

I. Meroni
F. Scamoni
P. Tirloni
C. Pollastro
R. Lacci
W. Esposti

Valutazione sperimentale delle prestazioni energetiche di una serra solare



1. Introduzione

Lo sviluppo degli studi sulle applicazioni dell'energia solare fa ritenere interessante l'uso di componenti solari passivi negli edifici.

Nel corso degli studi eseguiti nell'ambito del Progetto Finalizzato Energetica, presso l'Istituto Centrale per l'Industrializzazione e la Tecnologia Edilizia del Consiglio Nazionale delle Ricerche, è stata messa a punto una metodologia per il rilievo delle prestazioni energetiche di componenti solari passivi per l'edilizia, utilizzando celle di prova simulanti un ambiente abitativo convenzionale.

Gli autori, in questo lavoro, confrontano le prestazioni rilevate sperimentalmente su due componenti passivi appartenenti alla famiglia dei sistemi trasparenti: una serra addossata dove gli spazi sono separati e un serramento dove lo spazio di raccolta del calore e lo spazio abitato.

Nella relazione vengono descritti successivamente le analisi sperimentali del comportamento energetico, le analisi complementari svolte, i risultati ottenuti. Vengono infine discussi i risultati presentati, analizzando le ragioni che li hanno determinati.

La sperimentazione è stata resa possibile grazie ad una attività di progettazione ed esecuzione di prototipi condotta dall'ICIE (Istituto Cooperativo per l'Innovazione) e dalla Lega Nazionale Cooperative e Mutue.

2. Descrizione dell'assetto sperimentale

Le celle di prova (*test-cell*) utilizzate per la sperimentazione sono state ottimizzate per confrontare il comportamento termocinetico di sistemi progettati per la gestione degli apporti solari.

Le caratteristiche principali dell'assetto sperimentale sono riassunte schematicamente come segue:

- le celle simulano, nelle loro caratteristiche strutturali, un ambiente edilizio di realizzazione corrente;
- ogni cella è costituita da un componente prefabbricato tridimensionale di dimensioni 2,80 x 2,80 x 5 m, realizzato in calcestruzzo alleggerito di densità 1800 kg/m³ rinforzato da reti metalliche, con uno spessore di parete di 10 cm;
- è stato realizzato un isolamento termico portato dall'esterno di tipo leggero, dimensionato per avere una trasmittanza termica della parete esterna di circa 0,3 W/m² °C;
- un taglio termico eseguito fra il solaio inferiore della cella ed il terreno garantisce contemporaneamente l'isolamento termico del solaio stesso e l'impermeabilità del sistema;
- la cella ha una massa termica utile distribuita grosso modo come in un convenzionale ambiente abitato.

I sistemi provati, sono stati posizionati nella facciata rivolta a sud delle celle di prova.

Su una di esse è stato posizionato il primo sistema, costituito da un serramento realizzato con doppia vetratura. Su una seconda cella è stato posizionato il sistema costituito da una serra addossata ad un analogo serramento. Il comportamento dei sistemi è stato inoltre confrontato con quello di una tecnologia edilizia tradizionale nel nostro Paese, costituita da un doppio muro in laterizio e forati con intercapedine isolata, posto con lo stesso orientamento dei primi due sistemi e posizionato su una terza cella di prova.

La serra solare addossata al serramento è costituita da un sistema di vetratura prefabbricato, sviluppabile nella lunghezza voluta (a nastro) che permette di intervenire nella chiusura di spazi esterni quali logge e balconi sia su edifici nuovi che esistenti; in quest'ultimo caso, si ottiene il duplice obiettivo di riqualificare lo spazio esterno dell'alloggio e di migliorarne le prestazioni energetiche. Il fissaggio alla struttura portante della cella di prova è di tipo meccanico.

La disposizione dei sistemi provati è visualizzata nelle figure 1 e 2.

P.i. Italo Meroni, dott. Fabio Scamoni, sig. Pietro Tirloni, p.i. Cristina Pollastro, sig.na Roberta Lacci, dott. ing. Walter Esposti
CNR-ICITE, San Giuliano Milanese (MI)

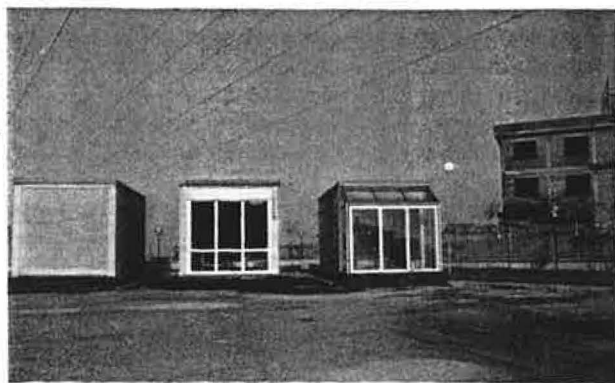


figura 1 - Sistemi provati in configurazione diurna

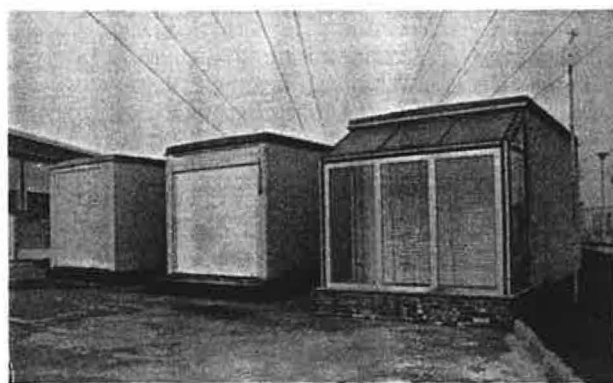


figura 2 - Sistemi provati in configurazione notturna

3. Acquisizione dei dati e conduzione della sperimentazione

Il sistema di acquisizione dati utilizzato nella sperimentazione, permette di rilevare qualsiasi grandezza fisica riconducibile ad un segnale elettrico.

Il sistema è composto da un'unità centrale e da una o più unità periferiche alle quali sono collegati i sensori di misura con opportune interfacce.

L'unità centrale ha il compito di acquisire, nelle modalità impostate dall'operatore, i dati provenienti dalle unità periferiche (satelliti) e di visualizzarli e/o registrarli e/o stamparli negli opportuni supporti.

Il collegamento tra le unità centrali e periferiche può avvenire in modi diversi e non mutuamente esclusi:

- via cavo per distanze non superiori a qualche centinaio di metri;
- via *modem* per distanze fino a qualche chilometro su linea privata;
- via radio per collegamenti nel raggio di alcune decine di chilometri;
- via *modem* su rete commutata o dedicata SIP.

Nella sperimentazione eseguita, è stato adottato il collegamento via *modem*.

Le unità periferiche, sono sostanzialmente unità con funzionamento a microprocessore per la pre-elaborazione dei dati raccolti dai sensori e la loro successiva trasmissione all'unità centrale sotto forma di dati digitali.

Allo scopo di comprendere i vantaggi della serra, il suo comportamento è stato comparato con quello ottenuto da un serramento sottoposto a medesime condizioni ambientali.

È stato eseguito il monitoraggio dei due sistemi e con una scansione di 15 minuti sono stati rilevati i seguenti parametri:

- condizioni meteorologiche;
- radiazione solare incidente sul piano verticale;

- temperatura media dell'aria nelle celle di prova;
- temperatura media dell'aria nella serra;
- consumo di energia durante il periodo di prova.

Si è impostato il confronto delle prestazioni dei sistemi valutando la contribuzione energetica necessaria a mantenere la cella sulla quale essi erano montati in condizioni termostate a livello di temperatura il più possibile simile. Tale contribuzione era rilevata su periodi di tempo variabili da 1 a 5 giorni.

Nella quantità di energia considerata per il calcolo rientrava, oltre alla potenza elettrica fornita per il riscaldamento delle celle, anche la potenza fornita alla strumentazione inserita nella cella di prova.

La contribuzione energetica, ha le dimensioni del coefficiente volumico globale di dispersione termica, ed è definita come:

$$Cg^* = q / (h \cdot v \cdot \Delta T) \quad (W/m^3 \text{ } ^\circ C)$$

dove:

Cg^* coefficiente volumico di contribuzione energetica ($W/m^3 \text{ } ^\circ C$);

q energia assorbita per la durata del rilievo (Wh);

h durata dei rilievi (h);

v volume della cella (m^3);

ΔT differenza media fra la temperatura interna ed esterna durante il periodo di rilievo considerato ($^\circ C$).

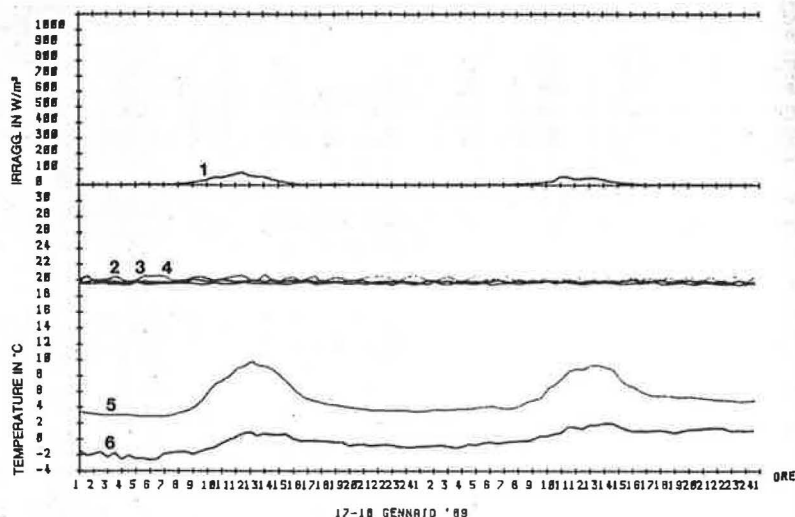
4. Discussione sui risultati ottenuti

La temperatura all'interno di ogni cella è stata mantenuta a $20^\circ C$ con l'ausilio di stufette termoventilate, mentre le tapparelle dei due sistemi trasparenti venivano alzate alle ore 9.00 ed abbassate alle ore 15.

Quando la temperatura dell'aria nella serra superava quella della cella di prova veniva aperto il serramento con addossata la serra per consentire il trasferimento del calore accumulato dalla serra nel-

figura 3 - Dati sperimentali relativi al periodo 17-18 gennaio 1989:

1) irraggiamento; 2) temperatura cella con infisso; 3) temperatura cella di riferimento; 4) temperatura cella con serra; 5) temperatura ambiente serra; 6) temperatura ambiente esterno



la cella. In queste condizioni sono stati rilevati i consumi, le temperature interne e le condizioni climatiche ed è stata calcolata la contribuzione energetica Cg^* dei sistemi.

I dati relativi ai periodi sperimentali sono riportati nella tabella I e nei diagrammi delle figure 3 e 4, mentre nella figura 5 è riportato l'andamento della contribuzione energetica in funzione dell'irraggiamento medio diurno.

Le considerazioni che possono essere fatte sulla base di questi dati rilevati, sono le seguenti:

- in condizioni di cielo coperto e bassa intensità della radiazione solare, si nota una considerevole ripetibilità delle misure del coefficiente di contribuzione energetica che risulta essere di circa $1,1 \text{ W/m}^3 \text{ } ^\circ\text{C}$ per il serramento e di circa $1 \text{ W/m}^3 \text{ } ^\circ\text{C}$ per la cella portante l'elemento serra e sempre superiore al riferimento opaco;

tabella I - Dati relativi ai periodi di prova dal 2.1.1989 al 3.2.1989; C1 cella di riferimento, C2 cella con infisso, C3 cella con serra

| Periodi | Media temp. interna ($^\circ\text{C}$) | | | Media temp. esterna ($^\circ\text{C}$) | Media temp. serra ($^\circ\text{C}$) | Irragg. medio diurno (W/m^2) | Cg^* ($\text{W/m}^3 \text{ } ^\circ\text{C}$) | | | Consumi (W) | | |
|---------|--|-------|-------|--|--|---|---|-------|-------|-------------|--------|--------|
| | C1 | C2 | C3 | | | | C1 | C2 | C3 | C1 | C2 | C3 |
| 1 | 20,00 | 20,24 | 19,61 | 0,25 | 8,21 | 318,78 | 0,756 | 0,768 | 0,749 | 585,41 | 602,08 | 568,75 |
| 2 | 19,98 | 20,33 | 19,69 | -0,74 | 7,65 | 251,38 | 0,689 | 0,746 | 0,730 | 560,41 | 616,66 | 585,41 |
| 3 | 19,96 | 20,26 | 19,55 | -2,00 | 6,91 | 28,78 | 0,692 | 1,038 | 1,159 | 595,83 | 906,25 | 979,16 |
| 4 | 19,99 | 20,19 | 19,63 | 3,86 | 7,69 | 15,60 | 0,800 | 1,135 | 1,061 | 506,25 | 727,08 | 656,25 |
| 5 | 19,97 | 20,25 | 19,64 | -0,59 | 5,03 | 29,47 | 0,687 | 1,060 | 0,969 | 554,16 | 866,66 | 768,75 |
| 6 | 19,95 | 20,26 | 19,63 | -0,13 | 5,37 | 38,08 | 0,727 | 1,076 | 0,997 | 572,91 | 860,41 | 772,91 |
| 7 | 19,95 | 20,21 | 19,63 | 0,97 | 5,79 | 24,80 | 0,753 | 1,102 | 1,022 | 560,41 | 831,25 | 747,91 |
| 8 | 19,98 | 20,40 | 19,96 | 1,10 | 8,44 | 352,89 | 0,731 | 0,658 | 0,580 | 541,66 | 497,91 | 429,16 |
| 9 | 19,96 | 20,25 | 19,63 | -0,45 | 5,28 | 48,60 | 0,718 | 0,980 | 0,947 | 575,00 | 795,83 | 745,83 |
| 10 | 19,91 | 20,17 | 19,61 | -0,52 | 6,58 | 199,68 | 0,730 | 0,899 | 0,865 | 585,41 | 729,16 | 683,33 |
| 11 | 19,98 | 20,77 | 20,52 | 3,81 | 11,43 | 503,42 | 0,776 | 0,411 | 0,337 | 491,67 | 272,92 | 220,83 |
| 12 | 20,02 | 20,80 | 20,26 | 4,24 | 12,13 | 530,26 | 0,747 | 0,388 | 0,294 | 462,50 | 252,08 | 189,58 |
| 13 | 20,00 | 20,55 | 20,36 | 4,29 | 12,00 | 516,04 | 0,731 | 0,451 | 0,347 | 450,00 | 287,50 | 218,75 |
| 14 | 20,02 | 20,35 | 20,04 | 4,30 | 10,84 | 309,18 | 0,727 | 0,546 | 0,435 | 447,92 | 343,75 | 268,75 |

figura 4 - Dati sperimentali relativi al periodo 31 gennaio-1 febbraio 1989:

1) irraggiamento; 2) temperatura cella con infisso; 3) temperatura cella di riferimento; 4) temperatura cella con serra; 5) temperatura ambiente serra; 6) temperatura ambiente esterno

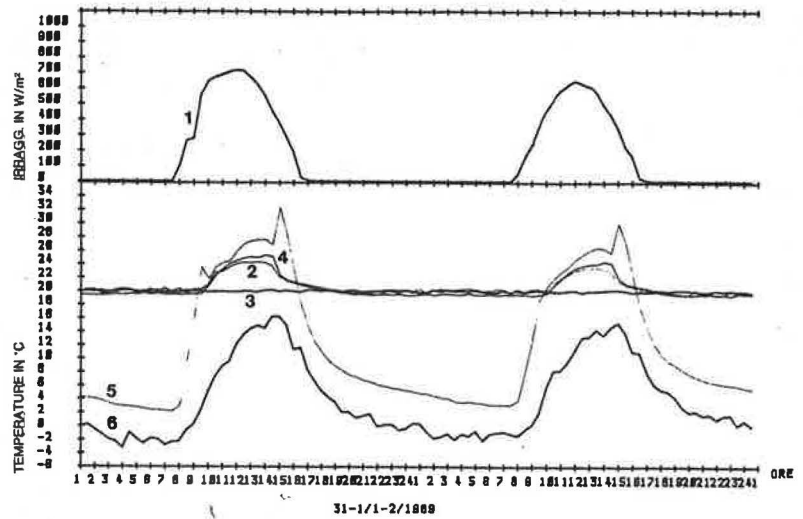


figura 5 - Contribuzione energetica in funzione dell'irraggiamento medio diurno

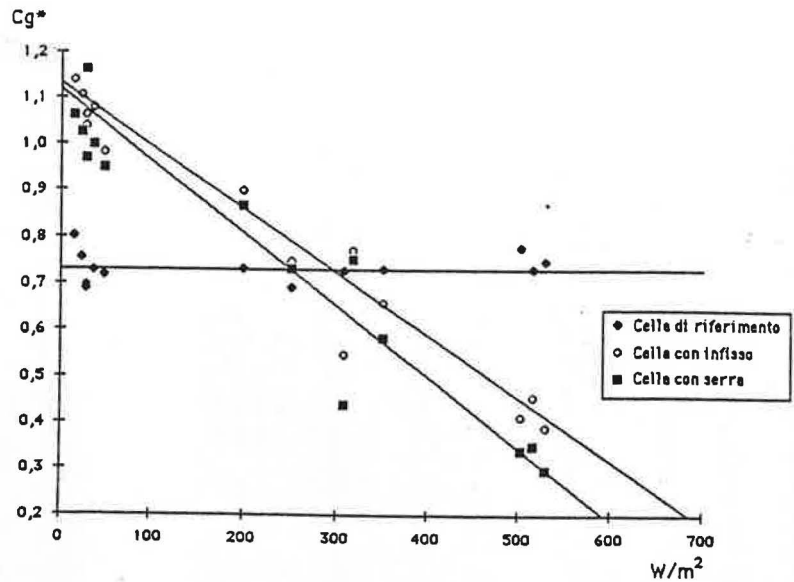
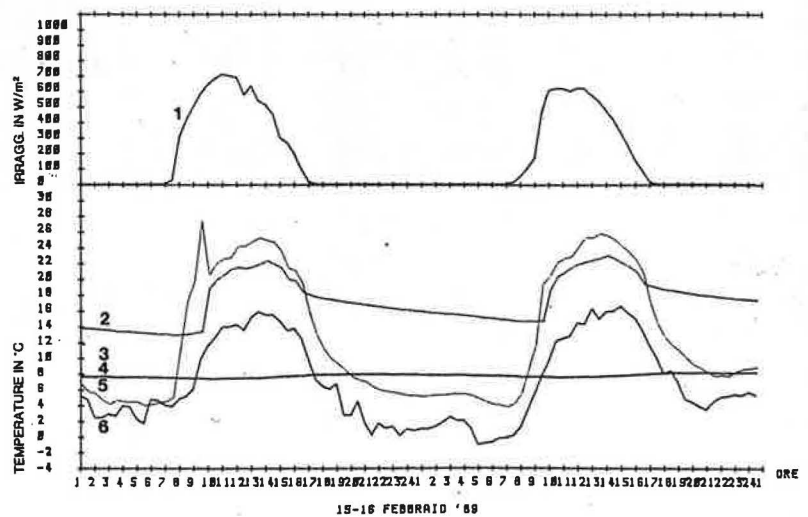


figura 6 - Andamenti delle temperature nel periodo 15-16 febbraio 1989:

1) irraggiamento; 2) temperatura cella con serra; 3) temperatura cella con infisso; 4) temperatura cella di riferimento; 5) temperatura ambiente serra; 6) temperatura ambiente esterno



- in presenza di radiazione solare anche non particolarmente intensa, la cella portante l'elemento serra risparmia intorno al 10% rispetto a quella col serramento;
- nelle medesime condizioni si verifica un guadagno della cella portante l'elemento serra del 20% nei confronti del riferimento opaco;
- in presenza di buona radiazione solare, il risparmio energetico conseguito nella cella portante l'elemento serra rispetto a quella col serramento è dell'ordine del 20%.

Successivamente è stato spento il riscaldamento ausiliario e sono stati rilevati gli andamenti delle temperature all'interno delle celle e le condizioni climatiche. Come per la condizione precedente, le tapparelle dei due sistemi trasparenti venivano alzate ad orari prefissati e il serramento con addossata la serra veniva aperto ogni qualvolta la temperatura media dell'aria nella serra era superiore alla stessa misurata nella cella.

Un esempio degli andamenti delle temperature riferite a questo periodo, e visualizzato nella figura 6, mostra un andamento coerente del rapporto tra sollecitazione climatica e comportamento termico dell'insieme ambiente delle celle/sistema di prova.

5. Considerazioni finali

In conclusione si possono fare le seguenti considerazioni.

- 1) Confrontando il consumo di energia delle tre celle durante tutto il periodo di prova si può notare che la serra si comporta più o meno come

la parete isolata presa come riferimento. Questo può essere considerato un risultato positivo tenendo in considerazione le condizioni climatiche dell'intero periodo di prova che è stato abbastanza brutto, con molta nebbia e foschia e solo quattro periodi di cielo sereno e alta radiazione solare. Ciò è molto promettente per l'applicazione delle soluzioni serra in Italia, dove di solito si possono trovare condizioni di tempo buono e buona radiazione solare (ad eccezione della pianura padana, molto nebbiosa durante l'inverno).

- 2) Il maggiore costo della serra, stimato attorno al 50% in più in aggiunta al serramento, può essere bilanciato dal risparmio energetico (ma unicamente a lungo termine) e dalla capacità della serra di offrire uno spazio abitabile con buone caratteristiche ambientali.

Bibliografia

- [1] W. Esposti: "Final thermal inspection of buildings by means of short-period performance monitoring: two case studies" - ASHRAE/DOE/BTECC, Thermal performance of the exterior envelopes of buildings III, Clearwater Beach, Florida, USA, 1985
- [2] W. Esposti, I. Meroni, C. Pollastro, P. Tirloni: "Performance measurement and evaluation of two hybrid solar components" - Third International Congress on Building Energy Management, Losanna 1987
- [3] W. Esposti, I. Meroni, C. Pollastro, P. Tirloni: "Sistemi di captazione solare passivi ed ibridi per l'edilizia: la valutazione delle prestazioni" - L'edilizia e l'industrializzazione, aprile 1987