

# Sistemi radianti: generalità e applicazioni

di Alessandro Cariani

Benché **Sistemi radianti a pavimento** siano stati sviluppati ed utilizzati fin dagli anni '60, solo ultimamente vi è stato un oggettivo incremento nell'interesse relativo all'utilizzo di queste soluzioni tecniche sia in campo residenziale che industriale.

Il motivo principale di questo ritorno di fiamma ad una soluzione che sembrava avere più svantaggi che vantaggi è dato dall'affermarsi del concetto di coibentazione, di cui abbiamo già trattato in un precedente articolo.

In effetti la coibentazione si sposa perfettamente con la logica di rendere "inerziale" una struttura: in altri termini, se il sistema risulta essere poco influenzabile dalla temperatura esterna grazie ad una efficiente coibentazione, l'effetto radiante generato da una superficie a basso salto entalpico risulta perfettamente adatta a garantire un eccellente comfort ed una notevole efficienza complessiva. Questo, peraltro, è valido sia per quanto riguarda il riscaldamento sia per il raffrescamento, in quanto l'effetto di "comfort" percepito dall'utilizzatore dipende non già da un processo di evaporazione come nel caso dell'aria condizionata, ma da un assorbimento del calore in eccesso da parte della superficie radiante.

Fra l'altro il basso salto entalpico (cioè la bassa differenza di temperatura fra ambiente e area radiante, in genere non superiore a 5 gradi) garantisce una eccellente efficienza nel caso di collegamento a sistemi in geotermia a bassa entalpia, chiudendo il cerchio energetico del sistema.

Dunque l'utilizzo di siffatte tecniche si sposa perfettamente con le logiche applicative delle case cosiddette "passive". Vediamo di chiarire quale è il processo fisico che governa un sistema radiante, non importa se a pavimento, parete o soffitto.



## Principi fisici

Il principio si basa sulla circolazione di acqua calda a bassa temperatura (in genere tra i 25° ed i 35 °C) in un circuito chiuso, che si sviluppa coprendo una superficie radiante molto elevata.

Benché in passato vi siano stati sistemi che utilizzavano l'energia elettrica con cavi o strisce di vario genere ad effetto Joule, ove un conduttore elettrico attraversato da una corrente elettrica dissipa energia sotto forma di calore, le attuali soluzioni sono legate al passaggio di fluidi in tubazioni multistrato a base plastica con strati interni in alluminio.

In passato era la norma l'utilizzo di materiali che apparentemente dovrebbero risultare decisamente migliori dal punto di vista della capacità di scambio termico del sistema.

Sfortunatamente l'uso di materiali metallici per la realizzazione delle tubazioni radianti si scontra con una serie di controindicazioni funzionali che di fatto annullano le oggettivamente migliori prestazioni termiche: in effetti la difficoltà di piegatura dovuta alla fragilità intrinseca del metallo (in primis leghe di rame) e la difficoltà di gestire correnti parassite tipiche di questi sistemi (causa di effetti devastanti di corrosione galvanica, e presenti sia nelle vecchie tubazioni in leghe a base ferro che nelle obsolete tubazioni in lega di rame) hanno fatto propendere per soluzioni meno prestazionali ma più semplici dal punto di vista applicativo.

Se in effetti le prime applicazioni a terra si sono basate su sistemi in polietilene si è velocemente verificato che risultano essere presenti problemi strutturali di base che lo espongono a inconvenienti funzionali provati.

Uno di questi è la diffusione delle molecole di ossigeno all'interno della struttura del tubo, con la conseguente formazione di alghe e altre impurità che compromettono a lungo termine il passaggio di acqua all'interno dell'impianto. Inoltre il tubo è soggetto, durante il funzionamento, a sollecitazioni termiche e meccaniche che lo portano ad un più rapido invecchiamento rispetto al tubo metallico. Secondo la normativa UNI EN 1264-4 le tubazioni devono essere protette dal passaggio di ossigeno in quantità superiore a 0,1 g/mc al giorno per evitarne l'invecchiamento.

Questo significa che nelle tubazioni in plastica deve essere sempre presente un film in materiale plastico resistente al passaggio dell'ossigeno. Infatti, un tubo in polietilene privo di barriera a ossigeno è interessato da una diffusione all'ossigeno per il 98%. Ciò si traduce in 3-4 g/mc al giorno in un tubo del diametro di 18 mm percorso da acqua a 40 °C.

Ecco perché tutte le tubazioni in materiale plastico sono rivestite da un film di EVOH il quale garantisce appunto il rispetto della normativa.

Avere tale strato esternamente alla tubazione porta, però, ad alcuni inconvenienti: innanzitutto, il fatto che si trovi esteriormente non lo tutela dalle inevitabili abrasioni cui è sottoposto in cantiere e questo porta la tubazione stessa al rischio di essere esposta in taluni punti ad un maggiore deflusso di ossigeno.

In secondo luogo, avere la barriera ad ossigeno all'esterno compromette la malleabilità tipica del polietilene portando a rendere difficile la realizzazione delle curve più strette.

Sono state studiate, pertanto, tubazioni con barriera ossigeno nello spessore del tubo stesso. Si ottiene in questo modo una tubazione multistrato con barriera EVOH completamente inserita nel materiale di base del tubo e mantenuta aderente allo stesso mediante dei polimeri di adesione.

La parte metallica del tubo blocca completamente le molecole di ossigeno, impedendole la conseguente formazione di impurità che il tubo in polietilene classico permette. Inoltre si fa carico di assorbire le sollecitazioni meccaniche e termiche, conferendo al tubo un'elevata resistenza, e allo stesso tempo una grande malleabilità, che facilita enormemente la posa, rendendola facile, rapida e sicura. In aggiunta a questo, la parte in polietilene fornisce un isolamento acustico pari a quella del tubo plastico e conferisce resistenza alle corrosioni chimiche, elettrochimiche o naturali, visto che il fluido è esclusivamente a contatto con lo strato sintetico interno, mentre la parte in metallo determina una minore dilatazione lineare rispetto al tubo in polietilene.

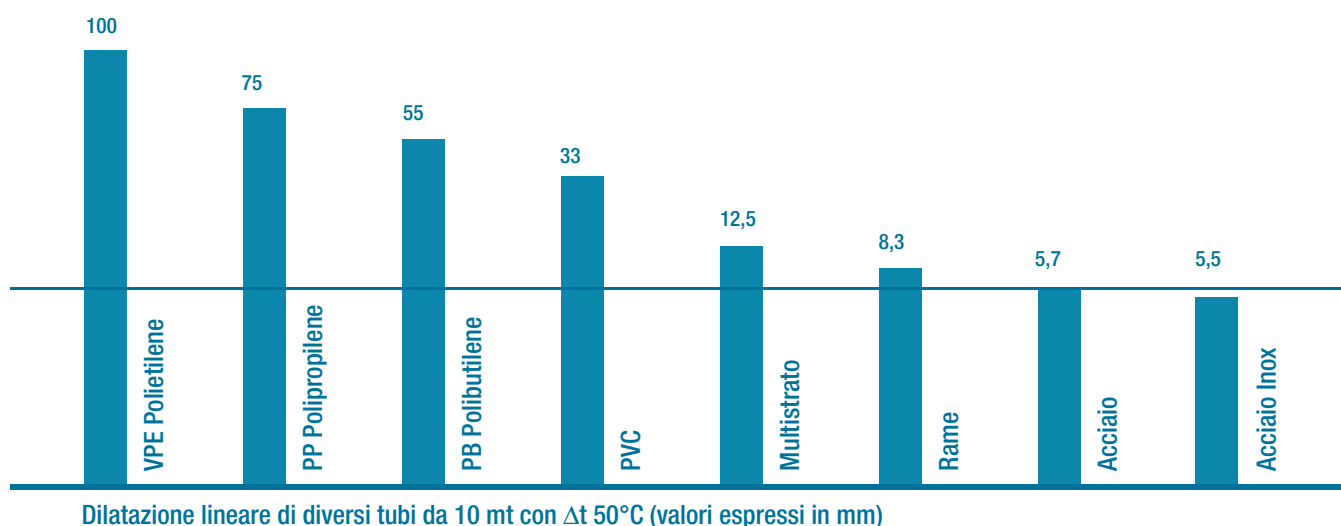
Nato all'inizio per essere utilizzato nei sistemi di riscaldamento a bassa temperatura, il tubo multistrato (Pe-xc/ALU/Pe-xc) ha poi rivelato una eccellente versatilità di utilizzo ed una ottimale funzionalità nel tempo.

L'elevata resistenza alle alte temperature e pressioni lo rende ideale per l'applicazione nel settore idrosanitario e nel riscaldamento tradizionale, permettendo l'uso di un solo tipo di tubo per tutte le tipologie di impianto e riducendo drasticamente gli scarti e gli sprechi di materiale.

È però doveroso aggiungere che non tutti i tipi di tubo multistrato sono adatti all'impiego nell'espletazione globale delle varie tipologie di impianto: essenziale è l'impiego di polietilene reticolato ad alta densità (Pe-xc) per assicurare la resistenza strutturale necessaria all'impiego dell'alta temperatura.

Il tubo multistrato MDPE, per esempio, non può essere utilizzato a questo scopo perché si tratta di tubo non reticolato in polietilene "Medium Density".

In sintesi il tubo multistrato ha riunito in sé i vantaggi sia del tubo metallico che di quello plastico, evitandone tutti gli inconvenienti



Le disposizioni possibili delle tubazioni sono tre:

- *a spirale* (o *chiocciola*), dove i tubi di mandata viaggiano paralleli a quelli di ritorno,
- *a serpentina*, dove i tubi vengono posati a zig-zag
- *a griglia*, con tubi paralleli compresi tra due grossi collettori

Nel settore residenziale sono usati solo i primi due sistemi; mentre il terzo, ormai in disuso, è applicabile per riscaldare grosse aree (es. capannoni).

sotto traccia:

- in tal caso il tubo può anche venire in contatto direttamente con il cemento della muratura che lo contiene, poiché non sussistono pericoli di corrosione (ad eccezione dei raccordi metallici che vanno protetti in tal senso);
- qualora il tubo trasporti acqua calda, deve essere opportunamente coibentato, per ottemperare alla Legge sul contenimento dei consumi energetici;
- per installazioni interrato, si consiglia di posare il tubo su di un letto di sabbia, per evitare pericolose scalfitture della sua superficie;

fuori traccia:

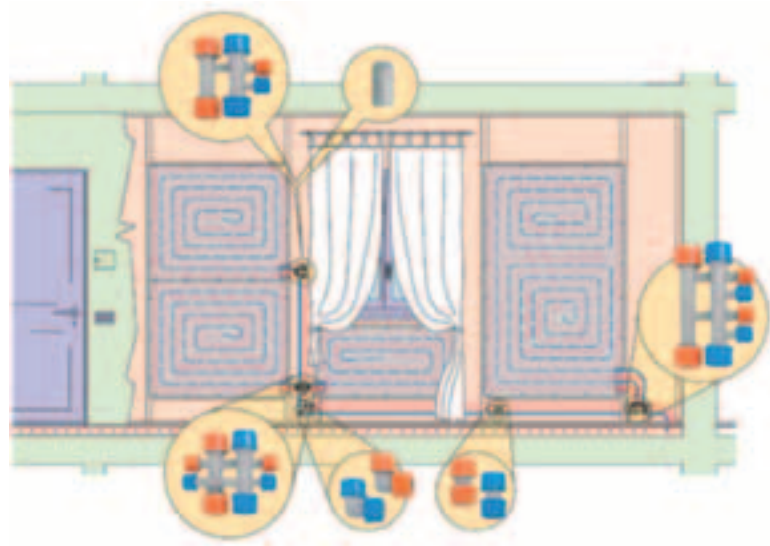
- il tubo installato esternamente alle strutture murarie, ma comunque all'interno dell'edificio, non necessita di protezioni particolari in relazione all'esposizione ai raggi U.V. Si consiglia, in ogni caso, di proteggere quei tratti di installazione posati esternamente agli edifici da stress meccanici o da carichi statici che (ovviamente) non risultano in generale graditi a sistemi semistatici.
- in presenza di salti termici elevati è opportuno prendere ogni precauzione in merito alla dilatazione del tubo (vedi "Dilatazione");
- i tubi vanno inoltre coibentati nel caso in cui sussista il pericolo di formazione di condensa sulla loro superficie esterna.

### Tecniche base di realizzazione

Vi sono diversi tipi di struttura di pavimenti radianti: la norma UNI EN 1264 (parte 1 e 4) ne distingue tre:

- *Tipo A*: Impianti con tubi annegati nello strato di supporto
- *Tipo B*: Impianti con tubi sotto lo strato di supporto
- *Tipo C*: impianti annegati in uno strato livellante, in cui lo strato aderisce ad un doppio strato di separazione.

Nella versione più semplice (tipo A), il sistema viene realizzato inserendo un isolante sopra la soletta portante del pavimento; il materiale più diffuso è il polistirene



espanso in lastre, lisce o con sagomature particolari, ma sono presenti sul mercato anche la fibra di legno, il sughero, il poliuretano e altri. Al di sopra dell'isolante vengono posate le tubazioni o i conduttori scaldanti, che vengono annegate completamente nello *strato di supporto* (il "massetto"), generalmente costituito da calcestruzzo. Infine, si ricopre il massetto con il *rivestimento finale*: solitamente piastrelle, ma anche parquet, linoleum, moquette, ecc.

Le tubazioni previste dalla norma per impianti ad acqua, sono di polietilene reticolato (PE-X), polibutilene (PB), polipropilene (PP), rame; come già detto, l'uso dell'acciaio è stato abbandonato, sebbene i primissimi impianti fossero eseguiti con questo materiale.

Il passo di posa è variabile, perfino all'interno dello stesso locale: il progettista può scegliere di infittire i passi laddove è necessaria una maggiore emissione termica, cioè vicino alle pareti esterne. Per impianti realizzati con conduttori elettrici specifici, il sistema di installazione non varia, ma essendo essi di più facile lavorabilità, la realizzazione di un impianto risulta più semplice e veloce.

Per gli impianti ad acqua, le tubazioni in materiale plastico, in particolare quelle in PE-X, sono le più comuni: essendo flessibili e leggere, hanno una maggiore *facilità di posa*; esse devono essere dotate di uno strato barriera all'ossigeno, per proteggere l'impianto dalla corrosione.

Seppure meno diffuse sul mercato, in casi particolari ove le prestazioni siano il parametro più importante, vengono installate anche tubazioni in rame, che hanno il vantaggio di garantire un'altissima conduttività termica (390 W/(m\*K)), sinonimo di una *efficienza* altrimenti non raggiungibile.

Va sottolineato che il rame ha interassi tubazioni più ampi (in genere 20–25 cm), è impermeabile all'ossigeno e presenta una dilatazione termica più vicina a quella del



Interno del Duomo di Lodi

massetto in cui è immerso.

Dal punto di vista storico, il primo edificio italiano di una certa importanza riscaldato con pannelli radianti è stato il Duomo di Lodi, per il quale nei primi anni '60 è stato scelto un impianto in rame, tuttora funzionante.

### Vantaggi

Rispetto ai tradizionali corpi scaldanti, cioè i radiatori, il pavimento radiante ha i seguenti vantaggi:

- Minori costi di esercizio: è un sistema a bassa temperatura, con tubazioni o conduttori elettrici che lavorano a circa 28-35 °C (nei comuni caloriferi: 70-80 °C), con l'ulteriore opzione di poter collegare l'impianto ad un solare termico di nuova generazione contenendo ulteriormente i costi del riscaldamento (la cui entità dipende dall'impianto e dalla tipologia di locali). I costi ed i consumi si riducono ulteriormente accoppiando il sistema ad una moderna caldaia a condensazione oppure ad un sistema in geotermia avanzata a bassa entalpia.
- Libertà nell'arredo: la presenza di radiatori può limitare la creatività progettuale degli architetti. Al contrario, con i pavimenti radianti si "liberano" spazi e si può sfruttare ogni angolo del locale.
- Possibilità di gestire anche il raffrescamento tramite collegamento a pompa di calore.

- Possibilità di gestire sistemi di cooling in ambienti industriali anche con elevati carichi sul pavimento.

Ovviamente questi sistemi sono perfettamente funzionali anche alla legislazione relativa alla *tariffa incentivante* dedicata alla produzione di energia elettrica tramite sistemi fotovoltaici, assicurando un potenziale incremento di efficienza superiore al 60-70% e quindi potenzialmente sarebbero erogabili i premi del 30% previsti dalla Legge 13 dicembre 2010, n. 220 "Disposizioni per la formazione del bilancio annuale e pluriennale dello Stato" (legge di stabilità 2011), pubblicata sul S.O. n. 281 alla G.U. n. 297 del 21/12/2010.

In aggiunta, cosa non da poco, non necessitano né di caldaia, né di canna fumaria né di tubazioni di distribuzione e non hanno bisogno di nessun tipo di manutenzione oltre a non generare rischi dovuti alla generazione di CO<sub>2</sub>. Sul fronte economico il riscaldamento esclusivamente elettrico ha dei costi elevati, pertanto è interessante solo dove l'energia elettrica è abbondante ed economica. In Francia, ad esempio, questo sistema è reso conveniente dal massiccio impiego di energia nucleare e dall'esigenza di smaltire l'energia prodotta in eccesso durante le ore notturne.

E' ovvio che l'utilizzo di sistemi a pompa di calore, invece, garantisce economia elevata grazie all'effetto

moltiplicatore garantito dalla possibilità di trasformare tramite un ciclo termodinamico l'energia elettrica in energia termica con un coefficiente moltiplicativo detto COP (vedi numero di Geocentro di marzo-aprile 2011, "Sistemi di condizionamento domestico con geotermia a bassa entalpia")

### Svantaggi

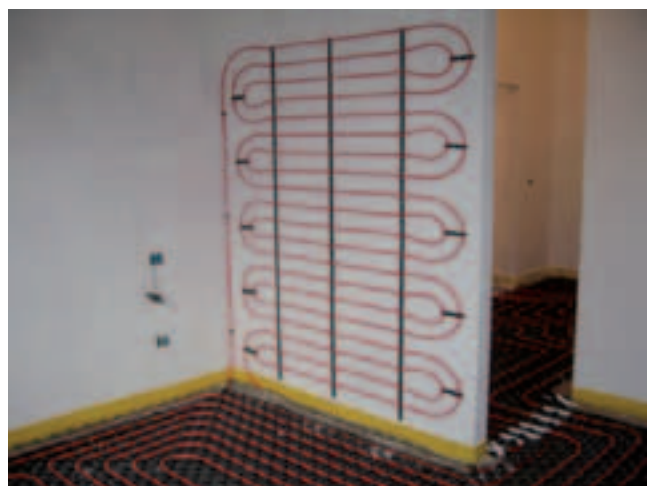
Analogamente, il sistema radiante a pavimento presenta alcuni svantaggi da tenere presenti:

- Spessori del pavimento: i pannelli radianti richiedono uno spessore supplementare di 7–10 cm sul pavimento, che possono risultare problematici durante le ristrutturazioni, benché ultimamente siano stati messi in commercio dei sistemi radianti a secco che contengono gli spazi di installazione e sono adatti alle ristrutturazioni.
- Costi di realizzazione leggermente superiori;
- Necessità di una progettazione accurata e personalizzata: temperature superficiali del pavimento che si discostano dall'ottimale anche solo di qualche grado possono risultare non gradite agli occupanti del locale (*discomfort*).

### Pannelli radianti a parete

Questi pannelli radianti vengono installati nelle pareti del locale rivolte verso l'esterno: con questo accorgimento si *limitano le dispersioni termiche*, dal momento che sotto le tubazioni vengono inseriti gli isolanti, e vengono annullate o ridotte le differenze di temperatura tra pareti calde e pareti fredde.

La superficie occupata dalla parte radiante delle pareti dipende dalla temperatura di progetto (leggermente *più alta rispetto ai sistemi a pavimento a causa dell'effetto convettivo maggiormente presente*), ma in genere varia da 1/3 a 1/2 della superficie calpestabile. Le tubazioni non si estendono oltre i 2 metri d'altezza.



### Tecniche base di realizzazione

La posa dei pannelli radianti a parete è più semplice rispetto a quelli a pavimento, anche se ne ricalca i principi fondamentali. Sopra la parete viene posato l'isolante su cui vengono fissati i tubi; su questi vengono stesi strati di intonaco cementizio, che li ricoprono completamente. Una rete portaintonaco e la realizzazione della finitura superficiale completano l'opera.

### Vantaggi

Il riscaldamento a parete presenta alcuni vantaggi rispetto a quello a pavimento:

- Installazione più semplice: sono addirittura disponibili sul mercato moduli pre-assemblati o pre-piegati.
- Inerzia termica minore: una volta messe in funzione, le pareti radianti cominciano a riscaldare prima, essendoci meno spazio tra tubo e parete, e circolando acqua a temperatura più alta.
- Benessere più elevato: il corpo umano si sviluppa in verticale e riceve meglio il calore da una parete.
- Possibilità di raffrescamento: i pannelli a parete, con opportune modifiche possono essere predisposti per il raffrescamento estivo, facendo scorrere acqua fredda all'interno delle tubazioni.

### Svantaggi

- Limiti nell'arredamento: ovviamente non si possono mettere mobili voluminosi contro le pareti radianti.
- Insufficienza negli ampi spazi: se il locale è relativamente grande, lontano dalle pareti radianti il calore percepito può risultare insufficiente.
- Per evitare fenomeni di condensa nel caso di utilizzo quale sistema raffrescante, è strettamente necessario tenere sotto controllo l'umidità del locale con sistemi deumidificanti o con unità di trattamento aria.

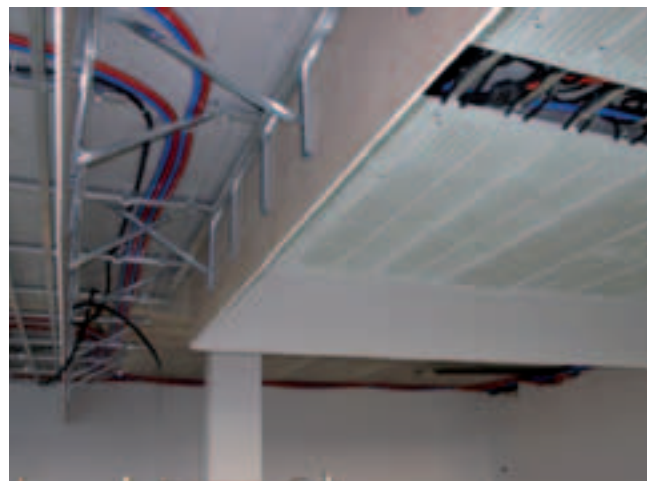
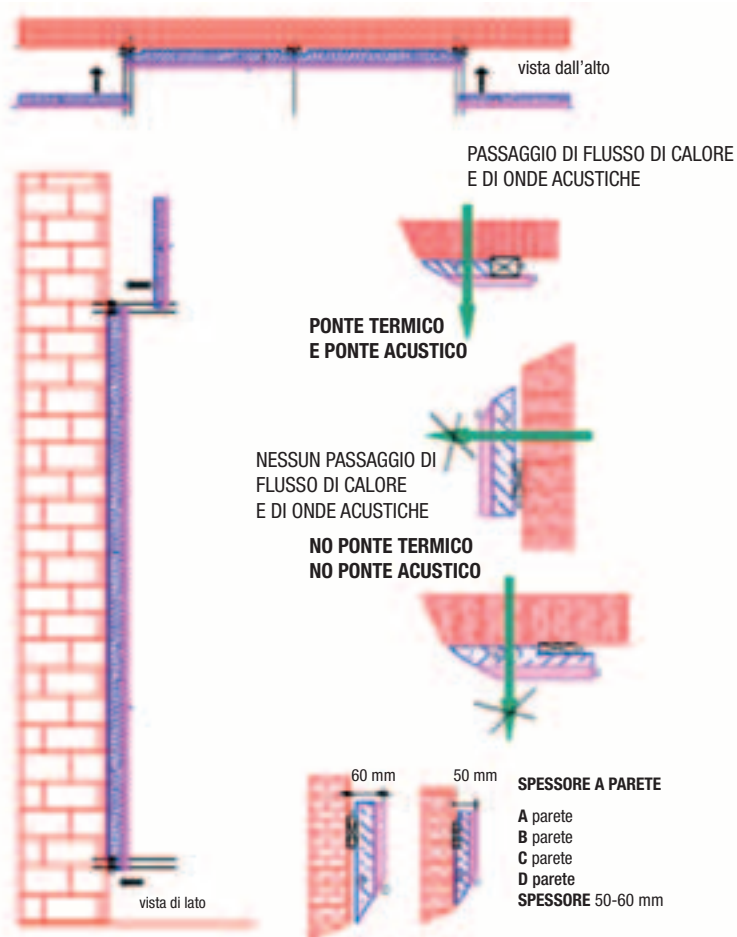
### Pannelli radianti a soffitto

I *pannelli radianti a soffitto* sono in genere costituiti da moduli metallici o in cartongesso di varia forma connessi in vari modi al soffitto: si tratta di pannelli a vista al di sopra (o all'interno) dei quali è installato il tubo.

Sono per lo più usati per il *raffrescamento* (si parla in questo caso di *soffitti freddi*): infatti le condizioni di benessere ottimale vengono raggiunte nel caso in cui *la temperatura a livello dei piedi sia lievemente superiore rispetto a quella della testa*.

Per questo motivo, nel caso del riscaldamento, le temperature massime ammissibili dipendono fortemente dalla altezza di installazione.

### Tecniche base di realizzazione



I pannelli radianti a soffitto più comuni sono composti da *moduli* dentro cui sono attaccate le tubazioni. I tubi vengono collegati tra loro oppure a dei collettori e sono separati dal soffitto da uno strato isolante; i moduli sono dotati di *clips* di fissaggio e possono avere una superficie liscia o corrugata.

**Vantaggi**

- Trasporto di calore meno ostacolato: il pannello a soffitto non è ostacolato da arredi e non presenta

la necessita di intervenire sul pavimento/basamento dello stabile, (cosa non di poco conto se si considera la natura costruttiva e il campo di utilizzo dei capannoni industriali, dove sono spesso presenti dei macchinari in numero, peso ed ingombro elevato).

**Svantaggi**

- *Hot head effect*: non si possono superare certe temperature a livello della testa, che creerebbero situazioni di disagio.

## Alessandro Cariani

Laureato in ingegneria aerospaziale presso il Politecnico di Milano si occupa inizialmente di termofluidodinamica sperimentale e computazionale nel settore impiantistico civile ed industriale ad alta tecnologia, collaborando con il dipartimento di ingegneria aerospaziale del Politecnico di Milano.

A partire dal 1997 si occupa di ricerca e sviluppo nel settore energetico con particolare attenzione all'ambito della progettazione di sistemi di scambiatori di calore ad alta efficienza integrati a sistemi in geotermia avanzata, di progettazione di impiantistica industriale "ZeroEmission" e di sistemi di desalinizzazione e potabilizzazione non osmotica per grandi impianti industriali e residenziali.

Dal 2008, grazie ad accordi di collaborazione tecnologica fra la società Modutech S.r.l. e la Maison Cardin, collabora direttamente con Pierre Cardin allo sviluppo di sistemi ad impatto energetico zero di design integrati in recuperi di strutture architettoniche o ad integrazioni energetiche "ghost" in nuovi progetti quali il Palais Lumiere.