

# La campagna di monitoraggio del Politecnico di Milano

## ■ LA VALUTAZIONE DEL SISTEMA EDIFICIO-IMPIANTO

Un processo costruttivo di qualità non si limita a progettare e a realizzare edifici con standard energetici e ambientali elevati, ma ne verifica anche le prestazioni durante il loro utilizzo.

È sulla base di questa considerazione che Filca Cooperative ha incaricato il Dipartimento Best del Politecnico di Milano di monitorare le performance energetiche di alcuni edifici realizzati secondo gli standard BIOCASA e BIOCASApiù.

Una campagna di monitoraggio completa ha generalmente la durata di un anno solare, in quanto deve comprendere sia il funzionamento durante la stagione invernale, sia in quella estiva. Nei casi presi in esame l'attività di monitoraggio è iniziata verso la fine del mese di gennaio 2011, ovvero nel pieno dell'inverno, e si è conclusa nella prima settimana di aprile. I risultati emersi pertanto sono parziali, poiché mancano i rilievi nella stagione estiva, per la quale si prevede di procedere all'acquisizione delle informazioni a partire da giugno.

Due mesi e mezzo di esercizio, con un clima particolarmente rigido, rappresentano comunque un periodo sufficiente per valutare le prestazioni energetiche reali del sistema edificio-impianto.

Normalmente non si effettuano verifiche relative alle prestazioni energetiche dopo la consegna degli alloggi: la valutazione prestazionale rimane solo un fatto teorico, il risultato di calcoli più o meno complessi.

Le prestazioni reali non sono necessariamente coerenti con quelle che derivano da un calcolo, in quanto una serie di variabili incide sul risultato finale.

I livelli di efficienza definiti in fase di progettazione (che devono soddisfare i requisiti minimi di legge) e poi ratificati dalla certificazione energetica, che attribuisce la classe, fanno riferimento a condizioni climatiche e di uso "normalizzate". Ovvero, si suppone che per tutto il periodo nel quale è in funzione il riscaldamento, i locali siano climatizzati a una temperatura costante di 20° C, con ricambi d'aria pari a 0,3 volumi/ora (il volume d'aria di un ambiente è ricambiato completamente ogni 3,3 ore circa) e che gli impianti non siano mantenuti attivi per 24 ore su 24. Altro elemento non trascurabile è la temperatura esterna, anche questa considerata "normalizzata".

Le cose però vanno diversamente: il comportamento degli utenti non è "normalizzato", le temperature degli ambienti sono differenti rispetto ai canonici 20° C e il clima esterno varia di anno in anno.

Il calcolo delle prestazioni energetiche previsto dalle norme, riferimento obbligatorio sia per il progettista che per il certificatore, considera la trasmissione del calore in regime praticamente stazionario, mentre in realtà avviene in regime dinamico: il sistema edificio-impianto è un sistema complesso ed è fisiologico che tra teoria e pratica vi possano essere delle differenze. Tutto ciò può certamente trovare una giustificazione in ambito tecnico, ma risulta meno comprensibile all'utente finale che considera credibili le informazioni contenute nell'attestato di certificazione energetica, documento concepito per garantire la massima trasparenza.

Di qui l'importanza del monitoraggio che, attraverso procedure sistematiche di acquisizione e elaborazione dei dati, fornisce le informazioni effettive. Il confronto tra i dati teorici e quelli reali è inoltre finalizzato a indicare all'utente, ma anche al gestore, le modalità per il migliore funzionamento degli impianti, mantenendo condizioni di comfort ottimali ed evitando gli sprechi.

## ■ L'ANALISI SU DUE EDIFICI BIOCASA

Le attività di monitoraggio hanno caratterizzato il Progetto BIOCASA sin dalla fase di avvio e si sono incentrate per lo più sull'acquisizione dei dati sui consumi energetici, estesi all'intera stagione di riscaldamento.

I risultati emersi, pubblicati sull'house-organ di Filca Cooperative *Casamia*, sono la testimonianza dell'effettivo valore aggiunto della BIOCASA rispetto sia alle costruzioni realizzate secondo gli standard correnti, sia a quelli previsti dalla Legge 10/1991, rimasta in vigore fino al 2005.

Nell'autunno del 2010, Filca ha affidato uno studio a un organismo terzo (Dipartimento Best del Politecnico di Milano).

La verifica si è svolta in modo analitico, confrontando empiricamente i consumi energetici con indicatori in grado di descrivere il comportamento degli utenti.

Sono stati due gli interventi monitorati, rappresentativi del parco edilizio Filca degli ultimi anni.

Il primo, realizzato a Milano in Via Pompeo Marchesi (standard BIOCASApìù, classe A), è un edificio di grandi dimensioni con nove piani fuori terra, impianto termico centralizzato con pompe di calore elettriche alimentate con geotermia ad acqua di falda, gestione e contabilizzazione del calore individuale, pavimenti radianti e ricambio d'aria mediante ventilazione meccanica controllata.

Il secondo, localizzato a Desenzano del Garda (standard BIOCASA, classe B), è un edificio di dimensioni medio-piccole con due piani fuori terra, impianto termico centralizzato con caldaie a condensazione, gestione e contabilizzazione del calore individuale, pavimenti radianti e ricambio d'aria mediante ventilazione meccanica controllata.

Grazie al sistema di gestione e contabilizzazione individuale del calore è stato possibile acquisire con precisione le informazioni sui consumi energetici nei periodi considerati.

In ciascuno degli edifici sono stati individuati appartamenti campione e, all'interno di questi, due locali tipo (soggiorno e camera) dove acquisire dati inerenti alle seguenti grandezze: temperatura dell'aria e umidità relativa.

Le misurazioni, a intervalli di quindici minuti, sono state effettuate utilizzando dei mini-datalogger Hobo Onset, piccoli strumenti sistemati nei locali per acquisire le informazioni.

Stante la gestione autonoma del riscaldamento, il monitoraggio delle temperature ha consentito di registrare le condizioni operative e le temperature reali preferite dagli utenti, mentre il monitoraggio dell'umidità relativa ha permesso di verificare gli effetti sull'ambiente determinati dal ricambio d'aria mediante la ventilazione meccanica controllata.

I valori delle temperature esterne, necessari per valutare le effettive condizioni climatiche di esercizio, sono stati reperiti direttamente da fonti ufficiali (ARPA, Agenzia Regionale Prevenzione e Ambiente), facendo riferimento ai dati acquisiti nelle due località più vicine agli edifici in questione.

Per ciascun appartamento, infine, è stata fatta una lettura del contatore di calore all'inizio e alla fine del periodo di misura. È così stato possibile rilevare con precisione la quantità effettiva di calore fornita agli appartamenti monitorati (fabbisogno di energia dell'edificio).

### **Primi risultati e considerazioni**

I valori della temperatura e dell'umidità relativa registrati dai mini-datalogger sono stati trasferiti, attraverso software di interscambio, a un sistema informatico e successivamente elaborati. I file delle grandezze acquisite sono stati allineati con quelli forniti dall'ARPA ed è stato quindi possibile effettuare una lettura parallela stabilendo, ora per ora, la differenza di temperatura tra interno ed esterno.

Per tutto il periodo del monitoraggio si è proceduto al calcolo dei Gradi Giorno "normalizzati" (considerando la temperatura esterna variabile e quella interna fissa a 20° C) e quelli "effettivi" (considerando la temperatura esterna variabile e quella interna reale mantenuta dagli utenti).

In questo modo è stato effettuato un raffronto tra il fabbisogno energetico "normalizzato" e quello "effettivo". Rapportando i valori del fabbisogno energetico ottenuto con la superficie netta degli appartamenti, e tenendo conto dei rendimenti anch'essi "normalizzati" degli impianti, si sono ricavati gli indicatori di fabbisogno di energia espressi in kWh/m<sup>2</sup>anno: questi sono stati poi confrontati con quelli riportati nei rispettivi Attestati di Certificazione Energetica (ACE).

La lettura dei dati raccolti ha permesso anche di sviluppare interessanti valutazioni sul reale comportamento del sistema edificio-impianto, come ad esempio la diminuzione della temperatura ambiente nel momento in cui gli impianti venivano spenti e i tempi della loro messa a regime nella fase di accensione.

I dati di sintesi del lavoro svolto nella prima campagna di monitoraggio condotta dal Dipartimento Best, pur ancora parziali, sono riportati nella tabella a pagina 31.

Poiché gli edifici sono stati realizzati secondo standard diversi, i valori di prestazione energetica EP<sub>H</sub> (fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento invernale) calcolati secondo il protocollo CENED+ della Regione Lombardia, sono tra loro differenti:

- intervento di Milano: EP<sub>H</sub>= 27 kWh/m<sup>2</sup>anno (classe energetica A);
- intervento di Desenzano del Garda: EP<sub>H</sub>= 43 kWh/m<sup>2</sup>anno (classe energetica B).

Durante il monitoraggio sono stati rilevati consumi che, sulla base delle temperature riportate, sono stati "normalizzati", assumendo una temperatura costante interna di 20° C per l'intero periodo considerato.

Tale operazione si è resa necessaria per poter effettuare un confronto oggettivo tra i consumi reali e il fabbisogno di energia presunto secondo la procedura CENED+ che, come evidenziato, assume condizioni normalizzate di temperatura interna pari a 20° C.

Dalla lettura delle tabelle analitiche si rileva che:

- le temperature interne, in entrambi gli edifici, sono state mantenute dagli utenti sempre al di sopra dei 20° C. I valori medi registrati per Milano sono stati di 23,12° C e per Desenzano del Garda di 21,8° C. Questo ha comportato un maggiore consumo pari al 28% nell'edificio di Milano e al 12% in quello di Desenzano.
- il calore fornito all'edificio (misurato e parametrizzato sulla base dei Gradi Giorno effettivi) è risultato essere a Milano di 32,2 kWh/m<sup>2</sup>anno e a Desenzano di 43,7 kWh/m<sup>2</sup>anno.

Tali valori empirici, tuttavia, non consentono un confronto oggettivo con gli indicatori di EP<sub>H</sub> riportati negli Attestati di Certificazione Energetica, in quanto non prendono ancora in considerazione il comportamento degli impianti.

Si è quindi proceduto a stimare i rendimenti dei diversi sottosistemi impiantistici, sulla base dei dati acquisiti dalla documentazione ufficiale, e a valutare il fabbisogno di energia primaria reale.

Nei due edifici sono state adottate differenti tecnologie impiantistiche per la produzione di calore. A Desenzano del Garda il sottosistema di generazione prevede caldaie a gas a condensazione, a Milano pompe di calore elettriche alimentate ad acqua di falda con integrazione energetica di un impianto fotovoltaico.

Il valore del fabbisogno di energia primaria, stimato in base ai consumi e ai rendimenti degli impianti, è risultato essere il seguente:

- per l'edificio di Milano 20,9 kWh/m<sup>2</sup>anno, quindi più basso rispetto ai 27 kWh/m<sup>2</sup> anno riportati sull'ACE;
- per l'edificio di Desenzano 45,9 kWh/m<sup>2</sup>anno, di poco superiore ai 43 kWh/m<sup>2</sup>anno riportati sull'ACE.

Si può dunque affermare che, per entrambi gli edifici, i risultati di questa prima campagna di monitoraggio hanno pienamente confermato la coerenza tra le prestazioni energetiche stimate e quelle rilevate.

Si tratta di edifici costruiti secondo standard superiori a quelli minimi richiesti per legge, che determinano una drastica riduzione dei consumi.

Ma qual è il risparmio effettivo? Dal confronto con un edificio equivalente realizzato secondo gli attuali standard previsti dalla Regione Lombardia, il complesso residenziale di Milano consuma il 62% in meno, quello di Desenzano del Garda il 35% in meno.

I risparmi sono ancora maggiori se li si raffronta con gli standard precedenti. Da uno studio della Regione Lombardia sulla base delle certificazioni energetiche pervenute, presentato il 1° luglio 2010, emerge che gli immobili residenziali lombardi realizzati mentre vigeva la Legge 10/91, rimasta in vigore sino all'ottobre del 2005, hanno un  $EP_H$  medio di circa 140 kWh/m<sup>2</sup> anno (classe energetica E alta). Con riferimento a questo standard, l'edificio di Milano consuma l'85% in meno e quello di Desenzano del Garda il 68% in meno. Sempre dallo stesso studio si rileva che il valore di  $EP_H$  medio del patrimonio edilizio esistente è pari a 182 kWh/m<sup>2</sup>anno (classe energetica G). Il confronto con questo valore porterebbe a un minore consumo rispettivamente dell'89% per l'edificio di Milano e del 75% per quello di Desenzano.

Insieme all'aspetto energetico, il monitoraggio ha avuto come oggetto anche la verifica dei parametri di qualità interna dell'aria.

Come tutti gli edifici BIOCASA Filca, anche i due in esame sono dotati di impianto di ventilazione meccanica controllata che, oltre al ricambio dell'aria, influiscono sul controllo dell'umidità relativa.

I valori medi di umidità rilevati ogni quarto d'ora con i mini-datalogger, sull'intero periodo di misurazione, si sono attestati per Milano al 46% e per Desenzano del Garda al 53%, ovvero la percentuale ottimale per il benessere interno che definisce le condizioni ideali in un range compreso fra il 45% ed il 55%.

Si consideri che in un appartamento comune, dotato di normali impianti di riscaldamento, privo di ventilazione meccanica e con serramenti non a tenuta d'aria, l'umidità relativa nella stagione invernale oscilla intorno al 30-35%, quindi decisamente al di sotto delle condizioni di comfort mentre, al contrario, negli edifici nuovi senza impianto di ventilazione possono risultare molto elevati, con conseguenti fenomeni di condense e muffe. Le caratteristiche prestazionali dell'involucro edilizio contribuiscono in misura significativa a garantire le condizioni di benessere.

Per quanto riguarda l'edificio di Milano, in particolare, dall'esame dei dati è risultato che un utente, ad un certo punto, ha disattivato l'impianto di riscaldamento. In un momento in cui la temperatura esterna era particolarmente bassa (0,8° C), a impianto spento l'abbassamento di quella interna si è contenuto intorno allo 0,1° C all'ora.

Interessante è stato rilevare l'incremento della temperatura durante l'accensione (1,64° C all'ora), a testimonianza del fatto che i moderni impianti radianti a pavimento hanno un'inerzia termica ridotta.

La valutazione delle prestazioni proseguirà verificando il comportamento nella stagione estiva e ancora in quella invernale, allargando il campione e analizzando altresì i consumi energetici dei generatori di calore che consentiranno di definire con maggiore precisione il fabbisogno effettivo di energia primaria. I risultati verranno pubblicati alla fine della campagna di monitoraggio, tuttavia queste prime informazioni confermano come la qualità energetica paghi non solo in termini economici (contenimento dei consumi) ma anche relativamente al comfort.

<b>SINTESI DEI RISULTATI OTTENUTI DALLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO</b>	
<b>Ubicazione edificio</b>	<b>Milano</b>
Gradi Giorno località	2404
Standard	BIOCASA <sup>più</sup>
Sottosistema di emissione	pannelli radianti a pavimento
Sottosistema di regolazione	regolazione climatica + cronotermostato di zona + termostato ambiente
Sottosistema di generazione	pompa di calore ad acqua di falda
<b>Classe energetica</b>	<b>A</b>
Valore limite EP <sub>H</sub> classe energetica	< 29 kWh/m <sup>2</sup> a
<b>Fabbisogno di energia primaria EP<sub>H</sub> da Attestato di Certificazione Energetica</b>	<b>27 kWh/m<sup>2</sup>a</b>
Periodo monitoraggio	dal 21/1/2011 al 7/4/2011
Gradi Giorno normalizzati	892
Gradi Giorno effettivi	1139
Incremento di consumo rispetto al fabbisogno standard	28%
Calore fornito all'edificio	32,2 kWh/m <sup>2</sup> a
<b>Fabbisogno di energia primaria stimato</b>	<b>20,9 kWh/m<sup>2</sup>a</b>
Temperatura media interna (valore medio)	23,1° C
Umidità relativa interna (valore medio)	46%
<b>Valore limite di legge del fabbisogno di energia primaria</b>	<b>55,7 kWh/m<sup>2</sup>a</b>
<b>MINORE CONSUMO RISPETTO AI VALORI LIMITE</b>	<b>62%</b>
<b>Ubicazione edificio</b>	<b>Desenzano del Garda (BS)</b>
Gradi Giorno località	2229
Standard	BIOCASA
Sottosistema di emissione	pannelli radianti a pavimento
Sottosistema di regolazione	regolazione climatica + cronotermostato di zona + termostato ambiente
Sottosistema di generazione	caldaia a condensazione
<b>Classe energetica</b>	<b>B</b>
Valore limite EP <sub>H</sub> classe energetica	< 58 kWh/m <sup>2</sup> a
<b>Fabbisogno di energia primaria EP<sub>H</sub> da Attestato di Certificazione Energetica</b>	<b>43 kWh/m<sup>2</sup>a</b>
Periodo monitoraggio	dal 19/1/2011 al 7/4/2011
Gradi Giorno normalizzati	961
Gradi Giorno effettivi	1046
Incremento di consumo rispetto al fabbisogno standard	12%
Calore fornito all'edificio	43,7 kWh/m <sup>2</sup> a
<b>Fabbisogno di energia primaria stimato</b>	<b>45,9 kWh/m<sup>2</sup>a</b>
Temperatura media interna (valore medio)	21,8° C
Umidità relativa interna (valore medio)	53%
<b>Valore limite di legge del fabbisogno di energia primaria</b>	<b>70,2 kWh/m<sup>2</sup>a</b>
<b>MINORE CONSUMO RISPETTO AI VALORI LIMITE</b>	<b>35%</b>