



Comune
di Padova



NICOLETTA
PAIARO
Comune di
Padova
28.09.2026
09:34:44
GMT+02:00

I CICLI AFFRESCATI
DEL XIV SECOLO DI PADOVA

STRATEGIE PER LA VALUTAZIONE DELL'IMPATTO PERCETTIVO E DEI VALORI SENSIBILI DEL CENTRO STORICO DI PADOVA

QUADERNI TECNICI: **QUADERNO 2**



GIUGNO 2026

Ordine degli Architetti
Pianificatori, Paisaggisti e
Conservatori Provincia di Venezia
MARISA FANTIN
Architetto

Marisa Fantin
Ordine Architetti P.P.C. -
Provincia di Venezia
Architetto
23.09.2026 15:32:23
GMT+02:00

QUADERNO TECNICO N° 2

APPROCCIO BIOCLIMATICO: QUALITÀ E COMFORT NEGLI EDIFICI STORICI

INDICE

INTRODUZIONE	2
1.1 Genius Loci e analisi bioclimatica degli edifici per una corretta valutazione della loro efficienza energetica	2
Capitolo 1 - Condizioni di Comfort degli edifici storici	4
1.1 Comfort termico.....	5
1.2 Qualità dell'aria e salubrità indoor	5
1.3 Comfort acustico	6
Capitolo 2 - Condizioni di benessere negli edifici storici e loro riqualificazione energetico- impiantistica.....	7
Capitolo 3 - Valutazione dell'efficienza energetica dell'edilizia storica, vincolata e non vincolata	9
3.1 La valutazione della prestazione energetica	9

INTRODUZIONE

1.1 Genius Loci e analisi bioclimatica degli edifici per una corretta valutazione della loro efficienza energetica

Per definire correttamente gli interventi di efficientamento energetico sugli edifici del centro storico, si ritiene indispensabile tornare a pensare in termini di architettura bioclimatica e quindi adattativa al luogo, funzionale a rendere confortevole l'abitare. L'architettura bioclimatica nasce anche da una precisa, consapevole e ricercata "qualità bioclimatica urbana", utile e funzionale al corretto utilizzo negli edifici dei fattori microclimatici positivi, così come ad ovviare ai fattori negativi.

L'architettura storica, formale e informale (per evitare ambiguità, si preferisce distinguere così l'architettura colta da quella definita "vernacolare"), prima dell'avvento degli impianti era naturalmente bioclimatica, non avendo altri mezzi per far sopravvivere i suoi abitanti dove e quando il clima si dimostrava inadeguato.

Ancora per evidenziare come l'architettura bioclimatica sia implicitamente regionale, così come la progettazione sostenibile che adotta la progettazione bioclimatica persegue un'identità regionale, ne consegue che la progettazione sostenibile avrà un'identità diversa nei diversi paesi in quanto contraddistinta luogo per luogo dal clima e dalla cultura architettonica locale. Non ha senso ricercare un'architettura sostenibile globale, lì dove la globalizzazione abolendo spesso le identità culturali locali rischia di rendere la vita del pianeta insostenibile.

Ragionando sull'attuale modalità di progettare gli edifici è evidente come negli ultimi 50-80 anni l'aumento della capacità di controllare le condizioni degli ambienti interni attraverso sistemi impiantistici ha portato alla realizzazione di edifici quasi completamente isolati dal contesto climatico-ambientale in cui si trovano. Considerando le capacità tecniche acquisite sufficienti per ottenere, attraverso l'utilizzo di impianti meccanici, comunque, un buon livello di comfort, si sono trascurate le più elementari norme di una progettazione attenta alla corretta esposizione degli edifici nonché alle prestazioni "passive" dell'involucro edilizio e si è fatto affidamento quasi esclusivamente su un "adeguato" sistema impiantistico, con i relativi costi energetici conseguenti.

In relazione ai fabbisogni energetici degli edifici è possibile annotare come le variazioni climatiche attualmente in corso hanno portato in gran parte del territorio italiano e europeo, a un progressivo incremento delle temperature medie annuali con gradienti di temperatura estiva che portano le condizioni interne agli edifici al di là della zona di comfort.

Di fatto questo significa che tendenzialmente vi è una minore necessità di energia per riscaldamento ma un progressivo incremento dell'uso del condizionamento estivo e dei relativi alti consumi e costi energetici elettrici.

Un fondamentale contributo alla soluzione di questo problema può essere dato dal ricorso ai principi dell'architettura bioclimatica e quindi all'utilizzo di buone pratiche di progettazione bioclimatica degli edifici. Questo vuol dire riuscire a capire a fondo e sapere utilizzare i meccanismi del funzionamento bioclimatico degli edifici sia per il riscaldamento invernale sia per la climatizzazione estiva.

Progettare seguendo i principi della bioclimatica significa creare edifici sostenibili e confortevoli, orientati verso l'autosufficienza energetica. Le caratteristiche principali includono lo studio e l'utilizzo delle condizioni climatiche locali, la ricerca dell'efficienza energetica ottimale e la promozione di ambienti salubri.

La progettazione volta al risparmio energetico e alla sostenibilità deve essere una progettazione attenta alle condizioni al contorno e capace di "sfruttare" le risorse che l'ambiente offre. Una progettazione attenta al contenimento dei consumi energetici e al comfort abitativo, capace di sfruttare le risorse naturali locali e il clima, si fonda generalmente su un approccio bioclimatico, mirando a controllare contemporaneamente tre livelli: climatico-ambientale, tipologico e tecnico-costruttivo.

Diventa quindi fondamentale la conoscenza del comportamento delle strutture e degli impianti in differenti condizioni di clima e di radiazione solare e, in particolare, delle quantità di energia realmente incidenti il sistema, insieme alle effettive condizioni meteorologiche in cui opera l'edificio stesso.

La ricerca di un corretto funzionamento bioclimatico dell'edificio, insieme all'efficientamento degli involucri, di fatto riduce la quantità di energia prodotta da fonti non rinnovabili necessaria a garantire il comfort climatico interno, consentendo anche una ridotta integrazione di energia da fonti rinnovabili.

In questo contesto, operare sugli edifici storici dovrebbe significare, anche sul piano culturale, riscoprire l'originaria modalità di funzionamento energetico dell'edificio e, ove possibile, valorizzarne quella ancora attuale per ridare valore al suo comportamento passivo, al suo rapporto con il sole e con il vento, all'uso della luce naturale, all'adozione di sistemi di schermatura e quindi allo scoprirne la reale qualità energetica.

Attraverso questo approccio è possibile portare gli ambienti interni in condizioni di comfort, prima attraverso strategie passive di controllo ambientale e, solo successivamente, attraverso gli impianti quali: l'irraggiamento solare, la ventilazione naturale, la capacità di accumulo termico di

materiali ed involucro, la corretta schermatura della radiazione solare, tutte strategie queste che fanno parte del patrimonio di conoscenze del passato e che vanno oggi riscoperte ed attualizzate.

Di fatto, la riscoperta del funzionamento bioclimatico passivo di un edificio permette di dimensionare meglio il sistema impiantistico e di avere a disposizione ambienti più confortevoli in maniera più efficiente da un punto di vista energetico. Una progettazione efficiente da un punto di vista energetico dovrebbe prevedere le seguenti fasi:

1. analisi del clima e valutazione degli effetti, evidenziando l'importanza dei diversi elementi climatici e le eventuali criticità
2. individuazione delle soluzioni tecniche applicabili
3. combinazione di tali soluzioni con la definizione progettuale dell'impianto.

Capitolo 1 - Condizioni di Comfort degli edifici storici

Parlando di comfort in relazione agli edifici storici è utile dividere il campo di azione dei possibili interventi in due ambiti di possibilità, in funzione dei gradi di tutela a cui gli edifici possono essere assoggettati:

- 1) un primo ambito è quello in cui non si hanno materiali e superfici da conservare molto delicati e la situazione, in ogni caso da contestualizzare alla realtà locale, è simile a quella che si ha negli edifici moderni e il comfort a cui far riferimento è essenzialmente quello delle persone che frequentano i diversi ambienti;
- 2) un secondo ambito è relativo a quegli edifici in cui gli obiettivi di "comfort" da raggiungere riguardano sia le persone che frequenteranno l'edificio in esame, sia gli oggetti in esso contenuti, sia infine l'edificio stesso. È necessario ottenere, cioè, il benessere e la sicurezza degli occupanti (utenti e addetti) e contemporaneamente garantire la conservazione e la sicurezza dei beni di interesse storico e artistico interessati all'intervento (oggetti mobili e immobili).

L'appartenenza dell'edificio all'uno o all'altro ambito determinerà le scelte di intervento sull'edificio da ristrutturare.

È inoltre esperienza comune percepire, all'interno degli edifici storici, una migliore condizione di benessere psicofisico derivante da una positiva interazione con l'ambiente fisico che ci circonda, con particolare riferimento agli aspetti termo-acustici, di comfort visivo e di qualità dell'aria che, nel loro insieme costituiscono la qualità dell'ambiente interno.

Cercando di intervenire in maniera corretta sugli edifici storici attraverso l'utilizzo di materiali assimilabili a quelli utilizzati in passato e, godendo della qualità indoor offerta dal forte spessore delle murature, intervenendo con attenzione agli aspetti bioclimatici in relazione all'efficientamento energetico degli edifici, utilizzando strumenti contemporanei di valutazione

della qualità indoor, si accentua il grado di benessere e salubrità indoor, nello specifico in relazione ai caratteri di: comfort termico, qualità dell'aria e salubrità indoor, comfort acustico.

1.1 Comfort termico

Nasce dalla massa termica delle murature che, in relazione al comfort termico, media nel tempo le variazioni di temperatura tra interno ed esterno. Prima dell'avvento degli impianti di climatizzazione il riscaldamento degli edifici storici era affidato a camini e stufe e quindi ad un riscaldamento di tipo radiante e non convettivo. Questo significa che, se vogliamo mantenere il regime di comfort termico è necessario utilizzare impianti di tipo radiante, più avanti si entrerà meglio nella problematica. In ogni caso una corretta progettazione dovrà tener conto di un efficace controllo di:

- ✓ temperatura dell'aria;
- ✓ umidità dell'aria;
- ✓ velocità dell'aria;
- ✓ temperatura dell'involucro che contiene l'individuo (temperatura media radiante)
- ✓ tipo di abbigliamento;
- ✓ attività che si svolgono all'interno dell'edificio.

Per quanto riguarda il comfort termico igrometrico globale indicativamente con attività leggera si possono considerare di comfort i seguenti valori delle grandezze ambientali:

- temperatura operativa compresa tra 19 °C e 23 °C periodo invernale;
- temperatura operativa compresa tra 23 °C e 26 °C periodo estivo;
- umidità relativa compresa tra 30% e 70%;
- velocità inferiore a 0,2 m/s;
- temperatura del pavimento compresa tra 19°C e 26°C (fino a 29°C con pavimenti radianti).

1.2 Qualità dell'aria e salubrità indoor

La qualità dell'aria all'interno degli ambienti, anche detta IAQ (Indoor Air Quality) è importante per: garantire il comfort termico e olfattivo e salvaguardare la salute degli occupanti. È opportuno sottolineare che il concetto di "qualità dell'aria" non deve essere assimilato a quello di "inquinamento indoor". Parlando di inquinamento si pone l'accento solo sulle sostanze sgradevoli o dannose presenti nell'ambiente, mentre la qualità dell'aria riguarda la sua composizione complessiva e quindi sia i componenti che non dovrebbero esserci (gli inquinanti, appunto), sia quelli la cui presenza è indispensabile (essenzialmente l'ossigeno, necessario alla respirazione degli occupanti ed ai fenomeni di combustione) o a condizioni che contribuiscono alla sensazione di comfort (in primo luogo, il vapor d'acqua – umidità relativa).

In relazione all'inquinamento indoor giuste condizioni sono garantite dall'utilizzo di prodotti di derivazione naturale con bassa emissività di VOC di intonaci, pitture, trattamenti superficiali in

genere. In relazione all'emissione di VOC, molta attenzione va posta alla qualità degli arredi, spesso i più emissivi in formaldeide. Indispensabile per mantenere una buona qualità dell'aria è assicurare una sufficiente ventilazione degli ambienti attraverso ricambi naturali o forzati meccanicamente.

In un ambiente sono normalmente presenti zone di scambio di massa con l'aria in esso contenuta, in genere, laddove ci sono fenomeni come: la combustione, la respirazione e la traspirazione degli occupanti, la cottura dei cibi, il rilascio di gas o polveri dai materiali, ecc. Questi fenomeni provocano la liberazione o la sottrazione di talune specie chimiche (inquinanti, vapor d'acqua, ossigeno) con il conseguente peggioramento della qualità dell'aria interna e con un progressivo aumento delle concentrazioni di sostanze inquinanti che può essere fatto risalire alle seguenti cause:

- ✓ aumento dell'inquinamento dell'aria esterna
- ✓ diminuzione delle infiltrazioni d'aria attraverso i serramenti come conseguenza del tentativo di diminuire le perdite di energia per ventilazione;
- ✓ utilizzo di materiali sintetici con rilascio di sostanze volatili inquinanti (vernici, rivestimenti, etc.)
- ✓ utilizzo di dispositivi di lavoro con emissioni inquinanti (fotocopiatrici, stampanti, ecc.)
- ✓ utilizzo di prodotti per la pulizia e manutenzione con elevate emissioni di sostanze volatili.

La concentrazione delle sostanze presenti in ambiente può essere controllata intervenendo sul loro bilancio di massa mediante l'immissione di una portata d'aria almeno pari a quella espulsa; l'aria immessa, dopo essersi miscelata con quella interna, deve contrastare i fenomeni di produzione o comparsa di sostanze aggressive in ambiente interno. Si realizza così la "ventilazione" degli ambienti, che può essere naturale o forzata a seconda che sia affidata a dispositivi non meccanici o a utilizzo di dispositivi impiantistici.

1.3 Comfort acustico

Per quanto riguarda il comfort acustico, questo è affidato in larga misura alla maggiore inerzia delle chiusure. I principali punti di criticità sono invece legati alla qualità degli infissi e alla leggerezza delle coperture. Nel caso di edifici storici un possibile punto critico, dal punto di vista dei rumori aerei, può essere costituito dalla copertura; infatti, se una copertura in calcestruzzo o in laterocemento arriva di solito a valori di isolamento intorno a 45 dB, con coperture leggere come quelle in legno i valori che si raggiungono senza precauzioni sono sicuramente più bassi. È necessario aumentare per quanto possibile la massa per unità di superficie (doppio tavolato o guaine con piombo o, meglio, con materiali equivalente dal punto di vista acustico) e sigillarne le

discontinuità, il posizionamento di strati di isolante di buona massa può contribuire a risolvere contemporaneamente sia il problema acustico che quello termico.

Capitolo 2 - Condizioni di benessere negli edifici storici e loro riqualificazione energetico-impiantistica

Negli edifici del passato la presenza dell'impiantistica è sempre stata praticamente irrilevante e, sino all'epoca della rivoluzione industriale, il riscaldamento era ottenuto mediante camini e stufe, mentre il raffrescamento era affidato, nei nostri climi, all'inerzia prodotta dalla massa muraria degli edifici e da altri dispositivi bioclimatici.

Oggi si tende a realizzare all'interno degli ambienti un microclima apparentemente più confortevole attraverso l'adozione di sistemi impiantistici per la climatizzazione. Nei manufatti storici l'inserimento degli impianti tecnologici acquista una particolare valenza in quanto deve riuscire a integrare il "nuovo" nell'esistente che spesso è un esistente di pregio.

Dal punto di vista impiantistico, gli edifici storici che non sono stati interessati da recenti interventi di manutenzione, sia essa ordinaria sia straordinaria o preventiva, sono generalmente dotati di impianti obsoleti che potrebbero in linea di principio essere sostituiti ma che in realtà possono essere testimonianze del passato e come tali avere un interesse storico, per cui vanno, se possibile, recuperati, valorizzati e, ove possibile, resi fruibili.

È chiaro che la valutazione della possibilità di riutilizzo di impianti che presentano valenza storica comporta problemi di tutela e spesso anche di valorizzazione. È un processo interdisciplinare, che il progettista dovrà gestire dal punto di vista termotecnico e che richiede anche competenze tipiche degli esperti in Beni Culturali. L'analisi degli impianti storici al fine di valutarne le possibilità di tutela, valorizzazione e fruizione è quindi un processo integrato nel quale il progettista svolge un ruolo di particolare importanza.

Garantire elevati livelli di comfort in edifici storici solo con l'azione impiantistica non è sempre facile, né possibile e probabilmente non opportuno. Come si è già accennato è necessario, in fase progettuale, capire bene il funzionamento "passivo" dell'edificio e ricercare una migliore integrazione tra edificio e suo intorno ambientale e quindi adottare o ripristinare dispositivi capaci di migliorarne il funzionamento bioclimatico e quindi la ventilazione naturale, le schermature solari, il corretto apporto termico dovuto all'esposizione al sole e, solo successivamente e per quanto strettamente necessario, ricorrere all'impiantistica meccanica.

La conoscenza dei sistemi impiantistici inseriti nell'edificio è un perno fondamentale per la conoscenza dello stato del sistema edificio-impianto e per la definizione degli interventi di miglioramento delle prestazioni energetiche. A questo scopo vanno effettuati rilievi mirati alla

raccolta dei dati necessari per una corretta diagnosi energetica e il calcolo dei parametri di legge, così come previsto dalle norme italiane ed europee.

Per quanto riguarda le caratteristiche di benessere e comfort degli ambienti interni in modo generale è possibile dire che i materiali da costruzione contribuiscono a determinare il clima abitativo in maniera più o meno evidente nei seguenti termini:

- qualità dell'aria interna (emissività di sostanze potenzialmente aggressive);
- clima elettrico (capacità di ridurre la carica di elettricità statica indoor o di non contribuire a determinarla);
- microclima (temperatura superficiale, coibenza, igroscopicità, traspirabilità);
- qualità psicofisiche degli ambienti confinati (colore, odore, sensazione tattile, temperatura, clima acustico, ecc.).

Volendo sinteticamente individuare le caratteristiche generali che, dal punto di vista dell'edilizia sostenibile e, tenendo conto di quanto indicato nella nuova Direttiva EPBD IV, i materiali da costruzione devono assicurare le seguenti caratteristiche:

- a) derivare da materie prime possibilmente locali, in quanto generalmente più adatte alle caratteristiche climatiche del luogo; questa opzione comporta minori costi di trasporto e conseguentemente un minore livello di inquinamento legato al ciclo di vita del manufatto;
- b) appartenere alla tradizione costruttiva locale,
- c) derivare preferenzialmente da materie prime rinnovabili o riciclate.
- d) richiedere poca energia in fase di produzione;
- e) presentare un ciclo di vita il più possibile chiuso, e quindi essere facilmente riciclabili;
- f) essere applicabili con tecniche sicure per i lavoratori;
- g) essere già largamente sperimentati e collaudati;
- h) avere effetti negativi sulla salute tendenzialmente nulli;
- i) concorrere positivamente a generare comfort e benessere ambientale;
- j) essere riutilizzabili, riciclabili o smaltibili con metodi sicuri.

Relativamente ai materiali dell'edilizia storica possiamo dire che questi tendenzialmente manifestano tutte queste caratteristiche e sono quindi ascrivibili a essere classificati come materiali per l'edilizia sostenibile. Ovviamente l'attenzione del progettista nell'utilizzare i materiali deve essere quella di scegliere materiali che rispettino le caratteristiche originarie degli edifici, ma che siano stati adeguati agli attuali standard prestazionali.

Nasce di qui la necessità di una forte capacità del professionista, delle imprese e degli artigiani di sapersi orientare nel mercato per poter scegliere con cognizione di causa materiali coerenti alla tradizione costruttiva locale ma, attualizzati all'oggi per quanto riguarda le prestazioni a loro richieste.

Dal punto di vista dei materiali che possono contribuire a ridurre la pressione ambientale, oggi sono disponibili numerosi materiali innovativi che dichiarano prestazioni ambientali diversificate e del tutto nuove che possono contribuire a migliorare le prestazioni ambientali degli edifici storici oggetto di intervento.

Capitolo 3 - Valutazione dell'efficienza energetica dell'edilizia storica, vincolata e non vincolata

A base di un corretto progetto di riqualificazione energetico/impiantistica di un edificio, specie se storico, vi è la predisposizione di un'accurata diagnosi energetica dell'edificio. Per quanto riguarda specificatamente gli edifici storici, il miglioramento della prestazione energetica richiede talvolta modifiche dell'organismo architettonico che, se non accuratamente progettate sulla base di una corretta diagnosi energetica, possono comportare problemi che vanno dal pregiudicare il valore monumentale e/o documentale del manufatto al mettere in discussione la sicurezza statica dell'edificio. Ne deriva che il progettista termotecnico che si trovi a dover intervenire su un edificio storico, soprattutto se vincolato secondo il DLgs 42/2004, è spesso tenuto ad acquisire la documentazione necessaria alla conoscenza del fabbricato non solo per gli aspetti tecnici di sua competenza, ma anche per quelli relativi al ruolo che quell'edificio svolge nella storia dell'uomo e all'interno del contesto urbano e paesaggistico in cui è inserito.

La diagnosi energetica di un edificio storico non è un processo semplice. Il primo ostacolo è dato dalla mancanza di adeguate piante e sezioni, cui si aggiunge spesso la non completa conoscenza dei materiali e delle stratigrafie delle pareti interne ed esterne.

Dal punto di vista dei materiali, è talvolta possibile risalire alla stratigrafia delle pareti con tecniche non distruttive o, ove necessario, minimamente invasive, per esempio utilizzando tecniche endoscopiche applicate a passaggi o interstizi già presenti nelle murature o ad accurate termografie. Queste tecniche risultano essere costose e comunque non sempre danno conto di interventi subiti nel tempo dalle murature, che spesso sono nascosti sotto strati di intonaci di diversa consistenza e interesse storico e che non sempre sono individuabili con tecniche quali la termografia all'infrarosso.

3.1 La valutazione della prestazione energetica

Una corretta valutazione della prestazione energetica deve tener conto di una serie di parametri, tra cui:

- ✓ gli aspetti climatici della località;
- ✓ il livello di isolamento termico dell'involucro;
- ✓ l'esistenza di sistemi di generazione propria di energia;
- ✓ le caratteristiche tecniche e di installazione dell'impianto;
- ✓ il microclima degli ambienti interni.

Rispetto ad un'impostazione bioclimatica del progetto è necessario tener conto di come un edificio è sottoposto all'azione delle forzanti ambientali: radiazione solare, vento, oscillazioni di temperatura e la sua risposta energetica è legata all'interazione di queste con i materiali che lo costituiscono e con i dispositivi tecnici e tecnologici di cui è dotato. Si tratta di un'interazione dinamica, variabile di giorno in giorno e di ora in ora, con le tipiche oscillazioni giornaliere e stagionali.

Una modellizzazione completa e quindi la reale possibilità di una conoscenza puntuale e completa dei parametri termici di un tale sistema, operazioni piuttosto complesse; contemporaneamente, rappresenta l'unico approccio realmente capace di leggere la qualità energetica di un edificio storico. A supporto di tale necessità, sono oggi a disposizione di tecnici e ricercatori, software specialistici di simulazione energetica capaci di eseguire questa modellizzazione e quindi in grado di seguire queste oscillazioni ossia di effettuare simulazioni in regime dinamico del comportamento energetico degli edifici (TRNSYS, Energy+, Esp-r, ...).

Questi strumenti però per ora non sono ancora entrati nella comune pratica progettuale. Di fatto oggi il progettista, seguendo la norma, cerca di ricondurre il comportamento dinamico dell'edificio a condizioni stazionarie e, nel dimensionamento del sistema di riscaldamento si trascura l'azione variabile della radiazione solare e degli apporti gratuiti interni e si fissa in maniera univoca una temperatura esterna.

Si basano su queste assunzioni semplificative e sono ormai consolidati nei vari Stati, anche i metodi di calcolo del fabbisogno di energia invernale (UNI TS 11300-1) connessi con le prime direttive EPBD sull'efficienza energetica e sulla certificazione degli edifici. In questo caso si considerano gli apporti gratuiti in maniera semplificata: si introduce un coefficiente di utilizzo degli apporti solari che rende semi stazionario il calcolo che dipende dalla capacità che ha la struttura di accumulare energia e restituirla in momenti successivi.

Nel calcolo del comportamento di un edificio con paramenti murari massivi specie nel periodo estivo, non è possibile avanzare le ipotesi semplificative viste nel caso invernale, con l'adozione di un regime stazionario. È opportuno e necessario utilizzare modelli dinamici del comportamento fisico-energetico dell'edificio che permettono di verificare in maniera dettagliata e con passo orario l'andamento di flussi di calore e temperature.

Più in generale anche l'analisi di strategie di raffrescamento passivo basate sulla massa richiede di condurre un'analisi in regime dinamico, solo in questo modo si è in grado di valutare in maniera più affidabile le conseguenze di diverse scelte progettuali dando il giusto peso a fenomeni come l'escursione termica giorno-notte, le variazioni giornaliere dell'irraggiamento solare, il regime dei venti e la ventilazione interna.

Le simulazioni dinamiche ed il nuovo DM Requisiti Minimi 2025

In relazione alla simulazione dinamica è bene tenere presente che il nuovo DM Requisiti Minimi 2025 introduce novità importanti sulla simulazione dinamica, anche se non la rende obbligatoria in modo generalizzato.

Il DM aggiorna le metodologie di calcolo e recepisce gli standard europei più recenti e questo comporta che la simulazione dinamica oraria (secondo UNI EN ISO 52016) entra ufficialmente tra i metodi ammessi per:

- valutare le prestazioni energetiche dell'edificio;
- analizzare il comportamento termo igrometrico reale;
- verificare il comfort interno (estivo e invernale).

Il DM 2025 armonizza gli allegati con la direttiva EPBD, laddove quest'ultima spinge fortemente verso:

- valutazioni orarie;
- analisi del comfort;
- modelli più realistici dell'edificio.

Quindi la simulazione dinamica è destinata a diventare sempre più centrale.

Di fatto le simulazioni dinamiche non sono più considerate un metodo "alternativo", ma una metodologia pienamente integrata nel quadro normativo. Il decreto introduce verifiche più rigorose sul comfort estivo e sui ponti termici, che ora entrano nella definizione dell'edificio di riferimento. Questo rende la simulazione dinamica particolarmente utile perché:

- valuta l'inerzia termica reale
- considera l'effetto dei ponti termici nel tempo
- permette di verificare il rischio di surriscaldamento con maggiore precisione

Non è obbligatoria per tutti i casi, può risultare particolarmente opportuna nei progetti complessi, quali quelli relativi agli edifici storici.

Il DM 2025 non impone la simulazione dinamica come requisito minimo per tutte le verifiche, ma:

- la metodologia semplificata può risultare insufficiente in edifici con geometrie complesse, grandi superfici vetrate o forte esposizione solare e con forte inerzia termica dell'involucro;
- la dinamica diventa la scelta naturale per rispettare i nuovi limiti su comfort e prestazioni estive.

Simulazione dinamica e edifici storici

Confrontando metodi semplificati e dinamici si riscontra che la variabilità del flusso termico trasmesso attraverso l'involucro edilizio comporta effetti sul bilancio energetico dell'edificio sensibilmente dipendenti dalla diversa capacità termica della struttura edilizia.

In altre parole, la rappresentazione corretta del comportamento di una struttura a grande massa necessita di una descrizione più dettagliata che ne metta meglio in evidenza pregi ed eventuali difetti. Queste considerazioni valgono ovviamente per molti edifici storici relativamente ai quali le attuali modalità d'uso o di riuso, per funzioni diverse da quelle per le quali sono stati costruiti e con condizioni ambientali diverse da quelle in cui sono stati utilizzati nel corso della loro vita, pongono il progettista di fronte a nuove e complesse problematiche. Da quanto sopra consegue l'utilità di utilizzare metodologie basate su corrette simulazioni energetiche del funzionamento energetico dell'edificio.

Un ulteriore elemento che rende critico allo stato attuale la simulazione del comportamento di un edificio storico è la scarsa conoscenza delle proprietà termofisiche dei materiali che ne compongono l'involucro e la struttura. Le possibili fonti attualmente disponibili sono la norma UNI 10351 che dà indicazioni molto sommarie e ricavate su materiali "moderni" e qualche dato reperibile in letteratura su materiali specifici.

Sarebbe necessario avviare una ricognizione e una caratterizzazione dei materiali che si ritrovano negli edifici storici in termini di densità, calore specifico, conducibilità, permeabilità, così come il riscontro, a carattere sperimentale, del funzionamento reale delle principali strutture di chiusura utilizzate nei diversi contesti regionali e locali.

Purtroppo, la costituzione di un database affidabile ed efficiente si scontra con la variabilità dei materiali oltre che con la limitata conoscenza delle sue proprietà. Prendendo come esempio la pietra che, con il laterizio e la malta, rappresenta il materiale più diffuso nell'edilizia storica italiana, la scelta del materiale lapideo in un fabbricato storico è stata, il più delle volte, strettamente vincolata alla sua disponibilità nel sito, per evidenti motivi di costi e di facilità di approvvigionamento, nonché alla facilità di commercio e di scambio nel territorio.

Ne risulta un quadro dell'utilizzo della pietra complesso e articolato, in quanto le pietre sono state utilizzate nella storia con finalità diverse in una gamma molto vasta di soluzioni, e questo rende difficile redigere un inventario analitico "definitivo" sulla natura e sulla distribuzione dei materiali lapidei in uso nell'edilizia storica.

Al fine di valutare le prestazioni energetiche degli edifici storici è indispensabile creare una specifica banca dati dei materiali lapidei e/o dei laterizi, associati a precise caratteristiche fisiche. Dopo aver individuato per aree geografiche i litotipi maggiormente diffusi, eventualmente distinguendo sia in quali tipologie costruttive e abitative sono stati impiegati nelle diverse fasi storiche, si propone di raggrupparli in base alla tipologia – famiglia di roccia a cui appartengono,

riferendosi alla loro descrizione petrografica fornita dalle norme UNI di riferimento (UNI 9724/1-90).

Questo modo di operare permette di assegnare a grandi famiglie di litotipi o di laterizi le principali caratteristiche fisiche, densità, calore specifico, e conducibilità previste dalla normativa UNI 10351 e UNI EN 12524 in modo da elaborare una banca dati che consente una facile ricerca delle caratteristiche fisiche dei materiali di chiusura perimetrale più diffusi.

In maniera pressoché analoga si può svolgere lo stesso tipo di attività riguardante gli altri materiali storici dell'edilizia quali il legno o le malte: ma per questi ultimi, in particolare, è necessario valutare anche gli elementi che li compongono, fornendo in questo modo una maggiore precisione nello stabilire le caratteristiche termo-fisiche.

Per ovviare a questa deficienza relativa alla conoscenza delle reali qualità termofisiche dei materiali tradizionali costituenti l'involucro degli edifici storici, è possibile utilizzare laddove opportuno, specifici laboratori di ricerca, universitari (ad esempio lo IUAV - Laboratorio di fisica tecnica ambientale FisTec) e privati, capaci di eseguire la misurazione della caratterizzazione delle proprietà termofisiche di una determinata chiusura, ricostruendola in laboratorio e sottoponendola a cicli di misurazione che simulano le reali condizioni climatiche a cui l'edificio deve rispondere.

Ciò che in ogni caso bisogna tener presente è che gli impianti di climatizzazione eventualmente previsti devono essere dimensionati in modo da assicurare un opportuno comfort ambientale.

Da questo punto di vista la valutazione della prestazione energetica di un edificio storico va fatta almeno due volte, la prima per definire lo stato di fatto dell'edificio, la seconda per valutare i risultati ottenuti a valle dei miglioramenti. Gli esiti della valutazione vanno sintetizzati indicando in maniera specifica il miglioramento della prestazione energetica prevista a fronte degli interventi previsti e caratterizzati da un significativo risparmio percentuale di energia primaria complessiva.