



ANNALI

DELLA FACOLTA' DI AGRARIA DELL' UNIVERSITA'
SASSARI

studi sassaresi

Sezione III

1983

Volume XXX

ANNALI



DELLA FACOLTA' DI AGRARIA DELL' UNIVERSITA'
_____ SASSARI _____

DIRETTORE: G. RIVOIRA

COMITATO DI REDAZIONE: M. DATILO - S. DE MONTIS - F. FATICHENTI
C. GESSA - L. IDDA - F. MARRAS - A. MILELLA - P. PICCAROLO - A. PIETRACAPRINA
R. PROTA - G. TORRE - A. VODRET

studi sassaresi

ORGANO UFFICIALE
DELLA SOCIETÀ SASSARESE DI SCIENZE MEDICHE E NATURALI



Istituto di Costruzioni Rurali
dell'Università di Sassari
(Direttore: Prof. Stefano De Montis)

MARIO PISANU*

L'ISOLAMENTO TERMICO DEGLI EDIFICI
PER AGNELLI DA INGRASSO IN SARDEGNA.
CALCOLO - MATERIALI - TECNICHE COSTRUTTIVE**

RIASSUNTO

Il presente studio tratta il tema relativo all'isolamento termico di edifici per agnelli da carne in zone fredde della Sardegna. Dopo aver preso in esame gli aspetti salienti del controllo ambientale dei ricoveri, l'A. propone materiali ed accorgimenti costruttivi di basso costo per il suo conseguimento, derivanti da calcoli analitici riferiti alla 3ª zona climatica italiana.

SUMMARY

The thermal insulation of mutton sheep buildings in Sardinia. Calculation, materials, buildings techniques.

The subject of this study relate to the thermal insulation of mutton sheep buildings in cold zones of Sardinia. The Author examined the most important aspects of the shelters' environmental control and proposes materials and structural shrewdnesses need to obtain the environmental control to a low cost. These advices are the result of analytical calculations referred to the 3ª italian climatic zone.

1. PREMESSA

L'allevamento ovino da ingrasso, nonostante gli incentivi disposti dal Piano Carne, non ha avuto in Sardegna, come d'altronde un po' in tutta Italia, l'attesa diffusione; le poche iniziative avviate in tal senso hanno inoltre carattere prevalentemente sperimentale e promozionale o sono per lo più da attribuirsi ad imprenditori che operano principalmente in settori collaterali spesso del tutto diversi da quello zootecnico. I rari esempi promossi da allevatori difettano principalmente per la

* Assistente ordinario - Istituto di Costruzioni rurali.

** Lavoro eseguito con un contributo finanziario del M.P.I.

scarsa professionalità e la produttività e le tecnologie conseguite sono ben lontane da quelle ormai consolidate in iniziative similari per altre specie, in particolare quella bovina e suina.

La preminenza dell'indirizzo da latte, la diffidenza da parte degli allevatori nei confronti di attività nuove e diverse soprattutto se innovative rispetto ad antiche tradizioni pastorali, la convinzione radicata che solo la produzione del latte permetta una buona remunerazione, sono alcune delle cause che hanno concorso al mancato decollo del settore.

È solo nell'ultimo periodo che un rinnovato interesse pare destarsi nell'Isola intorno a questo indirizzo produttivo. Al momento infatti, la maggioranza degli allevatori preferisce per gli agnelli l'allattamento diretto da parte della madre, inserendoli nel ciclo di ingrasso vero e proprio in una fase successiva che non crea interferenze nel lavoro di routine nell'allevamento da latte. È pertanto sotto questo aspetto che gli operatori interessati ad avviare valide iniziative cercano riferimenti certi e se la fase attuativa degli allevamenti ovini da ingrasso segna il passo, viceversa la ricerca zootecnica e le tecniche di allevamento hanno ormai da tempo conseguito risultati apprezzabili, consentendo di formulare precise indicazioni sulle tipologie edilizie e sulle caratteristiche dei fabbricati necessari, in relazione soprattutto alla funzionalità dei ricoveri.

Un aspetto invece non sufficientemente approfondito è quello del condizionamento ambientale per il quale i dati a disposizione sono limitati e non sempre sperimentati, a causa della convinzione, peraltro diffusa, che la specie ovina non richieda in generale, ed in particolare nelle nostre zone, edifici con specifiche caratteristiche termiche di coibenza.

2. SCOPO DELLO STUDIO

Al fine di fornire utili indicazioni sulle suddette caratteristiche, riferite a zone della Sardegna a clima freddo, il presente studio prende in esame gli aspetti salienti relativi alla climatizzazione dei ricoveri da ingrasso, con l'intento di verificare la rispondenza dei materiali di uso comune alle esigenze di isolamento termico e di ricercare gli accorgimenti costruttivi più idonei a migliorarne l'efficacia, per poter conseguire il controllo ambientale a costi accettabili.

Nello studio si fa riferimento agli edifici per la 2ª fase di ingrasso, destinati ad ospitare agnelli di 30 gg. di vita del peso medio iniziale di 10-12 kg per un periodo di circa 60 giorni, fino al peso finale di 28-30 kg, con ubicazione in zone della Sardegna di media-alta collina (III zona climatica).

3. METODOLOGIA

3.1. *Tipologie edilizie*

Numerosi studi dell'Istituto di Costruzioni rurali di Sassari hanno puntualizzato che le soluzioni più idonee riferite alla 2^a fase del ciclo di ingrasso per edifici ubicati in zone dell'Isola a clima rigido, sono quelle che prevedono tipologie chiuse sui quattro lati per moduli ottimali ripetibili di 500 capi. Le modalità di stabulazione sono impiegate sul confinamento degli ovini in recinti di gruppo disposti preferibilmente su doppia fila, con corsia centrale di alimentazione e corsie laterali di servizio.

Ai fini del calcolo di climatizzazione si fa perciò riferimento allo schema riportato in fig. 1 che, per quanto detto in precedenza, può essere considerato un modulo standard esemplificativo di valida attendibilità.

3.2. *Ambiente interno ed esterno*

I valori ottimali che si prefigura debbano essere mantenuti all'interno del ricovero e che possono essere considerati sufficientemente attendibili sono:

- temperatura (t_i) = 15 °C
- umidità relativa (φ_i) = 70%

I dati climatici esterni più sfavorevoli riferiti alla III^a zona (fig. 2) sono invece:

- temperatura (t_e) = 2 °C
- umidità relativa (φ_e) = 85%

Il salto di temperatura Δt fra ambiente interno ed esterno è quindi di 13 °C.

3.3. *Bilancio termico*

Per il mantenimento delle condizioni ottimali dell'ambiente interno occorre che a regime si abbia:

$$(1) \quad Q_s = Q_v + Q_d$$

dove Q_s (kcal/h) = calore sensibile prodotto nell'unità di tempo agli animali

Q_v (kcal/h) = calore eliminato con la ventilazione, necessaria per allontanare dall'interno dell'edificio il valore acqueo (calore latente) prodotto dagli animali (respirazione, traspirazione)

Q_d (kcal/h) = calore disperso per conduzione dalle superfici del fabbricato a contatto con l'ambiente esterno.

Nella relazione (1) a parità di condizioni climatiche e di numero di capi presenti i valori di Q_r e Q_v possono essere considerati costanti mentre Q_d è funzione delle caratteristiche fisiche dei materiali impiegati.

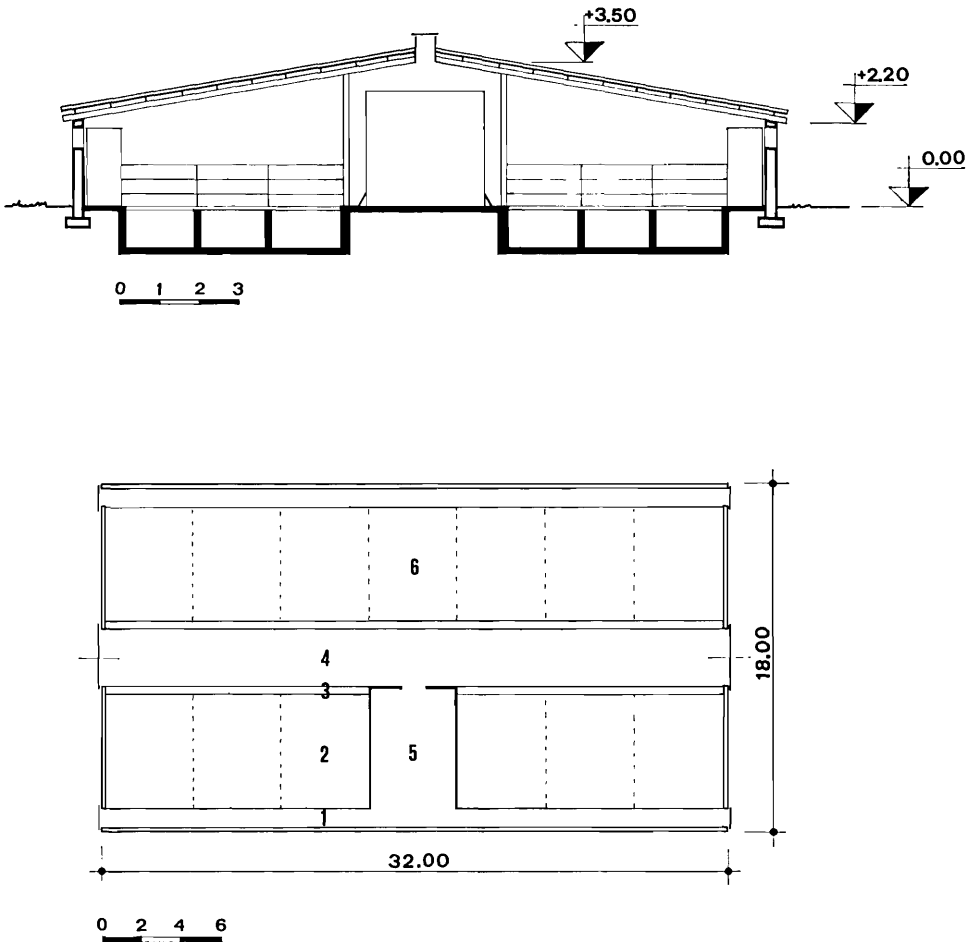
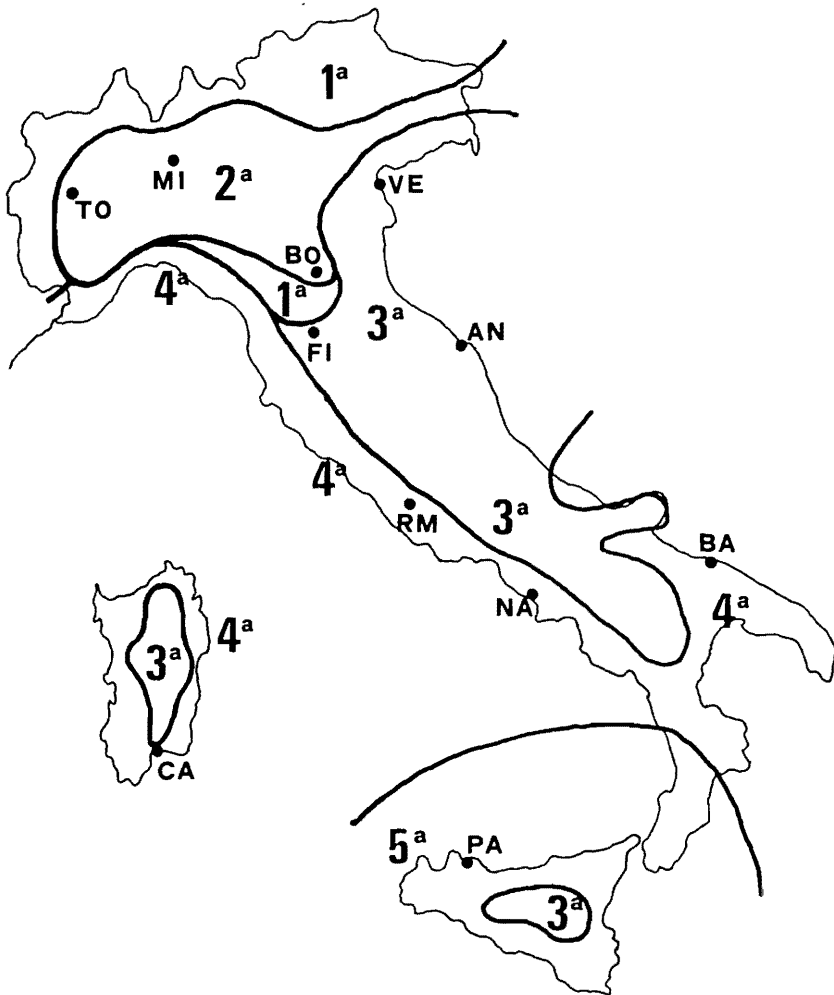


Fig. 1 - Edificio per 500 agnelli di tipo chiuso:
 1. corsia di sorveglianza e di passaggio degli ovini, 2. recinto di confinamento, 3. mangiatoia, 4. corsia di alimentazione, 5. area di servizio, 6. recinto di isolamento.

Closed Building for 500 lambs:

1. sheep passage, 2. box, 3. feeding table, 4. feeding alley, 5. service area, 6. box.



ZONA CLIMATICA	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a
TEMPERATURA MINIMA (°C)	-6	-2	+2	+6	+8
UMIDITA' RELATIVA (%)	90	90	85	80	80

Fig. 2 - Zone climatiche italiane e corrispondenti valori delle condizioni termoigrometriche.
 Environmental italian zones and corresponding values of thermohygrometric conditions.

3.3.1. Calore sensibile prodotto dagli animali

Per un capo grosso CG (convenzione internazionale per indicare un peso animale di 500 kg) è ipotizzabile una produzione media di calore sensibile pari a:

$$Q_{CG} = 1.100 \text{ kcal/h}$$

Poiché il modulo è costituito da 500 capi, il cui peso medio è di circa 20 kg, il numero di capi grossi risulta essere:

$$N_{CG} = \frac{500 \cdot 20}{500} = 20$$

La produzione globale di calore sensibile è perciò così quantificabile:

$$Q_s = Q_{CG} \cdot N_{CG} = 1.100 \cdot 20 = 22.000 \text{ kcal/h}$$

3.3.2. Calore asportato con la ventilazione

La ventilazione, come già detto, ha lo scopo di allontanare dal ricovero l'umidità prodotta dagli animali. Per ogni capo grosso si ha una produzione media di vapor acqueo corrispondente a:

$$X_{CG} = 250 \text{ g/h}$$

La produzione globale di vapore risulta pertanto:

$$X_v = X_{CG} \cdot N_{CG} = 250 \cdot 20 = 5.000 \text{ g/h}$$

Il volume minimo d'aria da rinnovare per eliminare l'umidità suddetta è determinabile come segue:

$$V_{min} = \frac{X_v}{\Delta_x} = \frac{5.000}{4,25} = 1.176 \text{ mc/h}$$

dove Δ_x è dato dalla differenza di contenuto di vapore tra un mc di aria interna ed un mc di aria esterna.

L'aria di ventilazione però oltre ad asportare umidità determina anche la sottrazione di una certa quantità di calore (Q_v) così qualificabile:

$$Q_v = 0,31 \cdot V_{min} \cdot \Delta t = 0,31 \cdot 1.176 \cdot 13 = 4.740 \text{ kcal/h}$$

dove 0,31 è il calore specifico dell'aria.

3.3.3. Calore disperso dall'edificio

Ricavando dalla (1) il valore di Q_d si ha che:

$$Q_d = Q_i - Q_e = 22.000 - 4.740 = 17.260 \text{ kcal/h}$$

Questo dato rappresenta la massima quantità di calore che le varie parti dell'edificio a contatto diretto con l'esterno devono disperdere; superando infatti tale valore si determina un abbassamento della temperatura interna che va perciò a discostarsi da quella ottimale prefissata.

Per controllare quanto detto è necessario analizzare i vari elementi disperdenti e determinare per ciascuno di questi il calore disperso.

Per ogni superficie presa in esame, quest'ultimo può essere così determinato:

$$(2) \quad Q = K \cdot S \cdot \Delta t$$

dove K (kcal/h mq °C) rappresenta il coefficiente di trasmissione globale del calore, S è l'area della superficie disperdente e Δt la differenza di temperatura tra aria interna ed esterna.

Facendo riferimento al modulo edilizio di Fig. 1, si riportano nella sottostante tabella i valori delle aree degli elementi disperdenti, differenziati per la diversa qualità dei materiali impiegati:

Parti dell'edificio	Superfici disperdenti mq	%
Pavimento *	100	10.9
Finestre	30	3.3
Porte	25	2.7
Pareti	185	20.1
Copertura	580	63.0
Totale	920	100.0

* Agli effetti della dispersione del calore la superficie del pavimento che si considera non è quella complessiva ma quella di una fascia larga 1 metro e lunga quanto il perimetro dell'edificio.

I valori di K per ciascuna delle parti suindicate sono funzione del materiale impiegato.

A questo proposito occorre rilevare che le parti dell'edificio più qualificanti ai fini termici sono rappresentate dalle pareti esterne e dalla copertura, sia perché percentualmente rappresentano oltre i 4/5 della superficie disperdente globale, sia

perché su di esse si possono operare le correzioni di isolamento che si rendesse-
ro necessarie per pareggiare il bilancio termico.

I materiali che si ipotizzano per questi due elementi costruttivi sono:

- a) per le pareti esterne: muratura in blocchi di calcestruzzo leggero di argilla espansa vibrato a cavità multiple di 25 cm di spessore, senza intonacatura; questo materiale pur cominciando a presentare costi elevati (40.000 - 45.000 L./mq) ha indubbi vantaggi di facilità di approvvigionamento e di velocità di messa in opera;
- b) per il manto di copertura: lastre ondulate di cemento amianto ancorate direttamente all'orditura secondaria: questo materiale presenta un uso ormai generalizzato per il basso costo (circa 9.000 L./mq in opera), la leggerezza e la facilità di messa in opera, la durata e la resistenza.

Per quanto riguarda gli altri elementi costruttivi, i materiali ipotizzati sono quelli tradizionalmente usati e non richiedono ulteriori chiarimenti anche perché il loro coefficiente di trasmissione del calore (K) è desumibile direttamente dalle specifiche tabelle di manuali tecnici.

Per le pareti e le coperture invece il valore di K deve essere determinato con l'applicazione della seguente formula:

$$(3) \quad \frac{1}{K} = \frac{1}{h_i} + \frac{s_1}{\lambda_1} + \frac{s_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{s_n}{\lambda_n} + \frac{1}{h_e}$$

dove h_i ed h_e sono i coefficienti di adduzione rispettivamente interno ed esterno; con s vengono indicati gli spessori dei vari strati costituenti; con λ si indicano i coefficienti di conducibilità termica riferiti ai medesimi. In condizioni normali per i coefficienti di adduzione si può assumere:

$$h_i = 7 \text{ e } h_e = 18$$

Pertanto nel caso delle pareti, considerando i blocchetti di calcestruzzo come unico strato¹ in cui $s = 0,25$ m e $\lambda = 0,30$ kcal/h m °C, si ha:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{7} + \frac{0,25}{0,30} + \frac{1}{18}} = 0,97 \text{ kcal/h mq } ^\circ\text{C}$$

Per la copertura invece le lastre ondulate di cemento amianto presentano uno spessore s pari a 0,0065 m ed un λ di 0,4 kcal/h m °C. Il valore di K conseguente è pari a:

¹ In realtà tale materiale è costituito da più strati alternati di paretine di calcestruzzo e di camere d'aria. Il valore di λ indicato è pertanto il risultato complessivo delle caratteristiche termiche e degli spessori di detti strati.

$$K = \frac{1}{\frac{1}{7} + \frac{0,065}{0,4} + \frac{1}{18}} = 4,66 \text{ kcal/h mq } ^\circ\text{C}$$

Tenendo conto che il rapporto (z) tra la superficie ondulata sviluppata e quella di proiezione è di circa 1,20 il valore effettivo di K risulta pari a 5,5 kcal/h mq °C. Individuati così i valori dei coefficienti di trasmissione K di tutte le superfici disperdenti è quindi possibile determinare la quantità complessiva di calore Q_d eliminato dall'edificio. Nella sottostante tabella vengono riportati schematicamente tali calcoli.

Parti dell'edificio	K (kcal/h mq °C)	S (mq)	Δt (°C)	Q (kcal/h)	%
Pavimento	1,2	100	13	1.560	3,2
Finestre	5,0	30	13	1.950	4,0
Porte	3,0	25	13	970	2,0
Pareti	0,97	185	13	2.330	4,8
Copertura	5,50	580	13	41.470	86,0
$Q_d =$				48.280	100

Poiché Q_d deve essere contenuto entro il limite delle 17.260 kcal/h è evidente che l'edificio presenta una dispersione in eccesso di circa 31.000 kcal/h.

Dall'esame della tabella precedente si può osservare come qualunque correttivo apportato a parti di edificio che non siano la copertura non consegue risultati apprezzabili.

È quindi necessario modificare il coefficiente K di detto elemento costruttivo prevedendo sempre lastre ondulate di cemento amianto con l'aggiunta però, di un opportuno materiale isolante.

La soluzione più idonea, sia dal punto di vista costruttivo che dal punto di vista economico, è quella di predisporre, al dissotto degli elementi di copertura, delle lastre di polistirolo espanso.

La configurazione risultante può essere quindi assimilata ad una struttura multistrato così composta (fig. 2):

- a lastre ondulate di cemento amianto
- b camera d'aria
- c strato di polistirolo espanso

Il dato che occorre conoscere al riguardo è lo spessore delle lastre di polistirolo necessario a riportare in pareggio il bilancio termico.

A questo scopo si inizia a ricercare il nuovo valore di K che deve avere la copertura:

$$Q_{cop} = K_{cop} \cdot S_{cop} \cdot \Delta t$$

sostituendo i rispettivi valori si ha che:

$$10.450 = K_{cop} \cdot 580 \cdot 13$$

da cui

$$K_{cop} = \frac{10.450}{580 \cdot 13} = 1,38 \text{ kcal/h mq } ^\circ\text{C}$$

Reimpostando per la nuova configurazione la formula (3) di cui si ha:

$$\frac{1}{K_{cop}} = \frac{1}{h_i} + \frac{s_1}{\lambda_1} + R_{ca} + \frac{s_2}{\lambda_2} + \frac{1}{h_e \cdot z}$$

dove s_1 , λ_1 ed s_2 , λ_2 sono riferiti rispettivamente alle lastre di polistirolo ed agli elementi di cemento amianto, R_{ca} è la resistenza termica della camera d'aria il cui valore è pari a 0,18.

Sostituendo nella formula precedente i valori noti si ha:

$$\frac{1}{1,38} = \frac{1}{7} + \frac{s_1}{0,05} + 0,18 + \frac{0,0065}{0,4} + \frac{1}{18 \cdot 1,2}$$

dove l'unica incognita è lo spessore dello strato di materiale isolante s_1 , il cui valore risulta:

$$s_1 = 0,017 \text{ m}$$

È sufficiente pertanto l'aggiunta di uno strato di polistirolo espanso di tale spessore per riequilibrare il bilancio termico.

3.3.4. Ponti termici

Il calcolo fin qui esposto non tiene conto della ulteriore dispersione di calore che si verifica in corrispondenza dei ponti termici, in quelle discontinuità costruttive, peraltro di limitata estensione, ove l'ipotesi del flusso di calore monodimensionale non risulta verificata.

È quindi opportuno ai fini di un corretto calcolo prendere in considerazione questa ulteriore perdita di calore per riassetare i dati relativi all'isolamento termico determinati in precedenza.

Studi italiani e stranieri indicano che per ogni metro lineare di zona ponte si ha una dispersione di calore aggiuntiva rispetto a quella dovuta al flusso monodimensionale mediamente pari a 13-14 kcal/h m per un salto di temperatura Δt di 25 °C. Sempre secondo i su accennati studi è stata individuata una ulteriore fonte di perdita del calore nei contorni di porte e finestre assimilabile a circa 7-8 kcal/h m, sempre per un Δt di 25 °C. Nell'edificio preso a riferimento nel presente studio le zone da considerarsi ponti termici sono:

- a) elementi metallici nei tamponamenti laterali, corrispondenti ai ritti dei telai della struttura portante: in numero di 16 con uno sviluppo lineare per ciascuno di 2,20 m;
- b) orditura secondaria metallica (interasse 1,00 m) con uno sviluppo lineare di 546 m;
- c) riquadri di porte pari a metri lineari 46;
- d) riquadri di finestre pari a 134 metri lineari.

Individuati così il tipo e lo sviluppo dei ponti termici è possibile sulla base delle indicazioni precedentemente esposte, calcolare l'entità della dispersione schematizzata nella sottostante tabella:

Ponte termico	Sviluppo lineare (m)	Dispersione di calore per ml (kcal/h m)	Dispersione di calore totale (kcal/h)
— Struttura verticale principale	35	6,8	240
— Orditura secondaria	546	6,8	3.710
— Riquadri di porte	46	3,6	160
— Riquadri di finestre	134	3,6	480
			4.590

Questa dispersione, è bene precisare, va riferita a ponti termici «non corretti»; esiste infatti la possibilità di ridurre l'entità del flusso termico in tali zone facendo ricorso ad alcuni espedienti costruttivi che vengono indicati appunto come «correzioni». Nella fig. 3 vengono riportati, per l'edificio considerato, le configurazioni dei ponti termici senza e con correzione.

Un ponte termico corretto presenta un flusso di calore mediamente pari a circa 1/3 rispetto a quello non corretto; tralasciando la correzione dei riquadri di porte e finestre, che presenta costi non commisurati all'entità della dispersione, i nuovi

valori di tale flusso per la struttura principale verticale e per l'orditura secondaria sono rispettivamente di 80 e 1.238 kcal/h.

Il valore globale della dispersione imputabile ai ponti termici dopo la correzione può essere valutata in circa 1.950 kcal/h.

La perdita di questo surplus di calore può essere bilanciata correggendo ulteriormente l'isolamento della copertura. A questo scopo è sufficiente incrementare lo spessore del materiale isolante: i calcoli al riguardo indicano per esso un valore ottimale di 2,5 cm.

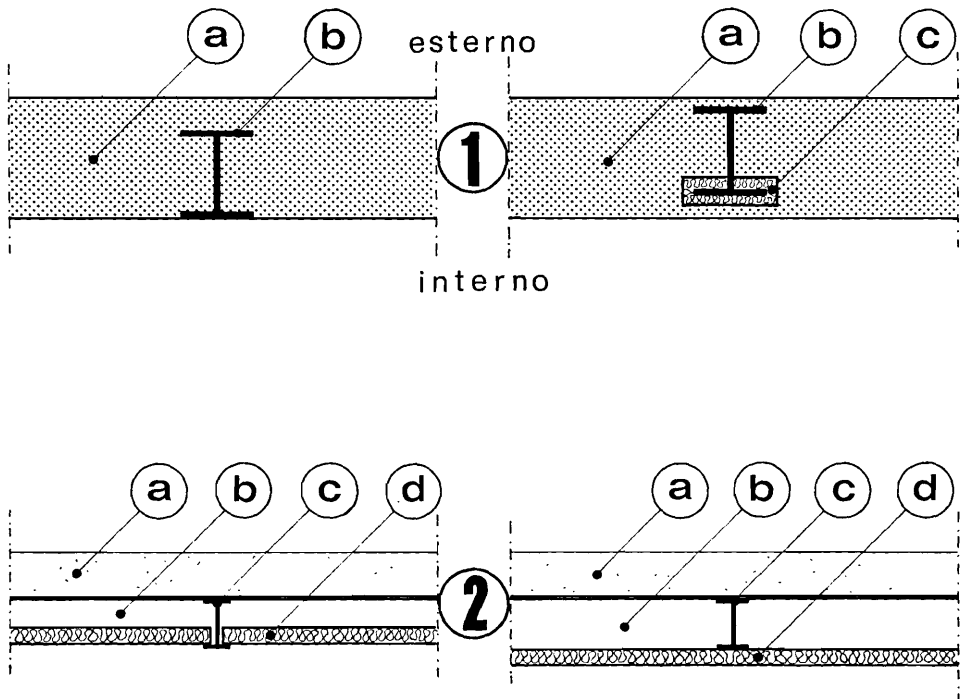


Fig. 3 - Principali ponti termici dell'edificio di ricovero; a sinistra i ponti termici non corretti e a destra gli stessi dopo la correzione.

1. Tamponamenti laterali: a. muratura in blocchetti, b. struttura principale metallica, c. materiale isolante.

2. Copertura: a. lastre ondulate di cemento amianto, b. camera d'aria, c. orditura secondaria metallica, d. lastre di materiale isolante.

Foundamentals thermal bridges in the building; the thermal bridges on the left aren't corrected while those on the right are the same after the correction.

1. Side walling: a. brick-work, b. principal vertical metallic structure, c. insulating material.

2. Covering: a. ondulated plates in concrete-asbestos, b. wind chest, c. secondary metallic structure, d. insulating plates.

Tenendo conto di questa ulteriore variazione delle prestazioni termiche della copertura nella sottostante tabella vengono riepilogati i flussi di calore definitivi riferiti alla dispersione operata dalle varie parti dell'edificio.

Parti dell'edificio	Flusso di calore monodimensionale	Flusso di calore imputabile a ponti termici	Totali	%
	kcal/h	kcal/h	kcal/h	
Pavimento	1.560	—	1.560	9,0
Finestre	1.950	480	2.430	14,1
Porte	970	160	1.130	6,5
Pareti	2.330	80	2.410	14,0
Copertura	8.510	1.230	9.740	56,4
	15.320	1.950	17.270	100,0

Comparando questi dati con quelli determinati in precedenza al punto 3.3.3 si può osservare che la coibentazione della copertura permetta da sola una diminuzione di calore disperso di oltre 30.000 kcal/h con una variazione dell'incidenza percentuale del flusso di calore in uscita di quasi il 30%.

Questi dati confermano pertanto la notevole importanza che, ai fini dell'isolamento termico, deve essere riservata a questo elemento costruttivo.

A conclusione dello studio in oggetto, viene infine qui appresso riepilogato il bilancio termico definitivo dell'edificio che permette di osservare come, con gli accorgimenti illustrati in precedenza, si sia ottenuta la parità tra il flusso di calore prodotto e quello disperso.

Fonti di produzione o dispersione del calore	Flusso di calore prodotto kcal/h	Flusso di calore disperso kcal/h
— Metabolismo animale	22.000	
— Ventilazione del ricovero		4.740
— Edificio (esclusa copertura)		6.810
— Copertura		8.510
— Ponti termici		1.950
Totali	22.000	22.010

CONSIDERAZIONI FINALI

Lo studio illustrato nel presente lavoro permette di trarre una serie di conclusioni che possono essere riassunte come segue:

Tab. 1 Valori dei pesi specifici (γ) e dei coefficienti di conduttività termica (λ) per alcuni materiali isolanti di uso comune nell'edilizia.
Values of specific weights (γ) and of thermal conductivity coefficients (λ) for some insulating materials common used in buildings

Materiali isolanti	γ (kg/mc)	λ (kcal/h m °C)
Polistirolo espanso	15-20	0,025-0,035
Poliuretano espanso	30-50	0,015-0,020
Polivinil cloruro espanso	30-100	0,025-0,035
Resina fenolica espansa	30	0,025-0,030
Lana di roccia	30-150	0,030-0,045
Fibra di vetro	50-150	0,030-0,040
Vermiculite espansa sciolta	110-130	0,055-0,060
Perlite sfusa	120-150	0,035-0,040

- a) i fabbricati destinati all'ingrasso degli agnelli (2^a fase) non richiedono, ai fini di un corretto controllo ambientale, l'impiego di materiali sofisticati e costosi, potendosi realizzare con quelli di uso tradizionale caratterizzati da basso costo, facile reperibilità e semplice posa in opera;
- b) è necessario comunque per zone fredde aumentare la resistenza termica della copertura ricorrendo, come visto, a materiali isolanti che non comportano costi particolari: l'intervento di isolamento con lastre di polistirolo per l'edificio in oggetto determina infatti un onere di circa 1.000.000 di lire, con incidenze intorno a 1.700 L./mq in opera;
- c) occorre progettare edifici non molto alti per ridurre le superfici disperdenti, e per attenuare gli effetti negativi del vento;
- d) le finestre tradizionali vetrate possono essere convenientemente sostituite con films di plastica translucida o con lastre di «ondulux», ottenendo un risparmio sui costi e diminuendo il flusso di calore dissipato dato che questi materiali hanno una maggior resistenza termica rispetto al vetro;
- e) è opportuno non trascurare l'influenza dei ponti termici soprattutto la dove si impieghino soluzioni strutturali metalliche; la correzione di detti ponti, oltre che diminuire la dispersione del calore riduce notevolmente i pericoli di condensa del vapore;
- f) è auspicabile infine una ristrutturazione dell'allevamento ovino per ottenere un approvvigionamento continuo di agnelli per tutto l'anno, indispensabile per l'utilizzo a tempo pieno delle strutture edilizie onde ripartire più convenientemente l'incidenza dei costi.

Tab. 2 Costo medio di materiali per l'isolamento termico di fabbricati rurali riferiti al 2° semestre 1982*.
Medium cost of insulating material for rural building referred to the 2nd semester 1982.

Materiali isolanti	costo medio L./mq
POLISTIROLO Espanso in lastre per la formazione di strati isolanti, densità non inferiore a 20 kg/mc dello spessore di mm 20, in opera:	
a) per superfici orizzontali (esclusa eventuale armatura di sostegno)	1.400
b) per superfici verticali	1.700
LANA DI ROCCIA per la formazione di strati isolanti, esclusa l'eventuale armatura di sostegno, in opera:	
a) pannelli resinati per pareti, densità non inferiore a 40 kg/mc, dello spessore di mm 30	1.900
b) materassini trapuntati su cartongesso bitumato, densità non inferiore a 50 kg/mc, dello spessore di mm 45	1.600
c) feltri resinati, densità non inferiore a 30 kg/mc, dello spessore di mm 45	1.950
d) coppelle per isolamento termico di tubazioni, densità non inferiore a 80 kg/mc, del diametro interno fino a mm 34 e dello spessore di mm 20	1.850
LANA DI VETRO per la formazione di strati isolanti, esclusa l'eventuale armatura di sostegno, in opera:	
a) pannelli resinati per pareti, densità non inferiore a 15 kg/mc dello spessore di mm 30	2.500
b) materassini trapuntati su cartongesso bitumato, densità non inferiore a 15 kg/mc, dello spessore di mm 45	2.300
c) feltri resinati, densità non inferiore a 15 kg/mc spessore mm 45	1.950
d) coppelle per isolamento termico di tubazioni densità non inferiore a 60 kg/mc, del diametro interno fino a mm 34 e dello spessore di mm 20	1.650
ISOLAMENTO TERMICO mediante iniezione in intercapedine di:	
a) schiuma di urea formaldeide (da resine secche con formaldeide libera < 0,5%)	500**
b) perlite	1.000**
c) vermiculite	1.150**
ISOLAMENTO TERMICO di coperture mediante applicazione a spruzzo di poliuretano (densità non inferiore a 50 kg/mc) spessore fino a 4-5 cm	3.700**
ISOLAMENTO TERMICO di pareti, sottofondi o coperti con lastre di poliuretano ad alta densità (tipo stifferite e simili) posto in opera:	
— spessore cm 2	5.600
— spessore cm 3	7.600
— spessore cm 4	9.000

* Da «Rapporto informativo sui prezzi delle opere di miglioramento fondiario - II° semestre 1982» a cura del C.R.P.A. - Reggio Emilia.

** Costo riferito a mq/cm.

BIBLIOGRAFIA

- 1) CHIAPPINI U.: «I materiali e le tecniche costruttive nel controllo ambientale di edifici zootecnici». Anni della Facoltà di Agraria della Università Cattolica del S. Cuore. Anno VIII (1968). Fasc. III.
- 2) ECKERT E.R.G., DRAKE JR. M.: «Analysis of heat and mass transfer» - McGraw-Hill Kogakusha, Ltd. Tokyo, 1972.
- 3) KREIT F.: «Principles of heat transfer». Third Edition. Intext Educational Publisher. New York, 1973.

- 4) DE MONTIS S.: «I vantaggi dei ricoveri per le pecore sarde da latte». Genio Rurale, n° 7-8, 1976.
- 5) DE MONTIS S.: «Osservazioni sugli effetti prodotti da differenti condizioni di ricovero sull'allevamento ovino da ingrasso». Atti del Seminario dei docenti di Costruzioni Agricole. Reggio Emilia, 1976.
- 6) «Energy conservation in the built environment». Proceeding of the 1976 Symposium of the International Council for building research studies and documentation (CIB) held at the British building research establishment.
- 7) DE MONTIS S.: «Aspetti funzionali, costruttivi ed economici nella progettazione dei fabbricati per l'allevamento ovino». Corso di aggiornamento di Edilizia Zootecnica. Reggio Emilia, 1979.
- 8) DE MONTIS S.: «Problematiche, sperimentazioni e prospettive dell'allevamento ovino da carne in Sardegna». Atti del III Convegno Nazionale A.I.G.R. Catania, 1979.
- 9) DE MONTIS S.: «Moduli e tipologie edilizie per l'allevamento ovino da carne». Atti del III Convegno Nazionale A.I.G.R., Catania, 1979.
- 10) «Isolamento termico. Guida pratica per la legge n° 373». A cura del Servizio Tecnologico dell'ANCE. Roma, 1979.
- 11) «Building Design for Energy Economy» The One Agrep Partnership. London, 1980.
- 12) PISANU M.: «Considerazioni su aspetti funzionali e tecnologie costruttive dei ricoveri per ovini in Sardegna». Studi Sassaressi, Annali della Facoltà di Agraria, vol. XXVIII 1980/81.
- 13) DE MONTIS S., PRATELLI G.: «Performances from conventional and new building materials and components for sheep housing in Sardinia». C.I.G.R. Section, II Seminar, Aberdeen, 1981.
- 14) DE MONTIS S., PISANU M.: «Tipologie edilizie e tecniche costruttive dei ricoveri ovini». Il Vergaro, n° 3, marzo 1982.
- 15) DE MONTIS S.: «I ricoveri per l'allevamento ovino». Genio Rurale, n° 5, maggio 1982.