



**STUDIO COMPARATIVO RELATIVO
A UN SISTEMA A POMPA DI CALORE
CONNESSO A VENTILRADIATORI
ULTRASLIM O A PAVIMENTO
RADIANTE**

Aprile 2020



Olimpia Splendid ha affidato all'Ing. Filippo Busato, Dottore di ricerca in Fisica Tecnica e Tecnico Competente in Acustica Ambientale, presidente AICARR, l'incarico di effettuare uno studio per valutare come cambiano le performance di un sistema edificio-impianto in involucri edilizi moderni, a seconda che si utilizzino terminali di emissione del calore del tipo ventilradiatore piuttosto che pavimento radiante, in applicazione con sistemi di produzione termica in pompa di calore

Tale studio appare particolarmente significativo in quanto confronta tra loro sistemi con tecnologie diverse per la stessa applicazione, con calcoli effettuati a parità di funzionalità, di temperatura operante e di comfort, ma soprattutto tenendo conto dei diversi climi in cui i sistemi sono funzionanti, sia in modalità riscaldamento che raffrescamento.

INDICE DEI CONTENUTI

Materiali, sistemi e metodi come fonte dei dati
Pagina 1

Edilizia a basso consumo e comfort
Pagina 2

Pompe di calore differenti per ogni clima
Pagina 2

Terminali a confronto
Pagina 3

Risultati energetici
Pagina 3

Costi d'installazione
Pagina 5

Flussi di cassa
Pagina 5

Considerazioni conclusive
Pagina 7

MATERIALI, SISTEMI E METODI COME FONTE DEI DATI

Il calcolo è stato effettuato con un software utilizzando la metodologia di calcolo A1 secondo il pacchetto normativo UNI/TS 11300, alle versioni in vigore a marzo 2019. Sono stati considerati i seguenti aspetti fondamentali:

Il tipo di abitazione

- Abitazione residenziale su due piani.
- 170 m² di superficie calpestabile.
- Per l'involucro dell'edificio, fissata la geometria, sono state considerate stratigrafie delle pareti in muratura rettificata con cappotto in polistirene, che rispettino le trasmittanze massime relative all'edificio di riferimento per il 2019 (pubblico) e il 2021 (privato) (tabella 1), specifiche di ogni zona climatica. Il medesimo criterio di riferimento vale per tutte le altre trasmittanze di componenti opachi e trasparenti.

Tipologie di distribuzione ed emissione

- Sistema radiante tradizionale con sistema di deumidificazione a espansione diretta, condensato ad acqua d'impianto.
- Sistema con ventilradiatori ultraslim ¹ Bi2 Air SLR inverter Olimpia Splendid.

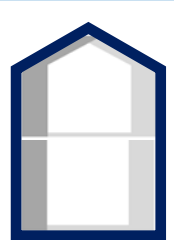
Centrale termica

Pompa di calore e resistenza di integrazione.

I climi europei di riferimento ²

Lo studio nasce per analizzare il comportamento delle diverse tipologie impiantistiche considerate nei tre climi definiti dai regolamenti europei in materia (COLD, AVERAGE, WARM). Pertanto, sono state individuate 3 località italiane che rispondessero alle medesime caratteristiche; Courmayeur (Cold), Torino (Average), Napoli (Warm) (zone climatiche secondo DPR 412/93 F, E, C) (tabella 1).

Tabella 1: Pompe di calore e clima

	 Tp: -20°C HDD: 3926 GG CDD: 103 GG	 Tp: -10°C HDD: 1821 GG CDD: 956 GG	 Tp: 0°C HDD: 1185 GG CDD: 1322 GG
U [W/m ² K]*	Courmayeur	Torino	Napoli
U parete	0,24	0,26	0,34
U copertura	0,20	0,22	0,33
U pavimento	0,24	0,26	0,38
U serramenti	1,10	1,40	2,20

*Trasmittanze edificio riferimento 2019/2021

¹ Un ventilradiator ultraslim (profondità della macchina compresa tra 12,9-15 cm) è un ventilconvettore dotato di serpentino radiante idronico posto in parallelo alla batteria alettata e collocato dietro al pannello estetico frontale, così da permettere anche emissione termica per irraggiamento e il riscaldamento tramite funzionamento statico (cioè a ventilatore fermo) (immagine a lato).

² Le caratteristiche dei climi di riferimento sono state desunte dalla UNI 5364:1976 per quanto concerne le temperature di progetto invernali, dal sito www.degreedays.net per il calcolo dei Cooling Degree-Days CDD (base 16 °C) e per i gradi giorno riscaldamento HDD. A questo proposito si precisa che i CDD e gli HDD qui riportati non costituiscono input per il calcolo del fabbisogno rispettivamente estivo ed invernale, ma solo un indicatore sintetico della severità dei climi estivo ed invernale. I fabbisogni sono stati calcolati secondo la procedura della UNI/TS 11300-1:2014, e secondo i dati della UNI 10349:2016.9.





EDILIZIA A BASSO CONSUMO E COMFORT

Sono stati considerati i parametri relativi a edifici residenziali di moderna concezione, caratterizzati da elevato comfort e involucri a basse dispersioni che garantiscono, in inverno, temperature superficiali interne delle strutture disperdenti elevate e in estate, il contenimento dei carichi termici. Questi involucri si caratterizzano per notevoli spessori di isolamento, per una qualità elevata dei serramenti e delle superfici trasparenti, oltre a una prestazione energetica più efficiente.

Dal punto di vista del comfort prodotto da differenti sistemi di climatizzazione, è da sottolineare come, negli edifici poco isolati, la differenza tra quello ottenuto con dei pavimenti radianti e quello ottenuto con dei ventilradiatori potrebbe essere percepibile, mentre negli edifici ben coibentati questa differenza è quasi nulla. Per ottimizzare i benefici dati da un involucro efficiente, è sempre opportuno considerare l'adozione di corpi scaldanti a bassa inerzia, affinché l'impianto possa prontamente interrompere l'emissione di calore in ambiente a temperatura di set-point raggiunta, evitando fenomeni di surriscaldamento dovuti all'eccessiva inerzia dei corpi scaldanti (come invece può avvenire con pavimenti radianti tradizionali dotati di massetti cementizi dell'ordine dei 3-5 cm di spessore).

POMPE DI CALORE DIFFERENTI PER OGNI CLIMA

Il calcolo dei consumi è stato effettuato secondo le modalità previste dal software di calcolo. In particolare, per il consumo della pompa di calore, sono state considerate delle macchine "virtuali" (non a catalogo) con resistenza di integrazione per non dover sovradimensionare la pompa di calore nei climi più freddi. La potenza delle pompe di calore è pari all'80% della potenza di progetto in riscaldamento.³

Per tentativi (a step pari a 0,1) si è cercato il minimo valore di COP nominale (aria esterna 7°C acqua di mandata 35°C) che determinasse il passaggio dalla classe energetica dell'edificio A2 alla classe A3, per le tre località e per i due tipi di impianto considerati.

I risultati (tabella 2) mostrano come vi sia poca differenza tra il COP dei due tipi d'impianto a parità di località, mentre invece la differenza diviene significativa al variare della località. Emergono quindi due importanti considerazioni per ottenere la stessa classe energetica dell'edificio:

- I ventilradiatori, rispetto al pavimento radiante, non richiedono pompe di calore significativamente più efficienti;
- In ogni località è necessario prevedere pompe di calore di tipologie specifiche per il clima in cui devono operare.

Tabella 2: COP minimi che determinano il passaggio dalla classe energetica dell'edificio da A2 ad A3

	Courmayeur		Torino		Napoli	
	Pavimento radiante	Ventil radiatori	Pavimento radiante	Ventil radiatori	Pavimento radiante	Ventil radiatori
COP minimo	3,8	3,9	3,2	3,4	2,9	3,0

³ Consumi delle pompe di calore determinati secondo la UNI/TS 11300-4:2016. Il regime di modulazione è stato considerato come previsto dal punto 9.4.4.2 della norma, con un coefficiente correttivo pari a 1 fino a CR 0,5 e al di sotto di tale valore procedendo come da formula (57) seguente:

$$COP_{A,B,C,D} = COP_{DC} \cdot CR / ((1 - C_c) + CR \cdot C_c)$$

Questa modalità di calcolo richiede in input il solo valore di COP A7/W35. Per l'impianto radiante è stata considerata la temperatura di mandata di 35 °C, mentre per quello con i ventilradiatori è stata considerata la temperatura di mandata di 40 °C.



TERMINALI A CONFRONTO

Oltre ai parametri prestazionali delle pompe di calore, sono state considerate le specifiche temperature di alimentazione dei terminali, in questo caso per i ventilradiatori ultraslim in inverno 40°C e per il pavimento radiante 35°C, unitamente alle loro caratteristiche di regolazione. La differenza di temperatura aumenta nella stagione di raffrescamento, nella quale la temperatura di alimentazione del ventilradiatore è di 7°C mentre quella del pavimento radiante è 15°C. Questo tenendo conto che, nel caso del pavimento radiante, è necessario l'abbinamento con deumidificatori d'aria per abbassare il tasso di umidità (carico latente), a differenza dei ventilradiatori dotati intrinsecamente della capacità di deumidificare l'aria.

È opportuno notare che nei fabbisogni di energia termica utile (tabella 3) è incluso anche il fabbisogno di umidificazione non esplicitato, ma che è stato considerato nel calcolo dal software come parte del fabbisogno di riscaldamento. Nella realtà esso non sempre viene soddisfatto con un'applicazione impiantistica dedicata, ed è pertanto un fattore che l'impianto reale spesso sconta, generando una diminuzione del consumo reale rispetto a quello calcolato da norma. Ai fini dello studio, e data l'importanza decisiva nel caso dell'impianto a pavimento radiante, si è ritenuto opportuno presentare in maniera esplicita il fabbisogno di deumidificazione tenendo presente che tale impianto è stato dotato di due deumidificatori (uno per piano) alimentati elettricamente e che smaltiscono il calore di condensazione sul circuito idronico raffreddato dalla pompa di calore. Pertanto, al fabbisogno elettrico della pompa di calore è stato sommato il fabbisogno elettrico dei compressori dei deumidificatori.

Tabella 3: Fabbisogni di energia termica utile

Fabbisogno	Courmayeur	Torino	Napoli	UDM
Fabbisogno riscaldamento	74	53	28	kWh/m ²
Fabbisogno raffrescamento sensibile	2	19	28	kWh/m ²
Fabbisogno raffrescamento latente	1	9	14	kWh/m ²

RISULTATI ENERGETICI

Analizzando le prestazioni medie stagionali (tabella 4) si evince come il COP medio della pompa di calore nel caso del pavimento radiante sia, per ognuna delle tre località, superiore a quello del caso con i ventilradiatori, e ciò è dovuto alla temperatura di mandata dell'acqua, più favorevole. Lo stesso si nota per l'EER medio della pompa di calore. Vi è però da tenere conto, che nel caso del pavimento radiante, per il funzionamento in raffreddamento, è necessario considerare anche i deumidificatori, anch'essi caratterizzati da un proprio EER medio.

Tabella 4: Prestazioni impianto a pavimento radiante vs. a ventilradiatori

Grandezza	Courmayeur		Torino		Napoli	
	Pavimento radiante	Ventil radiatori	Pavimento radiante	Ventil radiatori	Pavimento radiante	Ventil radiatori
Quota riscaldamento soddisfatta da resistenza	10%	10%	8%	8%	5%	5%
COP medio	2,83	2,26	3,33	2,76	3,83	3,26
EER medio	3,66	3,22	3,62	3,18	3,61	3,17
EER deumidificatore	3,80	-	3,80	-	3,80	-



Sommando i fabbisogni elettrici totali dell'edificio per i servizi di riscaldamento e raffrescamento (tabella 5), si nota che a Courmayeur il valore passa da 5462 kWh elettrici nel caso del pavimento radiante a 6433 kWh elettrici nel caso del ventilradiatore che, pertanto risulta energeticamente meno efficiente in questa località. A Torino il valore passa da 5109 kWh elettrici nel caso del pavimento radiante a 5275 kWh elettrici nel caso del ventilradiatore. I due sistemi risultano pertanto energeticamente molto simili, mentre a Napoli da 4206 kWh si passa a 3883 kWh decretando per tale località una miglior efficienza energetica del sistema a ventilradiatori.

Questo comportamento differenziato tra le tre località è legato al clima che porta ad avere grandi differenze del rapporto tra fabbisogno di riscaldamento e fabbisogno di raffreddamento. Come già specificato, in fase di riscaldamento è più efficiente il sistema con pavimento radiante ma in fase di raffreddamento, a causa dell'assorbimento elettrico dei deumidificatori, risulta essere più efficiente il sistema a ventilradiatori. Pertanto, ove il fabbisogno estivo diviene significativo aumenta la convenienza energetica della soluzione a ventilradiatori.

Tabella 5: Consumi impianto a pavimento radiante vs. a ventilradiatori

Fabbisogno	Courmayeur		Torino		Napoli	
	Pavimento radiante	Ventil radiatori	Pavimento radiante	Ventil radiatori	Pavimento radiante	Ventil radiatori
Fabbisogno resistenza elettrica (kWh/m²)	7,4	7,4	4,3	4,3	1,4	1,4
Fabbisogno pdc riscaldamento (kWh/m²)	23,6	29,5	14,8	17,8	6,9	8,1
Fabbisogno pdc raffrescamento sensibile (kWh/m²)	0,9	0,9	8,5	8,9	12,8	13,4
Fabbisogno pdc raffrescamento latente (kWh/m²)	0,3	-	2,5	-	3,7	-
Fabbisogno elettrico inverno (kWh/m²)	31,0	36,9	19,1	22,1	8,2	9,4
Fabbisogno elettrico estivo (kWh/m²)	1,2	0,9	11,0	8,9	16,5	13,4
Consumo						
Fabbisogno elettrico inverno (kWh)	5.265,8	6.274,9	3.240,3	3.758,4	1.400,5	1.603,8
Fabbisogno elettrico estivo (kWh)	196,2	158,5	1.868,9	1.516,3	2.805,6	2.278,7
Fabbisogno elettrico (kWh)	5.462,0	6.433,4	5.109,2	5.274,8	4.206,1	3.882,5



COSTI D'INSTALLAZIONE

Una valutazione completa richiede anche un'analisi dei costi di installazione e di gestione. Per quanto concerne i costi di fornitura delle macchine e di installazione di impianto, per le parti in cui differiscono, i costi sono stati stimati a partire dai prezziari o listini del produttore e dalle stime della manodopera, rivolti all'utilizzatore finale. Nella fattispecie è stato considerato un pavimento radiante tradizionale con isolamento da 44 mm, e dei ventilradiatori Bi2 Air SLR inverter Olimpia Splendid (tabella 6). Dai dati risultanti, il sistema a ventilradiatore è intrinsecamente più economico di quello a pavimento radiante che ha un costo di posa molto più elevato, ed è inoltre gravato dall'onere dato dall'installazione dei due deumidificatori.

Tabella 6: Consumi impianto a Courmayeur, Torino e Napoli

Voce di costo	Courmayeur		Torino		Napoli	
	Pavimento radiante	Ventil radiatori	Pavimento radiante	Ventil radiatori	Pavimento radiante	Ventil radiatori
Sistema radiante con deumidificazione	€ 23.800	-	€ 23.800	-	€ 23.800	-
Impianto tecnologico di generazione ed accumulo	€ 13.245	€ 13.245	€ 10.245	€ 10.245	€ 8.245	€ 8.245
Sistema a ventilradiatori	-	€ 16.855	-	€ 16.855	-	€ 16.855
Totale	€ 37.045	€ 30.100	€ 34.045	€ 27.100	€ 32.045	€ 25.100

FLUSSI DI CASSA

Analizzando i costi di funzionamento delle diverse soluzioni testate, risulta che la soluzione basata sul ventilradiatore presenta un costo leggermente più alto nella stagione invernale dovuto alle temperature di alimentazione più elevate. Durante la stagione estiva, è invece, il pavimento radiante ad avere un costo più alto dovuto alla presenza del deumidificatore. Quindi in base al rapporto tra il fabbisogno della stagione estiva e della stagione invernale il costo di funzionamento può portare ad essere più vantaggioso un sistema piuttosto che l'altro. Tuttavia, analizzando i flussi di cassa su 15 anni, comprensivi dei costi d'installazione iniziali, (tabelle 7 e 8) (effettuata senza considerare l'effetto di eventuali detrazioni fiscali) si nota come in tutti e 3 i climi risulti economicamente più vantaggiosa la soluzione a ventilradiatori.

Tabella 7: Flussi di cassa semplice a Courmayeur, Torino e Napoli

Voce di costo	Courmayeur		Torino		Napoli	
	Pavimento radiante	Ventil radiatori	Pavimento radiante	Ventil radiatori	Pavimento radiante	Ventil radiatori
COSTO INVESTIMENTO	€ 37.045	€ 30.100	€ 34.045	€ 27.100	€ 32.045	€ 25.100
Delta costo		-19%		-20%		-22%
COSTO ESERCIZIO 15 ANNI	€ 27.225	€ 32.068	€ 25.467	€ 26.293	€ 20.965	€ 19.353
Delta costo		+18%		+3%		-8%
COSTO TOTALE 15 ANNI	€ 64.270	€ 62.168	€ 59.512	€ 53.393	€ 53.010	€ 44.453
Delta costo		-3%		-10%		-16%



Tabella 8: Calcolo dei flussi di cassa - dettaglio Torino

Anno	Flusso di cassa semplice		Flusso di cassa attualizzato	
	Pavimento radiante	Ventilradiatore	Pavimento radiante	Ventilradiatore
0	€ 34.045,00	€ 27.100,38	€ 34.045,00	€ 27.100,38
1	€ 1.180,22	€ 1.218,47	€ 1.145,85	€ 1.182,98
2	€ 1.239,23	€ 1.279,39	€ 1.168,10	€ 1.205,95
3	€ 1.301,19	€ 1.343,36	€ 1.190,78	€ 1.229,37
4	€ 1.366,25	€ 1.410,53	€ 1.213,90	€ 1.253,24
5	€ 1.434,57	€ 1.481,06	€ 1.237,47	€ 1.277,57
6	€ 1.506,30	€ 1.555,11	€ 1.261,50	€ 1.302,38
7	€ 1.581,61	€ 1.632,87	€ 1.285,99	€ 1.327,67
8	€ 1.660,69	€ 1.714,51	€ 1.310,96	€ 1.353,45
9	€ 1.743,72	€ 1.800,23	€ 1.336,42	€ 1.379,73
10	€ 1.830,91	€ 1.890,25	€ 1.362,37	€ 1.406,52
11	€ 1.922,46	€ 1.984,76	€ 1.388,82	€ 1.433,83
12	€ 2.018,58	€ 2.084,00	€ 1.415,79	€ 1.461,67
13	€ 2.119,51	€ 2.188,20	€ 1.443,28	€ 1.490,06
14	€ 2.225,48	€ 2.297,61	€ 1.471,31	€ 1.518,99
15	€ 2.336,76	€ 2.412,49	€ 1.499,88	€ 1.548,48
TOTALE	€ 59.512,49	€ 53.393,20	€ 53.777,41	€ 47.472,27

Inflazione prodotti energetici: 5%
Tasso di attualizzazione: 3%
Prezzo energia elettrica: 0,22 euro/kWh

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'Italia è un Paese molto diversificato climaticamente e proprio il clima è stato uno dei parametri che ha determinato le maggiori differenze di comportamento delle tipologie impiantistiche prese in considerazione. Ovvero, occorre predisporre impianti diversi in presenza di climi differenti. Questo perché le condizioni climatiche influiscono sulla distribuzione e sulla ripartizione del carico termico e frigorifero all'interno dell'abitazione, determinando sostanziali variazioni sulle performance degli impianti in pompa di calore.

Le conclusioni dello studio sono di carattere sia tecnico sia economico.⁴

Le conclusioni tecniche si basano sul grado di raggiungimento delle condizioni di comfort che, grazie all'alto isolamento dell'involucro, vede un sostanziale pareggio tra le due tipologie di impianti, evidenziando come il sistema a ventilradiatori ultraslim siano in linea con le esigenze della nuova edilizia. Sempre a livello tecnico, il sistema a ventilradiatori favorisce un maggiore comfort acustico nel periodo estivo, in assenza del rumore dato dal compressore del deumidificatore, necessario in caso di impianto a pavimento radiante. Dal punto di vista economico, nel caso studio svolto e considerando nel complesso il costo iniziale più il costo di esercizio, la soluzione di impianto in pompa di calore in abbinamento a ventilradiatori, è sempre più vantaggiosa della soluzione di un sistema in pompa di calore abbinato a impianto radiante. Infatti, se i sistemi a ventilradiatori presentano lievi vantaggi nei climi freddi, la loro convenienza aumenta man mano che il clima diviene più caldo.

⁴ Le conclusioni dello studio, ottenute per i ventilradiatori ultraslim possono essere estese con le necessarie correzioni in termini quantitativi anche ai ventilconvettori ultraslim.