

1 METODO DI CALCOLO PER LA DETERMINAZIONE DI UN'EFFICIENZA EQUIVALENTE DI RECUPERO

Indice

1	Metodo di calcolo per la determinazione di un'efficienza equivalente di recupero	1
1.1	Introduzione e scopo	1
1.2	Calcolo del fabbisogno di energia termica utile.....	2
1.3	Calcolo del fabbisogno di energia termica per la ventilazione	2
1.4	Calcolo della copertura del fabbisogno di energia termica utile da parte del recuperatore attivo	3
1.5	Calcolo dell'energia sottratta dal recuperatore attivo all'aria interna in espulsione (recuperata)	4
1.6	Calcolo dell'efficienza equivalente di recupero.....	5
1.7	Conclusioni	5

1.1 Introduzione e scopo

Il presente documento propone un metodo di calcolo per la determinazione dell'efficienza equivalente di recupero nel caso di un recuperatore di calore attivo sull'aria espulsa.

Un recuperatore di calore attivo è una pompa di calore caratterizzata dall'aver l'aria espulsa come sorgente termica e l'aria esterna in immissione come pozzo termico.

Si utilizza l'aggettivo "equivalente" in accompagnamento al sostantivo "efficienza" in quanto una pompa di calore non viene normalmente connotata con un'efficienza di scambio (a differenza dei recuperatori passivi che sono degli scambiatori di calore) ma con un valore di COP.

Il metodo di calcolo fa uso di dati sull'edificio e climatici già disponibili da un software di calcolo del comportamento termico dell'edificio.

1.2 Calcolo del fabbisogno di energia termica utile

Attraverso il software di calcolo normalmente utilizzato per la certificazione si determini il fabbisogno di energia termica utile per riscaldamento (Q_H).

A titolo di esempio è stato eseguito il calcolo su un edificio residenziale unifamiliare sito a Bolzano (2791 GG) con le seguenti caratteristiche:

- Fabbisogno di energia termica utile per unità di superficie di pavimento: 50 kWh/(m² anno) corrispondente ad una classe B secondo la certificazione Casaclima
- Superficie utile di pavimento riscaldato: 200 m²
- Altezza netta interna: 3 m
- Volume netto riscaldato: 600 m³
- Tasso di rinnovo aria: 0.5 vol/h
- Portata d'aria di rinnovo: 300 m³/h
- Temperatura dell'aria interna: 20 °C.

Nel grafico di Figura 1 si riporta l'andamento medio mensile della temperatura dell'aria esterna e del fabbisogno di energia termica utile per riscaldamento. Il calcolo è stato eseguito senza prendere in considerazione nessun tipo di recupero termico sull'aria espulsa.

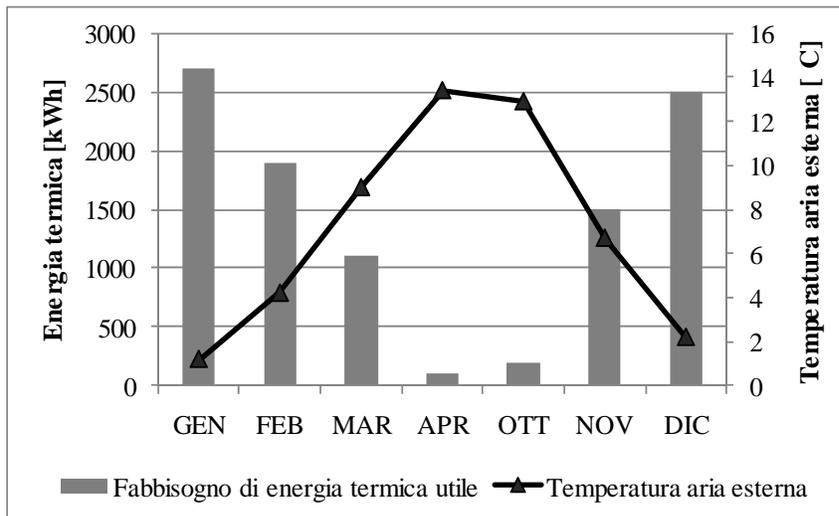


Figura 1. Andamento medio mensile della temperatura dell'aria esterna e del fabbisogno di energia termica utile per riscaldamento

1.3 Calcolo del fabbisogno di energia termica per la ventilazione

Si calcolino le dispersioni per ventilazione (Q_V) su base mensile. È possibile, soprattutto nei mesi più miti, che il fabbisogno di energia termica utile risulti inferiore rispetto alle dispersioni per ventilazione, a causa della presenza degli apporti gratuiti di calore. Si determinino pertanto le dispersioni per ventilazione effettive ($Q_{V,eff}$) come il minimo valore tra le dispersioni per ventilazione stesse ed il fabbisogno di energia termica utile.

In Figura 2 si riporta l'andamento medio mensile della temperatura dell'aria esterna, del fabbisogno di energia termica utile per riscaldamento e delle dispersioni per ventilazione per l'esempio considerato. Si veda come nei mesi di aprile e di ottobre le dispersioni per ventilazione siano superiori al fabbisogno. Le dispersioni per ventilazione effettive risultano pertanto un 96 % delle dispersioni per ventilazione.

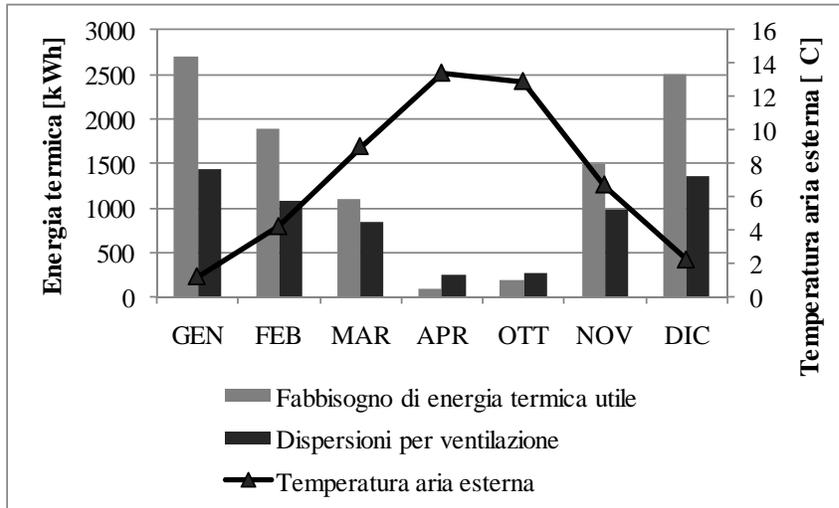


Figura 2. Andamento medio mensile della temperatura dell'aria esterna, del fabbisogno di energia termica utile per riscaldamento e delle dispersioni per ventilazione

1.4 Calcolo della copertura del fabbisogno di energia termica utile da parte del recuperatore attivo

Nota la temperatura dell'aria interna, in funzione della temperatura dell'aria esterna media mensile, si determinino le prestazioni del recuperatore attivo (potenza termica resa, elettrica assorbita da compressore e ventilatori ed efficienze).

Tali dati prestazionali vengono determinati a partire da tre valori ricavati attraverso un test di laboratorio in corrispondenza di tre valori di temperatura dell'aria esterna così come previsto dal DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik) che si occupa delle prove e delle valutazioni di recuperatori (attivi e passivi) così come riportato in Tabella 1.

Temperatura dell'aria esterna [°C]	-3 °C	4 °C	10 °C
Umidità relativa aria esterna [%]	80 %		
Temperatura dell'aria interna [°C]	21 °C		
Umidità relativa aria interna [%]	36 %	46 %	56 %

Tabella 1. Condizioni di prova di sistemi per il recupero termico sull'aria espulsa secondo DIBt

	-3 °C		4 °C		10 °C		
	Potenza termica resa [kW]	Potenza elettrica assorbita compressore [kW]	Potenza termica resa [kW]	Potenza elettrica assorbita compressore [kW]	Potenza termica resa [kW]	Potenza elettrica assorbita compressore [kW]	
200 [m ³ /h]	1.80	0.32	1.77	0.37	1.75	0.42	Potenza elettrica assorbita ventilatori [kW] 0.04
300 [m ³ /h]	2.25	0.39	2.25	0.49	2.22	0.57	0.05
500 [m ³ /h]	3.61	0.60	3.53	0.69	3.46	0.78	0.08
650 [m ³ /h]	4.92	0.88	4.87	1.04	4.82	1.17	0.15

Tabella 2. Dati prestazionali di sistemi per il recupero attivo per edifici residenziali

Dal valore di potenza resa, in funzione della temperatura dell'aria esterna, si determini il valore di energia massima resa dal recuperatore attivo ($Q_{rec,max}$) semplicemente moltiplicando il valore di potenza per le ore del mese considerato (funzionamento continuo 24 ore/giorno) come previsto dalla normativa di calcolo. Da un confronto con il fabbisogno di energia termica utile si determini il valore di energia termica effettiva resa dal recuperatore (Q_{rec}) come il valore minimo tra l'energia massima resa dal recuperatore attivo ($Q_{rec,max}$) ed il fabbisogno di energia termica utile per riscaldamento (Q_H). La quota del fabbisogno di energia termica utile non coperta dal recuperatore attivo viene soddisfatta dall'impianto principale, qualunque sia il sistema di generazione, così come si riporta nell'esempio di Figura 3. Si veda come il recuperatore attivo, nei mesi più freddi, si configura come un sistema di generazione preposto alla copertura del carico di base (mentre i picchi vengono coperti dal generatore principale). Nei periodi più miti della stagione di riscaldamento il recuperatore attivo diviene l'unico generatore necessario, visto che oltre a coprire il carico dell'aria di rinnovo, riesce a soddisfare anche il carico ambiente.

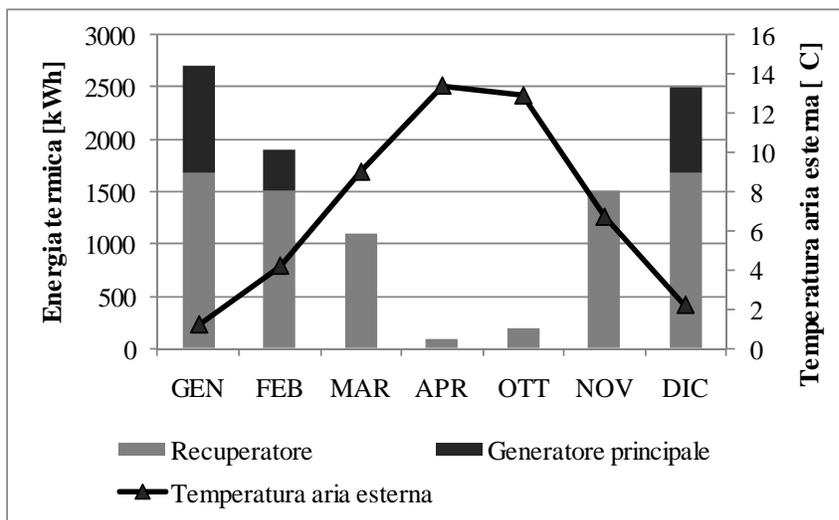


Figura 3. Ripartizione, su base media mensile, del fabbisogno di energia termica utile tra il recuperatore attivo e il sistema di generazione principale

1.5 Calcolo dell'energia sottratta dal recuperatore attivo all'aria interna in espulsione (recuperata)

Su base media mensile è possibile ricavare il COP del recuperatore attivo, in funzione della temperatura dell'aria esterna, a partire dai dati di prova riportati in Tabella 2 eseguendo, qualora necessaria, un'interpolazione lineare.

Noto il COP è possibile determinare l'energia elettrica assorbita nei diversi mesi.

Sottraendo all'energia termica resa, l'energia elettrica assorbita è possibile ottenere, sempre su base mensile, l'energia termica sottratta dal recuperatore attivo all'aria interna in espulsione che quindi è quella recuperata.

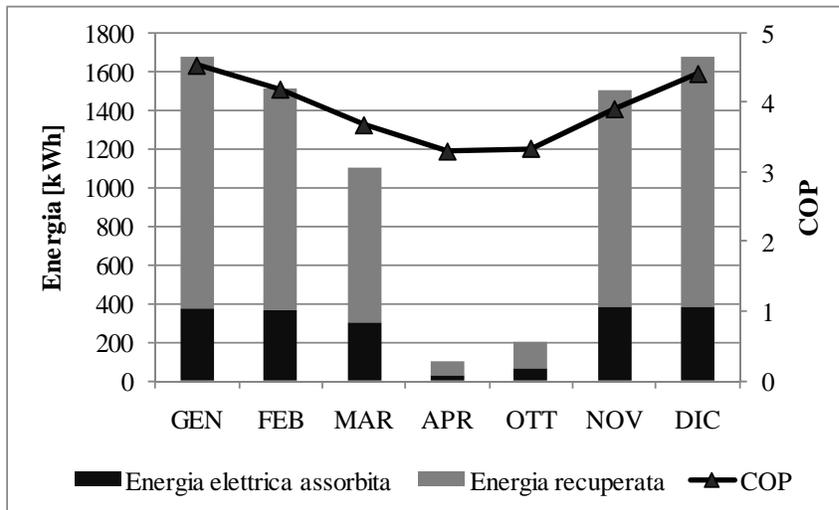


Figura 4. Ripartizione, su base media mensile, dell'energia termica resa dal recuperatore attivo tra l'energia elettrica assorbita e l'energia termica recuperata

1.6 Calcolo dell'efficienza equivalente di recupero

Poiché l'efficienza di recupero è definita come il rapporto tra l'energia recuperata e quella dispersa per ventilazione, sono ora disponibili tutti gli elementi al fine di calcolare il valore medio mensile e quello stagionale. L'efficienza di recupero, su base stagionale, risulta pari a 98 %.

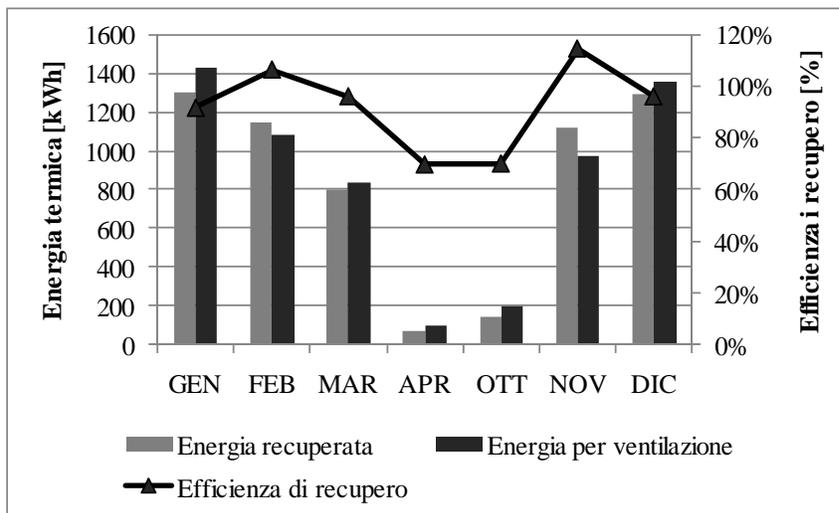


Figura 5. Andamento mensile dell'energia recuperata, delle dispersioni per ventilazioni e dell'efficienza equivalente di recupero

1.7 Conclusioni

Avendo connotato il recuperatore attivo attraverso un'efficienza di scambio, si è assunto, idealmente per ragioni di modellazione, che ci sia un trasferimento spontaneo di calore dalla sorgente termica (l'aria interna in espulsione) al pozzo termico (l'aria esterna in immissione).

Il calcolo potrebbe essere più dettagliatamente svolto con valori orari anziché medi mensili, anche se i dati di temperatura e fabbisogno potrebbero non essere direttamente disponibili nel software di calcolo.

Il metodo ha valutato solo il funzionamento in riscaldamento, essendo questo il fabbisogno che oggi determina la classe energetica dell'edificio. In realtà sono notevoli i benefici che un recuperatore attivo ha nel funzionamento in raffrescamento in termini di efficienza e capacità di deumidificazione che un recuperatore passivo non è in grado di offrire.

Nella seguente tabella si riassumono i dati salienti sui flussi energetici considerati.

	OTT	NOV	DIC	GEN	FEB	MAR	APR	TOT
Temperatura esterna media mensile [°C]	1.2	4.2	9	13.4	12.9	6.7	2.2	6.1
Fabbisogno di energia termica utile [kWh]	2700	1900	1100	100	200	1500	2500	10000
Dispersioni per ventilazione (teoriche) [kWh]	1427	1083	835	259	278	977	1351	6209
Dispersioni per ventilazione (reali) [kWh]	1427	1083	835	100	200	977	1351	5972
Energia termica fornita dal generatore principale [kWh]	1026	389	0	0	0	0	826	2241
Energia termica fornita dal recuperatore attivo [kWh]	1674	1511	1100	100	200	1500	1674	7759
Energia elettrica assorbita dal recuperatore attivo [kWh]	370	361	299	30	60	384	380	1884
Energia termica recuperata dal recuperatore attivo [kWh]	1305	1150	801	70	140	1116	1294	5875
Efficienza di recupero [%]	91%	106%	96%	70%	70%	114%	96%	98%

Tabella 3. Riassunto dei flussi energetici individuati nell'esempio