopprimibile, le uniche perdite di calore dell'edificio che si possono ridurre sono quelle attraverso le pareti ed il tetto; ciò conferma l'importanza di realizzare ricoveri ben coibentati.

Nei periodi caldi, come detto, la preoccupazione principale deve essere quella di eliminare il calore sensibile prodotto dagli animali al fine di evitare un eccessivo aumento della temperatura nel ricovero.

Il volume di ventilazione estivo (in  $m^3/h$ ) risulta dalla formula:

$$V_e = \frac{Q_s}{0,95 \times At}$$

ove:  $Q_s$  = calore sensibile prodotto dagli animali (watts/h)

0,95 = Watts necessari mediamente, nelle condizioni termoigrometriche estive, per riscaldare di  $1^\circ C$ ,  $1m^3$  d'aria.

$At$  = aumento di temperatura in  $^\circ C$  che accetto nel ricovero rispetto all'esterno.

I valori dipendono, oltre che dal calore sen-



sibile, come si vede, ancor più dal At ammesso; questo valore si fissa normalmente sui 3-4 °C per evitare portate eccessivamente elevate. Anche in questo caso comunque i volumi di ventilazione estivi risultano spesso dalle 5 sino alle 10 volte maggiori di quelli invernali.

### I sistemi di ventilazione

Esaminati i criteri di base per il dimensionamento dei volumi di ventilazione è necessario esaminare ora, i vari sistemi disponibili per ottenere tali ricambi nei ricoveri.

### Ventilazione naturale

E' quella che si ottiene in un ricovero grazie alla circolazione naturale dell'aria, che entra dalle finestre laterali ed esca dalle aperture di colmo più alte. Tale ventilazione sarà tanto più vivace quanto maggiori sono la differenza di temperatura tra interno ed esterno e la differenza di quota tra le aperture di ingresso ed uscita dell'aria; è evidente che sarà quindi relativamente più facile ottenere una buona ventilazione nel periodo invernale, piuttosto che d'estate, anche se l'aumento di temperatura all'interno del ricovero è comunque assicurato dalla presenza degli animali.

I limiti maggiori insiti in questo sistema sono relativi alla notevole influenza che le situazioni climatiche esterne (temperature, vento) hanno nel condizionare la ventilazione dell'edificio. Ciò comporta la pratica impossibilità di assicurare la costanza delle condizioni ambientali; tale sistema può trovare quindi valida applicazione solamente in ricoveri ove la concentrazione degli animali non sia eccessiva, e preferibilmente per animali adulti, ove le irregolarità d'ambiente e l'eventuale scostamento, per brevi periodi, dalla

zona di benessere hanno conseguenze meno dannose.

### Ventilazione artificiale

Il ricambio si ottiene per effetto di ventilatori appositamente predisposti. Il vantaggio consiste nella possibilità di regolare in modo abbastanza preciso ed automatico le portate di ricambio indipendentemente dalle condizioni climatiche esterne. E' possibile quindi regolare la ventilazione in relazione alle esigenze specifiche degli animali ospitati nel ricovero.

Per contro, a fronte di questo vantaggio, è necessario considerare un consumo di energia elettrica che si può stimare dell'ordine di 0,3-0,5 Kwh/Kg di carne (nel caso di suini in allevamento dai 30 ai 130 Kg) prodotta.

La convenienza ad adottare la ventilazione meccanica deve risultare quindi dalla riduzione di mano d'opera, non più necessaria per regolazione manuale delle finestre, e dalla maggior produttività degli animali in relazione alle migliori condizioni ambientali ottenibili nei ricoveri.

Questo sistema è inoltre in pratica l'unico possibile nelle porcilaie su pavimento fessurato ove le fermentazioni, che si sviluppano nelle deiezioni stoccate, producono gas nocivi che, se non allontanati direttamente dalle fosse, potrebbero facilmente raggiungere livelli intollerabili in ambiente.

Il ricambio dell'aria può essere ottenuto sia in pressione (o pressione positiva od immissione), sia in depressione (o estrazione o pressione negativa) a seconda che l'aria di rinnovo sia immessa direttamente da un ventilatore o entri, dalle aperture predisposte, perchè richiamata in ambiente dalla depressione creata

da un ventilatore estrattore.

I due sistemi, pur assicurando entrambi il rinnovo dell'aria nella quantità programmata, presentano caratteristiche specifiche che vanno attentamente considerate prima di adottarli per i vari ricoveri.

#### Sistema in pressione

E' la soluzione classica e diffusamente adottata nel condizionamento civile ed industriale.

Normalmente il ventilatore immissore (che deve essere attentamente dimensionato tenendo in particolare rilievo le sensibili perdite di carico che si possono avere) viene collegato ad una canalizzazione, rigida o flessibile, che provvede alla distribuzione uniforme dell'aria in tutto il ricovero.

Con questo sistema è possibile attuare, nei periodi freddi, un riciclo dell'aria ambiente svincolando così il volume "di rinnovo" dal volume dell'aria movimentata; ciò consente, oltre che l'immissione in ambiente di aria miscelata, a temperatura più alta, di avere ambienti omogenei anche con valori di ricambio molto bassi. Ciò si può tradurre in pratica, come vedremo più avanti, in sensibili economie di energia. Questo sistema inoltre, concentrando in pochi punti (in alcuni casi addirittura in uno solo) l'ingresso, rende facile ogni eventuale trattamento dell'aria come la filtrazione, la disinfezione, il riscaldamento o raffreddamento.

A fronte di questi aspetti positivi si ha una maggior complessità di impianto e quindi la necessità di una esecuzione e successiva gestione accurate.

### Sistema in depressione

E' la soluzione indubbiamente più diffusa nei ricoveri zootecnici. Consiste, come già accennato, nel predisporre dei ventilatori estrattori, e nelle posizioni opportune, le aperture di ingresso dell'aria. Dalla disposizione di quest'ultimo, e dalla velocità d'ingresso dell'aria, dipende la corretta distribuzione in ambiente; per questo è necessario che tali aperture siano regolabili per adattarle alle variazioni di portata necessaria nel ricovero.

Con tale sistema non è possibile effettuare il riciclo dell'aria ambientale ed, essendo l'ingresso dell'aria distribuita di solito su più aperture, ne è più difficile il trattamento. Per contro l'impianto è particolarmente semplice ed affidabile (figura 11).

Entrambi i sistemi possono essere validamente utilizzati per il controllo degli ambienti zootecnici; la scelta deve essere fatta caso per caso in considerazione delle specifiche condizioni ed esigenze di allevamento non ultima la preparazione professionale del personale.

La variazione della portata di ricambio è normalmente affidata, in entrambi i casi, al controllo di una centralina elettronica munita di una sonda sensibile alla temperatura; questa provvede a far aumentare o diminuire i giri del ventilatore a seconda che la temperatura ambiente sia inferiore o superiore a quella impostata sul potenziometro.

Nella centralina è inoltre presente quasi sempre la possibilità di fissare la velocità minima del ventilatore in modo da assicurare in ogni caso, anche in presenza di temperature ambientali notevolmente più basse di quella settata, la ventilazione minima insopprimibile.

## Riscaldamento

Il ricorso al riscaldamento è indispensabile, per mantenere le condizioni ambientali desiderate, quando il calore sensibile prodotto dagli animali non è in grado di far fronte alle perdite di calore complessive dall'edificio (perdite per ventilazione più perdite attraverso le pareti ed il tetto dell'edificio). Tale situazione si ha normalmente nei settori parto e svezzamento e, talvolta, nel settore gestazione in posta singola; in questo ultimo caso infatti la bassa concentrazione degli animali spesso non consente di ottenere naturalmente i livelli di temperatura desiderati.

Diverse sono le soluzioni possibili per immettere calore in ambiente; più diffuso, per la flessibilità ed affidabilità del sistema, l'utilizzo di una centrale termica per la produzione di acqua calda e la predisposizione di radiatori, batterie o aerotermi, per distribuire il calore nelle diverse stanze. In questo modo è possibile la regolazione indipendente di ogni zona (figura 12).

Un aspetto fondamentale da assicurare nel sistema di regolazione è il coordinamento tra riscaldamento e ventilazione. In particolare è necessario evitare di sovraventilare l'ambiente, sia perchè ciò farebbe diminuire eccessivamente l'umidità relativa, sia per i notevoli costi aggiuntivi che ne deriverebbero per il riscaldamento dell'aria.

E' sufficiente considerare infatti che un metrocubo ricambiato ogni ora per tutto il periodo invernale, nell'ipotesi di una differenza media di temperatura tra interno ed esterno di 16°C, richiede per il suo riscaldamento circa 20.000 Kcal ( $1 \text{ m}^3 / \text{k} \times 180 \text{ gg.} \times \text{At } 16^\circ\text{C} \times 0,31 = \text{Kcal } 21.427$ ), pari a circa 3 Kg di gaso

lio (si considerano circa 7.000 Kcal/Kg di gasolio rese agli scambiatori nelle varie stanze) per rendersi conto dei notevoli sprechi energetici che può causare una regolazione mal fatta.

La messa a punto di sistemi di controllo più accurati, magari in grado di controllare l'umidità relativa e quindi di eliminare ogni pericolo di sovraventilazione è senza dubbio l'intervento che potrebbe assicurare prima di altri più complessi e costosi, quali ad esempio i recuperatori di calore dell'aria di espulsione, notevoli economie energetiche.

Tab. 1: Temperature critiche per suini su pavimentazione piana in cemento.  
(ra = energia di mantenimento) (°)

peso vive (Kg)	n° di suini nel gruppo	Temperatura critica inferiore °C						Temperatura critica superiore (secco)°C						Temperatura critica superiore (umido)°C					
		Livello allentare(rfa)						Livello allentare(rfa)						Livello allentare(rfa)					
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1	1	32	31	29	27			37	36	36	35			38	38	37	37		
		31	29	26	24			35	34	32	30			37	37	36	35		
5	1	30	28	26	23			37	35	34	33			38	37	36	36		
		28	25	22	20			34	32	30	28			37	36	35	34		
10	1	29	27	24	21			36	35	34	32			38	37	36	36		
		27	24	21	17			34	32	29	27			37	36	35	34		
20	1	29	26	22	18			36	35	33	31			38	37	36	35		
		26	21	16	11			34	31	28	24			37	36	34	33		
40	1	27	23	19	15			36	34	32	30			37	36	35	34		
		24	18	13	7			33	30	26	23			37	35	34	32		
60	1	26	22	18	14			35	33	31	29			37	36	35	34		
		22	16	11	5			33	29	26	22			36	35	34	32		
80	1	25	21	17	13			35	33	31	29			37	36	35	34		
		21	15	10	4			32	29	26	23			36	35	34	32		
100	1	24	21	17	13			35	33	31	29			37	36	35	34		
		19	14	9	4			32	29	26	23			36	35	34	32		
140	1	23	19	14	10			34	32	30	28			37	36	35	34		
		20	12	9	3			32	30	26	23			36	34	33	32		
180	1	22	18	13	8			34	32	29	27			36	35	34	33		
		19	10	7	1			32	27	25	22			36	34	33	32		

Tab. 2: Temperature critiche per suini con pavimentazione in lastiera forata (4)  
(F<sub>e</sub> = energia di mantenimento) (4)

peso vivo (kg)	n° di suini nel gruppo	temperatura critica inferiore °C				temperatura critica superiore (secco)°C				temperatura critica superiore (umido)°C			
		Livello alimentare (x fm)				Livello alimentare (x fm)				Livello alimentare (x fm)			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	10	30	28	25	23	35	33	31	29	37	37	36	35
		29	26	23	20	34	32	29	27	37	36	36	35
5	10	28	26	23	20	34	32	30	28	37	36	36	35
		27	24	20	17	34	31	29	26	37	36	35	34
10	10	28	25	21	18	34	32	30	27	37	36	35	35
		26	22	19	15	33	31	28	26	37	36	35	34
20	15	28	24	20	15	35	32	29	26	37	36	35	34
		26	21	17	12	34	31	28	24	37	36	34	33
40	15	26	22	17	13	34	32	29	26	37	36	35	34
		24	19	14	8	34	30	27	24	37	35	34	32
60	15	25	20	16	11	34	31	28	26	37	36	35	33
		23	17	12	7	33	30	27	24	36	35	34	32
80	15	24	20	15	11	34	31	29	26	37	36	35	33
		22	16	11	6	33	30	27	24	36	35	34	32
100	15	23	19	15	11	33	31	29	26	37	36	35	34
		21	16	11	6	33	30	27	24	36	35	34	33
140	5	22	17	13	8	33	30	28	25	36	35	34	33
		20	14	9	3	32	29	26	23	36	35	33	32
180	5	21	16	11	6	33	30	27	25	36	35	34	33
		19	13	7	1	32	29	26	23	36	34	33	32



TAB. 3: Temperature critiche per suini su lettiera di paglia (4)  
(Fa - energia di mantenimento)

peso vivo (kg)	n° di suini nel gruppo	Temperatura critica inferiore (°C)				Temperatura critica superiore (secco)°C				Temperatura critica superiore (umido)°C			
		Livello alimentare (x <sub>fa</sub> )				Livello alimentare (x <sub>fa</sub> )				Livello alimentare (x <sub>fa</sub> )			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	1	30	27	25	22	34	32	30	28	37	37	36	35
	10	27	23	20	17	33	30	27	24	37	36	35	34
5	1	27	24	21	18	34	31	29	26	37	36	35	35
	10	24	20	16	12	32	29	26	23	37	36	35	34
10	1	26	23	19	16	33	31	28	26	37	36	35	34
	10	23	18	14	9	32	29	26	22	37	35	34	33
20	1	26	22	17	12	34	31	28	24	37	36	35	34
	15	23	17	11	4	33	29	25	20	37	35	34	32
40	1	24	20	14	9	34	30	27	23	37	36	34	33
	15	20	13	7	0	32	28	24	19	36	35	33	32
60	1	23	17	12	7	33	30	27	23	37	36	34	33
	15	18	12	5	-2	32	27	23	19	36	35	33	32
80	1	22	16	11	6	33	30	27	23	37	35	34	33
	15	17	10	4	-2	31	27	23	20	36	35	33	32
100	1	21	16	11	6	32	30	27	24	36	35	34	33
	15	16	10	4	-2	31	27	24	20	36	35	33	32
140	1	19	14	8	2	32	29	26	22	36	35	34	32
	5	15	8	2	-5	31	27	23	19	36	34	33	31
180	1	18	12	6	0	32	28	25	22	36	35	33	32
	5	14	5	-1	-8	30	26	22	18	35	34	32	31

Tab. 4 : Calore prodotto dai suini (w/h) (%)

peso vivo (Kg)	Produzione totale di calore (sensibile + latente) *				Calore latente °	
	Livello alimentare ( x fa)				alla temp. critica	
	1	2	3	4	inferiore	superiore (secco)
1	7,4	9,3	11,1	13,0	0,7	3,3
5	21	27	32	38	2,2	9,8
10	34	42	51	59	3,7	15,6
20	48	65	82	98	6,3	25
40	71	107	133	158	11,5	39
60	110	142	173	195	17,1	52
80	136	172	207	243	23	63
100	161	198	236	274	30	73
140	207	259	311	363	44	91
180	250	313	375	438	60	108

\* Moltiplicando per  $45 \times 10^{-9}$  si ha la produzione di  $CO_2$  ( $m^3/s$ )

° Moltiplicando per  $0,41 \times 10^{-6}$  si ha l'acqua prodotta (Kg/s)

La produzione di calore latente alle temperature intermedie può essere ottenuta per interpolazione.

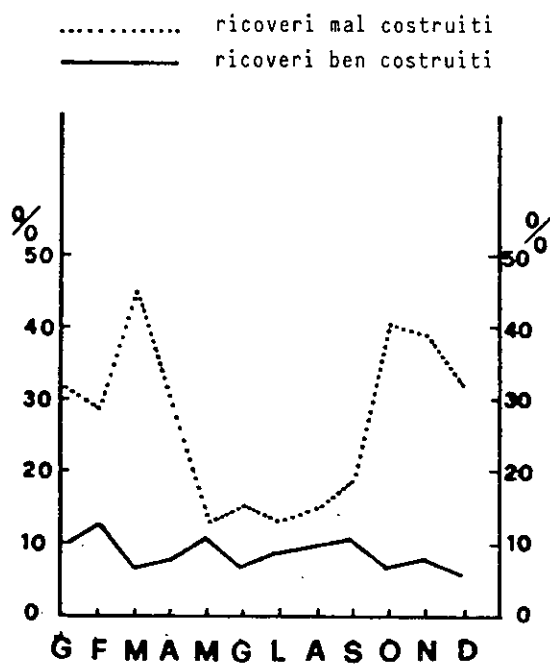


FIG. 1. Confronto della perdita di suinetti, nei diversi mesi dell'anno, in ricoveri ben e mal costruiti (1)

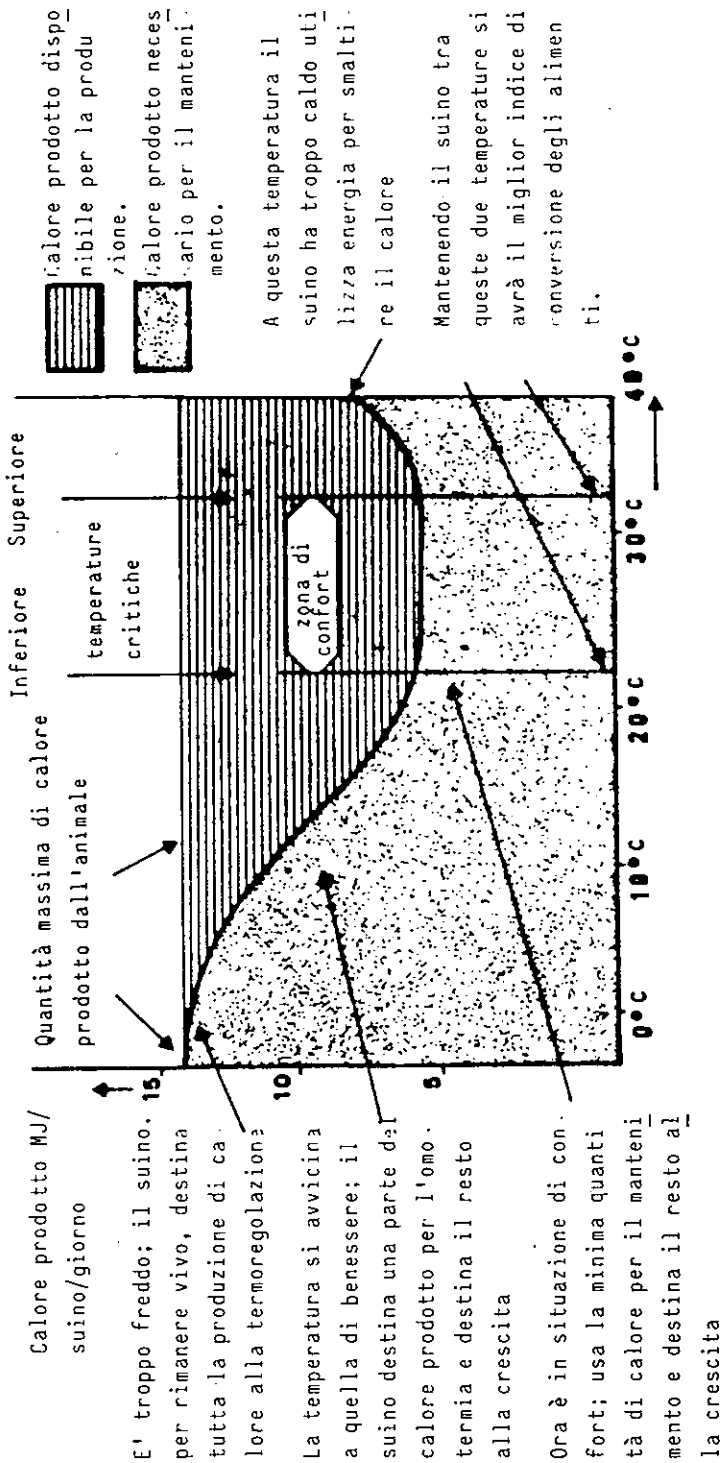


FIG. 2: Rappresentazione schematica della produzione di calore metabolico al variare della temperatura ambientale (2)

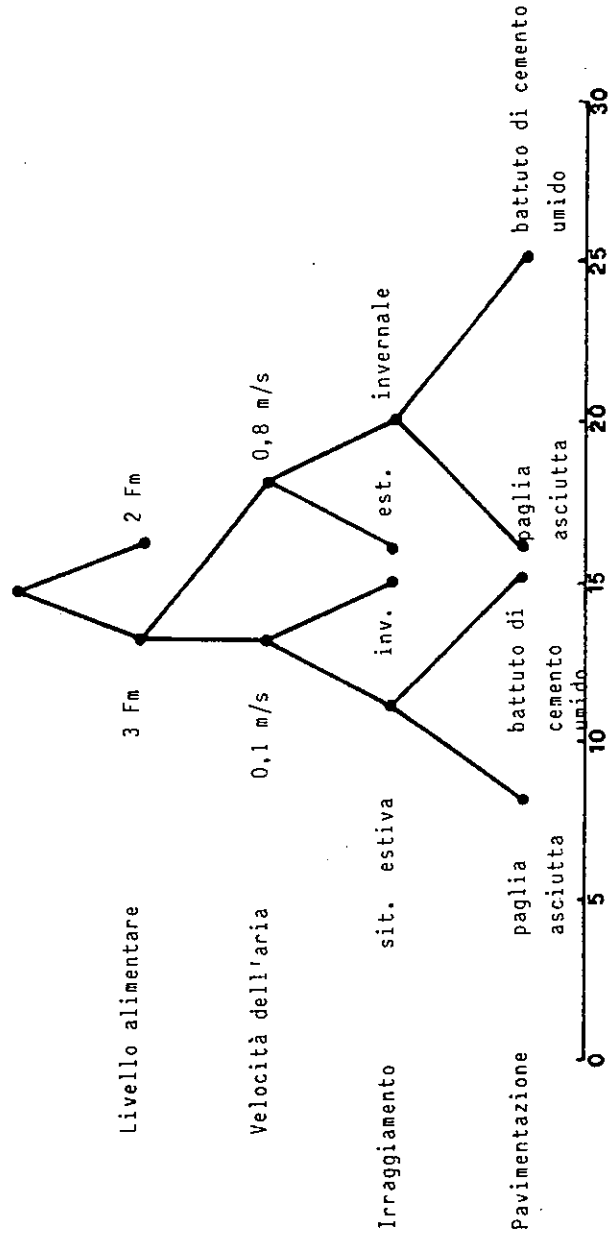


FIG. 3 : Rappresentazione schematica della influenza di vari fattori sulla temperatura critica per un gruppo di 9 suini di 60 Kg (ove  $F_m = 440 \text{ KJ/Kg} \cdot \text{d}^{-1}$  di EM)

(3)

FIG. 4 : Alcuni fattori che influenzano la temperatura critica inferiore (LCT) (2)

Peso vivo e livello Alimentare

Fra 20 e 100 Kg si ha mediamente una diminuzione di 1°C della LCT per ogni 10 Kg di aumento di peso.

Peso vivo (Kg)	Alimento (Kg/giorno)	LCT (°C)
1,5	ad libitum latte	30
10	ad libitum in tramoggia	25
20	0,8	20
40	1,3	17
60	1,8	14
80	2,3	12
100	2,8	10

Pavimentazione

	LCT (°C)
Fessurato in cemento	19 (8 cm di paglia possono abbassare la LCT di 3-5 °C)
Asfalto	15
Asfalto + 3 cm paglia	12

Numerosità del gruppo

n° di animali per gruppo (suini del peso di Kg 35)			
	9	4	1
LCT (°C)	14	16	19

FIG. 5. Influenza della temperatura sulla richiesta di alimento (2)

Peso vivo (Kg)	Alimentazione aggiuntiva necessaria per suino (g/giorno)			
	Scostamento, in diminuzione dalla LCT	1°C	5°C	10°C
10		6	30	60
20		10	50	100
40		16	80	160
60		18	90	180
80		20	100	200
100		20	100	200

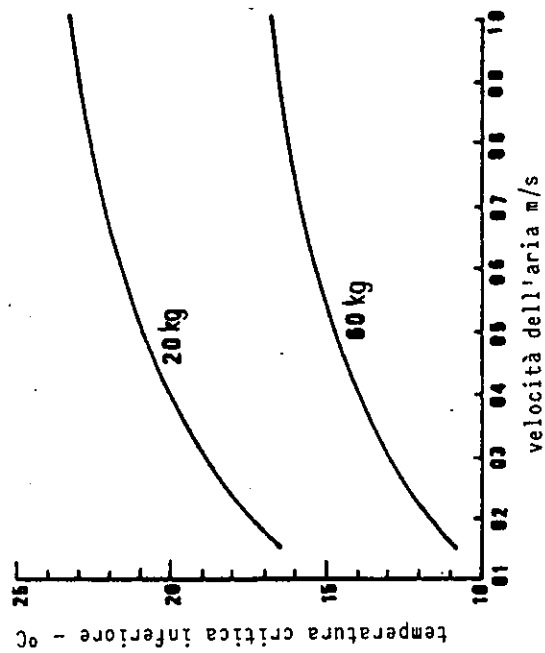


FIG. 6. Effetto della velocità dell'aria sulla LCT di suini di 20 Kg su rete metallica e di 60 Kg su pavimentazione piena. (livello alimentare = 3 Fm; gruppi di 15 capi) (4)



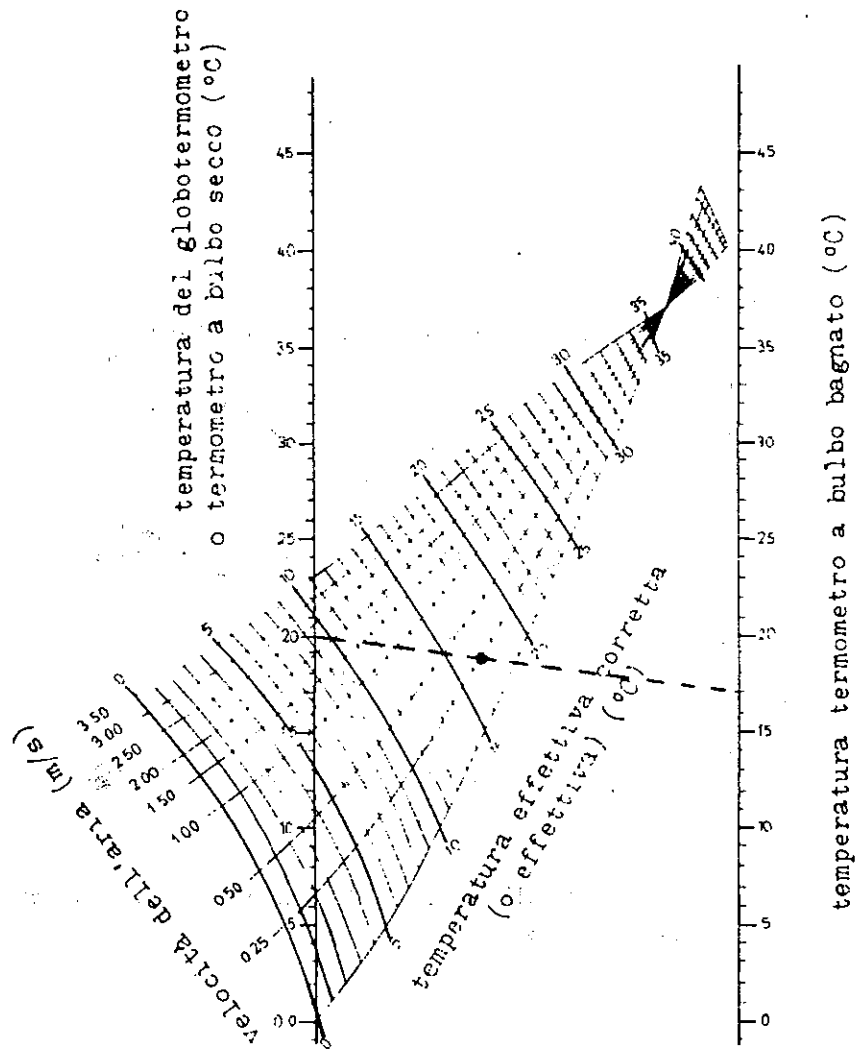


FIG. 7: Il nomogramma consente di calcolare la temperatura effettiva (per persone a torso nudo) tenendo conto della temperatura a bulbo secco, di quella a bulbo umido (e quindi dell'umidità relativa) o di eventuali fonti di calore radiante (misurabili col globotermometro) e della velocità dell'aria (7).  
Ad esempio con temp. b.secco di 20°C, temp. b. umido di 17°C (e quindi U.R. 72%), velocità dell'aria di 0,25 m/s, la temperatura effettiva risulta pari a circa 17°C.

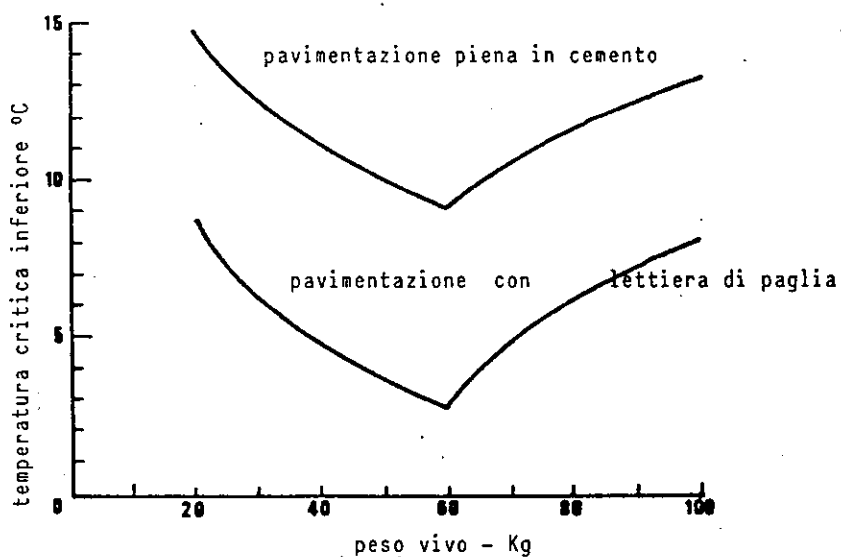


FIG. 8. Influenza della lettiera di paglia sulla LCT per suini di diverso peso (4)

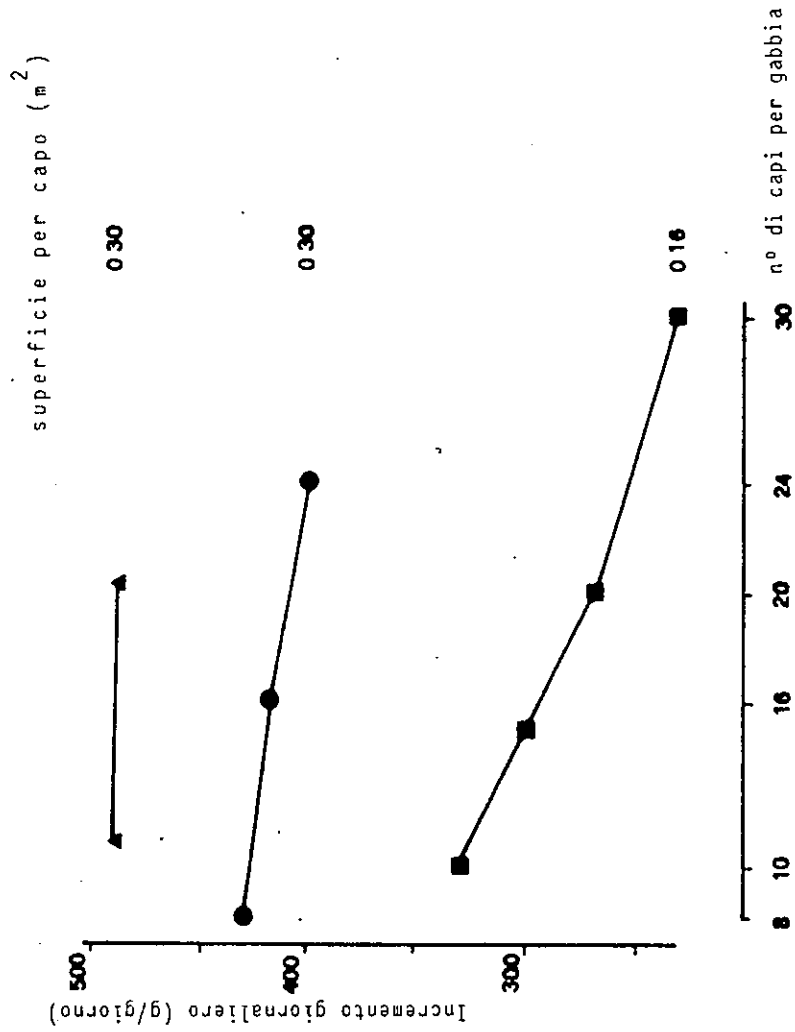


FIG. 9. Influenza della numerosità della gabbia sulla crescita dei suinetti. (a superficie/capo costante) (5)

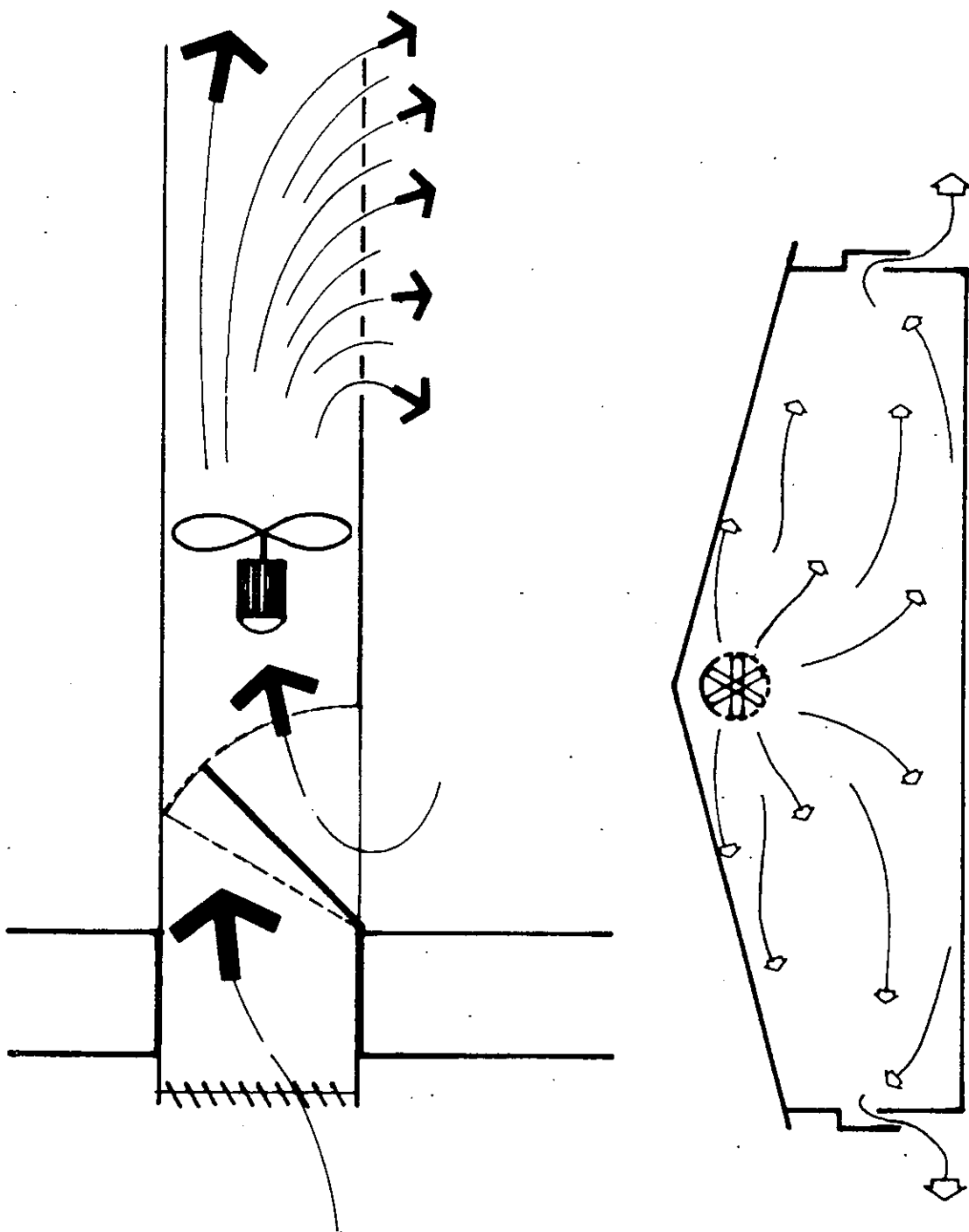


FIG. 10: Rappresentazione schematica di un impianto di ventilazione in pressione.  
Ben evidente la possibilità di operare il riciclo dell'aria interna e di assicurare l'uniformità dell'ambiente mediante un condotto di distribuzione.

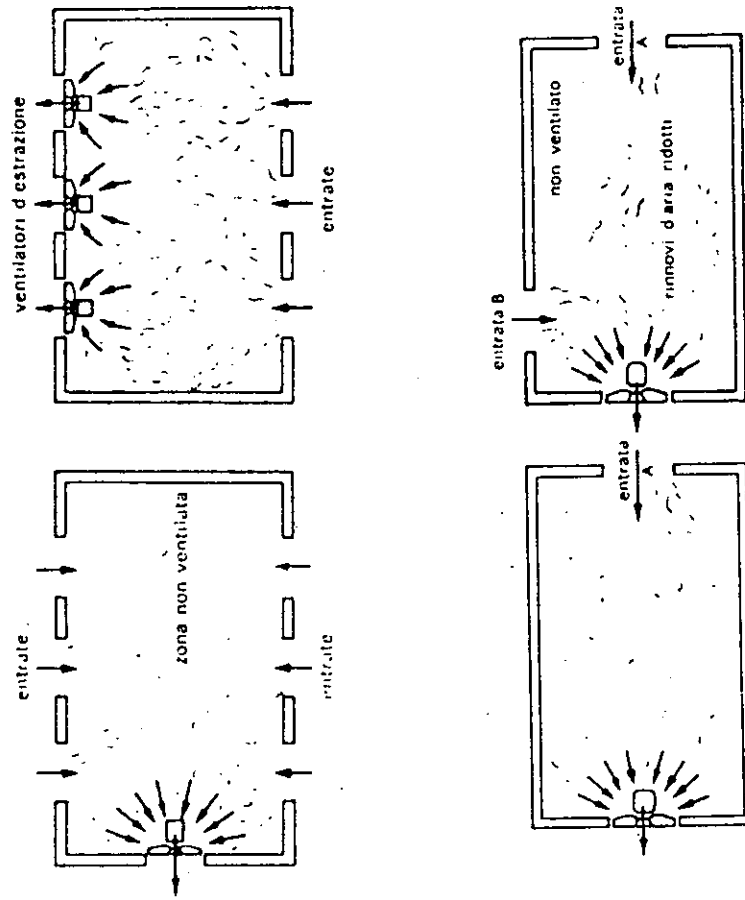


FIG. 11: Gli schemi evidenziano l'importanza del posizionamento delle aperture di ingresso dell'aria nei ricoveri ventilati in estrazione. (6).

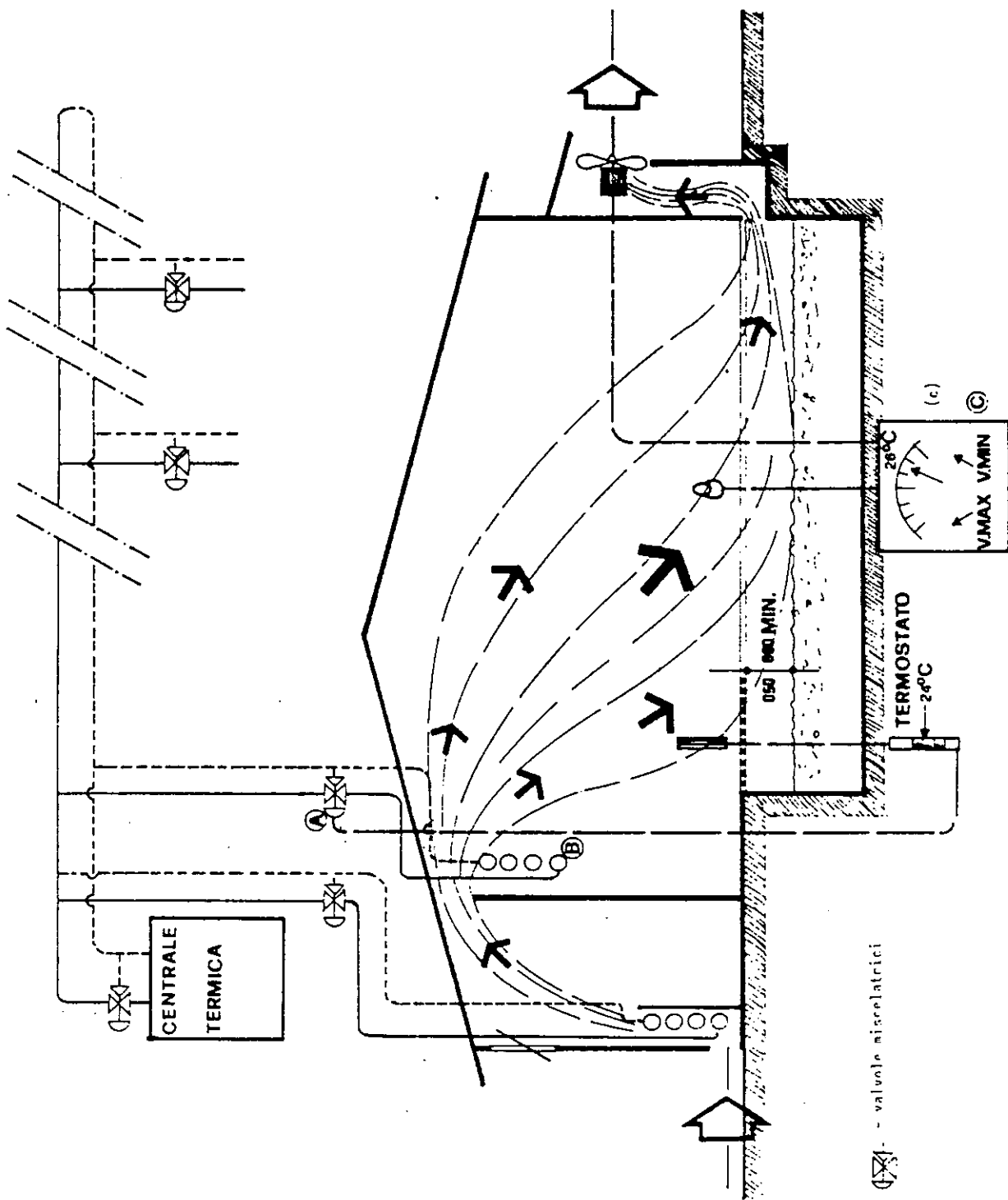


FIG. 12: Rappresentazione schematica di un sistema per il controllo dell'ambiente.

Lo schema illustra una tipica sala svezamento con ventilazione in estrazione, preriscaldamento dell'aria esterna nel corridoio di servizio e riscaldamento di zona con batterie regolate da un termostato ambiente.

La ventilazione è comandata da una centralina che varia la tensione di alimentazione del motore (e quindi il numero dei giri e la portata) in funzione dello scostamento della temperatura ambiente da quella prefissata.

Nell'esempio il sistema è impostato per avere una temperatura ambiente di 24°C.

Al di sotto di tale temperatura il termostato interviene sulla miscelatrice A aumentando così la circolazione dell'acqua calda nella batteria B; in questo modo l'aria entrante porta calore in ambiente. La centralina (C) che comanda la ventilazione è impostata sui 26°C; in questo modo a 24°C (ipotizzando un differenziale di + 2/ 2°C), il ventilatore funzionerà alla ventilazione minima prefissata, mentre aumenterà la portata solo con temperature superiori. In questo modo si evita che riscaldamento e ventilazione "litighino".

Resta alla sensibilità del conduttore di prefissare il valore della ventilazione minima; meglio sarebbe asservire il ventilatore ad un sensore sensibile all'umidità relativa ambiente.

## B I B L I O G R A F I A

- D. Sainsbur - Pig Housing - IV Edition 1976 - Farming Press LTD Fenton House - Whorfedale Road - IPSWICH.
- John Gadd - Understanding lower critical temperature - Pig Farming, 2, 1980.
- W.H. Close - The climatic requirements of the pig - in Environmental Aspects of Housing for Animal Production - by J. A. CLARK. - Butterworths - London.
- J.M. Bruce - Ventilation and temperature control criteria for pigs in Environmental Aspects of Housing for Animal Production by J.A. CLARK - Butterworths - London.
- J. Le Dividich - Le batiment de sevrage des porcellets: L'importance des conditions climatiques et de l'aménagement interieur sur les performances. Jornees Rech. porcine en France - 1979.
- WOODS - Guida pratica della ventilazione - 1976 - Ed. PEG - Milano.
- F. Gobbato - Trattato di Medicina del Lavoro - 1976 - Ed. Calderini - Bologna.
- E. Paul Taiganides & R.K. White - The menace of noxious gases in animal units - Transactions of the Asae - Vol. 12 n. 3 - 1969.
- Il Laterizio - Bollettino Tecnico Erredibi - giugno 1982 - R.D.B. Piacenza.