

2 COMFORT TERMICO INTERNO

Se non si presta la dovuta attenzione, le discussioni sugli edifici a basso consumo energetico possono trascurare altri aspetti importanti della progettazione edilizia. Infatti, va ricordato che l'uso di energia è un mezzo e non un fine. Una delle esigenze più importanti è che gli edifici forniscano un ambiente confortevole in cui lavorare, rilassarsi e giocare.

Anche se le case in Sud Europa devono essere riscaldata in inverno, spesso l'esigenza maggiore ed assicurare il comfort di estate, Come già richiamata sopra, lo standard *Passivhaus* è stato recentemente rivisto per renderlo pertinente ed utile alle esigenze specifiche dei climi più caldi. Una dei cambiamenti principali rispetto alla definizione precedente, che si riferiva in particolare ai climi dell'Europa Centrale, è stata pertanto l'introduzione di requisiti espliciti sulle condizioni di comfort interno nel periodo estivo.

Per raggiungere lo standard *Passivhaus* ora diviene necessario che le temperature estive interne, più specificamente le temperature operative, rimangano minori della massima temperatura definita dalla norma EN 15251.

Secondo la norma EN 15251, le temperature di comfort accettabili dipendono in effetti dal tipo di sistema usato per fornire il comfort estivo. Se il raffrescamento è fornito mediante un sistema attivo allora le temperature interne devono rispettare quelle definite dal modello di Fanger. Se invece il comfort estivo è mantenuto mediante strategie di raffrescamento passivo, allora il limite di temperatura superiore è imposto dal modello Adattivo.

La differenza tra il modello di Fanger e quello Adattivo è spiegata in breve nella sezione che segue, ed in maggior dettaglio nella seconda parte delle linee guida. Comunque, lasciando da parte le diverse procedure, probabilmente l'aspetto più importante è che le temperature di comfort estivo interno sono ora un requisito esplicito dello standard *Passivhaus*. Come conseguenza, lo standard *Passivhaus* fornisce un marchio di qualità globale per le abitazioni che non è offerto da altri sistemi di certificazione energetica.

2.1 MODELLI DI COMFORT ESTIVO

I modelli di comfort descrivono quantitativamente (in base di studi su ampi sondaggi sulle persone) in quali range di condizioni le persone avvertono

sensazioni confortevoli all'interno degli edifici. Scegliendo un range troppo stretto di condizioni può comportare ad uso eccessivo di energia.

Nel valutare il comfort termico degli edifici, occorre scegliere tra usare:

- il modello di comfort originariamente proposto da Fanger o modello del *Predicted Mean Vote* (PMV),
- e il modello che tiene conto della capacità degli occupanti degli edifici di adattarsi al clima prevalente (modello di comfort Adattivo)

I due modelli sono applicabili in diverse condizioni; in breve, il modello di Fanger è applicabile in edifici condizionati meccanicamente (entro uno specifico range di temperature, umidità, velocità dell'aria,...), mentre il Modello Adattivo si usa negli edifici non condizionati meccanicamente o con ventilazione naturale. C'è ricerca in corso per determinare i limiti di applicabilità dei due modelli, con alcuni studi che hanno collaudato il Modello Adattivo in edifici condizionati meccanicamente. Una correzione andrebbe apportata quando si valutano le condizioni estive, per tener conto dell'aumento di comfort dovuto all'aumento della velocità dell'aria generata dalla ventilazione naturale o ventilatori.

Nel modello di Fanger la condizione interna ottimale di un edificio (quella in cui gli occupanti si sentono in condizioni gradevoli) è correlata esclusivamente ai parametri relativi alle condizioni interne all'edificio (es. temperatura dell'aria e velocità, temperatura media radiante, umidità dell'aria), alle caratteristiche del vestiario e al tasso metabolico degli occupanti. Il modello di Fanger si basa sulle correlazioni trovate tra l'impressione di comfort soggettiva delle persone e le condizioni termiche (es. temperatura operativa, umidità relativa, tasso metabolico, vestiario) all'interno di un ambiente chiuso e controllato. Anche se il modello di Fanger tiene conto di come le persone sono vestite e della loro attività, risulta necessario spesso in pratica assumere dei valori tipici per il vestiario e i tassi metabolici. Questo può condurre i progettisti a definire una banda statica e stretta di temperature "confortevoli" da applicare uniformemente nello spazio e nel tempo. Le temperature statiche sfavoriscono le tecnologie passive, le quali sono efficaci nel moderare le fluttuazioni delle condizioni esterne, ma in generale non sono in grado di disaccoppiarle completamente dall'ambiente interno.

Molta attenzione va posta nell'applicare il modello di Fanger solo all'interno dei limiti di validità, come prescritto dalla ISO 7730 (emanata nel 1994 e

rivista nel 2005).

Il modello di comfort Adattivo propone una correlazione tra la temperatura di comfort per gli occupanti di un edificio e la temperatura dell'aria esterna. Il concetto di base è il processo documentato per il quale il corpo umano si adatta (inclusa la variazione del tasso metabolico) al clima stagionale e locale. Di conseguenza, gli occupanti considereranno temperature interne diverse come confortevoli secondo la stagione e della località. Il modello Adattivo si basa su correlazioni misurate tra l'impressione soggettiva di comfort della gente e la temperatura interna in centinaia di edifici reali.

Rispetto al modello di Fanger, il modello Adattivo considera un più ampio range di temperature come "confortevoli" e pertanto permette una più agevole integrazione di tecnologie di raffrescamento passivo.

Ad ogni modo, il fatto di permettere un più ampio range di temperature non va visto come una mancanza di controllo; le temperature di comfort massime previste dal modello Adattivo sono ancora relativamente basse. Per esempio, applicando l'algoritmo adattivo definito nella norma EN 15251 a dati meteorologici annuali tipici, si giunge a prevedere temperature di comfort neutrali massime (in corrispondenza di una sequenza di giorni caldi) per Francoforte, Milano, Lisbona e Siviglia pari rispettivamente a 26.1°C, 27.2°C, 26.7°C, e 28.7°C.

Come confronto, un edificio raffrescato per mezzo di un sistema di condizionamento dell'aria lavora spesso con un set point tra 23°C e 26°C. Anche se la maggior parte delle norme propongono che il modello Adattivo venga usato in edifici ventilati in modo naturale, McCartney e Nicol (2002) hanno testato un algoritmo basato sul modello di comfort Adattivo con successo in un edificio condizionato .

Il modello di comfort Adattivo è stato definito nel corso degli anni e collaudato in vari studi (Humphreys, 1975; 1978; 1979; Nicol, 1993; de Dear, 1998; Nicol & McCartney, 2001). Nella maggior parte delle attuali norme edilizie, la definizione di comfort termico segue la norma ISO 7730, che è basata sul modello stazionario di Fanger.

Ma in anni recenti, alcune norme internazionali (es. la norma americana ASHRAE 55 2004 e la norma europea EN 15251) hanno proposto modelli di comfort Adattivo basati su sondaggi di comfort effettuati negli edifici reali.

Queste hanno introdotto modelli Adattivi per gli edifici ventilati in modo naturale.

2.2 COMFORT INTERNO E STANDARD PASSIVHAUS

Il fabbisogno di raffrescamento è l'energia richiesta per mantenere un dato set di condizioni di temperatura e umidità interne durante il periodo estivo. La composizione dell'involucro dell'edificio, i guadagni interni e le condizioni interne richieste definiscono l'entità di questa richiesta ; temperature interne estive più basse comportano maggiori carichi termici (cioè serve più energia per mantenere l'edificio alla temperatura richiesta).

Come visto, il modello Adattivo generalmente definisce temperature di comfort maggiori e più flessibili rispetto al modello di Fanger. Spesso la temperatura di comfort Adattiva neutra può essere raggiunta utilizzando strategie di raffrescamento passivo, come l'ombreggiamento delle finestre e la ventilazione notturna. In questi casi, il fabbisogno di raffrescamento si riduce praticamente a zero, e non è necessario un raffrescamento meccanico.

In alcune località mantenere le temperature di comfort definite dal modello Adattivo richiede comunque energia. Per esempio, a Palermo in Sicilia le escursioni di temperatura diurne sono basse, e le temperature esterne notturne sono solo pochi gradi inferiori a quelle diurne. In questa situazione, le strategie di ventilazione notturna assistano ma non sono sufficiente a raffrescare del tutto un edificio. Di conseguenza la *Passivhaus* a Palermo ha un fabbisogno di raffrescamento di circa 2 kWh/m²/anno, il che richiede un sistema di raffrescamento meccanico attivo per ridurre le temperature di picco (anche se i mezzi principali di raffrescamento sono sempre passivi). Ma anche se la *Passivhaus* a Palermo ha un fabbisogno di raffrescamento, esso è così basso che il fabbisogno annuale per riscaldamento e raffrescamento resta comunque sotto il 15 kWh/m²/anno, e quindi conforme allo standard *Passivhaus*.

Poiché il modello di Fanger in genere porta a temperature di comfort interne neutre più basse di quelle predette dal modello Adattivo, i carichi di raffrescamento e il fabbisogno di raffrescamento degli edifici sono più alti. Pertanto c'è un ovvio vantaggio nel proporre strategie di raffrescamento passivo.

Ma in alcune località l'applicazione di tecniche di raffrescamento passivo

può essere problematico. In particolare, nelle città può essere difficile realizzare strategie di ventilazione notturna efficaci (con le quali l'aria fredda notturna è usata per raffrescare la massa termica dell'edificio) sia perché gli occupanti potrebbero chiudere le finestre di notte per impedire l'ingresso dei rumori, sia perché le oscillazioni di temperatura diurne risultano ridotte a causa dell'effetto "isola di calore". In questi casi può risultare necessario installare quindi sistemi di raffrescamento attivi per fornire condizioni interne accettabili.

Come conseguenza, nel rivedere lo standard *Passivhaus* per i climi europei caldi gli edifici devono ora rispettare i seguenti requisiti:

Se il raffrescamento è fornito con mezzi prevalentemente **passivi**

Requisiti di comfort interno: come definiti dal modello Adattivo dell'Allegato A.2 ("Temperature interne accettabili per la progettazione di edifici senza sistemi di raffrescamento meccanici") della EN 15251

Fabbisogno per riscaldamento e raffrescamento: < 15 kWh/m²/anno

Energia primaria totale: < 120 kWh/m²/anno

Se il raffrescamento è fornito con **sistemi attivi**

Requisiti di comfort interno: come definiti dal modello di Fanger della EN 15251 (cioè per edifici raffrescati con i sistemi basati sul ciclo a compressione)

Fabbisogno per riscaldamento: < 15 kWh/m²/anno

Fabbisogno per raffrescamento: < 15 kWh/m²/anno

Energia primaria totale: < 120 kWh/m²/anno

Lo standard proposto, comunque, raccomanda che i sistemi meccanici vengano usati solo nel caso sussistano limiti tecnici all'uso di soluzioni prevalentemente passive.

3 PROPOSTE DI PASSIVHAUS

3.1 INTRODUZIONE

In questo capitolo vengono presentati esempi di come lo standard *Passivhaus* possa essere applicato nei cinque Paesi Partner (Francia, Spagna, Portogallo, Italia e Regno Unito) in condizioni climatiche e socio-economiche diverse dal contesto di applicazione della Germania. Il tentativo fu intrapreso dai Partner con l'obiettivo di applicare lo standard *Passivhaus*, come descritto in dettaglio nei Capp. 1 e 2, inteso come un livello prestazionale piuttosto che come una lista di requisiti prescrittivi.

Le proposte nazionali furono formulate con riferimento alla tipologia standard di una villetta a schiera. I modelli furono adattati e ottimizzati per ottenere il livello di comfort richiesto e un basso fabbisogno energetico. Le valutazioni delle prestazioni furono fatte con l'ausilio della simulazione termodinamica ; anche se gruppo non ha potuto utilizzare lo stesso strumento . L'analisi mirava ad determinare il fabbisogno di riscaldamento e raffrescamento nelle varie località e determinare possibilità di applicare lo standard .

L'analisi ha rivelato che risulta generalmente possibile limitare senza troppo difficoltà i carichi termici nei paesi del Sud Europa a meno di 15 kWh/m²/anno. Carichi così bassi diventano quindi marginali rispetto ad altri fabbisogni energetici delle abitazioni, come per l'acqua calda sanitaria, l'illuminazione ed le apparecchiature domestiche. Il risultato interessante dell'esercizio comunque e che i carichi di raffrescamento spesso possono essere fronteggiati con sole strategie passive.

Ciò ha portato a un ampio range di soluzioni progettuali, che si riflettono nelle proposte delle varie Nazioni, descritte in seguito. Queste mostrano che è possibile progettare, adottando le soluzioni appropriate , abitazioni confortevoli a basso consumo energetico che possono spesso evitare l'uso di mezzi di raffrescamento attivi. La Parte 2 presenta in più dettaglio le assunzioni e risultati relative alle proposte qui descritte sommariamente mentre la Parte 3 presenta una lista di generiche strategie passive,