

SULLE PRESTAZIONI DEL SISTEMA EDIFICIO-IMPIANTO: DAGLI EDIFICI TRADIZIONALI A QUELLI “PASSIVI”

Cristina Carletti – cristina.carletti@taed.unifi.it

Gianfranco Cellai – gianfranco.cellai@taed.unifi.it

Giorgio Raffellini – giorgio.raffellini@taed.unifi.it

Fabio Scurpi – fabio.scurpi@taed.unifi.it

Simone Secchi – simone.secchi@taed.unifi.it

University of Florence, Department of Technology “P. Spadolini”, Physical and Building Quality Laboratory (FAQE), Via S. Niccolò 89/a, 50125 Florence, Italy

Abstract. *Il futuro dell’Europa in materia di salvaguardia dell’ambiente si giocherà sul successo delle politiche di contenimento dei consumi energetici e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia: in tale contesto elementi essenziali sono gli interventi nel settore edilizio. In particolare, l’utilizzo di tecnologie finalizzate al controllo ottimale del microclima e del benessere termico con riduzione dei consumi energetici giocheranno un ruolo fondamentale. L’obiettivo è di produrre sistemi edificio-impianti sempre più integrati e sempre meno “energivori”: in tal senso costituiscono un esempio gli edifici “passivi”. Scopo della memoria è quello di analizzare la filosofia progettuale di tali edifici, evidenziandone le caratteristiche prestazionali, l’integrazione tra sistemi impiantistici e involucro, oltre ad analizzare le problematiche connesse con l’applicazione in area mediterranea.*

Keywords: *Low energy building, Passive houses, Building-plant system performances, Standards*

1. INTRODUZIONE

Sono trascorsi circa 30 anni dalla guerra del Kippur tra Arabi ed Israeliani che, tra gli innumerevoli effetti provocati, ebbe anche quello di evidenziare la fragilità del mondo occidentale in materia d’approvvigionamento energetico; a partire dall’evoluzione dei consumi mondiali d’energia, numerosi analisti ed esperti del settore si lanciarono poi in previsioni, più o meno azzardate, circa la fine delle scorte naturali di combustibili (in prevalenza carbone e petrolio), che portavano inevitabilmente all’unico imperativo possibile: limitare i consumi energetici, promuovere l’uso dell’energia solare e delle altre fonti d’energia rinnovabili (eolico,

idroelettrico, nucleare, ecc.) (Kreith & Kreider,1978). Numerose iniziative furono allora intraprese a livello nazionale ed internazionale e, per l'Italia, si ricordano le domeniche con divieto di circolazione delle auto, la limitazione a circolare con targhe alterne e, nel settore edilizio, l'emanazione della Legge n. 373 del 1976. Soprattutto per iniziativa dei privati fu incentivato l'uso dei collettori solari piani, mentre a livello governativo furono fatti investimenti più importanti nel settore nucleare; da allora, nel nostro Paese, le cose sono rimaste sostanzialmente invariate, a causa dell'abbandono del nucleare e del mancato decollo dell'energia *solare*, mentre le uniche vere novità sono in effetti solo due: in campo energetico, l'uso del gas naturale che, grazie alla diffusione capillare nel territorio, ha costituito una vera rivoluzione nelle abitudini degli italiani, e la riduzione dei consumi energetici nel settore del riscaldamento, conseguentemente al massiccio impiego di isolamenti termici nelle nuove costruzioni ed in quelle oggetto di ristrutturazione. Va inoltre segnalato che in campo ambientale è emersa la necessità di ridurre l'emissione di gas serra per la protezione del clima e dell'ambiente, imperativo che è subentrato al temuto esaurimento delle risorse naturali, che ora non sembra più incombente.

In questo contesto si possono inquadrare le iniziative intraprese, anche nel settore edilizio, a livello comunitario ed internazionale per il conseguimento dell'obiettivo universalmente riconosciuto prioritario: lo *sviluppo sostenibile*; questa sfida, che dovrebbe portare alla riduzione drastica dei gas serra, appare ai più in visione pessimistica, considerato lo scarso successo finora conseguito dai protocolli internazionali, a partire da quello di Kyoto del 1997, che rivelano quanto sia difficile sul piano pratico raggiungere obiettivi che, a livello di principio, sono universalmente condivisi. In Italia la ratifica del protocollo di Kyoto è avvenuta con la Legge 120/2002, che individua i programmi e le misure da attuare entro il 2008-2012 per rispettare l'obiettivo di riduzione delle emissioni dei gas serra per il nostro Paese: ebbene mentre ci si propone una riduzione del 6,5%, rispetto al 1990, si deve constatare che l'emissioni sono invece aumentate e si prevede che al 2010 raggiungeranno 580 Mt, ben 93 Mt in più rispetto a quelle previste. Una risposta sempre più positiva può derivare dal controllo dei notevoli consumi energetici per la climatizzazione degli edifici, che rappresentano attualmente ancora circa il 40% dei consumi complessivi: è quindi evidente che, efficaci interventi sul patrimonio edilizio (riduzione delle dispersioni termiche, incremento dell'efficienza degli impianti, promozione della progettazione bioclimatica, controllo dei carichi termici estivi, introduzione della certificazione energetica degli edifici, ecc.), possono portare a significative riduzioni delle emissioni in questione.

2. L'EVOLUZIONE TECNOLOGICO- NORMATIVA NEL SETTORE EDILIZIO: LA SITUAZIONE ITALIANA

Appare interessante seguire gli sviluppi della normativa italiana poiché essi sintetizzano i successi e gli insuccessi di questi anni e, soprattutto, consentono di intravedere i possibili futuri scenari. In Italia il corpo normativo inerente il risparmio energetico e la salvaguardia dell'ambiente inizia a prendere forma già dagli anni '60 con la Legge 615/66, cui seguirà la legge 373/76, operante fino al 1991, anno d'emanazione della Legge n.10, di maggiore respiro ed ambizioni, che sostanzialmente ha fallito alcuni dei suoi obiettivi principali, sia per la mancata emanazione di fondamentali decreti attuativi, sia per la sostanziale mancanza di controlli effettivi.

2.1 La riduzione delle dispersioni termiche: dal controllo di potenza alla limitazione dei consumi

La Legge 373/76 sostanzialmente limitava la potenza termica degli impianti definendo un livello minimo d'isolamento termico degli edifici ed imponendo la verifica di parametri legati alle dispersioni termiche per trasmissione (coefficiente volumico di dispersione termica C_d in

W/m³°C) ed alla località climatica: la conseguenza maggiormente positiva è stata l'introduzione su vasta scala dei materiali isolanti, resa possibile anche dalle tecniche costruttive già consolidate in quegli anni, costituite da una ossatura portante in travi e pilastri di c.a. e da tamponamenti in forati con intercapedine d'aria. Anche gli infissi sono stati quasi tutti muniti di doppi vetri uniti al perimetro, e dotati di guarnizioni di tenuta per evitare infiltrazioni d'aria.

Nel gennaio 1991 fu emanata la Legge n.10 che porta notevoli innovazioni alla filosofia su cui si basa il risparmio energetico: limitare, oltre alla potenza degli impianti (verifica del Cd), anche i consumi tenendo conto degli apporti gratuiti interni e solari, dei recuperi di energia e delle caratteristiche di inerzia dell'involucro (verifica del FEN, Fabbisogno Energetico Normalizzato), incrementando nel contempo l'efficienza delle trasformazioni energetiche (verifica del rendimento globale medio stagionale η_g degli impianti).

In pratica si tratta di calcolare l'energia primaria Q (combustibile + elettricità) richiesta dall'edificio per mantenere al suo interno le condizioni di temperatura prefissate, e attuare le conseguenti verifiche di legge sul sistema edificio-impianto, visto come un insieme di parti tra loro correlate funzionalmente. A partire dal 1993, anno di emanazione del DPR n. 412, in attuazione dell'art.4 comma 4 della legge suddetta, il tecnico si trova tuttavia ad operare in una condizione ai limiti del paradosso: a fronte di nuove e più complesse verifiche richieste, si continuano a trascurare i fattori ambientali e tipologici (art. 4 comma 1 e 2), e gli strumenti incentivanti soluzioni progettuali energeticamente più efficaci (certificazione energetica, art. 30) mentre nel contempo pervicacemente si disattendono le funzioni di controllo.

In questa situazione, le principali innovazioni che il progettista può cogliere in merito alle relazioni tra impianti e involucro dell'edificio riguardano l'uso degli apporti energetici gratuiti (principalmente l'energia solare attraverso i componenti opachi Q_{se} e trasparenti Q_{si} , e gli apporti interni Q_i) e dell'inerzia termica dei componenti (capacità termica areica C e costante di tempo termica dell'edificio t_c), attraverso i quali si può ridurre le dispersioni Q_L e conseguentemente l'energia fornita dall'impianto Q_h (v. figura 1), mentre rimane confermata l'importanza fondamentale dei componenti con bassi valori di trasmittanza U (W/m²K), espressa dal coefficiente di dispersione termica globale dell'edificio H_k (Cellai & Casadidio, 1998).

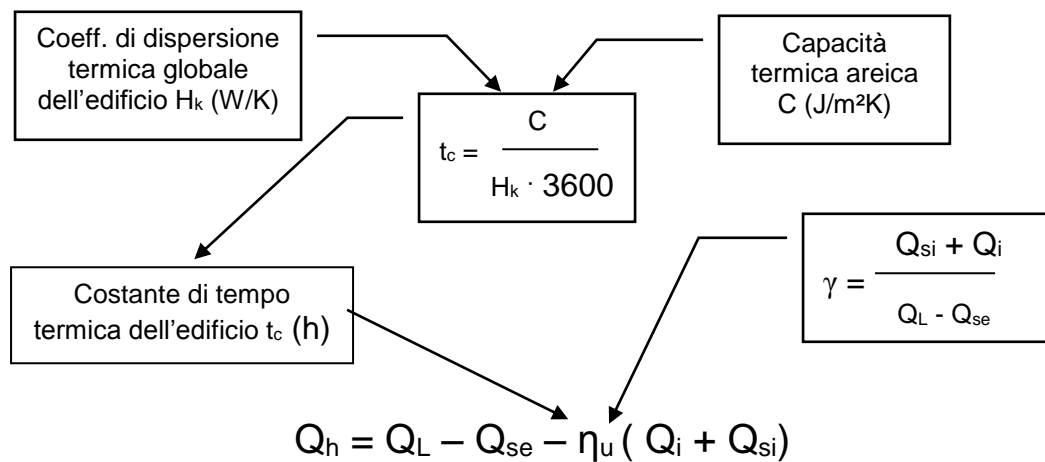


Figura 1 - Relazioni intercorrenti tra i vari parametri per il calcolo di Q_h e del fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti η_u

Per quanto attiene la conduzione e la gestione degli impianti, il DPR 412/93 ed il successivo DPR 551/99 hanno stabilito un principio fondamentale: la necessità di assicurare una

contabilizzazione effettiva dei consumi per ciascun alloggio anche per gli impianti centralizzati; inoltre i Decreti stabiliscono che siano assicurati rendimenti minimi di produzione per i generatori nel caso di loro sostituzione, e di rendimenti minimi globali medi stagionali, cui concorrono, oltre alla produzione, i sistemi di distribuzione controllo ed emissione. In pratica il rendimento del sistema impiantistico è legato al rapporto tra energia utile fornita all'edificio Q_n e l'energia primaria Q consumata, rapporto che deve essere superiore ad un valore minimo η_{glim} , a sua volta legato alla potenza termica utile nominale dell'impianto P_n (kW) tramite la seguente relazione: $\eta_{glim} = (65 + 3 \log P_n)$. Ad esempio, per un appartamento medio (80-90m²) normalmente isolato, si può assumere un valore di P_n pari a circa 22 kW, pertanto $\eta_{glim} = 69\%$, valore questo che per essere soddisfatto porta a dover prevedere soluzioni impiantistiche con rendimenti medi assai elevati, superiori al 90%. In definitiva, un miglioramento delle prestazioni del sistema, dalla produzione all'utilizzo dell'energia termica, ha come diretta conseguenza il contenimento dei consumi con conseguente riduzione dell'inquinamento dell'aria.

Per quanto attiene alla certificazione energetica, essa verrà introdotta dalla Direttiva Europea 2002/91/CE sul rendimento energetico degli edifici, che fissa standard di efficienza riferiti a tutti i componenti responsabili dei consumi. La Direttiva contiene anche indicazioni interessanti in materia di rendimento energetico integrato (metodologia per il calcolo, requisiti minimi) nonché di controllo delle prestazioni dei sistemi impiantistici dell'edificio prevedendo, con uno studio di fattibilità, l'uso di sistemi innovativi (solare, fotovoltaico, eolico, teleriscaldamento, cogenerazione, pompe di calore, ecc.).

In sintesi, ogni edificio dovrà essere dotato di un attestato di certificazione energetica che, in fase di costruzione, compravendita o locazione, venga messo a disposizione del proprietario, del futuro acquirente o del locatario, a dimostrazione di una maggiore qualità costruttiva ed ambientale dell'edificio.

L'attenzione verso l'uso consapevole delle risorse energetiche e del rispetto dell'ambiente si è concretizzata anche in iniziative locali, come ad esempio il Certificato CasaClima promulgato dalla Provincia Autonoma di Bolzano, in cui sono stabiliti valori massimi di consumo energetico ben al di sotto di quelli consentiti dalla legislazione nazionale, e gli sconti sugli oneri di urbanizzazione promossi da alcuni Comuni nei confronti degli interventi di architettura bioclimatica.

3 LE PRESTAZIONI DEL SISTEMA EDIFICIO-IMPIANTO

Storicamente si è assistito ad una progressiva indipendenza tra sviluppo delle tecnologie costruttive e impianti degli edifici: si osserva, infatti, come il passaggio da strutture caratterizzate da murature pesanti ad elevata capacità termica ad edifici a struttura intelaiata con tamponamenti "leggeri" poco isolati, abbia comportato una sempre maggiore autonomia e complessità dell'impianto e dei sistemi di controllo del microclima, chiamati a rimediare agli errori progettuali. Solo di recente si è reintrodotta il concetto d'integrazione fra i sistemi impiantistici e l'edificio, il cui progetto deve essere sviluppato tenendo conto dei fattori ambientali e tipologici, e dove l'involucro si riappropria della primaria funzione protettiva dal clima, mentre nel contempo l'impianto è chiamato a svolgere una funzione di supporto e di regolazione dei flussi energetici.

In tale contesto, l'impianto deve necessariamente essere integrato con l'edificio, poiché questo avrà fabbisogni energetici sempre più contenuti, che pertanto possono essere soddisfatti con tipologie impiantistiche non tradizionali utilizzando anche energie alternative.

3.1 L'involucro

Dalla caverna, alla capanna fino ad arrivare alle più massicce murature dell'800, l'involucro edilizio ha avuto il ruolo fondamentale di dividere lo spazio abitato da quello esterno,

proteggendolo dalle avversità del clima, essendo contemporaneamente elemento statico portante.

Con la rivoluzione industriale e l'avvento dell'architettura moderna, l'involucro edilizio rinuncia progressivamente a tale funzione, diventando "facciata libera" così come la definisce nel 1926 Le Corbusier nei cinque punti della nuova architettura: la funzione statica è assolta dalla struttura intelaiata in c.a., chiusa da tamponamenti leggeri, sempre più trasparenti (aumento delle superfici finestrate), che perdono gran parte della funzione di regolazione dei flussi termici, affidata, quindi, pressoché totalmente all'impianto. Anche la ventilazione naturale degli alloggi subisce una penalizzazione, con una drastica riduzione dei ricambi d'aria che ha comportato la comparsa di condensazioni e muffe in corrispondenza dei ponti termici (tipici delle strutture intelaiate) (D'Ambrosio & Raffellini, 2002), oltre che all'aumento della concentrazione di molte sostanze inquinanti (prodotti della combustione, VOC, bioeffluenti, ecc.).

Dopo la crisi petrolifera dei primi anni settanta si intensificano le ricerche nel campo dell'architettura bioclimatica e dello sfruttamento delle energie rinnovabili, con la conseguente rivalutazione dell'involucro edilizio ai fini dell'isolamento termico e del contenimento delle dispersioni energetiche, oltre che elemento essenziale per la ventilazione (Alfano, Raffellini & Masoero, 2001). Si assiste ad una ulteriore evoluzione termica dell'involucro (isolamento a cappotto), mentre alle pareti a cassetta con isolante interposto si preferisce l'uso di murature a blocchi ad isolamento termico diffuso (laterizi alleggeriti in pasta o blocchi a matrice di argilla espansa), talora anche con funzione portante, fino ad arrivare agli involucri superisolati tipici degli edifici passivi.

Si diffondono, inoltre, tipologie di pareti del tutto innovative, dotate di una propria autonoma funzionalità energetica (Institute du Monde Arabe a Parigi di Jean Nouvel, 1987), le facciate a schermo avanzato, anche ventilate (anche con funzione di pretrattamento dell'aria), e le pareti integrate con pannelli solari e/o fotovoltaici (Accademia dell'Emscher Park – Herne – Sodingen di Françoise Jourda e Gilles Perraudin, 1992-1999).

Negli ultimi trent'anni l'involucro edilizio è quindi progressivamente divenuto componente a tecnologia avanzata "dinamica", che è in grado di mutare "automaticamente" le proprie prestazioni al mutare delle situazioni ambientali, ed "attiva" poiché contiene dispositivi impiantistici. Le recenti tendenze degli anni novanta sono caratterizzate da un involucro ibrido, dove le tecnologie edilizie e le tecnologie impiantistiche diventano fra loro complementari, e ricco di sistemi di regolazione e controllo, come avviene in molti edifici per uffici ed in numerosi plessi scolastici del nord Europa (Carletti & Scurpi, 2001).

A titolo d'esempio si possono citare gli edifici del *Building Research Establishment* a Garston, gli edifici realizzati nei pressi di Bruxelles per gli uffici della compagnia di distribuzione dell'energia elettrica e del gas *Interkommunale Voor Energie* (IVEG) e l'edificio realizzato per il personale del *Belgian Building Research Institute*. Fra gli edifici scolastici particolarmente interessanti sono il *Queens Building*, un edificio della De Montfort University realizzato a Leicester, la *Mediå School* in Norvegia e la *Tånga School* in Svezia.

3.2 Gli impianti di climatizzazione

Nel secondo dopoguerra si assiste ad una rapida evoluzione degli impianti: nasce la produzione centralizzata del calore e diventa uno standard l'impianto di riscaldamento a radiatori alimentati in colonna, mentre l'uso alternativo del riscaldamento radiante, definito e sperimentato fino dagli anni '20 e diffusosi al nord per tutti gli anni '50, viene nel nostro paese di fatto abbandonato a causa di difetti di progettazione ed esecuzione.

A seguito della crisi energetica degli anni '70 e dello sviluppo di tecniche per lo sfruttamento delle energie rinnovabili, tali sistemi sono stati recentemente rivalutati in quanto alimentati a bassa temperatura e pertanto integrabili con pannelli solari, pompe di calore, caldaie a condensazione. I pannelli radianti, così come i ventilconvettori, risultano poi particolarmente

interessanti per la possibilità d'uso anche per il raffrescamento estivo. Ad una massiccia diffusione degli impianti di tipo centralizzato, seguono, grazie anche alla metanizzazione del territorio ed all'evoluzione normativa, le soluzioni con impianti automi, oramai irrinunciabili nel mercato edilizio.

In futuro, si cercherà di abbinare i vantaggi della gestione autonoma a quelli della produzione centralizzata del calore (con contabilizzazione individuale dei consumi), tendenza supportata anche a livello normativo (DPR 412 e 551).

La ricerca di livelli di comfort sempre maggiori assieme all'evoluzione delle conoscenze sulle sostanze inquinanti indoor, ha portato ad una notevole evoluzione anche delle strategie di ventilazione degli edifici, che da naturale dovrà necessariamente divenire meccanica (VMC).

Sebbene soltanto oggi i temi della ventilazione (Indoor Air Quality), abbiano assunto un ruolo strategico per la progettazione sostenibile, è possibile rintracciare esempi di architetture in cui tali temi sono stati affrontati in maniera integrata dai progettisti fino a divenire talvolta elementi distintivi del loro linguaggio formale, come ad esempio il Larkin Building di Wright (1904), l'Ambasciata dell'Angola (1959) di Kahn, i camini di ventilazione dell'Unità di Abitazione di Marsiglia (1947) di Le Corbuiser, e della Casa Milà di Gaudì (1906).

L'evoluzione delle strategie di controllo del microclima e dei sistemi impiantistici negli edifici a basso consumo energetico ha visto impegnati anche numerosi progetti di ricerca e sperimentazione; fra questi i progetti europei "Annex 35 HybVent" e "Reshvent" ed il progetto Europeo CEPHEUS (1998), che al fine di verificare la possibilità di adottare il modello di edificio passivo in tutto il territorio europeo, ha visto la costruzione di 14 edifici in cinque paesi.

4 LE PRESTAZIONI DEL SISTEMA EDIFICIO-IMPIANTO NEGLI EDIFICI PASSIVI

La casa passiva, termine che deriva dalla "passivhaus" tedesca, è un edificio in cui i requisiti relativi al comfort termoisolometrico interno sono raggiunti e controllati senza l'ausilio di sistemi di climatizzazione convenzionali (Carletti & Scurpi, 2003). I requisiti energetici di un edificio passivo, stabiliti dal Passivhaus Institut di Darmstadt, consistono in un fabbisogno energetico per riscaldamento non superiore a 15 kWh/m² all'anno; il fabbisogno energetico complessivo (riscaldamento domestico, produzione di acqua calda per usi sanitari, illuminazione ed altri usi domestici) non deve invece superare i 42 kWh/m² all'anno. Gli edifici passivi sono caratterizzati da un involucro edilizio fortemente isolato caratterizzato da elevate prestazioni fisico-tecniche dei singoli componenti, dalla sensibile limitazione dei ponti termici nei collegamenti tra elementi costruttivi diversi e da una elevata tenuta all'aria ($n_{50} \leq 0,6h^{-1}$). L'analisi degli edifici passivi europei e di quelli italiani ha mostrato notevoli differenze per quanto attiene i sistemi costruttivi, a fronte di un sistema impiantistico che, nella sua concezione generale, mantiene pressoché costanti tutti i principali componenti.

4.1 L'involucro: dal contenimento delle dispersioni termiche a quello del rumore

In generale, vi sono diversi principi ispiratori per la realizzazione dell'involucro di un edificio passivo, nel senso che, secondo la cultura costruttiva dominante nel contesto in cui si realizza l'intervento, si possono privilegiare soluzioni d'involucro a forte isolamento termico e ridotta massa (contesti centro e nord europei dove prevale l'impiego di chiusure multistrato leggere, esempi edifici CEPHEUS) oppure di soluzioni a forte massa ed inerzia termica (contesto costruttivo sud Europa e mediterraneo). In Tabella 1 sono confrontate le prestazioni di componenti di facciata per case passive poste nei suddetti contesti (Nardi, 2003).

Si osserva, tuttavia, che l'impiego di soluzioni di chiusura leggere è potenzialmente rischioso anche per le prestazioni acustiche soprattutto alle basse frequenze.

A tale riguardo, si sottolinea che gran parte del rumore proveniente dall'ambiente esterno è caratterizzato proprio da forti componenti a basse frequenze (ad esempio rumore stradale o da

traffico aereo). Le soluzioni d'involucro caratterizzate da elevata massa superficiale, siano esse monostrate o pluristrate ed indipendentemente dai materiali impiegati (laterizio, calcestruzzo, ecc.) garantiscono invece prestazioni acustiche tali da rendere generalmente irrilevante la quantità di energia sonora trasmessa dall'esterno agli ambienti interni. In questi casi diviene invece predominante la quantità d'energia trasmessa dagli infissi e da altri componenti dell'involucro tipicamente caratterizzati da scarsa prestazione acustica (prese d'aria, cassonetti ecc.). I componenti opachi dell'involucro degli edifici passivi costruiti nel nostro paese, realizzati spesso utilizzando muratura a blocchi, combinati con isolamento termico a cappotto, possono essere caratterizzati da valori della trasmittanza estremamente bassi (0,10-0,14 W/m²K), ottenuti con forti spessori degli isolanti termici. Il superisolamento dei componenti opachi, se da un lato assicura una maggiore resistenza termica dell'involucro, dall'altro determina maggiori spessori delle pareti con conseguente riduzione della superficie utile calpestabile; per rispondere a tale problema molte amministrazioni comunali hanno emanato normative che escludono la parte di muratura esterna eccedente i 30 cm di spessore nel calcolo delle superfici utili.

Anche la scelta di componenti finestrati ad elevate prestazioni termoacustiche risulta particolarmente importante. Infatti, tali componenti dovrebbero avere una trasmittanza totale molto più bassa (<0,8 W/m²K) di quella di un normale infisso a doppio vetro (>2,5 W/m²K).

Le tipologie di vetri più utilizzate sono quelle costituite da tre lastre di vetro termico con interposto un gas avente migliori prestazioni termiche rispetto all'aria (argon, kripton o xenon): la trasmittanza di questi vetri è all'incirca di 0,6 W/m²K. Per quanto riguarda l'Italia, le tipologie più utilizzate sono in legno coibentato abbinati a vetri a tre lastre con interposto gas kripton caratterizzati da una trasmittanza totale variabile tra 0,70 e 0,9 W/m²K.

Inoltre, la necessità di contenere al massimo le dispersioni termiche, impone l'uso di telai aventi un'ottima tenuta all'aria, parametro questo di primaria importanza anche per quanto riguarda la prestazione acustica degli infissi. Infatti, la presenza di infiltrazioni riduce drasticamente il potere fonoisolante di un infisso soprattutto alle alte frequenze, provocando una penalizzazione del potere fonoisolante (figura 2).

Tabella 1 – Comparazione fra le prestazioni di un involucro tradizionale e di alcuni tipici di edifici passivi italiani e del nord Europa

Involucro	Descrizione (dall'interno all'esterno)	Spessore totale (cm)	Trasmittanza U (W/m ² K)
Muratura a cassetta	Intonaco interno, laterizio alleggerito in pasta, isolante, laterizio semipieno, intonaco esterno	32	0,55
Edificio passivo, Italia (1) I _e = 11 kWh/m ² a	Pannello in c.a., calce espansa, pannello in c.a.	54	0,13
	Intonaco di calce, pannello in cartongesso, fiocchi di cellulosa, pannelli OSB, lana di vetro, collettore solare	31+collettore	0,18
Edificio passivo, Italia (2) I _e = 13 kWh/m ² a	Intonaco, laterizio alleggerito in pasta, sughero nero, intonaco al silicato	58	0,11
Edificio passivo, Italia (3) I _e = 12 kWh/m ² a	Intonaco, laterizio, calce espansa, Intonaco al silicato	55	0,10
Edificio passivo, Austria I _e = 14 kWh/m ² a	Pannello fibre gesso, lana di roccia, barriera al vapore, pannello OSB, lana di roccia, pannello MDF, camera d'aria, rivestimento larice	45	0,12
I _e = Indice energetico dell'edificio (fabbisogno annuale di energia utile per riscaldamento dell'edificio diviso per la superficie netta riscaldata)			

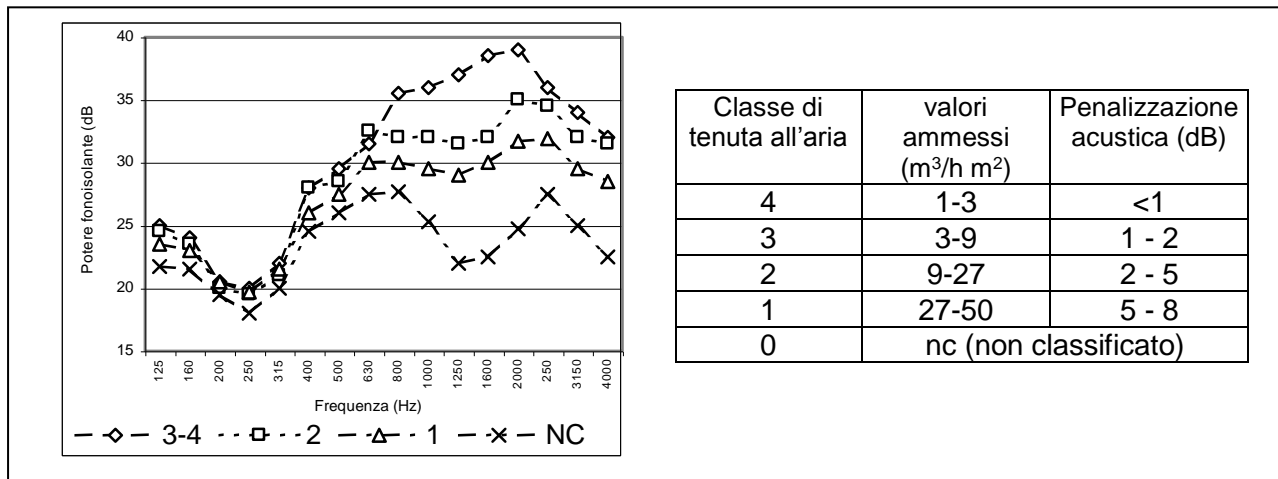


Figura 2 - Riduzione del potere fonoisolante di un infisso al variare della classe di tenuta all'aria (UNI EN 12207) in frequenza e come indice di valutazione

I vetrocamera a intercapedine semplice sono caratterizzati da scarse prestazioni acustiche in conseguenza del fenomeno di risonanza determinato dal ridotto spessore dell'intercapedine.

Il doppio vetro, infatti, si comporta, nei confronti delle onde sonore incidenti, come un sistema meccanico costituito da due masse (i vetri) accoppiate da una molla (l'intercapedine).

Per valori della massa e dello spessore dell'intercapedine dei comuni vetrocamera, si ricava che la frequenza di risonanza cade intorno ai 200 Hz, ciò spiega la cattiva prestazione acustica di tali sistemi al confronto con altri tipi di soluzioni. Le vetrate a doppia intercapedine, invece, soprattutto se con spessori dei vetri e delle intercapedini diversificati, garantiscono prestazioni acustiche buone (dell'ordine dei 38-40 dB), se montati su telai con tenuta all'aria elevata. La soluzione migliore, nel rispetto delle esigenze di contenimento delle dispersioni termiche e di isolamento acustico, è comunque quella di impiegare due infissi separati da una intercapedine di almeno 15 cm di spessore, in tal caso si può ottenere un potere fonoisolante maggiore di 50 dB.

4.2 Gli impianti

Un edificio passivo è concepito senza un sistema tradizionale di riscaldamento: il sistema di ventilazione meccanica controllata (VMC), dotato di recuperatori di calore ad altissima efficienza, assolve sia la funzione di controllo del microclima interno sia alla ventilazione degli ambienti.

L'impianto VMC degli edifici passivi italiani, è tipicamente composto dai seguenti elementi principali: presa d'aria esterna (PAE), scambiatore interrato, ventilatore, sezione di trattamento e filtrazione, condotte di distribuzione dell'aria, terminali di immissione ed estrazione dell'aria trattata (figura 3).

L'aria, prelevata dalla PAE, passa all'interno dello scambiatore interrato (alla profondità di circa 1,2-1,5 m) realizzato in tubi in polipropilene con superficie corrugata per aumentare lo scambio termico. Lo scambiatore, di lunghezza media pari a 25-40 m, presenta una pendenza del 2% circa per lo scarico dell'eventuale condensa nel sifone ispezionabile. La sezione di trattamento è costituita da un recuperatore di calore dell'aria esausta (altissima efficienza), e da una batteria di scambio termico alimentata da una pompa di calore che entra in funzione per il post trattamento quando necessario (Potenza = 400 -1200 W; COP=2,5-3,5). Il sistema, in alternativa alla pompa di calore, può prevedere l'uso di caldaie a pellets, pannelli solari,

collegamento al teleriscaldamento cittadino, ecc. L'immissione e l'estrazione dell'aria opportunamente filtrata avviene a mezzo di bocchette posizionate a parete o a soffitto.

Senza entrare nel merito dei requisiti di silenziosità che devono essere posseduti da tutti i citati componenti dell'impianto di ventilazione è opportuno evidenziare alcune problematiche che possono risultare importanti per lo studio del comfort acustico in edifici dove i ricambi d'aria siano totalmente assicurati da sistemi controllati meccanicamente oppure da sistemi di ventilazione ibrida. Negli edifici passivi l'involucro edilizio è pressoché impermeabile alle infiltrazioni d'aria e la ventilazione è di tipo meccanico. Nel caso in cui l'immissione avvenga dalle pareti esterne degli ambienti principali e l'estrazione sia centralizzata da vani di servizio, sia le prese d'aria esterne che le porte di comunicazione tra i vari ambienti devono presentare griglie di transito che garantiscano il passaggio dell'aria e che costituiscono, dal punto di vista acustico, una forte penalizzazione per le prestazioni delle partizioni (Cellai & Secchi, 2001). È necessario pertanto che tali dispositivi siano resi insonorizzati mediante condotti a "collo d'oca" con l'aggiunta di materiali fonoassorbenti.

Nel caso di edifici con ventilazione ibrida, ad esempio con estrazione centralizzata ed immissione attraverso bocchette poste in facciata, al problema suddetto si aggiunge quello della prestazione fonoisolante delle prese d'aria di facciata, che devono essere opportunamente studiate dal punto di vista dell'attenuazione acustica. Una soluzione interessante è l'abbinamento delle prese d'aria con scambiatore di calore che può costituire anche l'elemento d'attenuazione del rumore (Edificio Bang & Olufsen, Struer, Denmark; edificio scolastico a Falkenberg, Sweden).

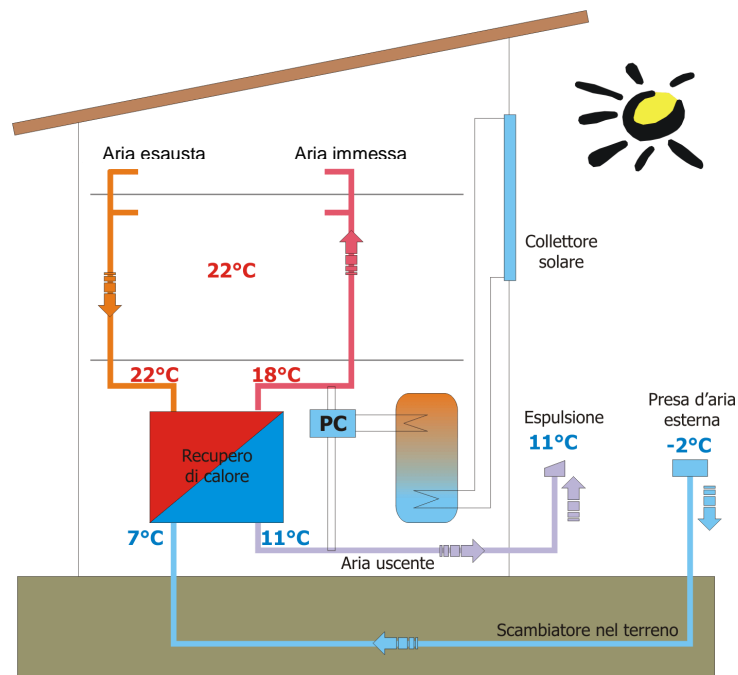


Figura 3 - Schema di funzionamento di un impianto di ventilazione con recupero calore e scambiatore interrato (disegno G. Gantioler)

5 CONCLUSIONI

In Italia, per il solo riscaldamento, un edificio di vecchia costruzione consuma ogni anno circa 250 kWh/m², mentre un edificio costruito dopo l'entrata in vigore della Legge 10/91

consuma mediamente circa 150 kWh/m²: tale consumo, negli edifici passivi, è estremamente ridotto, arrivando a valori di circa 15 kWh/m².

La filosofia progettuale alla base di questi edifici rimanda ai valori tradizionali di una corretta progettazione: tener conto dei fattori ambientali e tipologici, assicurare il contenimento dei consumi energetici con un elevato isolamento e soprattutto con l'integrazione degli impianti di climatizzazione, che dovranno assicurare il benessere termico sia in regime invernale che estivo, controllando, in abbinamento con opportuni sistemi di schermatura, il surriscaldamento interno.

Per quanto attiene l'involucro, si rileva come la tendenza evolutiva della casa passiva sia quella di adottare sistemi costruttivi più pesanti ad elevata inerzia termica che meglio si adattino a contesti climatici mediterranei.

Considerato il ruolo svolto dal sistema VMC, sarà preferibile utilizzare nell'edificio materiali e finiture basso emissive, adottare opportuni sistemi di filtrazione dell'aria e soprattutto assicurare la facile gestione e l'accesso alle parti dell'impianto che necessitano di manutenzione igienica (scambiatore interrato e condotte aeree di distribuzione dell'aria).

Infine, si sottolinea come dovranno essere attentamente verificate le prestazioni dell'involucro per garantire anche le prestazioni d'isolamento acustico richieste dalla legislazione vigente: in particolare non si dovranno trascurare gli elementi acusticamente critici, quali le prese d'aria ed i serramenti, valutando anche l'opportunità di installare un doppio infisso al posto dei tripli vetri.

BIBLIOGRAFIA

Kreith, F. & Kreider, J.F., 1978, Principles of solar engineering, ed. McGraw-Hill Book Company, Washington, USA.

Cellai, G. & Casadidio, M., 1998, Progettare con la legge 10/91, ed. Carocci, Roma

D'Ambrosio, F.R. & Raffellini, G., 2002, Patologie edilizie da insufficiente ricambio d'aria, Atti del Convegno AICARR "Sistemi e impianti per il controllo della qualità dell'aria e dell'umidità", pp.67-90.

Alfano, G., Raffellini, G. & Masoero, M., 2001, La ventilazione naturale e controllata attraverso gli elementi di involucro, in Atti del Convegno AICARR "Progettare l'involucro edilizio: correlazioni tra il sistema edificio e i sistemi impiantistici", pp.75-94.

Carletti C., Scurpi F., 2003, "Dalle case a basso consumo energetico alle case passive", 58° Congresso ATI, Padova

Krapmeier Drossler, "Cepheus, lining comfort without heating", Springer Wien New York

Nardi F., 2003, "Dalle case a basso consumo energetico alle case passive: stato dell'arte e analisi di alcuni edifici in Trentino Alto Adige", (Tesi di Laurea-Università di Firenze) relatore: prof.ssa Carletti C., correlatori: prof. Raffellini G., prof. Scurpi F., Gantioler G.

Carletti C., Scurpi F., 2001, Conformità delle prestazioni del sistema edificio-impianto di edifici scolastici sulla base di requisiti di sostenibilità ambientale, in Atti del Convegno AICARR "Progettare l'involucro edilizio: correlazioni tra il sistema edificio e i sistemi impiantistici", pp.331-341.

Cellai, G. & Secchi, S., Ventilazione e protezione acustica di facciata degli ambienti: requisiti e soluzioni progettuali, in Atti del Convegno AICARR "Progettare l'involucro edilizio: correlazioni tra il sistema edificio e i sistemi impiantistici", pp.219-228.