

Risparmio Energetico e Qualità dell'Aria Indoor con VMC a Recupero di Calore: un Modello Integrato per Edifici Residenziali Italiani

Mario Menichella¹

¹Fisico e Analista Energetico, I-55049, Viareggio (LU), Italy

E-mail: m.menichella@gmail.com

Sommario

La ventilazione meccanica controllata a recupero di calore (VMC-RC) persegue il duplice obiettivo di ridurre le dispersioni termiche per ventilazione e di mantenere un'adeguata qualità dell'aria interna. Sulla base dell'energia finale e nelle ipotesi del presente modello a gradi-giorno, un'unità VMC con efficienza sensibile $\eta_s = 0,90$ e potenza elettrica $P_{el} = 95 \text{ W}$ ($SFP = 0,76 \text{ Wh m}^{-3}$ alla portata di riferimento di $125 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$) fornisce risparmi netti annui stimati del 14–70% della dispersione termica per ventilazione naturale (non del fabbisogno energetico totale dell'edificio), per dieci città italiane nelle zone climatiche B–E (UNI 10349). I risparmi riflettono due effetti concorrenti — il recupero di calore e la riduzione della portata da $0,70$ a $0,50 \text{ h}^{-1}$ — quantificati separatamente. Un'analisi di sensibilità per $ACH_{nat} = 0,40\text{--}0,70 \text{ h}^{-1}$ colloca la soglia di pareggio nell'intervallo 637–1183 Kd. Con l'ipotesi occupazionale a bassa emissione della EN 16798-1 ($\dot{G} = 5,2 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ persona}^{-1}$), la ventilazione controllata a $0,50 \text{ h}^{-1}$ mantiene la CO_2 prevista intorno a 545 ppm; la sola infiltrazione raggiunge 836 ppm in regime stazionario e circa 799 ppm al picco serale.

Parole chiave: VMC a recupero di calore · bilancio energetico · qualità dell'aria · CO_2 · zone climatiche italiane · metodo gradi-giorno · edifici residenziali

Introduzione

Gli edifici residenziali rappresentano circa il 40% dei consumi di energia finale nell'Unione Europea, con il riscaldamento degli ambienti come voce dominante [5]. Con il progressivo miglioramento dell'involucro edilizio imposto dalle successive versioni della Direttiva sulla Prestazione Energetica degli Edifici (EPBD), le dispersioni per ventilazione emergono come quota crescente del fabbisogno residuo [4]. Al tempo stesso, involucri più ermetici tendono ad aumentare le concentrazioni di inquinanti interni: la CO_2 e l'umidità relativa diventano più difficili da controllare attraverso l'apertura saltuaria delle finestre.

La ventilazione meccanica controllata a recupero di calore (VMC-RC) affronta entrambi i problemi. Uno scambiatore a flussi contrapposti preriscalda l'aria di immissione sfruttando l'entalpia dell'aria di estrazione, recuperando l'82–93% del calore sensibile altrimenti disperso all'esterno [6]. Le analisi disponibili per il contesto italiano appaiono circoscritte, spesso limitate a una singola città [2] o prive del bilancio della CO_2 [1].

Il presente lavoro contribuisce a questa discussione attraverso tre elementi: un bilancio energetico trasparente basato sui gradi-giorno CTI e sui dati di prestazione dei

costruttori; un modello dinamico del primo ordine per la CO_2 interna; e una scomposizione esplicita del risparmio nelle due componenti — recupero termico e riduzione della portata — corredata da un'analisi di sensibilità sul tasso di ventilazione naturale.

Metodologia

Edificio di riferimento e scenari di ventilazione

L'abitazione di riferimento è un appartamento di 100 m^2 di superficie lorda con volume netto di 250 m^3 (altezza di piano 2,5 m), occupato da tre persone. La configurazione è coerente con l'archetipo EPISCOPE/TABULA per l'Italia [3] e va intesa come caso rappresentativo, non come descrizione statistica esaustiva dello stock residenziale nazionale. Vengono confrontati due scenari:

Naturale Infiltrazione non controllata e apertura periodica delle finestre, modellata come un ACH efficace costante di $0,70 \text{ h}^{-1}$ — media del sondaggio per appartamenti italiani [7]; il 25° percentile è circa $0,40 \text{ h}^{-1}$.

VMC Ventilazione meccanica bilanciata a $0,50 \text{ h}^{-1}$ (minimo EN 15251 categoria II), con scambiatore a flussi contrapposti a $\eta_s = 0,90$ (EN 308).