

Passivhaus: progetto, bioclimatica e calcolo termico

Michelantonio Rizzi

La definizione di casa passiva viene data a quegli edifici la cui fonte principale di approvvigionamento termico deriva dallo sfruttamento delle energie presenti in sito, come sole aria terra acqua. Tale sfruttamento avviene in modo prevalentemente passivo, cioè senza l'ausilio "attivo" di sistemi impiantistici. Così facendo, gli apporti di calore dovuti all'irraggiamento solare proveniente attraverso le finestre ed il calore interno generato dagli elettrodomestici e dagli occupanti, sono quasi sufficienti a compensare le perdite termiche dell'involucro edilizio, tanto che basta una piccola integrazione impiantistica per garantire il comfort termico.

La casa passiva può considerarsi una logica conseguenza delle esperienze maturate attorno alla ricerca sull'*architettura solare* sviluppatesi intorno agli anni '70, in risposta alla nota crisi petrolifera. Esperienze che, a loro volta, non solo trovano riferimento negli archetipi delle architetture solari del passato ma fanno anche tesoro degli accorgimenti che già l'architettura spontanea (preimpianto e prefossile) aveva sviluppato per gestire con modalità passiva le risorse climatiche del sito.

Il tema è stato successivamente approfondito e codificato, a partire dalla fine degli anni '80 a Darmstadt, in Germania, dove i professori Wolfgang Feist e Bo Adamson hanno costruito la prima Passivhaus (1991) e fondato il Passivhaus Institut. Tale ricerca ha portato a definire le prestazioni energetiche che identificano le Passivhaus:

- indice energetico dell'involucro invernale ed estivo $\leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$;
- fabbisogno di energia primaria incluso raffrescamento $< 120 \text{ kWh/m}^2\text{a}$;
- carico termico specifico invernale ed estivo $\leq 10 \text{ W/m}^2$;
- prestazioni termiche dell'involucro e temperature superficiali atte a garantire il massimo livello di comfort interno.

Al fine di stimare e soddisfare queste prestazioni già dalla fase di progetto, risulta necessario adottare alcuni accorgimenti che presuppongono una definizione molto dettagliata dell'involucro edilizio e che possono, di conseguenza, influenzare alcuni aspetti architettonici del progetto stesso:

- compattezza dell'edificio, espressa dal rapporto tra superficie disperdente e volume riscaldato (S/V);
- trasmittanze termiche dei componenti edilizi opachi $U \leq 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$, tali da garantire un'altissima efficienza di isolamento termico invernale ed una protezione estiva che, con il contributo dell'inerzia termica e delle protezioni solari, assicuri una percentuale

- di giorni con temperatura massima interna di 26°C inferiore al 10% rispetto ai giorni caldi di tutto l'anno;
- soluzioni per i ponti termici tali da garantire valori $\Psi \leq 0,01 \text{ W/mK}$ e temperature superficiali interne $\geq 17^\circ\text{C}$;
- aperture finestrate con alte prestazioni invernali ($U_w \leq 0,85 \text{ W/m}^2\text{K}$) ed estive (ombreggiamenti);
- bassissima permeabilità all'aria dell'involucro ($n_{50} < 0,6 \text{ h}^{-1}$ misurato in opera mediante Blower Door Test);
- "ventilazione dolce": impianto di ventilazione meccanica controllata con recupero di calore ad alta efficienza e livello sonoro $\leq 25 \text{ dB(A)}$.

Il progetto di una Passivhaus non è un esercizio stilistico "a priori", liberamente collocabile o geograficamente inseribile in qualsiasi località, dai monti al mare, ma è il risultato di uno studio di tutte quelle soluzioni tipologiche e morfologiche che meglio rispondono alle caratteristiche ambientali e climatiche del luogo, e che quindi consentono di ottenere le migliori condizioni di benessere all'interno dell'edificio con un apporto minimo – o quasi nullo – di energia dalla rete.

La differenza sostanziale con gli edifici solari è che la Passivhaus viene definita e calcolata scientificamente con l'ausilio di specifici strumenti software. In particolare, utilizzando il PHPP, Passive House Planning Package o – in tedesco – Passivhaus-Projektierungspaket, con il quale si possono simulare e gestire

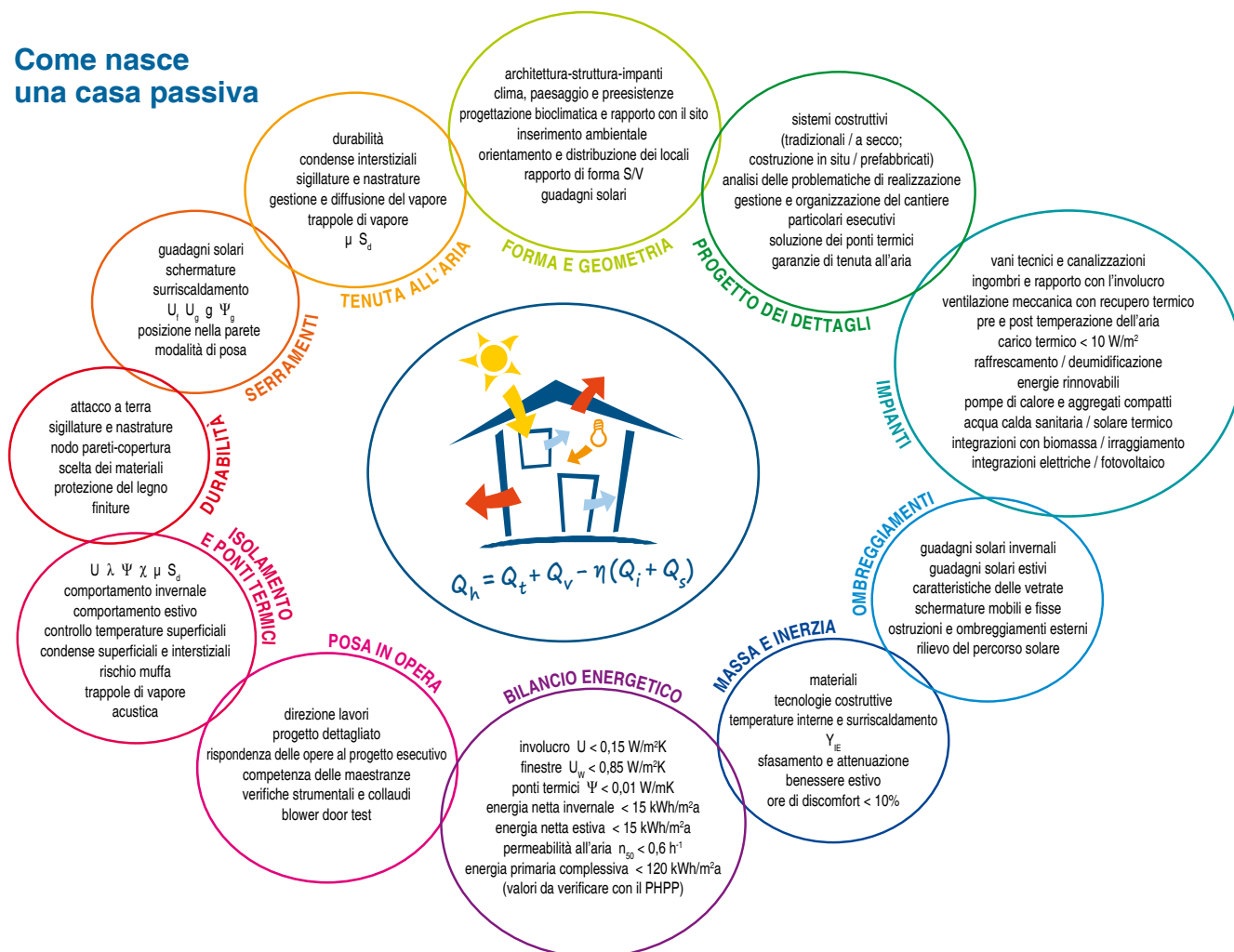
i flussi di energia in entrata e in uscita dall'edificio, in regime invernale e estivo.

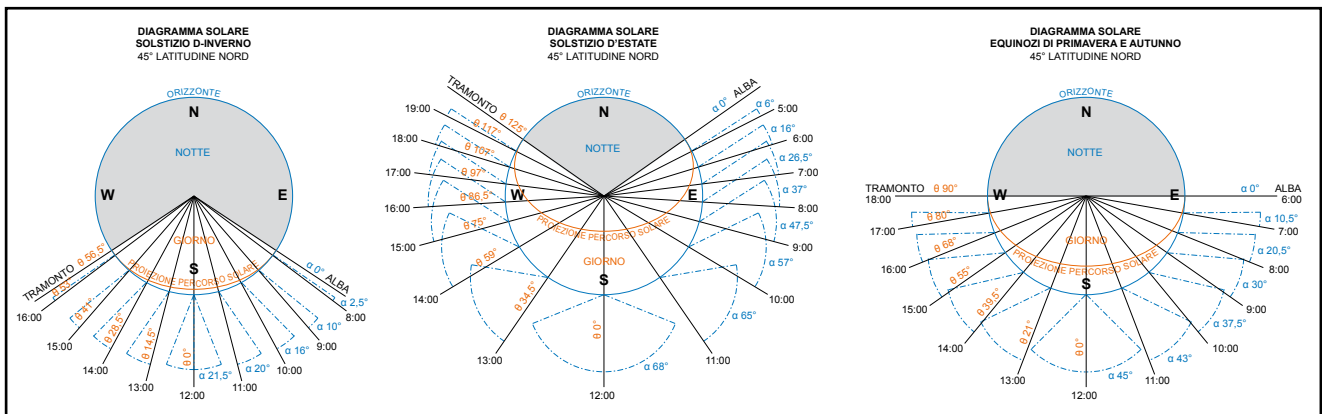
Il bilancio energetico che viene eseguito nella prima parte del PHPP, conteggia le perdite (per trasmissione e ventilazione), i guadagni (apporti solari diretti e apporti interni gratuiti) ed il fattore di utilizzo di questi ultimi. La differenza tra dispersioni termiche e apporti rappresenta il fabbisogno di energia per il riscaldamento, che deve essere inferiore a 15 kWh/m²anno. Soprattutto, deve risultare un carico termico inferiore a 10 W/m², perché solo in presenza di potenze così basse è possibile fornire il calore richiesto mediante un impianto di ventilazione meccanica ad alta efficienza che operi in regime di comfort (bassa velocità dell'aria e temperatura in uscita – comprensiva del contributo dei sistemi di postriscaldamento – inferiore a 52°C).

Schematizzando molto, il PHPP funziona da bilancia ed i dati numerici inseriti, che descrivono le condizioni del sito geografico, la consistenza termica dell'involucro e le geometrie del corpo edilizio, vanno a pesare sui due piatti: quello delle perdite e quello degli apporti.

Il progetto di una casa passiva non va inteso però come un'operazione matematica, non inizia con l'immissione dei dati sopra citati negli strumenti di calcolo. Fin dalle prime ipotesi ci si deve muovere nell'ambito di un progetto architettonico ed energetico che tiene conto di tutte le esperienze e le conoscenze di carattere tecnico, ambientale, energetico, al fine di ottenere

Come nasce una casa passiva





Tavole solari sviluppate secondo il metodo Mattioni per 45° di latitudine nord (p.e. Milano, Udine si trova a 46°03'43"). Risultano utili per la comprensione delle geometrie solari già nella fase iniziale del progetto architettonico, sui primi schizzi di studio.

un insieme integrato, sinergico, innovativo, tra involucro ed impianto, appropriato per le condizioni climatiche del luogo. È da qui che parte la progettazione, cogliendo tutte le occasioni e le possibilità compositive e creative offerte dal concetto passivo, dialogando con l'ambiente. Ignorando l'importanza di queste relazioni, si rischia di dover riaffrontare con nuovi e successivi tentativi la compilazione del calcolo, alla ricerca del risultato finale che potrebbe anche non arrivare.

Strategie progettuali

Per puntare all'ottimizzazione delle risorse, il progetto architettonico già nelle fasi preliminari si conforma all'idea di casa passiva, applicando meccanismi e strategie appropriate per il sito della costruzione, ovvero:

- prevedere e dimensionare le aperture vetrate per massimizzare il guadagno solare diretto invernale;
- prevedere una schermatura della radiazione solare, quando questa non è richiesta, per minimizzare il guadagno nel periodo caldo;
- limitare le aperture nei fronti non soleggiati. Se verso nord e nord-est vi è l'esigenza di valorizzare la vista verso le montagne o un panorama pregevole, le aperture dovranno essere di dimensioni contenute e con geometrie ben calibrate. Meglio optare per una vista a "cannocchiale" piuttosto che a piena parete, in modo da limitare quella superficie vetrata che diverrebbe critica dal punto di vista energetico: inesistente dal punto di vista captativo ma non dal punto di vista dispersivo ($U_w \leq 0,85 \text{ W/m}^2\text{K}$ contro $U \leq 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ medio di pareti e tetto);
- progettare il fabbricato puntando alla maggiore compattezza ed alla massimizzazione della superficie esposta a sud con forme planimetriche allungate in direzione est-ovest;
- proteggere l'involucro dall'eccessiva esposizione al sole estivo, soprattutto le facciate a ovest, mediante ombreggiamenti, schermi esterni, presenza di piante a foglia caduca; in particolare a ovest vanno minimizzate sulle superfici vetrate;
- evitare il surriscaldamento estivo interno prevedendo per l'involucro opaco adeguata inerzia termica e caratteristiche di sfasamento anche superiore alle 12 ore, nonché adeguate

strategie per limitare l'assorbimento di calore per irraggiamento diretto, specialmente in copertura;

- provvedere al riparo dai venti prevalenti tramite ostacoli fisici, appartenenti o meno all'edificio, anche mediante schermature vegetali sempreverdi sui lati nord, nord-est e nord-ovest;
- collocare opportunamente le aperture al fine di ottenere una adeguata ventilazione naturale degli ambienti che, in abbinamento all'inerzia termica interna delle strutture, possa favorire il raffrescamento notturno estivo: estrazione verticale (effetto camino) e trasversale tra fronti opposti;
- ottimizzare la distribuzione delle masse interne, coerentemente con i sistemi costruttivi prescelti (pesanti/bagnati, leggeri/a secco), per accumulare calore durante il giorno e sfruttarlo di notte nel periodo invernale e, viceversa, favorire il raffrescamento naturale nel periodo estivo.

Orientamento, aperture e coibentazioni sono le voci principali che influenzano il bilancio energetico, alle quali dedicare le prime attenzioni progettuali. Sono componenti costitutivi l'involucro, che determinano la forma, il linguaggio e il successo energetico oltre che estetico del progetto stesso.

Alcuni appunti per il Passivhaus Design

Tutti i componenti dell'edificio che si interfacciano con l'ambiente circostante e tutte le scelte progettuali che interessano le relazioni tra l'edificio e il contesto, concorrono in maniera più o meno significativa a migliorare – o peggiorare – l'attitudine "passiva" dell'edificio. Di seguito alcune indicazioni su come orientare le decisioni, quando possibile, a partire dalla scelta del sito.

- Scegliere un lotto adatto per forma e orientamento, adeguatamente aperto verso sud e senza ombreggiamenti invernali.¹
- Scegliere un lotto che non patisca di ombreggiamenti, tali da non costituire una sufficiente captazione solare

¹ Per calcolare l'ombra dell'ambiente circostante occorre conoscere per ogni direzione l'altezza angolare degli ostacoli. L'altezza angolare dei mascheramenti si rileva sul posto utilizzando per esempio il clinometro. Il rilievo viene riportato sul grafico cilindrico dell'irraggiamento solare corrispondente alla latitudine del sito interessato.

invernale: la distanza tra edifici e vegetazione va subito valutata, per ricercare soluzioni conformi. Per esempio, se al piano terra nella fase invernale le aperture risultano ombreggiate è opportuno spostare al primo piano i vani abitati e ben illuminati, lasciando al pianterreno gli spazi di servizio e accessori che richiedono poca illuminazione naturale.

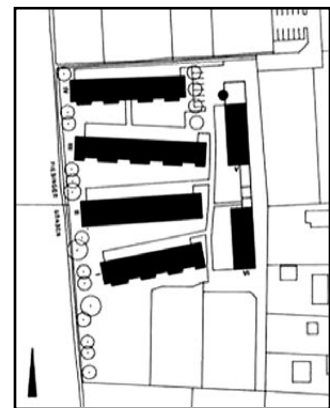
- Individuare un lotto o collocare l'edificio in modo da avere una sufficiente certezza che, nel tempo, future edificazioni non alterino le condizioni di soleggiamento e ombreggiamento. Nella progettazione urbanistica, i lotti ed i relativi indici di edificabilità dovrebbero essere determinati dopo l'analisi delle ombreggiature giornaliere e stagionali, in modo di assicurare la captazione solare invernale con la dovuta prudenza per gli orientamenti nord-sud che espongono gli edifici al soleggiamento pomeridiano estivo.
- Cercare di ridurre il più possibile il rapporto S/V con una corretta gestione della forma architettonica, perché quanto più elevata è la superficie disperdente (S) che racchiude il volume riscaldato (V), tanto più elevato è lo scambio termico. Questo criterio di economia dei consumi è anche un criterio di economia costruttiva: una minore superficie esterna – a parità di volume – significa una minore quantità di materiali impiegati ed un minor numero di giunti e nodi da gestire sia in fase progettuale che costruttiva.

L'edificio passivo non è però sinonimo di stile a "scatola di scarpe"! La compattezza riguarda l'involucro, non la percezione visiva data dal profilo architettonico: balconi, terrazze, aggetti, addizioni volumetriche si possono costruire, ma possibilmente all'esterno dell'involucro riscaldato. Così facendo, si ha anche il vantaggio di un involucro parzialmente protetto verso l'esterno da spazi tampone non riscaldati. Disposizioni planimetriche e volumetriche troppo articolate potranno raggiungere lo standard passivo solo a fronte di maggiori difficoltà progettuali, non solo architettoniche ma anche impiantistiche, con costi di realizzo finali decisamente esuberanti. Tutto ciò è in antitesi con il concetto di economicità

(non solo energetica) richiesto dalle Passivhaus.

- Un rapporto di forma S/V non ottimale può essere in parte compensato da una maggiore coibentazione, ma alla mancanza di apporti solari è difficile da sopperire. Pertanto, nei lotti mal orientati, il progetto dovrà comunque essere sviluppato su forme e geometrie che consentano una distribuzione dei locali ed una disposizione delle finestre per un'adeguata captazione solare.
- Considerare la copertura come la quinta facciata, verificando tutte le opportunità possibili: sottotetti macroventilati e con funzione di ombreggiamento per l'ultimo solaio; finiture riflettenti o tetti a verde, per diminuire il calore assorbito dalla struttura, dimensioni delle falde o di altri oggetti utili all'ombreggiamento delle facciate; piani inclinati e soluzioni per il disegno integrato di impianti solari e/o per il recupero delle acque piovane.
- Fin dalle prime fasi di progetto, è utile ipotizzare le soluzioni per i dettagli tipo, almeno quelli più significativi per il controllo della temperatura superficiale interna e per la tenuta all'aria e al vento.
- È anche opportuno affrontare una prima compilazione del PHPP, soprattutto per dimensionare le superfici trasparenti. Se prendiamo come riferimento il cubo – quale forma con S/V ottimale – ed il clima temperato delle nostre latitudini, la volumetria del fabbricato può accettare anche un allungamento in direzione est-ovest (con un rapporto non superiore a 1:1,6) con attenzione alle percentuali di superficie vetrata nei singoli orientamenti.

La posizione delle aperture è condizionata dalla disposizione dei vani interni, o può condizionarla: a nord la necessità di aperture è minima, non superiore al 10% della superficie totale della facciata, pertanto è opportuno dislocare su quel lato locali di servizio, percorsi o locali tampone non riscaldati. Sulle facciate est e ovest, invece, la superficie finestrata può salire a 15-30%, (con maggiore limitazione per il lato ovest) e può essere protetta con schermature verticali, anche mobili



Quartiere Gneis Moos a Salzburg, Austria (progetto dell'arch. Georg W. Reimberg, 2000).

La disposizione del quartiere presenta quattro edifici a schiera, le cui facciate sono state trattate in modo diverso in funzione della captazione solare: ampie superfici vetrate verso sud, accessi protetti e finestre ridotte verso nord; la distanza tra gli edifici permette il soleggiamento di tutte le pareti. Una ulteriore doppia schiera è orientata ortogonalmente lungo il lato est; in questo caso l'energia solare è captata dal susseguirsi delle coperture a shed (planimetria tratta da www.reinberg.net).

per seguire la posizione oraria e stagionale del sole; un eventuale porticato seppur profondo potrebbe non avere la dovuta efficacia, meglio un'alberatura o un muro vegetale a foglia caduca. La parete a sud, invece, è più facile da schermare d'estate, anche con sistemi a lamelle orizzontali o aggetti, quindi può accogliere fino ad un massimo di 50-60% di superficie finestrata e contribuire in modo sostanziale agli accumuli termici del periodo invernale.

- In tema di finestre, è utile preferire poche ampie luci ad una moltitudine di piccole finestre per minimizzare la lunghezza dei ponti termici tra vetro e telaio, all'interno del telaio e tra telaio e muro, che possono essere causa del passaggio parassita di aria, vapore, calore.
- Per quanto riguarda gli ombreggiamenti, i porticati e gli aggetti in facciata, opportunamente studiati nella profondità, risultano un buon provvedimento contro il soleggiamento estivo ma devono essere ben dimensionati per non diminuire i necessari apporti invernali. Anche la scelta della posizione della finestra nel muro e del tipo di telaio, soprattutto delle sue dimensioni, deve essere affrontata quanto prima per computare correttamente le superfici vetrate rispetto al foro architettonico: eventuali sorprese in fase avanzata di progetto o in fase di cantiere potrebbero ridurre sensibilmente le superfici captanti.
- L'impiantistica di base di una Passivhaus assicura il benessere interno in modo semplice, attraverso la ventilazione meccanica controllata con recupero di calore. Lo spazio necessario all'installazione non dipende solo dal recuperatore, che di per sé non richiede molto spazio, ma deve tener conto degli elementi integrati quali batterie di preriscaldamento, combinazioni con pompe di calore e accumuli, ecc. La dislocazione della macchina di ventilazione all'interno della casa, oltre a permettere una agevole sostituzione periodica dei filtri, dovrebbe prediligere posizioni baricentriche, al fine di evitare disparità dei tratti di tubazione che possono influire sull'efficacia di portata e sul bilanciamento. È opportuno valutare congiuntamente gli aspetti architettonici e impiantistici, così da valutare correttamente la dimensione e la posizione di cavedi, vani tecnici e bocchette, anche al fine di consentire una facile ispezione e manutenzione delle tubazioni in fase di utilizzo dell'edificio.
 - Tutti i giunti ed i raccordi devono essere adeguatamente ermetici al passaggio dell'aria, che sarà verificato a fine lavori con il Blower Door Test. Non è solo una questione di perdite di calore; una sigillatura insufficiente può portare a fenomeni di condensazione interstiziale con gravi danni alla costruzione (formazione di muffe, decadimento delle prestazioni dei materiali isolanti, decomposizione di elementi lignei, ecc.).
 - Non bisogna confondere l'impermeabilità all'aria con la diffusione del vapore: il grado di permeabilità al vapore dell'involucro deve essere progettato ed assicurato attraverso una corretta scelta dei materiali costruttivi, isolanti, sigillanti, comprese le finiture. In linea generale, considerato che il problema più rilevante è quello invernale, la migrazione



Serra dell'Orto Botanico di Urbino, eretta nel 1813 per volere del botanico prof. G. De Brignoli di Brunhoff. La costruzione di serre prese avvio dall'impulso dei viaggi esplorativi del XVI secolo. Le geometrie rispondono alla necessità di ottimizzare la captazione solare. Anticamente, la serra di Urbino presentava serramenti in legno di cedro (attualmente sostituiti da telai metallici) con un sistema di aperture per la ventilazione disposte su più livelli e con frangisole di incannucciato che si arrotolavano esternamente.

del vapore verso l'esterno andrebbe agevolata abbinando i materiali delle strutture in modo che, dall'interno verso l'esterno, i valori di resistenza al vapore siano sempre più bassi; nel contempo, valori di resistenza termica più alti verso l'esterno contribuiscono a prevenire i fenomeni di condensazione interstiziale.

Il PHPP è un efficace strumento per la valutazione delle case passive. La qualità dei risultati aumenta considerevolmente se i soggetti interessati, compreso anche l'utente finale quando necessario, applicano un sapere tecnico trasversale e condiviso.

Errori da evitare

Come in tutti i calcoli energetici, anche nel PHPP bisogna porre attenzione all'inserimento dei dati; qui però è richiesta la massima precisione, non avremo un impianto a compensare eventuali errori nella modellazione dell'involucro.

Come detto, la stima delle prestazioni energetiche di una casa passiva è il risultato di una molteplicità di fattori, ognuno dei quali porta il proprio contributo alla definizione del carico termico finale, che deve essere inferiore a 10 W/m². Un errore in questa valutazione potrebbe comportare difficoltà – anche importanti – nel riscaldamento o raffreddamento dell'edificio. In particolare, devono essere evitati i seguenti errori:

- individuazione imprecisa del nord e degli orientamenti;
- raccolta e calcolo approssimati dei dati climatici e ambientali;

- mancato rilievo delle ostruzioni e/o mancata definizione del diagramma solare;
- errori nella misura delle geometrie, del posizionamento dei componenti vetrati, dei telai dei serramenti, degli elementi schermanti;
- sottovalutazione degli aspetti legati ai ponti termici, anche se dovute al contrasto tra i diversi ambiti professionali: per esempio tra le strategie energetiche e quelle strutturali;
- sopravvalutazione dei benefici derivanti dall'uso di serre, verande o bovindi, o sottovalutazione degli effetti negativi quali l'aumento delle dispersioni notturne o il surriscaldamento già nelle mezze stagioni;
- sottodimensionamento della massa interna, necessaria per il benessere estivo e l'equilibrio termoigrometrico generale, soprattutto negli edifici con struttura di legno;
- scarsa definizione grafica dei dettagli esecutivi e, di conseguenza, scarsa attenzione ai ponti termici, in particolare quelli relativi all'installazione dei serramenti;
- mancanza della continuità della tenuta all'aria dell'involucro;
- errata comprensione delle potenze in gioco e sopravvalutazione della necessità di dotazione impiantistica: impianti che potrebbero non attivarsi mai a fronte di una spesa maggiore e sprecata;
- mancanza di condivisione e disomogeneità nella cultura energetica nel gruppo di lavoro, oppure assenza di un consulente esperto nei gruppi di lavoro con meno esperienza.

BIBLIOGRAFIA UTILE:

- AA.VV., *Lo standard Passivhaus nei climi caldi europei*, Progetto Passive-on, 2007
- R. BANHAM, *Ambiente e tecnica nell'architettura moderna*, Laterza, Roma 1978
- A. CAROTTI, "Controllo energetico e architettura: spunti di modellistica per il progetto", in *Architettura Energia*, a cura di A. Barucco e D. Trabucco, Edicom Edizioni, Monfalcone 2007
- D. FRANCESE, *Architettura bioclimatica*, Utet, Torino 1996
- D. GAUZIN-MÜLLER, *Architettura sostenibile*, Edizioni Ambiente, Milano 2003
- G. GIOMARO, *Origini e vicende dell'Orto Botanico di Urbino*, Sant'Angelo in Vado (PU) 2004
- E. GRIFFINI, *Costruzione razionale della casa*, prima parte, Hoepli, Milano 1948
- M. IMPERADORI, *La meccanica dell'Architettura*, Gruppo 24ore, Milano 2010
- T. KÖNIGSTEIN, *Manuale per costruzioni a risparmio energetico*, Edizioni Königstein, 2010
- M. LEPORE, *Progettazione bioclimatica in ambito urbano*, Aracne Editrice, 2004
- S. LOS, "Processo: progettare e costruire edifici sostenibili", in *Architettura Energia*, a cura di A. Barucco e D. Trabucco, Edicom Edizioni, Monfalcone 2007
- S. LOS, a cura di -, *Regionalismo dell'architettura*, Muzzio Editore, Padova 1990
- S. LOS, N. PULTZER, *I caratteri ambientali dell'architettura*, Edizioni Arca, Trento 1999
- V. OLGAY, *Progettare con il clima*, Muzzio Editore, Padova 1990
- PASSIVE HOUSE INSTITUTE DARMSTADT, *Attiva per un maggior comfort: la Passivhaus*, versione italiana a cura di ZEPHIR, IPHA 2010
- U. WIENKE, *L'edificio passivo*, Alinea Editrice, Firenze 2002

IG PASSIVHAUS Friuli Venezia Giulia

Passivhaus significa competenze progettuali, attenzione ai dettagli, accuratezza nell'esecuzione e garanzia di professionalità da parte di consulenti, progettisti, tecnici, imprese e maestranze.

Il Gruppo IG Passivhaus FVG vuole contribuire a livello territoriale a diffondere questo sapere e a promuovere i necessari criteri di qualità.

Questo fascicolo fa parte di una raccolta di approfondimenti tecnici curata dal Gruppo IG Passivhaus FVG con il coordinamento di APE FVG, suddivisi nelle seguenti aree tematiche:

1. Principi e comfort
2. Involucro opaco
3. Serramenti
4. Ponti termici
5. Tenuta all'aria
6. Impianti

I contenuti sono di proprietà degli autori, sono sviluppati in autonomia e non necessariamente rispecchiano la posizione del Passivhaus Institute, o di altri enti che rappresentano lo standard Passivhaus.

È vietato l'uso del presente materiale, da parte di chiunque, per scopi di carattere commerciale o per finalità estranee a quelle del Gruppo IG Passivhaus FVG e di APE FVG.

Testo e fotografie:
arch. Michelantonio Rizzi

Pubblicazione:
giugno 2016



Coordinamento e impaginazione grafica:
Agenzia per l'energia del Friuli Venezia Giulia
via Santa Lucia, 19
33013 Gemona del Friuli (UD)
tel. + 39 0432 980 322
info@ape.fvg.it