

# La **simulazione dinamica energetica** delle prestazioni degli edifici

di Livio Mazzarella, Politecnico di Milano

L'EFFICIENZA ENERGETICA degli edifici è importante sia dal punto di vista economico che ambientale ed è il punto focale della politica energetica e ambientale dell'Unione Europea, così come attuata tramite le due direttive EPBD [1,2]. La tecnologia per pervenire a un notevole risparmio energetico nel settore dell'edilizia di fatto esiste già, ma tale potenziale risparmio non è ancora stato pienamente sfruttato, anche a causa di una *carezza* nella prassi progettuale. Per raggiungere gli obiettivi di efficienza posti dalle nuove regole legislative, i progettisti hanno infatti sempre più la necessità di utilizzare strumenti che siano adeguati per l'analisi e la comprensione del complesso comportamento degli edifici, sia rispetto al fabbisogno energetico che al soddisfacimento e al mantenimento di altri requisiti prestazionali, quali il benessere termo-acustico-visivo. Fortunatamente, negli ultimi quaranta anni, per fornire una valutazione accurata e dettagliata della prestazione energetica degli edifici e non solo, sono stati sviluppati, dapprima nell'ambito della ricerca, e successivamente in ambito commerciale, i Building Performance Simulation Tools (BPST) [3]. I BPST sono software che spaziano, dal punto di vista della complessità, dai semplici fogli di calcolo a strumenti di simulazione avanzati per applicazioni specifiche, e, dal punto di vista dell'integrazione, da strumenti che gestiscono un singolo aspetto della progettazione degli edifici a strumenti che ne integrano i molteplici aspetti. In modo esemplificativo l'evoluzione storica di tali strumenti può essere suddivisa in quattro generazioni. Gli strumenti di prima generazione si fondano su metodi semplificati che si ritrovano sui manuali, cioè su calcoli basati su formulazioni analitiche che comprendono molte ipotesi semplificative e quasi sempre sull'ipotesi di stazionarietà dei fenomeni considerati. Gli strumenti di seconda generazione si basano su metodi che introducono una modellazione semplificata, ancora analitica, della dinamica degli edifici. Gli strumenti di terza generazione utilizzano invece metodi numerici e forniscono un'integrazione parziale dei diversi aspetti delle prestazioni degli edifici, ad esempio quelli energetici, illuminotecnici e acustici. Gli attuali strumenti, di quarta generazione, tendono ad essere completamente

integrati in relazione a diversi aspetti delle prestazioni dell'edificio, con nuovi sviluppi miranti alla realizzazione di interfacce utente che forniscono assistenza intelligente impiegando basi di dati di competenze specifiche, miranti al controllo della qualità delle applicazioni e alla formazione degli utenti. Gli strumenti attuali possono quindi catturare le specificità della realtà molto meglio di strumenti precedenti, ma sono più complessi da utilizzare. Il numero di strumenti BPS attualmente disponibili, la diversità degli aspetti presi in considerazione in questi strumenti e gli approcci di modellazione utilizzati rendono difficile darne una panoramica generale in poche righe, per cui nel seguito ci si limita ad alcune considerazioni sulla modellazione e simulazione energetica dell'edificio relativamente a uno dei sottosistemi più importanti: gli impianti HVAC.

Gli strumenti per l'analisi delle prestazioni energetiche dell'impianto di climatizzazione sono progettati e realizzati per prevedere il consumo annuo di energia di un sistema HVAC. Basati su un sistema di equazioni che definiscono le prestazioni termiche degli edifici e dei sistemi impiantistici considerati, questi strumenti eseguono simulazioni su base oraria o sub-oraria del comportamento dell'edificio, come si definisce oggi il sistema fabbricato-impianto, in funzione delle condizioni al contorno, delle strategie operative e delle azioni di controllo predefinite. Tale strumenti tra cui Carrier SAD, Trane TRACE 700, DOE-2, Equest, EnergyPlus, ESP-r, IDA ICE, TRNSYS, HVACSIM+, VA114, SIMBAD, IES, sono in genere utilizzati per calcolare e analizzare le prestazioni a pieno carico e a carico parziale, per analizzare la strategia di funzionamento del sistema, per confrontare le diverse alternative di progetto e così via. All'interno di questa categoria di strumenti si può isolare un sottogruppo che ha come specificità la capacità di analizzare correttamente l'impatto delle diverse tipologie e strategie di controllo, del quale fanno parte tra gli altri ESP-r, EnergyPlus, IDA ICE, TRNSYS. Gli strumenti di simulazione che appartengono a questo sottogruppo, dai quali ci si attende una accurata valutazione delle prestazioni del sistema, devono essere in grado di trattare le deviazioni dal comportamento ideale che si verificano nei sistemi

reali e di modellare realisticamente sia i controlli che la dinamica del sistema HVAC, il che però non è quasi mai verificato, giacché la quasi totalità dei componenti HVAC è modellata tramite equazioni stazionarie, che non descrivono sempre correttamente la dinamica del componente. L'unica possibilità di avere una buona corrispondenza tra realtà e simulazione è quella di rispettare le ipotesi alla base del modello di simulazione del fabbricato e dell'impianto e di procedere a una accurata calibrazione sui dati misurati. La prima condizione comporta la conoscenza dei modelli dei componenti e delle relative ipotesi semplificative, dei loro tempi caratteristici e quindi della determinazione del minimo passo temporale che comporti il soddisfacimento dell'ipotesi di *stato quasi stazionario*, che si ha quando le equazioni dello stato stazionario sono in grado di ben approssimare lo stato non stazionario; è evidente che ciò comporta una certa competenza specifica da parte dell'utente dello strumento di simulazione. La seconda condizione, in realtà necessaria solo se si opera su un edificio esistente ai fini di una diagnosi energetica, comporta conoscenze e competenza specifiche ancora maggiori. Come se ciò non bastasse, i diversi approcci di modellazione del sistema HVAC presenti nei diversi strumenti disponibili, quali quelli puramente concettuali, quelli basati sui componenti o su un approccio multidominio, richiedono diversi livelli di abilità da parte degli utenti, diverse risoluzioni temporali e/o spaziali nella modellazione e diversi livelli di capacità di personalizzazione. Un elevato livello di dettaglio nella rappresentazione del

sistema richiede una maggiore conoscenza del sistema stesso, a causa del crescente numero di parametri necessari al modello per descriverlo e che spesso sono difficili da ottenere in quanto non vengono forniti dai produttori. Ciò comporta anche una maggiore richiesta computazionale, sia in tempo che in memoria, e un'analisi dei risultati più complicata, ergo maggiori costi. Di conseguenza, un buon modello deve essere il meno complesso possibile, ma tale da mantenere la sua validità in funzione degli obiettivi della simulazione; infine tale minima complessità del modello non è un parametro assoluto ma dipende da cosa si vuole ottenere.

Si deve poi considerare che al variare degli obiettivi della simulazione, quindi della complessità del modello, il costo, in termini di quantità di informazione, tempo necessario per costruirlo, tempo di calcolo e quantità di memoria impiegata, può superare il valore aggiunto prodotto per l'utente e tutto ciò va bilanciato con la necessità di avere un errore cioè una deviazione dei risultati del modello dai dati *reali*, che sia accettabile). L'errore in un modello che rispecchia fedelmente il sistema descritto è la somma di quello di astrazione, di quello nei dati di ingresso, e di quelli numerici; il primo è dovuto alle astrazioni apportate dalla modellazione a causa dell'incompletezza del modello rispetto al sistema fisico, il secondo è dovuto alle incertezze nei valori nei parametri di ingresso, che possono essere quantificate ottenendo la corrispondente incertezza del risultato del modello, la cosiddetta *incertezza predittiva*. L'errore di astrazione può dipendere dal livello di complessità, che diminuisce all'aumentare della complessità del modello), ma anche e soprattutto dall'inadeguatezza del modello, dovuta, ad esempio, all'impiego di un modello lineare in un sistema non lineare. Infine gli errori numerici, che dipendono in parte dal passo spaziale di discretizzazione e in parte da quello temporale, possono essere controllati diminuendo il passo, il che aumenta il tempo di calcolo e l'uso di memoria. Come si può ben vedere, si è in presenza di una *coperta corta* che comporta una competenza particolare per un uso

efficiente della simulazione dinamica.

In conclusione, l'applicazione della simulazione dinamica nella progettazione edilizia è ad oggi problematica non solo perché gli strumenti di simulazione sono particolarmente complessi e molti progettisti edili non hanno familiarità con le loro proprietà e limitazioni, ma anche perché la stessa realizzazione del modello comporta competenze e conoscenze non usuali. Nella vita reale, la natura del processo di progettazione edile e la

carenza di formazione nel settore della modellistica e della simulazione energetica hanno reso difficile sia per l'architetto che per l'ingegnere edile l'impiego efficiente e consistente di tali strumenti, comunque oggi indispensabili. Vi è quindi la necessità di sviluppare negli utilizzatori una migliore comprensione della modellazione e della simulazione energetica per consentire loro di valutare e mettere in pratica le tecniche per realizzare edifici ad alta efficienza energetica. ■

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Parlamento Europeo. 2002. Direttiva 2002/91/EC del Parlamento europeo e del Consiglio del 16 dicembre 2002 sul rendimento energetico nell'edilizia. Gazzetta ufficiale delle Comunità europee. L 1/65, 04.1.2003.
- [2] Parlamento Europeo. 2010. Direttiva 2010/31/EU del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010 sulla prestazione energetica nell'edilizia (rifusione). Gazzetta ufficiale delle Comunità europee. L 153/13, 18.6.2010.
- [3] IBPSA-USA, BEST Directory - Building Energy Software Tools, disponibile presso: <http://www.buildingenergysoftwaretools.com/> [ultimo accesso: agosto, 2015].