

# SISTEMI RADIANTI

**I sistemi di climatizzazione radiante a bassa temperatura rappresentano la risposta più efficace al controllo climatico degli edifici di nuova generazione. Principi, tecnologie, criteri di scelta e riferimenti normativi**

Giuliano Dal'PO

**I**l processo evolutivo che ci porta ad affrontare il problema dell'abitare sostenibile è un processo che si è già avviato, pur con mille difficoltà, nella consapevolezza che le risorse energetiche da fonte fossile si stanno esaurendo e che i cambiamenti climatici rappresentano una realtà che, oggettivamente, già da tempo fa percepire i suoi effetti. Il fattore energetico dell'abitare non è tutto, ma è indubbia la sua prevalenza: energia uguale consumo di risorse, energia uguale impatto con l'ambiente. Nell'Unione Europea a partire dal 2020 per gli edifici di nuova costruzione dovranno essere applicate norme più rigorose di efficienza energetica: lo ha deciso il Parlamento Europeo che nel mese di novembre ha adottato il report legislativo per la revisione della Direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico degli edifici (EPBD). La proposta, ora in discussione al Consiglio europeo, dovrebbe essere approvata all'inizio di quest'anno. Tra gli elementi che maggiormente la caratterizzano ce n'è uno che ha suscitato un particolare interesse per chi si occupa di edilizia ad alta efficienza: l'articolo 9, che porta il titolo "edifici per i quali le emissioni di biossido di carbonio e il consumo di energia primaria sono bassi o nulli". Secondo questo articolo gli Stati membri si devono impegnare ad elaborare piani nazionali destinati ad aumentare il numero di edifici in cui le emissioni di CO<sub>2</sub> e il consumo di energia primaria sono bassi o nulli e dovranno fissare obiettivi in ordine alla percentuale minima che tali edifici dovranno rappresentare, nel 2020, rispetto al numero totale di edifici e alla metratura utile totale.

## **I sistemi radianti a bassa temperatura**

Progettate e realizzare un edificio autosufficiente dal



Applicazioni di pannelli radianti nella Mole Antonelliana di Torino (Deltasolar). Tutti i sistemi radianti a bassa temperatura possono essere utilizzati per la climatizzazione, quindi sia per il riscaldamento che per il raffrescamento, a prescindere dalla superficie interessata: è solo una questione di dimensionamento.

punto di vista energetico è certamente un qualcosa di più impegnativo ma certamente non impossibile. Lo stesso mercato immobiliare della nuova edilizia si orienta sempre di più verso tipologie edilizie ad alte prestazioni energetiche classificate in A o in A+. La progettazione di edifici di nuova generazione si deve confrontare con nuovi paradigmi che è utile riassumere:

- prestazioni eccellenti dell'involucro e quindi riduzione drastica dei carichi termici invernali ma anche estivi;
- integrazione funzionale e strutturale degli impianti con l'edificio (l'edificio diventa elemento passivo per lo sfruttamento delle risorse energetiche naturali a cominciare dall'energia solare);
- climatizzazione continua durante tutto l'anno e, quindi, disponibilità di impianti in grado di gestire il comfort senza soluzione di continuità (viene meno la suddivisione classica tra riscaldamento e condizionamento);
- sfruttamento sistemi di produzione a bassa temperatura (ad esempio caldaie a condensazione, pompe di calore);
- utilizzo attivo di fonti energetiche rinnovabili (ad esempio solare termico) che passano da fonte energetica alternativa a fonte energetica principale (la



funzione di integrazione è affidata agli impianti alimentati direttamente o indirettamente da combustibili di origine fossile);

- sfruttamento delle caratteristiche di inerzia termica del sistema edificio-impianto;

- miglioramento delle condizioni di comfort termico negli spazi confinati.

Tra i sottosistemi di emissione del calore, i sistemi radianti a bassa temperatura nelle diverse configurazioni possibili (a pavimento, a soffitto o a parete) sono gli unici in grado di soddisfare contemporaneamente tutte le esigenze sopraelencate. E' perciò credibile l'ipotesi che negli edifici di nuova generazione, compresi quelli realizzati nel rispetto dei requisiti minimi attuali, i pannelli radianti si affermeranno non come alternativa ai più classici radiatori, ma come una delle opzioni più interessanti e convenienti. Ipotizzare un mercato dei sistemi a bassa temperatura nella nuova edilizia è comunque limitativo dal momento che le attuali tecnologie disponibili dimostrano un loro conveniente utilizzo anche nelle operazioni di recupero di edifici esistenti.

#### I vantaggi

Utilizzare il termine climatizzazione in questo caso è più che opportuno in quanto con i sistemi radianti

## A pavimento, a parete, a soffitto

### Rehau

I sistemi radianti a pavimento, parete e soffitto Rehau sono concepiti per favorire una notevole riduzione dei consumi energetici ed offrire un comfort abitativo ottimale, grazie alla trasmissione del calore per irraggiamento. I sistemi Rehau migliorano l'isolamento termico delle abitazioni attraverso un elevato rendimento di emissione e grazie all'utilizzo di uno strato di isolante aggiuntivo su cui sono posizionati i tubi Rautherm S. Quest'ultimi, realizzati in RAU-VPE (PE-Xa) reticolato ad alta pressione, sono indeformabili ed estremamente resistenti alla sollecitazione interna.



### Xinergia

Thermosaic è un sistema modulare per la creazione di terminali d'impianto radianti (a pavimento, parete e soffitto) e convettivi (radiatori). Il sistema è costituito da moduli in alluminio con condotti integrati per il passaggio dell'acqua, che vengono assemblati tramite un apposito giunto a tenuta. Il primo sistema che si può installare e modificare senza demolizioni né interventi all'impianto, riducendo di oltre il 50% i costi e i tempi di installazione. Lo spessore di soli 3 cm garantisce rese superiori, isolamento termico ottimale ed una inerzia termica praticamente nulla.



## Solai radianti termoattivi

Negli ultimi anni si sta diffondendo una nuova tipologia impiantistica finalizzata al raffrescamento e al riscaldamento di edifici in particolare nel centro Europa: si tratta dei sistemi TABS (Thermo-Active Building Systems). Si tratta di sistemi radianti che sfruttano l'inerzia termica della struttura edilizia nei quali il circuito viene alloggiato al centro della struttura, nel cuore del solaio, così da sfruttarne l'intero volume per accumulare energia.

L'intera struttura del solaio diviene un terminale d'impianto caratterizzato da elevata capacità termica e quindi in grado di accumulare energia frigorifera o termica (rispettivamente nel ciclo estivo e invernale), per poi rilasciarla in modo graduale e autoregolante nell'arco della giornata, permettendo una leggera fluttuazione delle grandezze interne di benessere (principalmente temperatura dell'aria e media radiante), sebbene pur sempre all'interno di un campo accettabile di comfort termico.

La norma EN15377 parte 3 è interamente dedicata al dimensionamento in regime dinamico degli impianti con solaio termoattivo con lo scopo di guidare il progettista nel dimensionamento della potenza necessaria della macchina frigorifera ai fini del raffrescamento. I vantaggi dei sistemi TABS sono notevoli: innanzitutto l'elevata inerzia termica consente di ottenere un utilizzo più razionale dell'energia visto che i picchi di carico sostenuti dall'impianto (riscaldamento e raffrescamento) vengono traslati al di fuori del periodo di maggiore intensità. Per alimentare i circuiti, inoltre, si possono utilizzare temperature dell'acqua poco differenti da quelle ambiente (25°C-27°C in inverno e 18°C-22°C in estate). La minore potenza termica installata sia per il generatore di calore, sia per la macchina frigorifera, riduce i costi di installazione. Le temperature del fluido più basse, unite all'effetto di accumulo che coinvolge l'intera soletta consentono di utilizzare in

modo efficiente le fonti energetiche rinnovabili ma anche di lavorare con sistemi a pompa di calore con una maggiore efficienza. I sistemi con solaio termoattivo rivelano i propri vantaggi più significativi nell'ambito della climatizzazione estiva. I sistemi TABS vengono convenientemente utilizzati in abbinamento a strategie di ventilazione sia meccanica che naturale (utilizzando la ventilazione meccanica è possibile controllare l'umidità dell'aria). Nel caso di uffici è possibile far funzionare la macchina frigorifera raffreddando la soletta durante la notte (con tariffe energetiche più convenienti) e utilizzare la stessa macchina per la ventilazione durante il giorno. Con una sola macchina, di potenza ridotta, si possono garantire le due funzioni. L'utilizzo di questi sistemi, come del resto di tutti i sistemi di climatizzazione radiante, è conveniente se l'edificio è stato progettato e realizzato con prestazioni energetiche dell'involucro elevate.



## Questioni di progetto

Oggi si parla molto dell'aspetto estivo della climatizzazione, nel civile, che comporta, numeri alla mano, dei costi in elettricità, particolarmente nel centro sud, spesso più alti che nel riscaldamento invernale. In questo senso una soluzione radiante anche nel freddo sembrerebbe essere ideale.

C'è però il problema della condensa, che si crea quando il punto di rugiada dell'aria ambiente è più basso della temperatura superficiale.

Come si può risolvere il problema, senza rinunciare ai benefici, anche in termini di comfort, del radiante?

Il problema della prevenzione della condensazione ovviamente esiste come esistono tanti problemi su qualunque scelta impiantistica si faccia.

Fortunatamente però le soluzioni ci sono. Una deumidificazione dell'aria, meglio se fatta con un impianto che controlla anche la ventilazione, garantisce un livello di umidità relativa più che accettabile. Inoltre questi impianti sono dotati di un sistema di sicurezza che interrompe il flusso dell'acqua refrigerata nelle tubazioni se per un qualsiasi motivo l'umidità relativa supera un valore soglia reimpostato (il che dimostra che il sistema di controllo della qualità dell'aria ha qualcosa che non funziona). La deumidificazione non comporta un incremento dei consumi energetici rispetto a un normale sistema di condizionamento ad aria in quanto l'abbassamento del valore della temperatura comporta comunque la deumidificazione. I sistemi a pannelli radianti consentono in determinate situazioni di

usufruire di una ventilazione naturale, in questo caso il controllo meccanico dell'umidità dell'aria è integrativo. I sistemi di climatizzazione radianti si stanno diffondendo nel settore terziario dove la climatizzazione estiva è una vera e propria necessità ma sono sempre più apprezzati anche nel settore residenziale dove la mancanza di un sistema che controlla il clima in estate (anche con un semplice raffrescamento) induce gli utenti ad installare sistemi di climatizzazione posticci che a fronte di un consumo energetico superiore non garantiscono situazioni confortevoli in tutti i locali. La climatizzazione estiva diventa sempre di più una necessità. Prevederla con un sistema correttamente dimensionato è una scelta più economica e più sostenibile.

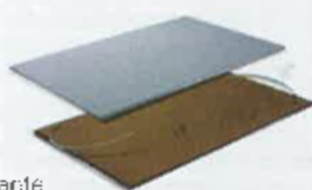
Giuliano Dell'Oro

a bassa temperatura è possibile scambiare il calore in inverno ma allo stesso tempo raffreddare in estate. Le prestazioni naturalmente sono diverse nelle due fasi di riscaldamento e raffrescamento in quanto cambiano le condizioni al contorno ed è perciò importante tenere conto di una eventuale scelta di climatizzazione annuale fin dalla fase di progettazione. Tra gli innumerevoli vantaggi dei sistemi radianti quello del maggiore comfort, sia in inverno che in estate, è forse il più apprezzato. Nei sistemi tradizionali, infatti, è l'aria ambiente ad essere climatizzata ed il controllo fisiologico del corpo umano si basa in prevalenza lo scambio termico per convezione oltre al meccanismo della evaporazione (da qui la necessità di controllare oltre alla temperatura a bulbo secco anche l'umidità relativa dell'aria) mentre nei sistemi radianti viene sfruttato

di più il meccanismo dello scambio termico per irraggiamento. Importante ai fini del comfort è la temperatura operante che può essere valutata con buona approssimazione come media tra la temperatura a bulbo secco dell'aria e la temperatura media radiante delle pareti. In presenza di un valore di temperatura media radiante più elevato, è il caso in cui una o più superfici sono radianti, il valore della temperatura dell'aria può essere inferiore a parità di comfort percepito con vantaggi energetici evidenti. La disponibilità di ampie superfici per scambiare l'energia termica (in riscaldamento o in raffrescamento) non genera delle disuniformità nelle condizioni di comfort (cosa che succede ad esempio con i termosifoni). I vantaggi dei sistemi radianti si evidenziano nella loro compatibilità con le caratteristiche richieste dagli edifici ad alte prestazioni energetiche ed elencate al punto precedente. Un vantaggio che spesso viene utilizzato, ma che dovrebbe invece essere considerato vista la sua valenza economica, è il fatto che i sistemi radianti, perfettamente integrati con la struttura, non occupano spazio e quindi garantiscono il massimo sfruttamento degli spazi.

## A soffitto

### Uponor



Comfort Panel è un nuovo pannello radiante per il riscaldamento e il raffreddamento radiante, ideale per controsoffitti. Adatto sia per nuove costruzioni e che per ristrutturazioni, Uponor Comfort Panel riduce i costi di utilizzo rispetto ai sistemi ad aria, mentre le moderate temperature dell'acqua in estate ed in inverno permettono di utilizzare fonti di energia rinnovabile alternative. Inoltre, consente una facile integrazione con altri sistemi come per esempio ventilazione meccanica, illuminazione ed impianti antincendio.

### Principi di funzionamento

Negli sistemi radianti a bassa temperatura l'energia termica viene trasmessa ai vari ambienti dalla superficie calda o fredda interessata dall'impianto. Il calore viene scambiato in due modi: per irraggiamento e per convezione: il flusso termico per



## A pavimento

### Carlieuklima

La linea di prodotto Carlieuklima, nata grazie alla collaborazione con l'università di Padova e con l'università di Stoccarda, si compone di pannelli piani e pannelli pugnati per le installazioni standard, impianti a secco per le ristrutturazioni e la necessità di bassi spessori, gli impianti a barra per le superfici commerciali ed industriali, gli impianti su rete condistanziare per la doppia armatura da utilizzare negli ambienti soggetti a carichi elevati.



### Deltasolar

Deltasolar propone un sistema brevettato di graffettaggio del tubo che permette di utilizzare qualunque tipo di pavimento



per la progettazione e l'installazione di impianti su misura senza alcun vincolo di interasse tra tubo e tubo. I pannelli Deltasolar inoltre sono adatti anche per l'uso

estivo per il raffrescamento degli ambienti, il sistema, infatti, oltre ad essere realizzato secondo i canoni della bioarchitettura, può vantare una durata praticamente illimitata.

### EHT Italia

Il sistema Variant 50 Acoustic, idoneo sia per riscaldamento invernale che raffrescamento estivo, è composto da un pannello isolante e un foglio di ricoprimento in PST che garantiscono un buon isolamento termico (resistenza termica  $0,83 \text{ m}^2 \text{K/W}$ ), inoltre, la doppia densità dei pannelli consente un abbattimento dei rumori da calpestio.



### Eurotherm

Il sistema ecologico Ecoplus consiste di tubazione riscaldata in nidi composite  $18 \times 2 \text{ mm}$  agganciata mediante clips apposite ad un pacchetto isolante in materiali ecologici. Grazie allo speciale aggancio la tubazione è completamente immersa nel massetto di supporto alla pavimentazione; la resa del sistema aumenta e l'impianto è più efficiente perché funziona a più bassa temperatura. Cuore del sistema è il pannello costituito di fibre in legno legate insieme dalla lignina, per evitare che volatilizzino durante la posa del sistema.



### Geberit

I pannelli radianti Geberit sono applicabili in tutti gli ambienti civili ed industriali. Il sistema a pannelli radianti Geberit può essere installato indipendentemente dal tipo di rivestimento previsto. Le serpentine che partono dal distributore, vengono realizzate con Geberit MeplaTherm, il sistema di tubazioni multistrato Geberit realizzato da una speciale anima in alluminio, al tubo interno in PE-Xb e al tubo esterno in PE ad alta densità di colore bianco.



### Klimit

L'impianto radiante Herz è composto da pannelli termoisolanti in polistirene espanso certificato secondo la norma UNI EN 13163. I pannelli, ad alte prestazioni termiche sono accoppiati ad un film di PS compatto che ne migliora la resistenza meccanica, l'isolamento e garantisce una totale barriera al vapore acqueo.



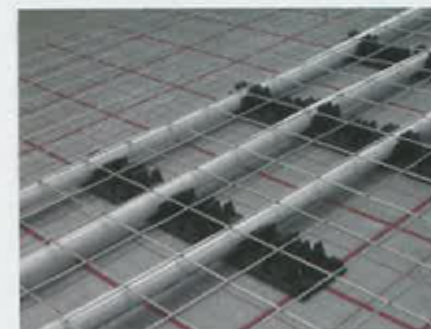
### Nicoll



La divisione Energy di Nicoll, in armonia con i trend della "green economy", propone pannelli solari termici e sistemi radianti adatti a ogni esigenza costruttiva. Sia per edifici di nuova costruzione, civile e industriale, sia per complessi da ristrutturare, i sistemi radiant Dalfloor si plasmano sulle esigenze progettuali di ogni cliente.

Nicoll offre, accanto ai materiali classici, alternative innovative che seguono i dettami della bioarchitettura, oltre a soluzioni fonoassorbenti che vanno incontro agli orientamenti progettuali in materia di isolamento acustico delle abitazioni.

### Prandelli



Thermorama è un sistema di riscaldamento che sfrutta il principio dell'irraggiamento termico come modalità principale di trasmissione del calore. La fonte di calore risiede nel pavimento ed è costituita da una serpentina di tubo che trasporta il fluido vettore (acqua con eventuale aggiunta di antigelo) ad una temperatura relativamente bassa.

Tale bassa temperatura di esercizio dell'impianto, permette l'utilizzo di fonti energetiche diverse da quelle solitamente usate, come ad esempio le caldaie a condensazione, pompe di calore o pannelli solari termici.



irraggiamento, che non coinvolge direttamente la temperatura dell'aria; il flusso termico per convezione, che invece interessa l'aria, è proporzionale alla differenza di temperature tra superficie interessata e quella dell'aria stessa. Nei sistemi più classici a pavimento, il calore necessario alla superficie calda o fredda, affinché possa rimanere tale, viene fornito e trasmesso questa volta per conduzione a partire dalle tubazioni annegate nel sottofondo o integrate nel sistema utilizzato, attraversando sia il massetto cementizio, sia l'elemento stesso di rifinitura (piastre le, ecc.). Le tubazioni sono a loro volta riscaldate o raffreddate dal fluido vettore, normalmente acqua. Per stimare con buona precisione le condizioni di equilibrio di un tale scambio, occorre

## A pavimento, a parete

### Viega

Il programma Viega Fonterra comprende diversi sistemi di superfici radianti a pavimento e a parete per edifici di nuova costruzione e ristrutturazioni. Viega Fonterra Base 12 e Base 15, sistemi con pannelli a bugie, con o senza isolamento, sono indicati per nuove costruzioni e ristrutturazioni. Adatti per un'ampia gamma di applicazioni con tubi di PB altamente flessibili, ottimizzati per la portata, permettono la posa delle tubazioni anche in diagonale senza materale aggiuntivo. Il sistema Viega Fonterra Reno, con pannelli di gesso-fibra da 18 mm ad alta resistenza al calpestio, può essere posato a secco e consente la posa delle piastrelle direttamente sul pannello, offrendo risparmi di tempo e materiale, insieme ad un'eccellente trasmissione del calore.



## Riferimenti normativi

Il riferimento normativo principale per la determinazione della potenza termica, il dimensionamento e l'installazione dei sistemi radianti a bassa temperatura installati negli edifici in cui la destinazione è residenziale o assimilabile è la UNI EN 1264. La norma è strutturata in cinque parti:

**UNI EN 1264-1:1999** Riscaldamento a pavimento - Impianti e componenti - Definizioni e simboli.

**UNI EN 1264-2:2009** Sistemi radianti alimentati ad acqua per il riscaldamento e il raffreddamento integrati nelle strutture - Parte 2: Riscaldamento a pavimento: metodi per la determinazione della potenza termica mediante metodi di calcolo e prove

**UNI EN 1264-3:2009** Sistemi radianti alimentati ad acqua per il riscaldamento e il raffreddamento integrati nelle strutture - Parte 3: Dimensionamento

**UNI EN 1264-4:2009** Sistemi radianti alimentati ad acqua per il riscaldamento e il raffreddamento integrati nelle strutture - Parte 4: Installazione

**UNI EN 1264-5:2009** Sistemi radianti alimentati ad acqua per il riscaldamento e il raffreddamento integrati nelle strutture - Parte 5: Superfici per il riscaldamento e il raffreddamento integrate nei pavimenti, nei soffitti e nelle pareti - Determinazione della potenza termica

Le prime quattro parti della norma

riguardano gli impianti a pavimento mentre la quinta considera anche i sistemi radianti a soffitto e a parete.

Alle suddette norme si affiancano altre norme emanate all'interno del pacchetto di norme redatte dal CEN su mandato M 343 a supporto della direttiva EPDB.

**EN 15377-1:2008** Impianti di riscaldamento negli edifici - Progettazione degli impianti radianti di riscaldamento e raffreddamento, alimentati ad acqua integrati in pavimenti, pareti e soffitti - Parte 1: Determinazione della potenza termica di progetto per il riscaldamento e il raffreddamento

**EN 15377-2:2008** Impianti di riscaldamento negli edifici - Progettazione degli impianti radianti di riscaldamento e raffreddamento, alimentati ad acqua integrati in pavimenti, pareti e soffitti - Parte 2: Progettazione, dimensionamento e installazione

**EN 15377-3:2008** Impianti di riscaldamento negli edifici - Progettazione degli impianti radianti di riscaldamento e raffreddamento, alimentati ad acqua integrati in pavimenti, pareti e soffitti - Parte 3: Ottimizzazione per l'uso di fonti energetiche rinnovabili

Le norme sopra menzionate si applicano agli impianti riscaldanti o raffreddanti a superfici radianti in edifici di tipo residenziale, commerciale e industriale, integrati nelle pareti, nel soffitto o nel pavimento senza circolazione di aria

Pur estendendo il campo di applicazione rispetto alle UNI EN 1264, tra le due norme viene mantenuta una coerenza nell'approccio.

Nella tabella 5 sono riportati i termini e le definizioni contenuti nella UNI EN 1264-1. Per quanto riguarda le superfici dei pavimenti la norma fa una distinzione tra:

– superficie riscaldata definita come la superficie del pavimento coperta dall'impianto di riscaldamento, compresa tra le tubazioni esterne, inclusa una banda perimetrale la cui larghezza sia uguale almeno alla metà del passo tra i tubi e comunque non superiore a 0,15 m;

– superficie non disponibile definita come la superficie del pavimento non coperta dall'impianto di riscaldamento, destinata a ricevere elementi fissi facenti parte della costruzione;

– superficie perimetrica definita come la superficie di pavimento che può essere riscaldata ad una temperatura superiore. Essa è rappresentata da una fascia di larghezza massima di 1 m, localizzata lungo il perimetro delle pareti esterne e rappresenta perciò un'area di non occupazione.

Il calcolo della potenza termica di un pavimento riscaldate QF deve tenere conto delle diverse tipologie di superficie e risultare dalla somma dei prodotti delle superfici del pavimento riscaldate per il rispettivo flusso termico di progetto (vedi tabella 4 per le definizioni)



tenere conto contemporaneamente dei numerosi parametri interagenti tra loro che comprendono: le dispersioni dell'ambiente; la superficie del pavimento scaldante; la temperatura superficiale dei vari elementi costituenti l'involucro e i loro fattori di vista verso il pavimento; la temperatura superficiale del pavimento capace di fornire l'emissione termica in grado di coprire le dispersioni dell'ambiente in esame; la temperatura operante come media tra quella superficiale interna dell'involucro, pavimento compreso e quella dell'aria; generalmente 20 °C; la resistenza termica della pavimentazione posta sopra le tubazioni; - l'interasse e la tipologia delle tubazioni; la temperatura di mandata del fluido e relativo salto termico, quindi la portata di flusso.

Nei sistemi di climatizzazione radiante, ossia quelli che funzionano anche in regime estivo, è importante considerare che il solo raffrescamento dell'aria attraverso i pannelli diminuisce la sua temperatura ma contemporaneamente aumenta la sua umidità relativa che, se non controllata, può raggiungere livelli non solo incompatibili con il comfort ma possibile causa di pericolosi fenomeni di condensazione. La climatizzazione radiante deve perciò prevedere un sistema per il trattamento dell'aria in grado di controllare l'umidità relativa. Nelle più semplici installazioni in edifici residenziali può essere necessario installare dei normali sistemi di deumidificazione, mentre in edifici del terziario è più opportuno installare dei sistemi di ventilazione meccanica controllata. I sistemi radianti freddi sono comunque dotati di dispositivi in grado di interrompere il flusso di acqua refrigerata nel circuito nel caso in cui l'umidità relativa dell'aria superano dei valori di soglia preimpostati.

### **Soluzioni tecnologiche**

Tutti i sistemi radianti a bassa temperatura possono essere utilizzati per la climatizzazione, quindi sia per il riscaldamento che per il raffrescamento, a prescindere dalla superficie interessata: è solo una questione di dimensionamento. Le tecnologie proposte dal mercato sono diverse e garantiscono di risolvere esigenze di climatizzazione nel settore residenziale ma anche nel terziario. Le superfici utilizzabili sono il pavimento, il soffitto e le pareti.

### **Pannelli radianti a pavimento**

Nel caso di installazione a pavimento i pannelli vengono solitamente integrati nella soletta. Nelle soluzioni proposte attualmente la massa termica è costituita prevalentemente dal solo materiale in cui sono annegate le tubazioni. I pannelli radianti a pavimento

vengono classificati secondo tre tipologie: impianti con tubi annegati nello strato di supporto, impianti con tubi sotto lo strato di supporto, impianti annegati in uno strato livellante, in cui lo strato aderisce ad un doppio strato di separazione. Nella prima tipologia, la più semplice e ricorrente, il sistema viene realizzato inserendo un isolante sopra la soletta portante del pavimento; il materiale più diffuso è il polietilene espanso in lastre, lisce o con sagomature particolari, tuttavia sono presenti sul mercato anche materiali naturali quali ad esempio la fibra di legno e il sughero. Le tubazioni vengono posate sopra il materiale isolante ed annegate completamente nello strato di supporto (il massetto), generalmente costituito da calcestruzzo. Il massetto viene a sua volta ricoperto con il rivestimento che può essere di piastrelle o marmo ma anche in parquet, lino, legno o moquette. Visto che il rivestimento costituisce una resistenza termica alla trasmissione del calore è opportuno tenerne conto nel dimensionamento del sistema. Le tubazioni possono essere di polietilene reticolato (PE-X), polibutilene (PB), polipropilene (PP) oppure rame. È stato definitivamente abbandonato, invece, l'uso dell'acciaio che ha caratterizzato le prime installazioni. Le tubazioni in materiale plastico più comuni sono quelle in PE-X: essendo flessibili e leggere, hanno una maggiore facilità di posa; in tutti i casi devono essere dotate di uno strato barriera all'ossigeno, per proteggere l'impianto dalla corrosione. Le rese termiche di queste configurazioni, che sono quelle più classiche, dipendono da diversi fattori tra i quali: temperatura di mandata dell'acqua; temperatura ambiente; interasse delle tubazioni; finitura del pavimento.

Si può osservare come nella configurazione a pavimento le rese termiche invernali siano superiori rispetto a quelle estive. I pannelli radianti a pavimento, infatti, hanno una resa nel ciclo di riscaldamento superiore e, nel caso vengano utilizzati anche per il controllo climatico estivo, ciò implica un dimensionamento degli stessi in queste condizioni che sono le più sfavorevoli. Una alternativa a quella del sistema radiante con tubo annegato è quello del sistema a secco, soluzione ideale per applicazioni a pavimento nelle quali sono richiesti ingombri e carichi limitati, oltre alla rapidità nei tempi di realizzazione. Questa soluzione, infatti, evitando la gettata del massetto cementizio, permette di operare in spazi ridotti, di alleggerire la struttura e di evitare l'attesa dei tempi di asciugatura del massetto. La semplicità e la rapidità delle operazioni di posa rendono questo sistema una scelta interessante in caso di ristrutturazioni o di

Riscaldamento radiante (temperatura mandata acqua 40 °C)						
Interasse tubazioni (cm)	Temperatura ambiente					
	18 °C		20 °C		22 °C	
	Ceramica	Parquet	Ceramica	Parquet	Ceramica	Parquet
10	130	95	118	85	103	76
15	114	85	102	76	90	67
20	98	76	90	67	78	60
30	72	60	66	53	59	46
Raffrescamento radiante (temperatura mandata acqua 14 °C)						
Interasse tubazioni (cm)	Temperatura ambiente					
	25 °C		26 °C		27 °C	
	Ceramica	Parquet	Ceramica	Parquet	Ceramica	Parquet
10	40	29	44	32	48	35
15	34	24	38	27	41	31
20	27	20	30	23	34	25

Rese termiche di riferimento per pavimenti radianti per riscaldamento e raffrescamento estivo (Fonte: elaborazione dati da documentazione tecnica Giacomini sulla base della norma UNI EN 1264)

realizzazioni su pavimenti già esistenti, soprattutto in ambito residenziale. Il sistema a secco prevede l'utilizzo di un pannello presagomato in polistirolo, di coppelle con la funzione di diffusore termico e di tubazioni sintetiche o multistrato, per la distribuzione del fluido termovettore. Per ridurre ulteriormente gli ingombri, lo strato di supporto può essere costituito da un doppio strato di lamine in acciaio zincato, che garantisce la ripartizione uniforme dei carichi. La soluzione a secco è adatta anche per la posa su parete.

### Pannelli radianti a parete o a soffitto

Nell'installazione a parete e a soffitto si possono utilizzare pannelli sandwich prefabbricati costituiti da un primo pannello in cartongesso di tipo ignifugo dello spessore di circa 15 mm e da un secondo pannello di materiale isolante rigido (ad esempio polistirene espanso). All'interno del cartongesso è inserita una serpentina di tubo plastico nella quale scorre il fluido termovettore (acqua calda in inverno o acqua refrigerata in estate). I moduli così realizzati sono collegati tra di loro per garantire una corretta

distribuzione idraulica. I pannelli, quindi, vengono fissati alle strutture edilizie previo avvvitamento a normali profili metallici da cartongesso. Dal punto di vista estetico i moduli affiancati tra loro formano una superficie continua. Questa tipologia di pannelli radianti offre diversi vantaggi: sono applicabili a parete, a soffitto o a controsoffitto; svolgono sia una funzione impiantistica che edilizia perché sostituiscono anche l'isolamento termico e l'intonaco, consentendo l'alloggiamento degli impianti elettrici; sono facilmente applicabili anche nell'edilizia esistente; possiedono una bassa inerzia termica. I pannelli radianti a soffitto hanno rese maggiori nel ciclo estivo rispetto a quelli a pavimento. Per quanto riguarda l'installazione a parete un'altra soluzione è quella delle serpentine capillari. Queste vengono inizialmente fissate sulla parete e poi ricoperte dall'intonaco. Questi sistemi si adattano anche a superfici curve e, pertanto, sono adatti a interventi di recupero o restauro di edifici esistenti. I sistemi di climatizzazione radiante a soffitto possono anche essere integrati ai normali controsoffitti. In questo caso, però, la loro applicazione è adatta agli edifici per uffici.

Installazione	Differenza tra temperatura media dell'acqua e temperatura operante (°C)									
	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25	27,5
Parete	42,0	58,8	75,5	92,3	109,0	125,8	142,5	159,3	176,0	192,8
Soffitto	35,0	49,5	64,0	78,5	93,0	107,5	122,0	136,5	151,0	165,5

Rese termica in riscaldamento dei pannelli radianti (W/m<sup>2</sup>) in funzione della differenza tra la temperatura media dell'acqua e la temperatura operante dell'ambiente. In riscaldamento lo scostamento tra la temperatura operante Top e la temperatura a bulbo secco Tbs è variabile normalmente fra 0 e 3 °C con Top > Tbs. (Fonte: documentazione tecnica Planterm)

Installazione	Differenza tra temperatura media dell'acqua e temperatura operante (°C)									
	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Parete e soffitto	37,5	43,3	49,2	55,0	60,8	66,7	72,5	78,3	84,2	90,0

Rese termica in raffrescamento dei pannelli radianti (W/m<sup>2</sup>) in funzione della differenza tra la temperatura operante e la temperatura media dell'acqua. In raffrescamento lo scostamento tra la temperatura operante Top e la temperatura a bulbo secco Tbs è variabile normalmente fra 0 e 2 °C con Tbs > Top. (Fonte: documentazione tecnica Planterm)