



INGEGNERI

nuove tecnologie • materiali • sistemi • processi



N. 12 Dicembre 2010 - Anno II - mensile - Abbonamento 44,00 euro - Poste Italiane Spa - Spedizione in A.P. - d.l. 353/2003 (conv. in l. 27/02/2004 n. 46) art. 1 c. 1, DCB Milano

> Certificazione	> Isolamento termoacustico	> Ingegneria e diritto	MAGGIOLI EDITORE
Nuove responsabilità nella certificazione ambientale e di qualità di E. Montemarano a pag. 4	Pannelli isolanti sottovuoto di P. Manini a pag. 10	Compenso per la progettazione di opera irrealizzabile di E. Viganò a pag. 14	

> EDITORIALE

Il tetto che scotta Attenzioni urbanistico-progettuali per il clima urbano

di Fulvio Re Cecconi

Seconda stella a destra questo è il cammino e poi dritto fino al mattino non ti puoi sbagliare perché quella è l'isola che non c'è... Edoardo Bennato - L'isola che non c'è

Tra le conseguenze dell'intervento antropico sull'ambiente naturale una delle più caratteristiche è la presenza di un'anomalia di temperatura nel contesto urbano chiamata "isola di calore", fenomeno per la prima volta identificato nel 1810 da Luke Howard per la città di Londra. Una città mostra spesso valori di temperatura superiori rispetto all'ambiente circostante non edificato, questa differenza può essere rilevante in presenza di determinate condizioni meteo (alta pressione e assenza di vento). Durante il giorno la differenza di temperatura è apprezzabile poiché l'ambiente urbano inizia a raffreddarsi in ritardo rispetto a quello circostante e più lentamente a causa del calore accumulato dal costruito. Si osserva che mentre il riscaldamento globale, che provoca/provocherebbe (?) un aumento delle temperature medie di 0.5-0.6 °C in un secolo, nello stesso periodo l'effetto delle grandi realtà urbane è stato in molti casi superiore. Ad esempio, la città di Milano in 158 anni ha manifestato un aumento complessivo della temperatura dell'aria al suolo di 2.54 °C per la massima e di 0.88 °C per la minima (?). Ancora di più: alcune fonti attribuiscono a un'adeguata preparazione alle alte temperature urbane oltre 35.000 morti in Europa durante l'ondata di calore del 2003.

Le ricerche sull'isola di calore fanno riferimento a uno schema della struttura dell'atmosfera suddiviso in strati. Semplificando: al di sopra della città, lo strato d'aria entro il quale si può considerare vi sia un'influenza da parte della superficie urbana sul flusso e sulle caratteristiche dell'atmosfera, è definito come "boundary layer" (strato limite urbano). Questo delimita una "cupola", che può risultare deformata nel senso delle correnti aeree (spingendosi sottovento verso la campagna). Tornando al costruito, in un giorno caldo e soleggiato, le temperature superficiali di tetti e pavimentazioni esterne in città possono essere maggiori rispetto alla temperatura dell'aria di

27-50 °C, mentre le superfici ombreggiate e/o umide delle zone rurali permangono più o meno alla temperatura dell'aria. Questo porta a temperature dell'aria che, in particolare dopo il tramonto, permangono più alte rispetto alle zone circostanti meno popolate con ovvie conseguenze: aumento dei consumi energetici e delle emissioni inquinanti e dei gas a effetto serra; diminuzione del comfort e conseguenze sulla salute umana; minore qualità dell'acqua.

Le temperature elevate in città portano a un aumento dei consumi per il riscaldamento. In America, ricerche hanno dimostrato che per un aumento di 1 °F (0.6 °C) a partire dai 68 °F (20 °C) della temperatura dell'aria porta a un incremento dei consumi energetici per il riscaldamento del 1.5-2.0% portando gli studiosi a ritenere che una porzione compresa tra il 5% e il 10% delle richieste di elettricità nelle zone urbanizzate siano usate per combattere l'effetto isola di calore. Isola che aumenta anche la domanda di picco, che di solito si ha nei pomeriggi delle giornate lavorative molto soleggiate, portando, in situazioni estreme, a sovraccarichi del sistema elettrico e a blackout.

La maggiore domanda di energia, in particolare elettrica, per il riscaldamento causata dall'effetto isola di calore aumenta anche le emissioni inquinanti prodotte dai generatori di corrente che in Italia, ma non solo, sono principalmente alimentati da combustibili fossili, con una diretta conseguenza anche sulla presenza di gas ad effetto serra nell'atmosfera. Temperature più elevate durante il giorno, minore raffreddamento di notte e livelli maggiori di inquinanti causati dall'isola di calore possono causare spiacevoli conseguenze sul corpo umano. Da un generale discomfort si può passare a difficoltà respiratorie, spossatezza, colpi di calore fino ad arrivare a fenomeni di mortalità legati al calore (?).

La presenza di tetti e parti orizzontali (strade, marciapiedi, parcheggi, piazzali, ...) a temperatura elevata causa, inoltre, l'aumento della temperatura dell'acqua piovana che li colpisce. L'acqua riscaldata, scaricata nel sottosuolo, contribuisce all'aumento della temperatura dell'acqua di torrenti, fiumi, stagni e laghi. La temperatura dell'acqua influenza molti aspetti della vita che in essa si trova, quali il metabolismo e la capacità riproduttiva

di molti organismi acquatici. Un rapido cambiamento del loro ecosistema potrebbe causarne la scomparsa.

Cosa fare per mitigare il fenomeno nei progetti che curiamo? La ricerca ha individuato le seguenti strategie: impiego maggiore della vegetazione; utilizzare coperture fredde e/o a verde; utilizzare pavimenti freddi.

La vegetazione e le piante, utilizzate sia nel progetto come insieme sia nello specifico delle coperture, aiutano a ridurre l'effetto isola di calore mantenendo le temperature superficiali del costruito minori sia attraverso i benefici effetti dell'ombreggiatura, sia grazie all'evaporazione dell'acqua che le piante assorbono dal terreno e riemettono, in forma di vapore, dalle foglie. Ovviamente l'effetto della vegetazione è tanto maggiore quanto più è studiato il loro posizionamento nel progetto. Ad esempio, è dimostrato che l'uso di piante sul lato ovest del progetto è molto efficace se contribuisce a ombreggiare le finestre e parte della copertura.

I tetti verdi, in particolare, oltre ai benefici effetti appena descritti, sono utili poiché la loro temperatura superficiale nei giorni caldi è spesso inferiore a quella dell'aria.

I tetti e i pavimenti freddi sono la traduzione moderna delle case bianche che si incontrano nei paesi mediterranei. Lo studio dell'albedo dei materiali da costruzione ha portato a finiture superficiali che riflettono molta dell'energia termica che ricevono, anche a dispetto del loro colore che spesso è scuro.

Oltre a questi spunti "personali" che ognuno di noi può integrare nei propri progetti, sarebbe auspicabile una progettazione urbanistica più consapevole del problema a livello di Piano di Governo del territorio.

Note

1. La conferenza di Copenaghen ha mostrato che gli scienziati non sono ancora concordi sulla presenza del *global warming* e ancora meno sulle sue eventuali cause.
2. Scienzaonline.net; si confronti anche epa.gov/heatisd/.
3. Il Centers for Disease Control and Prevention americano stima che dal 1979 al 2003 siano morti, per il calore eccessivo, circa 8.000 persone, una cifra maggiore di quelle causate da tornado, terremoti, inondazioni e fulmini messi assieme.



La capitale greca, con la sua isola di calore, ha originato un interessante repertorio di esperienze e risultati di ricerca scientifica sulle isole di calore urbane (da wikipedia.it)

> EFFICIENZA ENERGETICA

Risparmio energetico e sistemi ad attivazione termica della massa TABS - Thermo Active Building System

di Graziano Salvalai*

L'Unione europea, attraverso la nuova direttiva 2010/31/CE entrata in vigore l'8 luglio (in sostituzione della direttiva 2002/91/CE), prescrive a tutti gli Stati membri di studiare e applicare al settore edilizio le strategie possibili al fine di ridurre quasi a zero il consumo energetico degli edifici. L'obiettivo generale da raggiungere consiste nell'abbassamento di almeno il 20% del consumo di energia, dal momento che attualmente gli edifici costituiscono la principale causa della produzione di CO₂ in Europa (40% sui consumi energetici totali). Per ottenere i risultati attesi è necessario utilizzare fonti energetiche rinnovabili, come sistemi fotovoltaici, pompe di calore, strategie passive e tecnologie impiantistiche "low exergy heating/cooling" allo scopo di ridurre l'impatto ambientale e l'uso delle risorse fossili.

È, infatti, scientificamente provato che l'uso di tali tecnologie impiantistiche accoppiate a involucri edilizi performanti, consente una significativa riduzione delle emissioni inquinanti in atmosfera. Un esempio particolarmente interessante, in grande diffusione nella prassi

costruttiva del Nord Europa, è rappresentato dai sistemi ad "attivazione termica della massa" definiti anche come TABS (acronimo di *Thermo Active Building System*). Questi, fanno parte della categoria di impianti denominati LST (*Low temperature Systems*) sistemi cioè in grado di riscaldare e raffreddare gli ambienti sfruttando una piccola differenza di temperatura tra l'aria interna e il fluido termovettore. Questi sono caratterizzati da sistemi in cui i circuiti di riscaldamento o raffreddamento sono installati direttamente all'interno degli elementi costruttivi (soprattutto solai), sfruttano sia la capacità di accumulo termico (massa dei componenti in calcestruzzo), sia le grandi superfici disponibili (tipiche dei solai). Molteplici sono le applicazioni del sistema diversificate a seconda del posizionamento delle tubazioni nel componente edilizio. Per quanto riguarda i solai le applicazioni più diffuse sono riportate nella figura 1 a pagina successiva.

Dal punto di vista fisico-tecnico, grazie allo sfruttamento della massa termica e, nello specifico, attraverso l'effetto di autoregolazione del sistema impiantistico, i picchi di carico

di riscaldamento e raffreddamento sono attenuati e spostati nel tempo. La differenza determinante tra gli impianti di climatizzazione tradizionali e quelli ad attivazione termica della massa consiste nella possibile asincronia tra carico termico e intervento del sistema di raffreddamento: il calore è accumulato nella massa precedentemente raffreddata ed è ceduto lentamente nel tempo. In questo modo si ha una distribuzione del lavoro di raffreddamento su un periodo più lungo e, quindi, una riduzione dei carichi di punta. Inoltre, una parte del calore accumulato è ceduto naturalmente nelle ore notturne, permettendo al componente di "scaricarsi" e di riassorbire calore nelle ore di maggiore occupazione. L'elevata inerzia garantisce la climatizzazione degli edifici, senza rendere necessaria l'alimentazione simultanea dell'impianto radiante e di quello del trattamento aria; questa caratteristica riduce la potenza nominale dell'impianto e le spese di gestione. Di conseguenza possono essere raggiunti ottimi risultati in termini di risparmio energetico e riduzione dei costi per l'installazione degli impianti di riscaldamento/raffreddamento.

> segue a pag. 2



HOBAS® Make things happen.

Tubi centrifugati HOBAS®: l'eccellenza



Direttore responsabile
 Paolo Maggioli

Direttore
 Fulvio Re Cecconi
 BEST - Politecnico di Milano
 ingegneri@maggioli.it

Comitato scientifico

 Jean-Luc Chevalier, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment - Grenoble
 Julien Chorier, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment - Grenoble
 Bruno Daniotti, Politecnico di Milano
 Mario De Grassi, Università Politecnica delle Marche - Ancona
 Julien Hans, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment - Grenoble
 Pietro Natale Maggi, Politecnico di Milano

 Berardo Naticchia, Università Politecnica delle Marche - Ancona
 Fabrizio Rigamonti, Pizzarotti s.p.a. - Parma

 Piero Torretta, Associazione Nazionale Costruttori Edili - Roma
 Nadja Zöbisch, DLA Piper Italy, Milan

Responsabile editoriale
 Paola Fontana
 pfontana@maggioli.it

Coordinatione redazionale
 Mauro Ferrarini
 mferrarini@maggioli.it

Redazione
 Paola Cerchione, Giacomo Sacchetti
 Via Del Carpino 8,
 47822 Santarcangelo di Romagna (Rn)
 tel. 0541 628111 - fax 0541 622020

Hanno collaborato a questo numero
 Antonini M., Atecap, Bravo
 L., Cantini A., De Angelis
 E., Mainini A. G., Manini P.,
 Montemarano E., Saibeni M.,
 Salvai G., Viganò E., Virgilio G.

Tutti i diritti riservati

È vietata la riproduzione, anche parziale, del materiale pubblicato senza autorizzazione dell'Editore. Le opinioni espresse negli articoli appartengono ai singoli autori, dei quali si rispetta la libertà di giudizio, lasciandoli responsabili dei loro scritti. L'autore garantisce la paternità dei contenuti inviati all'Editore manlevando quest'ultimo da ogni eventuale richiesta di risarcimento danni proveniente da terzi che dovessero rivendicare diritti su tali contenuti.

Direzione amministrazione e diffusione

 Maggioli s.p.a. Divisione Editoria
 Maggioli Editore è un marchio Maggioli s.p.a. presso c.p.o. Rimini
 Via Coriano, 58 - 47924 Rimini
 tel. 0541 628111 - fax 0541 622100

Servizio Abbonamenti
 tel. 0541 628200 - fax 0541 624457
 e-mail: abbonamenti@maggioli.it
 www.periodicimaggioli.it

Pubblicità
 Publimaggioli - Concessionaria di Pubblicità per Maggioli s.p.a.
 Via Del Carpino, 8 - 47822 Santarcangelo di Romagna (Rn)
 tel. 0541 628439 - fax 0541 624887
 e-mail: publimaggioli@maggioli.it
 www.publimaggioli.it

Filiali
MILANO
 Via F. Albani, 21 - 20149 Milano
 tel. 02 48545811 - fax 02 48517108

BOLOGNA
 Via Volto Santo, 6 - 40123 Bologna
 tel. 051 229439 - 228676
 fax 051 262036

ROMA
 Via Voltorno, 2C - 00185 Roma
 tel. 06 5896600 - 58301292
 fax 06 5882342

NAPOLI
 Via A. Diaz, 8 - 80134 Napoli
 tel. 081 5522271 - fax 081 5516578

Registrazione
 Presso il Tribunale di Rimini
 del 29/2008 al n.18

Maggioli s.p.a.
 Azienda con Sistema Qualità certificato ISO 9001:2000 Iscritta al registro operatori della comunicazione.

Stampa
 Roto3 Industria Grafica s.p.a.
 Castano Primo, Milano

Condizioni di abbonamento 2010

Il prezzo di abbonamento è di euro 44,00. Il prezzo di una copia della rivista è di euro 6,00. Il prezzo di una copia arretrata è di euro 7,00. I prezzi sopra indicati si intendono IVA inclusa. Il pagamento dell'abbonamento deve essere effettuato con bollettino di c.c.p. n. 31666589 intestato a Maggioli s.p.a. - Periodici - Via Del Carpino, 8 - 47822 Santarcangelo di Romagna (Rn). L'abbonamento decorre dal 1° gennaio con diritto di ricevimento dei fascicoli arretrati e avrà validità per un anno. La Casa Editrice comunque, al fine di garantire la continuità del servizio, in mancanza di esplicita revoca, da comunicarsi in forma scritta entro il trimestre seguente alla scadenza dell'abbonamento, si riserva di inviare il periodico anche per il periodo successivo. La disdetta non è comunque valida se l'abbonato non è in regola con i pagamenti. Il rifiuto o la restituzione dei fascicoli della rivista non costituiscono disdetta dell'abbonamento a nessun effetto. I fascicoli non pervenuti possono essere richiesti dall'abbonato non oltre 20 giorni dopo la ricezione del numero successivo.

Avviso ai lettori

Questa pubblicazione è stata inviata su richiesta del destinatario o su indicazione di terzi, tramite abbonamento postale. L'indirizzo fa parte della banca dati di Maggioli s.p.a. e potrà essere utilizzato per comunicati tecnici o promozionali. Ai sensi della legge 675/96, è diritto del destinatario chiedere la cessazione dell'invio e la cancellazione dei dati in nostro possesso. Qualora non desideriate ricevere gratuitamente Ingegneri, siete pregati di inviarne comunicazione al servizio clienti.

Applicazioni pratiche dei concetti di attivazione termica della massa in condizioni climatiche "europee" hanno dimostrato come siano possibili dei risparmi energetici fino al 40% in confronto a edifici climatizzati tradizionalmente di pari dimensioni. Lo sfasamento dei carichi di picco, inoltre, consente il funzionamento dell'impianto durante le ore di non occupazione e, soprattutto, nel periodo notturno in cui i prezzi dell'elettricità sono più bassi. Un ulteriore vantaggio dell'attivazione termica della massa è dovuta al fatto che la temperatura del fluido termovettore può essere vicina alla temperatura della zona da climatizzare (normalmente da 16-20 °C in riscaldamento a 26-28 °C in riscaldamento).

La possibilità di ottenere buone rese termiche, utilizzando una temperatura del fluido alta in estate e bassa in inverno permette l'impiego di diverse fonti di calore rinnovabili. Nel caso di riscaldamento, l'acqua può essere raffreddata tramite scambiatori a secco che sfruttano l'aria fredda notturna oppure attraverso l'utilizzo di pompe di calore sia ad aria che geotermiche con scambiatori di calore verticali in grado di sfruttare la temperatura del terreno o dell'acqua di falda (figura 2).

Requisiti costruttivi e limitazioni

Al fine di ottenere un effettivo accumulo termico e un corretto processo di rilascio del calore, lo scambio termico superficiale, funzione del coefficiente di scambio termico convettivo, deve essere sufficientemente elevato. In generale è difficile migliorare significativamente lo scambio termico convettivo, senza l'uso di ventilazione meccanica; ne consegue che, indipendentemente dal tipo di attivazione termica della massa,

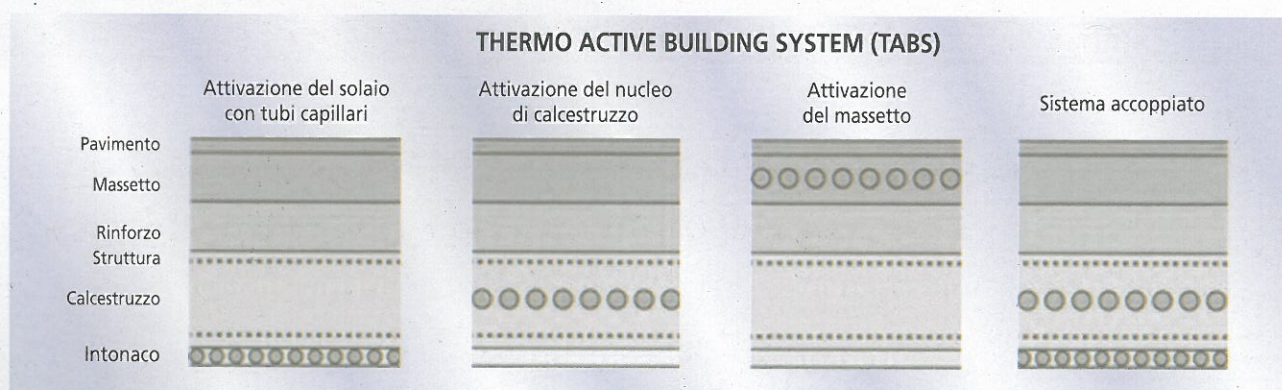


Figura 1 - Alcune tipologie di sistemi ad attivazione termica della massa dei solai

la superficie dell'elemento da attivare è un parametro cruciale nella progettazione (morfologia e tipologia di materiale). A causa della limitata capacità di accumulo e rilascio, dovuta alla ridotta temperatura di esercizio, i sistemi ad attivazione termica della massa sono adatti a edifici con bassi carichi termici di riscaldamento e raffreddamento (solitamente variabili tra 40 e 50 W/m²). Questo comporta pertanto la necessità di uno standard costruttivo elevato, caratterizzato da un buon isolamento termico, un'opportuna schermatura solare, meglio se regolabile, per limitare i guadagni solari, una riduzione dei carichi termici interni (attraverso apparecchiature a risparmio energetico in grado di produrre un limitato calore sensibile) e un impianto meccanico di aerazione di base. L'adozione dei sistemi ad attivazione termica della massa in zone climatiche fredde è limitata principalmente dalla capacità di riscaldamento del sistema. Comunque, nella stagione di riscaldamento, è presente il rischio di situazioni di discomfort in prossimità delle finestre, che può essere evitato progettando finestre con una trasmittanza inferiore a 1,2 W/(m²K), o con un sistema di riscaldamento addizionale nelle zone perimetrali.

Nel caso in cui l'elemento ad attivazione termica della massa sia rappresentato da una lastra di calcestruzzo, la maggior parte del calore fluisce dal soffitto, il che significa che la superficie deve essere lasciata libera, senza l'impiego di controsoffittature di alcun genere. In questo caso devono essere chiaramente valutate le problematiche legate all'acustica e agli impianti di illuminazione. Dall'esperienza maturata, negli edifici in cui è adottato il principio di attivazione termica della massa senza l'uso di altri sistemi meccanici di ventilazione e condizionamento, risulta difficile garantire una temperatura interna costante; gli occupanti devono accettare variazioni di temperatura in funzione di quella esterna e intervenire se necessario sui sistemi di controllo passivo dell'edificio (schermature solari, apertura delle finestre). Dal punto di vista della regolazione del sistema è da sottolineare che, a causa della presenza della massa termica in gioco, non è possibile utilizzare un'accensione/spegnimento tradizionale in funzione della sola temperatura interna. In letteratura si possono trovare diverse teorie a riguardo. Alcune di queste determinano la temperatura di mandata in funzione della temperatura dell'aria

esterna ed altre in funzione della temperatura esterna registrata il giorno precedente mettendo in conto quindi, l'effetto di sfasamento prodotto dalla massa termica.

 Dal punto di vista del comfort termico, gli edifici dotati di sistemi ad attivazione termica della massa si trovano a oggi in una situazione non molto chiara dal punto di vista normativo. Questi, infatti, non rientrano nella casistica prevista dalla norma EN 7730:2008 *Edifici meccanicamente condizionati* ma nemmeno in quella definita dalla norma EN 15251:2008 *Edifici rinfrescati naturalmente*. In ogni caso, visto che tale tecnologia permette di disporre di una ridotta capacità di raffreddamento e che, negli edifici in cui sono applicati, è generalmente consentito all'utente di influenzare il comfort interno (abbassando le schermature o aprendo le finestre), alcune ricerche hanno proposto di inserire una nuova categoria di edifici definiti "low-energy cooling heating". In tale categoria il comfort termico dovrebbe essere valutabile allo stesso modo previsto per i sistemi ventilati naturalmente cioè secondo il modello di comfort adattivo.

La normativa di riferimento

I sistemi ad attivazione termica della massa fanno parte delle tecnologie di riscaldamento e raffreddamento radiante. Il calcolo e il dimensionamento di tali sistemi sono basati sulle stesse procedure di calcolo previste per i normali impianti con massetto radiante. Le prescrizioni per il progetto e l'installazione fanno riferimento a una serie di normative redatte dal comitato tecnico CEN/TC 228 "Heating systems in buildings". Tra queste vanno menzionate le seguenti:

 1. EN 15377 *Heating systems in buildings - Design of embedded water based surface heating and cooling systems* consistono nelle seguenti parti:

 - Part 1: *Determination of the design heating and cooling capacity*. La norma fornisce metodi di calcolo stazionari per determinare la potenza termica di riscaldamento e raffreddamento.
 - Part 2: *Design, dimensioning and installation*.
 - Part 3: *Optimizing for use of renewable energy sources*. La norma si applica agli impianti alimentati ad acqua, per il riscal-

damento e raffreddamento degli edifici industriali, commerciali e residenziali. Il metodo si applica agli impianti integrati in pareti, pavimenti o soffitti privi di intercapedini ventilate.

 2. EN 1264 che, dal dicembre 2008 sostituisce la norma UNI 15377-2 (*Water based surface embedded heating and cooling systems*). La nuova norma è suddivisa in 5 parti secondo il seguente ordine:

 - Part 1: *Definitions and symbols*.
 - Part 2: *Floor heating: Prove methods for the determination of the thermal output using calculation and test methods*.
 - Part 3: *Dimensioning*.
 - Part 4: *Installation*.
 - Part 5: *Heating and cooling surfaces embedded in floors, ceilings and walls-determination of the thermal output*.

Come precedentemente riportato diverse sono le tipologie dei sistemi radianti suddivisi in relazione al materiale utilizzato ed alla posizione delle tubazioni nella struttura. La tabella 1 riportata definisce le condizioni al contorno ed i riferimenti normativi specifici.

La metodologia di calcolo

 Gli standard normativi prevedono diverse tipologie di calcolo differenziate in base alla precisione dei risultati attesi. I principali sono di seguito riportati:

- *Metodi di calcolo semplificati*. In questo caso la norma EN 1264 definisce diversi calcoli in funzione del tipo di sistema. Per poter essere utilizzati è necessario però avere le stesse condizioni al contorno previste dalle normative.

 - *Metodo di calcolo attraverso l'uso del concetto delle "resistenze"*. Il trasferimento di calore tra il fluido e la stanza è calcolato considerando una resistenza virtuale. Questa considera una serie di fattori tra cui: il tipo di tubazioni, la distanza tra esse, la massa d'acqua in circolazione e la resistenza degli strati conduttivi.

 - *Metodo basato sull'uso di diagrammi per la stima della potenza e della temperatura del fluido in funzione delle ore di attivazione e dei carichi interni*.

 - *Metodo agli elementi finiti (FEM)*. La caratteristica principale del metodo degli elementi finiti è la discretizzazione attraverso la creazione di una griglia (mesh) composta da primitive (elementi finiti) di forma codificata.

 - *Modelli di simulazione dettagliati basati sull'uso di programmi avanzati per il calcolo in regime dinamico dei processi di trasferimento di calore*. Nello specifico, numerosi sono i programmi di simulazione in grado di modellare il problema. Tra questi è possibile menzionare TRNSYS, IDA-ICE, EnergyPlus, ESP-r. Ognuno presenta delle specificità che è utile conoscere prima di effettuare la modellazione dell'oggetto. Per esempio ESP-r, in sistemi costruttivi complessi, considera una capacità termica media della struttura che potrebbe causare risultati poco attendibili, EnergyPlus, invece, presenta dei problemi nel caso di simulazioni combinate di sistemi radianti accoppiati con

Posizione delle tubazioni nell'elemento tecnico	Tipo del sistema secondo normativa	Condizioni al contorno del sistema impiantistico	Riferimento normativo
Nel massetto, un lato con dispersioni minori o uguali al 10% rispetto al totale	A,C	$T^1 \geq 0,05m$ $S_d^2 \geq 0,01m$ $0,008 \leq d^3 \leq 0,03m$	EN 1264 7.2
Nello strato isolante, un lato con dispersioni minori o uguali al 10% rispetto al totale	B	$0,05 \leq T \leq 0,45m$ $0,008 \leq d \leq 0,03m$ $0,01 \leq S_d/\lambda_p^4 \leq 0,18m$	EN 1264 7.2
Tubi capillari posizionati sopra lo strato isolante	D		EN 1264 7.2
Nella soletta in calcestruzzo	E	$S_d^5/T \geq 0,3m$	EN 15377 Allegato B
Tubi capillari posizionati nell'intradosso del solaio	F	$d_a^6/T \leq 0,2$	EN 15377 Allegato B
Nella struttura in legno	G	$\lambda_{wv}^7 \geq 10 \lambda_{comp}$ $S_{wv}^8/\lambda_p \geq 0,01$	EN 15377 Allegato C

 Tabella 1 - Criteri per la selezione del modello di calcolo riferito a diverse tipologie di sistemi radianti.
 Fonte EN 15377-1:2008
