

4. Conclusioni

La valutazione della prestazione energetica di un sistema edificio-impianto comprende la valutazione del fabbisogno di energia per riscaldamento, raffrescamento, produzione di acqua calda sanitaria, ventilazione ed illuminazione [Direttiva Europea 2002/91/CE].

La quantificazione dei fabbisogni energetici deve necessariamente considerare differenti fattori direttamente correlati alla valutazione della “Building Energy Performance” (clima, involucro edilizio, dotazioni impiantistiche) e quelli aggiuntivi e influenzanti gli usi energetici finali degli edifici (gestione e manutenzione, livello di qualità ambientale indoor, comportamento dell'utente).

Nel presente lavoro, per valutare i fabbisogni energetici si è fatto ricorso ad uno strumento di simulazione in regime dinamico, E-plus, tra i più riconosciuti ed utilizzati in ambito scientifico nazionale ed internazionale.

Il presente lavoro ha portato all'individuazione di benchmark di fabbisogno energetico per edifici di riferimento con destinazione d'uso non-residenziale. In particolare, si è voluto fornire profili tipo di domanda energetica per l'illuminazione artificiale, al fine di valutarne l'effetto sui profili di fabbisogno di energia per la climatizzazione estiva ed invernale, nonché di individuare le variabili che maggiormente incidono sulla loro determinazione.

La ricerca è stata condotta sotto vari aspetti: architettonico, energetico e ambientale.

Il primo obiettivo, partendo dalle indicazioni bibliografiche, legislative e normative, è stato quello di caratterizzare in modo univoco gli edifici di riferimento per le varie destinazioni d'uso oggetto di analisi: edifici per l'istruzione ed edifici terziari. Gli edifici di riferimento intendono costituire archetipi rappresentativi del patrimonio edilizio italiano utili per effettuare una valutazione della prestazione energetica di un vasto patrimonio immobiliare edilizio esistente..

Il secondo obiettivo era di tipo energetico: si voleva definire profili tipo di domanda energetica per l'illuminazione artificiale degli ambienti. Si cercava inoltre di valutare contestualmente i fabbisogni energetici totali, comprensivi quindi della quota parte per il riscaldamento e il raffrescamento degli ambienti, in modo da determinare l'incidenza percentuale del dato relativo all'illuminazione rispetto al totale.

Il lavoro di ricerca svolto ha consentito di cogliere entrambi gli obiettivi, e ha permesso di raggiungere interessanti risultati tanto sotto il punto di vista procedurale quanto sotto il punto di vista analitico.

Dal punto di vista metodologico, viene proposta una originale ed innovativa procedura per la definizione di edifici archetipo rappresentativi di grandi patrimoni edilizi esistenti. La parola archetipo deriva dal greco antico ἀρχέτυπος col significato di immagine: *tipos* ("modello", "marchio", "esemplare") e *arché* ("originale"); è utilizzata per la prima volta da Filone di Alessandria e, successivamente, da Dionigi di Alicarnasso e Luciano di Samosata. Nell'ambito della ricerca scientifica sull'analisi dei sistemi edificio-impianto e dei sistemi urbani il termine archetipo viene spesso utilizzato con diverse accezioni. Nel campo dello studio urbano ne troviamo traccia nella ricerca della miglior forma edilizia, nonché nei successivi lavori per individuare, valutando i benefici termici ed illuminotecnici, la miglior conformazione edilizia per i climi caldo torridi.

L'edificio archetipo viene indagato ed utilizzato nella analisi energetica del sistema edificio impianto, rientrando nell'approccio cosiddetto “bottom up approach”, riportabile in italiano come “approccio induttivo”. Si tratta del cosiddetto Engineering Method per la stima dei fabbisogni, all'interno del quale l'uso degli archetipi edilizi serve a rappresentare il patrimonio edilizio di una determinata regione o di un determinato riferimento territoriale. Questa tecnica è utilizzata per classificare in generale il patrimonio edilizio secondo età, dimensioni, tipologia o altre variabili rappresentative. È possibile sviluppare archetipi edilizi per ciascuna destinazione d'uso e utilizzare queste descrizioni come i dati di ingresso per la modellazione energetica. All'interno di questo processo i

fabbisogni energetici stimati diventano rappresentativi del patrimonio abitativo in esame.

La difficoltà è quella di costruire un edificio archetipo rappresentativo dell'insieme di immobili considerati, soprattutto quando tale insieme deve contenere tutti i possibili edifici caratterizzati dalla medesima destinazione d'uso (in questo caso scuole ed uffici) sul territorio italiano, indipendentemente dall'epoca di costruzione. In ambito internazionale si opta per scegliere un edificio medio rappresentativo di tutti quelli considerati oppure, qualora vi siano sufficienti dati statistici, l'edificio archetipo viene costruito partendo dalle caratteristiche maggiormente ricorrenti.

Il presente lavoro propone una innovativa ed originale procedura di costruzione dell'edificio archetipo, a partire da riferimenti bibliografici, normativi e legislativi e da edifici effettivamente realizzati e costruiti sul territorio italiano. Gli archetipi edilizi sono stati definiti attraverso un duplice approccio: si sono valutate le peculiarità degli edifici esistenti, ricorrendo ad un ampio database, e attraverso una attività di analisi puntuale di edifici esistenti. Parallelamente, si sono indagati i requisiti normativi e legislativi previsti per gli edifici con destinazione d'uso prescelta, al fine di evidenziare gli elementi obbligatoriamente caratterizzanti tali strutture. La ricerca ha consentito l'individuazione di 3 edifici archetipo per le scuole e di 4 edifici archetipo per gli uffici, ciascuno dei quali è stato caratterizzato dal punto di vista edilizio, impiantistico, gestionale, ed è stato collocato alternativamente in 4 località rappresentative delle principali zone climatiche italiane (Torino, Roma, Napoli e Palermo). La procedura così individuata consente di smarcarsi dalle difficoltà e dalle criticità legate ai metodi proposti a livello internazionale, poiché è ripetibile anche in assenza di ingenti informazioni statistiche (troppo spesso non possedute, soprattutto per edifici esistenti) ed è maggiormente rappresentativa del patrimonio edilizio rispetto all'assumere un edificio singolo come archetipo. Il basare tale metodologia sul reperimento di informazioni bibliografiche e sul riscontro delle medesime in edifici reali, consente di ripetere tale procedura indipendentemente dalla destinazione d'uso, dalla collocazione territoriale e dai limiti temporali che si impone all'analisi.

Il secondo obiettivo come si è detto era legato all'individuazione di benchmark di fabbisogno energetico per illuminazione per gli edifici archetipi individuati. Tali benchmark sono stati validati con le informazioni reperibili in bibliografia relative ai consumi reali degli edifici esistenti con analoga destinazione d'uso.

Per quanto riguarda gli edifici scolastici si può asserire che:

- il valore di fabbisogno energetico medio per illuminazione in una scuola italiana è pari a $2,28 \text{ kWh}_e/\text{m}^2$ ($4,95 \text{ kWh}/\text{m}^2$ in energia primaria), utilizzando come superficie di normalizzazione tutta la superficie netta dell'edificio e non solo quella riscaldata;
- l'indice globale di prestazione energetica (illuminazione+riscaldamento) è pari a $32,04 \text{ kWh}/\text{m}^2$, che diventano $48,89 \text{ kWh}/\text{m}^2$ se si effettua la normalizzazione con la superficie utile riscaldata, così come richiesto da legislazione italiana;
- l'illuminazione incide per il 15,46% sul fabbisogno energetico globale, valore coerente con quanto reperibile in bibliografia;
- i dati di fabbisogno energetico totale e per illuminazione sono coerenti con quanto reperibile in bibliografia per edifici appartenenti ad un patrimonio edilizio analogo a quello considerato (si veda in proposito gli edifici scolastici greci analizzati da Santamouris);
- si nota come il fabbisogno legato alle necessità illuminotecniche sia sempre ridotto rispetto al totale, soprattutto nei climi più freddi dove il dato maggiormente incidente è quello legato al riscaldamento dell'edificio;
- particolare rilievo ha il profilo d'uso, che determina un notevole incremento (in termini assoluti e di incidenza percentuale) del fabbisogno per illuminazione: col profilo d'uso pomeridiano aumenta sensibilmente, e l'incidenza percentuale cresce man mano che il clima diventa meno rigido (e quindi il fabbisogno per climatizzazione tende a ridursi);
- incidenza molto scarsa ha sul fabbisogno per illuminazione la dimensione delle aule;
- il fabbisogno di energia per illuminazione diminuisce sensibilmente all'aumentare dell'altezza delle

finestre, e così anche l'incidenza sul fabbisogno globale, che però è sempre maggiore nei climi più miti (Palermo e Napoli). L'incidenza della variabile "altezza della finestra" sul fabbisogno per illuminazione, è maggiore nei climi più rigidi (Torino), dove genera una forte distanza (circa il 60%) tra valore minimo e valore massimo;

- L'orientamento delle finestre ha scarsa incidenza sul fabbisogno per illuminazione se il profilo d'uso è solo mattutino, mentre genera una forte differenza con profilo d'uso pomeridiano;
- L'orientamento delle superfici finestrate non genera forti discrepanze sul fabbisogno energetico totale (dell'ordine di pochi punti percentuali): parrebbe quindi che, ove possibile, l'esposizione migliore sia quella a nord, poiché, a fronte di una prestazione energetica peggiore, effettivamente previene abbagliamenti molesti degli utenti;
- si ha forte differenza sui fabbisogni energetici di edifici appartenenti a epoche storiche diverse: in particolare, i più scadenti, soprattutto dal punto di vista illuminotecnico, sono gli edifici storici, per i quali il fabbisogno illuminotecnico è maggiore e più risente dell'esposizione delle superfici finestrate.

Per quanto riguarda gli edifici per uffici:

- i risultati delle simulazioni numeriche conducono innanzitutto a quelli che sono i valori medi di fabbisogno energetico per illuminazione e totale per un edificio per uffici generico: il fabbisogno per illuminazione ammonta mediamente a 77,82 kWh/m² anno, a fronte di un fabbisogno totale di energia pari a 272,81 kWh/m² anno, con un'incidenza sul totale del 29%;
- il fabbisogno per illuminazione sia decrescente man mano che gli edifici sono più moderni e caratterizzati da una percentuale crescente di superficie vetrata, ma non varia il fabbisogno totale, poiché a una maggior superficie vetrata corrisponde un crescente fabbisogno per climatizzazione estiva ed invernale;
- le differenti tipologie edilizie considerate non presentano un fabbisogno per illuminazione sensibilmente variato nei diversi contesti climatici, mentre varia l'incidenza sul totale, con tendenza crescente man mano che ci si sposta verso climi caldi;
- il sistema di controllo di tipo lineare genera risparmi energetici inferiori rispetto a quanto riscontrabile in letteratura (pochi punti percentuali), indipendentemente dal contesto climatico
- gli edifici a torre fortemente vetrati sono quelli per i quali il fabbisogno di illuminazione è minore, ma questo non si accompagna ad una riduzione del dato totale: risultano pertanto le soluzioni architettonicamente più critiche e da evitare nei climi caldi;
- a livello tipologico, se si eccettua l'edificio storico riadattato, nei climi freddi le varie soluzioni sono indifferenti in termini di fabbisogno totale, risulta come nelle zone climatiche D, C e B la soluzione che ottimizza il fabbisogno energetico totale e quello per illuminazione sia la soluzione tipologica sposata nel periodo 1970-1990, con finestre continue a nastro e sistemi di schermatura mobili;
- l'orientazione delle finestre non ha un'incidenza sul valore assoluto del fabbisogno per illuminazione, ma fa lievemente variare la percentuale sul totale.

Le considerazioni sopra svolte rappresentano da una parte un'analisi dei dati numerici derivati dall'attività di simulazione svolta, dall'altra una serie di riflessioni da impiegarsi in ambito progettuale, per la realizzazione di nuovi edifici e per la riqualificazione di strutture esistenti, per meglio orientare le scelte del designer verso soluzioni mirate ad ottimizzare l'efficienza energetica dell'edificio, non soffermandosi sulla "semplice" minimizzazione del fabbisogno legato alla climatizzazione invernale, ma affrontando con approccio integrale ed olistico il problema della riduzione dei consumi energetici riconducibili a tutti i possibili usi finali.

L'obiettivo finale del presente lavoro era del resto proprio quello di poter dare un contributo, seppur minimo, all'ambizioso progetto di ridurre i consumi finali (e quindi le spese economiche) per la gestione energetica degli edifici, nuovi ed esistenti.