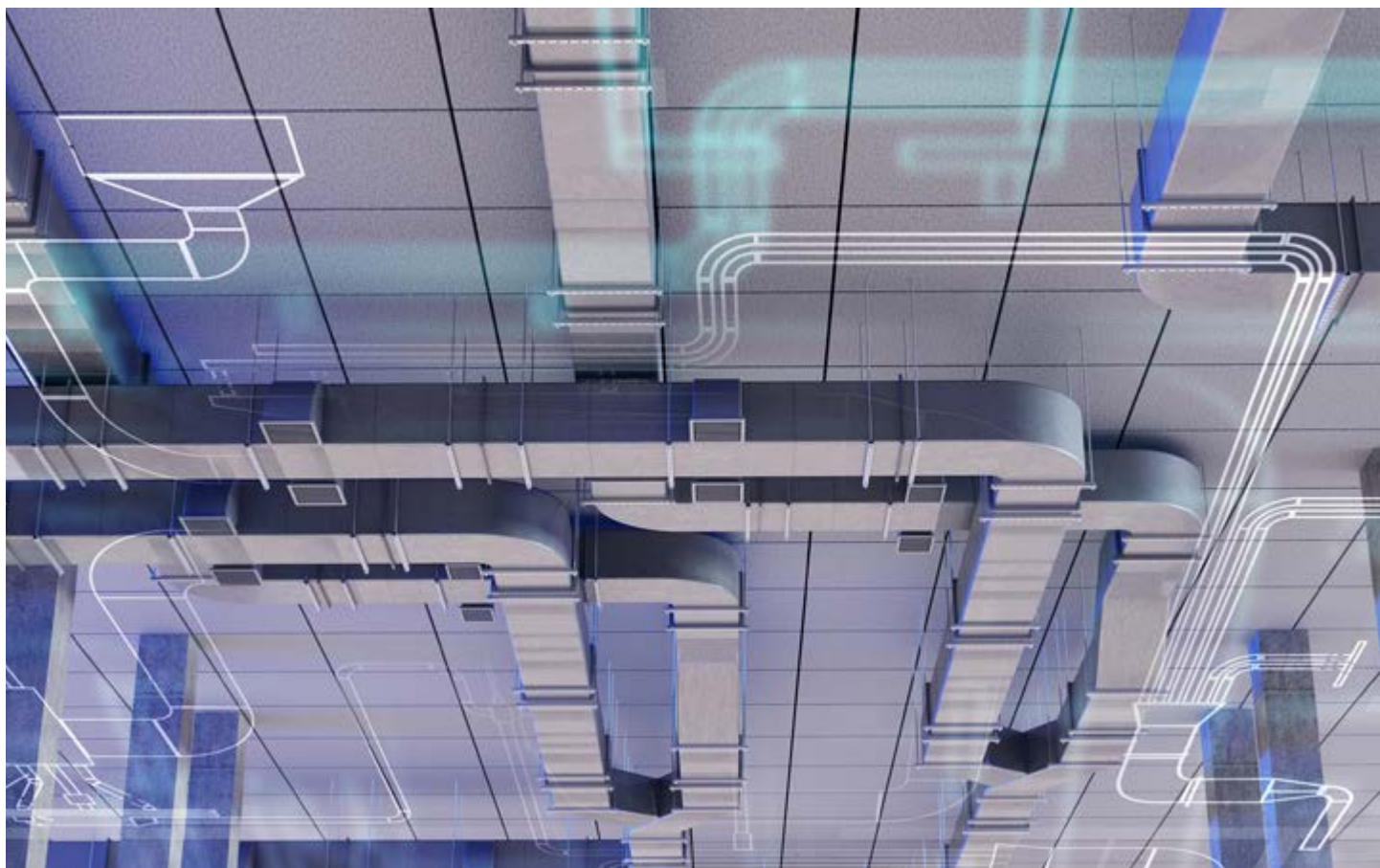




VMC e/o climatizzazione integrale?

MEGLIO ENTRAMBE

Luca Ferrari

NEI CONTESTI RESIDENZIALI (E TERZIARI), IL PROGETTISTA DEGLI IMPIANTI HVAC HA OGGI LA POSSIBILITÀ DI POTER SCEGLIERE COME FAR INTERAGIRE LA VMC CON L'IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE. L'ARTICOLO ESPLORA LE DIVERSE SOLUZIONI PROGETTUALI

Negli edifici moderni la climatizzazione estiva/invernale e il ricambio dell'aria in ambiente non raccontano più due mondi progettuali separati, ma partono da un unico tema: il comfort termoigrometrico e la qualità dell'aria interna. Negli ultimi anni, grazie a involucri edilizi sempre più performanti e al corrispondente contenimento dei carichi termici, è cresciuto l'interesse verso soluzioni che possano utilizzare l'aria non solo nell'ambito esclusivo della ventilazio-

ne, ma anche come vero e proprio vettore energetico che riesca a riscaldare e raffreddare gli ambienti.

In questo contesto, il progettista si trova spesso di fronte ad un bivio amletico: mantenere distinti l'impianto di climatizzazione, spesso idronico, e quello della ventilazione meccanica controllata (VMC), e quindi farsi carico di una "doppia circuitazione impiantistica" oppure adottare un sistema integrato, magari nella versione "all in one" che, tramite un'unica rete di distribuzione,

gestisca insieme rinnovo dell'aria, riscaldamento e raffreddamento degli ambienti. La prima strada privilegia la specializzazione dei sottosistemi, con maggiore flessibilità nella scelta dei generatori e dei terminali; la seconda punta viceversa su un impianto unico, più compatto, di norma meno invasivo e più semplice da gestire per l'utente finale.

L'obiettivo di questo articolo è analizzare in modo critico le due opzioni – impianti separati, VMC + climatizzazione, ed impianto VMC con trattamento termico integrato ad aria – evidenziandone i presupposti progettuali, i vantaggi e i limiti, non solo in termini di efficienza energetica, ma anche di comfort reale, manutenzione, affidabilità nel tempo e adattabilità alle diverse tipologie edilizie.

L'utilizzo della VMC

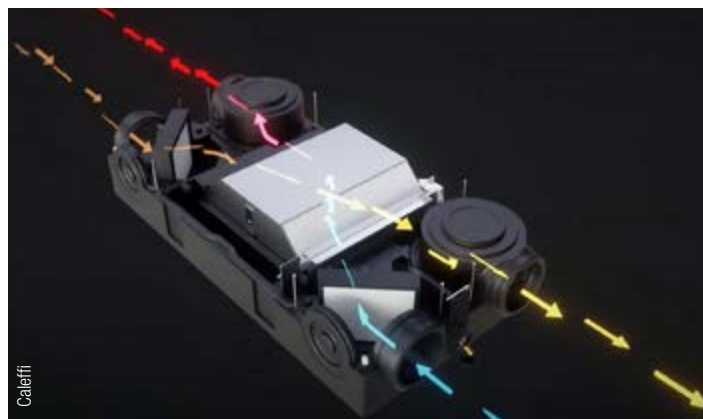
La Ventilazione Meccanica Controllata (VMC) rappresenta oggi una tecnologia imprescindibile nei moderni edifici, specialmente in quelli ad alta efficienza energetica come gli NZEB, in quanto unica soluzione in grado di garantire le condizioni di salubrità ovvero di evitare pericolose concentrazioni di effluenti e vapor acqueo degli ambienti. La sua funzione primaria è garantire un costante ricambio d'aria, rimuovendo l'aria viziata interna carica di umidità, la CO₂ e gli inquinanti, introducendo aria fresca filtrata prelevata dall'esterno. Nel settore residenziale, la VMC a doppio flusso con recuperatore di calore è la soluzione più diffusa poiché permette di recuperare fino all'80-90% del calore sensibile (e in alcuni casi latente) tra l'aria esausta mandata in espulsione e l'aria di rinnovo immessa, minimizzando le dispersioni termiche del processo di ventilazione (l'ENEA non considera la VMC un sistema dedicato al risparmio energetico – e di fatto si ha un maggior consumo dovuto al ventilatore e dall'immissione dell'aria a temperatura diversa di quella presente in ambiente –, ma in generale al maggior comfort e alla eventuale risoluzione delle problematiche dei fenomeni di muffa innescate dai ponti termici e dall'insufficiente ventilazione degli ambienti).

Questo vale certamente nelle nuove costruzioni, ma non dimeno nelle ristrutturazioni edilizie di primo, ma anche di secondo livello energetico. Per garantire un'efficace ventilazione meccanica controllata (VMC), è necessario procedere al corretto dimensionamento dell'impianto secondo i criteri previsti dalla norma tecnica UNI EN 16798, che disciplina i requisiti relativi alla ventilazione e al ricambio d'aria negli edifici ad uso civile e terziario. Questa norma definisce i livelli di qualità dell'aria interna in funzione della destinazione d'uso dei locali, del numero di occupanti e delle attività svolte, fornendo precise indicazioni sulle portate minime d'aria da immettere e da estrarre.

Dopodiché con l'affinamento della tecnologia avvenuto in questi ultimi anni è sorta la domanda per la progettazione di poter "integrare", o meno, la VMC con sistemi impiantistici tradizionali di climatizzazione estiva e invernale.

L'interesse è ovviamente orientato sia all'integrazione con sistemi idronici sia nei sistemi solo aria valutando appunto la combinazione della produzione dell'aria primaria tramite una macchina dedicata (DOAS) per esempio con i sistemi VRF. Viceversa,

Fig. 1 - Una classica VMC a flussi incrociati. L'unità svolge la funzione di ricambio dell'aria senza intervenire sui carichi termici sviluppati in ambiente. In versione bypass è possibile ottenere l'effetto "free cooling"



per gli impianti di climatizzazione a tutt'aria, che risultano ancor oggi nel settore residenziale una scelta alquanto minoritaria, la questione viene risolta alla radice in quanto in questo caso tutto il processo di climatizzazione e ventilazione viene gestito da un'unica macchina monoblocco dedicata al trattamento dell'aria (es. UTA o Roof-Top). Oggi quindi, in un elenco non certo esaustivo, è possibile impiegare la VMC in diverse combinazioni d'impianto, e nello specifico:

1. in funzione "stand alone" o separata (figura 1), dunque nella versione "classica", come supporto autonomo e indipendente all'impianto principale di climatizzazione, con lo scopo di operare il ricambio dell'aria negli ambienti;
2. come supporto aggiunto in funzione deumidificante (figura 2), attraverso l'impiego di una batteria fredda, idronica e/o ad espansione diretta. Si pensi qui alla combinazione con i pavimenti radianti idronici reversibili per il controllo dell'umidità degli ambienti nel periodo estivo;

Fig. 2 - Flussi d'aria della VMC deumidificante. Rispetto all'unità di solo ventilazione in questo caso si opera anche sull'aria di ripresa che viene miscelata con quella di rinnovo, raffreddata dalla batteria termica e reimpressa in ambiente (Rossato Group)

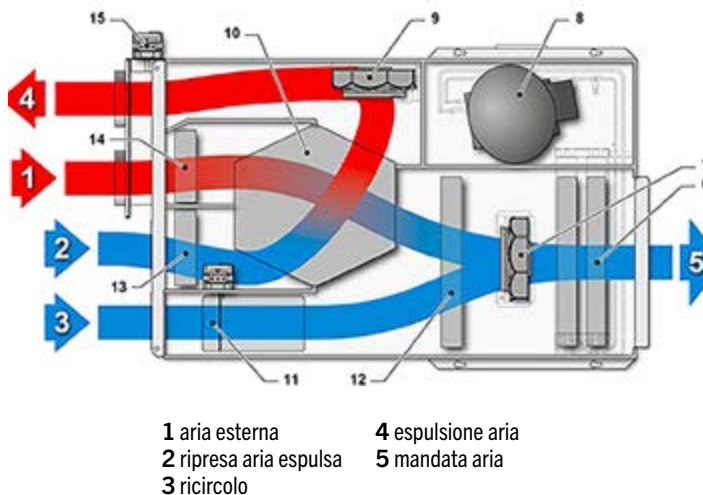
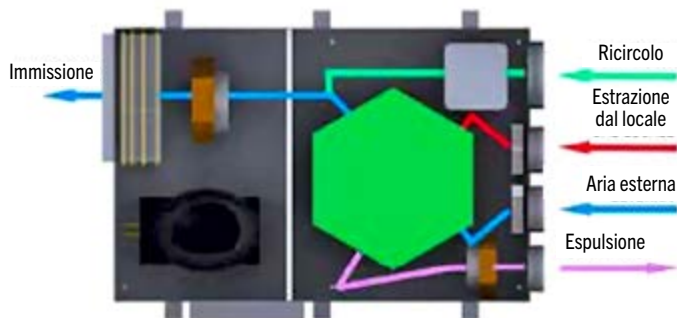


Fig.3 - Unità VMC integrata con la batteria idronica per soddisfare, anche solo parzialmente, i carichi previsti dalla climatizzazione degli ambienti (Fantini Cosmi)



3. integrata con il sistema di climatizzazione in un'unica macchina (figura 3) con lo scopo di assicurare i ricambi di aria esterna (funzione VMC) e allo stesso tempo "partecipare" in misura più o meno "integrale" al processo sia di climatizzazione estiva, ed eventualmente anche a quello invernale.

Risulta quindi evidente attraverso questa semplice classificazione come la VMC non sia più oggi solo una componente dell'impianto HVAC, seppur indispensabile per assicurare i necessari ricambi di aria esterna, ma una soluzione strategica che si evolve in base al contesto impiantistico e agli obiettivi di comfort ed efficienza. Dopodiché la scelta tra VMC stand-alone, nella versione deumidificante o integrata/ complementare con la climatizzazione dipende dal contesto edilizio, dai carichi termici, ma anche dalle priorità del committente. Nei sistemi idronici radianti, la VMC deumidificante emerge come soluzione ottimale per il settore residenziale, garantendo il ricambio e il controllo igrometrico, ottimizzando al meglio il funzionamento della pompa di calore. L'integrazione invece

a primaria eccelle invece nelle nuove costruzioni ad alta efficienza energetica, unificando le funzioni di comfort e di IAQ in

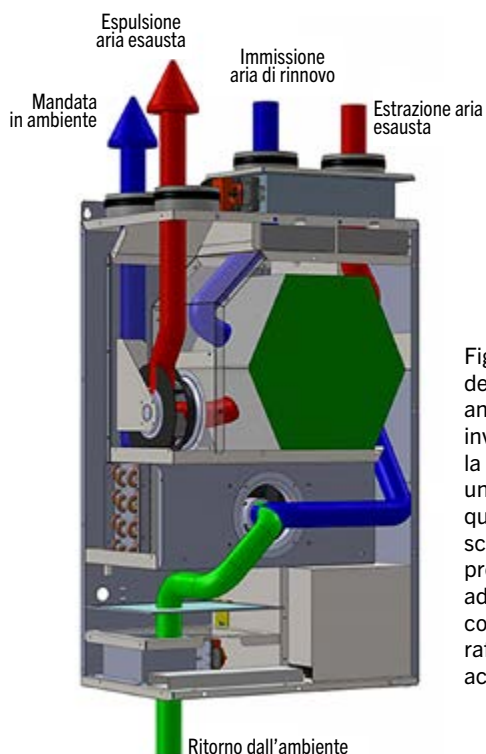


Fig.4 - Unità VMC deumidificante idonea anche al riscaldamento invernale. In questo caso la macchina contempla un compressore e quattro batterie di scambio termico: pre-raffreddamento ad acqua, evaporante, condensante, post-raffreddamento ad acqua (BHS)

un impianto compatto con un impatto sull'architettura minimale. Poter impiegare in un unico sistema la VMC insieme con la climatizzazione diventa un possibile asset in grado di poter assicurare installazioni meno complicate, si pensi alle possibili doppie canalizzazioni, e sistemi più semplici e flessibili.

Della funzionalità classica della VMC si conosce già molto, nel seguito si sposta così il focus sulle possibili varianti ad integrazione, anche totale, del processo di climatizzazione.

Le domande a cui il progettista è chiamato a rispondere sono evidentemente del tipo: l'aria esterna della VMC (come) viene trattata? È possibile (e come) assicurare il minimo ricambio di aria esterna? Come viene gestita l'aria di ricircolo? Si riesce a neutralizzare integralmente i carichi termici? Il sistema, una volta programmato, è in grado di autoregolarsi per mantenere le condizioni di comfort mantenendo anche i parametri imposti dalla normativa dei minimi ricambi d'aria?

La VMC nella versione deumidificante

Un sistema di climatizzazione che utilizzi come elementi terminali unicamente i ventilconvettori di per sé sarebbe in grado di controllare l'umidità, e ovviamente la temperatura, degli ambienti nel periodo estivo, ma manca totalmente dell'opportuno ricambio d'aria richiesto dalle normative.

Qui si ricorda che per molti anni, specie nel terziario, il sistema di climatizzazione più utilizzato nel nostro paese era dato dall'accoppiamento dei fancoil con l'aria primaria fornita da un sistema dedicato, combinazione che in maniera sinergica ottenevano il risultato di climatizzare con il controllo dei necessari ricambi d'aria. Questa soluzione risulta per niente o poco utilizzata nelle costruzioni residenziali dove è maggiormente impiegata la climatizzazione, si idronica, ma attraverso radiatori e ora, dove possibile, e in special modo nelle nuove costruzioni, dei pavimenti radianti anche nella versione reversibile raffreddante/estiva.

Quest'ultima soluzione risulta ormai ampiamente collaudata ed in commercio esistono numerose versioni di unità VMC deumidificanti proposte soprattutto dai fabbricanti dei sistemi con pavimenti radianti. Infatti, il sistema idronico radiante di climatizzazione, invernale e estiva, come è noto "fatica" non poco a controllare il valore di umidità relativa negli ambienti, e se questo risulta non troppo "fastidioso" nella stagione invernale, diventa invece più di un problema, grave, nella stagione estiva.

Vengono così realizzate macchine di trattamento dell'aria che gestiscono il recupero passivo del calore dall'aria espulsa e allo stesso tempo consentono lo scambio di calore con una batteria idronica e/o frigorifera per ottenere il controllo dell'umidità relativa in ambiente (figure 4 e 5).

Di più, nella versione attiva (termodinamica), (figura 6) il calore dell'aria estratta viene ulteriormente ceduto alla batteria di scambio termico che a seconda della stagione, in modo reversibile, riveste la funzione di condensatore/evaporatore del circuito della pompa di calore. L'aria esterna e quella di ricircolo una volta miscelate vengono raffreddate per mezzo di una batteria idronica alimentata con acqua alla temperatura di circa 15-18 °C.

Unità più complesse prevedono inoltre un'ulteriore presenza di



Linea azzurra: aria mandata
Linea verde: ripresa ricircolo
Linea arancione: ripresa espulsione
Linea blu: ripresa aria esterna
Linea rossa: espulsione aria

Fig.5 Layout dei circuiti di un sistema con VMC utilizzata anche come sistema deumidificante. I due piani dell'edificio sono climatizzati tramite pavimento radiante, mentre le due unità VMC, una disposta nel locale tecnico e l'altra nel sottotetto, si occupano di assicurare il ricambio dell'aria esterna e controllare il processo di deumidificazione estiva (Studio Ing. L. Ferrari – Cappellotto by Henco)

una batteria frigorigena evaporante per spingere in modo “più sicuro” la deumidificazione ed eventualmente “aiutare” il pavimento radiante nella climatizzazione estiva. L'intero processo e i relativi flussi d'aria, immessa, di ricircolo ed estratta sono coordinati da un sistema di regolazione.

La soluzione impiantistica risulta così dalla combinazione di due realtà, il pavimento radiante con la funzione di smaltire il carico sensibile dell'ambiente e l'unità di deumidificazione che si occupa di assicurare i dovuti ricambi dell'aria esterna e soprattutto di smaltire il carico latente (vapor acqua) generato/trasportato negli ambienti. Il totale della portata dell'aria immessa in ambiente è dato dalla somma di quella esterna e di quella ricircolata, modo per cui si arriva ad ottenere 3-4 ricambi orari d'aria del volume ambiente, che sono certamente di più dei 0,5 ricambi/h assicurati dalla sola VMC (ma meno dei 6-7 di norma necessari per assicurare la climatizzazione estiva integrale degli ambienti). L'unità ventilante normalmente è posta nel controsoffitto, ma può anche essere disposta in posizione verticale in apposita nicchia (pe. nei cavedi e/o incassata nelle pareti).

Di norma questo sistema garantisce il controllo ottimale delle temperature sia in inverno che d'estate con economie di esercizio apprezzabili.

La VMC con la climatizzazione integrata

L'integrazione tra VMC e climatizzazione ad aria fa un ulteriore step e consente di poter realizzare in un unico impianto, dove l'unità di trattamento dell'aria (di norma una macchina con recupero termico collegata ad una pompa di calore) può gestire simultaneamente la ventilazione, il riscaldamento, il raffrescamento e la deumidificazione degli ambienti.

Questa soluzione risulta particolarmente indicata nelle nuove costruzioni in quanto riesce ad assicurare la neutralizzazione

completa dei carichi termici di riscaldamento e raffrescamento, viceversa negli edifici più datati risulta in ogni modo efficace nel gestire i carichi termici delle mezze stagioni permettendo così un funzionamento autonomo e independentista dagli altri impianti. In generale la funzionalità del sistema è così in grado di assicurare in contemporanea, o in modo integrativo, il totale ricambio dell'aria in ambiente con il 100% di aria esterna, viceversa in modo graduale e progressivo può modulare una miscela di aria in mandata tra l'aria esterna (pe. un 20%) e l'aria di ricircolo (l'80%) fino ad arrivare totalmente al ricircolo completo (100%) escludendo così la funzionalità della VMC dedicata al ricambio con aria esterna. Il tutto per ottenere una migliore un'ottimizzazione dei consumi energetici del servizio di climatizzazione.

Di norma l'intero sistema si avvale per la distribuzione dell'aria di un'unica rete canalizzata – assicurando una semplicità di installazione e di esercizio senza uguali - con diffusori in grado di modulare la portata (variabile) e la temperatura, locale per locale. Inoltre, è possibile progettare idonee controsoffittature in grado di accogliere tutta la distribuzione dell'aria con il risultato che l'impatto estetico risulti minimale e provvedere anche tramite un'attenta progettazione ad una regolazione semplificata in grado di bilanciare le portate d'aria in ambiente e così la personalizzazione delle condizioni termoigrometriche.

La soluzione impiantistica presenta numerose varianti progettuali anche molto articolate oltre che macchine assemblate con caratteristiche spesso non comparabili. Dopodiché per una migliore comprensione e semplificazione si riassumono, sulla falsariga della VMC deumidificante, tre varianti principali della soluzione che incorpora in un'unica macchina la funzionalità della VMC con la climatizzazione:

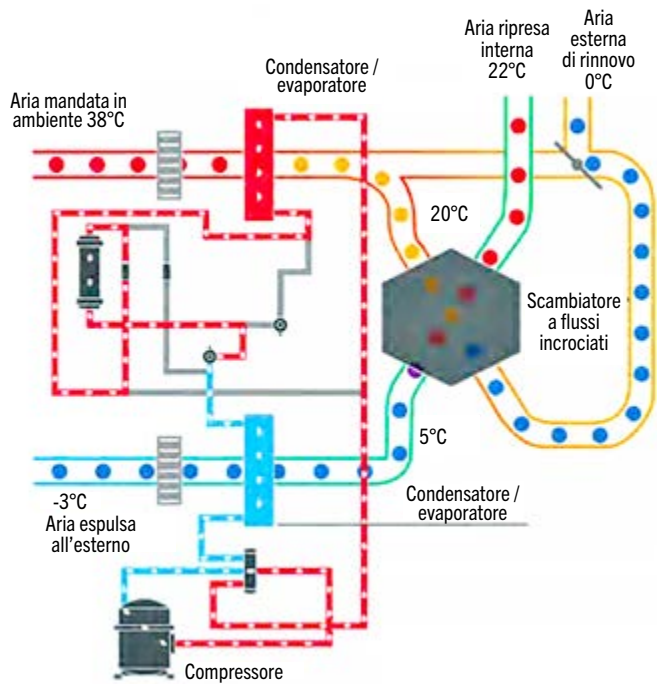
- Con batteria idronica: la VMC è collegata ad un generatore di calore esterno (chiller o caldaia) tramite una batteria ad ac-

TAB.1 CONFRONTO TRA LE DIVERSE SOLUZIONI VMC

Tipo VMC	Reti distributive	Impianto termico e ventilazione	Manutenzione	Costo totale iniziale	Flessibilità futura
Stand-alone	VMC separata + clima	Due indipendenti	Doppi circuiti	Medio-alto	Elevata (cambi indipendenti)
Deumidificante	VMC + idronico	Complementari	Coordinata	Medio	Buona (VMC fissa, clima scalabile)
Integrata	Unica canalizzata	Unico/ibrido	Unificata	Basso-medio	Media (modifiche invasive)

- qua fredda/calda, permettendo una separazione tra l'unità del trattamento dell'aria e la relativa produzione termica. Questa configurazione offre una discreta flessibilità nella scelta del vettore energetico e una scalabilità per gli edifici di maggiori dimensioni
- Con batteria frigorifera (pompa di calore): l'unità VMC incorpora una pompa di calore aria-aria diretta che tratta l'aria in mandata, gestendo sia il recupero termico che il raffreddamento/riscaldamento. Questa risulta una soluzione autonoma e compatta, ideale per le nuove costruzioni residenziali dove si cerca un unico apparecchio centralizzato con distribuzione canalizzata.
 - Con entrambe le batterie: risulta una combinazione ibrida che sfrutta una batteria frigorigena per i picchi stagionali e una batteria idronica per un trattamento continuo dell'aria, massimizzando l'efficienza e adattandosi ai carichi variabili. È la variante più versatile, ma anche più complessa, richiede una regolazione sofisticata per ottimizzare i contributi termici richiesti.

Fig.6 - Schema funzionale dell'unità VMC termodinamica. Oltre al recuperatore a flussi incrociati, sull'unità monoblocco il gruppo frigo onside consente di recuperare ulteriormente il calore dall'aria espulsa e cederlo a quella di mandata. Il ciclo è reversibile/stagionale (Nilan)



Quale soluzione? Un confronto schematico

Per una analisi veloce, ma contestualizzata, si mette ordine attraverso uno strumento decisionale semplificato tramite un elenco di pro e contro delle caratteristiche salienti dei diversi sistemi (tabella 1).

1. Impianti separati (climatizzazione + VMC)

La soluzione presenta queste caratteristiche di base:

- Impianto di climatizzazione dedicato (split, canalizzato, radiante con eventuale aria primaria, ecc.) in grado di coprire i carichi termici sensibili e latenti.
- VMC autonoma (di solito a doppio flusso con recupero) dimensionata sul fabbisogno da normativa, con una propria regolazione e rete di distribuzione.

Vantaggi

- Indipendenza di regolazione: è possibile tarare la VMC per la qualità dell'aria (portata costante o CO₂ proporzionale) e il clima per il comfort termico senza vincoli incrociati.
- Maggiore flessibilità progettuale: si sceglie liberamente la tecnologia di climatizzazione più adatta (es. radiante + VMC DOAS, fan coil, split), con la possibilità di sostituire in futuro il generatore di calore senza modificare le funzioni della VMC.
- Ridondanza/affidabilità: se per svariati motivi si arresta un impianto, rimane comunque in funzione l'altro (es. guasto alla VMC, il raffrescamento resta attivo; guasto al climatizzatore, il ricambio di aria rimane preservato).
- Migliore adattabilità ai carichi estremi: l'aria esterna resta dimensionata sul ricambio, mentre l'impianto termico principale gestisce il picco della domanda termica (tipico nei sistemi radianti + aria primaria).

Svantaggi

- Due reti di distribuzione, due centrali, più spazio impiantistico e più passaggi in cantiere (controsoffitti, cavedi, forature).
- Costi di investimento e di manutenzione sdoppiati: doppia componentistica, doppie manutenzioni programmate, due interfacce di regolazione se non si riesce ad integrare con un sistema BMS o similare.
- Coordinamento più complesso: rischio di set point non coerenti (es. VMC che immette aria a temperatura diversa del sistema radiante) se non c'è una logica di supervisione.

Quando risulta efficace

- Negli edifici ad elevata efficienza (NZEB, residenziale e terziario) dove è già presente un impianto radiante o terminali idronici e l'aria viene utilizzata solo per assicurare i regolari ricambi di aria esterna.

- Ristrutturazioni con vincoli architettonici, dove realizzare il layout per una canalizzazione di un impianto tutt'aria sarebbe complicato o comunque troppo invasivo.

2. Impianto integrato VMC + climatizzazione ad aria

Questa soluzione consente una maggiore versatilità di utilizzo, con qualche criticità.

- Unità VMC a doppio flusso con recupero + batteria freddo/caldo (ad espansione diretta e/o ad acqua) e distribuzione canalizzata unica che si occupa sia del rinnovo dell'aria in ambiente sia del riscaldamento/raffrescamento.
- Terminali unici in ambiente (bocchette o diffusori), alimentati da un solo plenum di mandata.

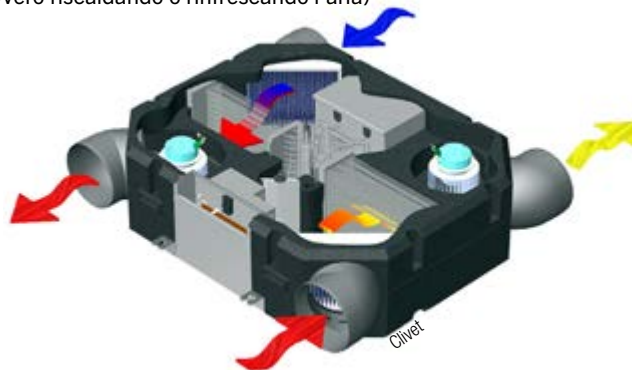
Vantaggi

- Impianto unico: un solo generatore (es. pompa di calore), un'unica distribuzione d'aria, un solo sistema di regolazione; questo semplifica interfacce, gestione e manutenzione e riduce le fasi di lavorazione.
- Minore impatto architettonico: niente split a vista, niente radiatori aggiuntivi; i canali sono posizionati nel controsoffitto e rimangono a vista solo le griglie/bocchette minimali.
- Tempi di installazione spesso più rapidi rispetto alle soluzioni con sistemi radianti "annegati" nel massetto (vedi asciugatura), in quanto i lavori vengono svolti prevalentemente nei controsoffitti.
- Comfort "globale": controllo congiunto della temperatura, umidità e qualità dell'aria (filtrazione, con eventuale sanificazione), rapidità di risposta tipica dei sistemi ad aria.
- Facilità di integrazione su edifici con impianto esistente a radiatori: è possibile aggiungere la climatizzazione estiva e la VMC senza rinnovare la distribuzione idronica.

Svantaggi

- Dimensionamento delicato: l'aria deve assicurare la copertura energetica dei ricambi e dei carichi termici; questo porta ad avere portate d'aria e potenze termiche a volte molto importanti, con la conseguenza di dover valutare attentamente il possibile incremento del rumore propagato, l'aumento delle sezioni dei canali e i relativi ingombri.
- Rischio di sovra ventilazione: per inseguire il carico termico si immette di norma una portata d'aria superiore a quella richiesta per i soli ricambi d'aria: l'aria miscelata deve essere dunque sempre calibrata per soddisfare le esigenze energetiche e di comfort, a volte "non allineate".
- Meno resilienza: un guasto dell'unità ventilante monoblocco ferma sia la climatizzazione che il rinnovo dell'aria negli ambienti; la dipendenza da un solo sistema aumenta la criticità.
- Comfort localizzato: la distribuzione dell'aria in virtù delle maggiori portate previste deve risultare più attenta (diffusori, velocità, posizionamento) al fine di evitare aree con correnti e/o stratificazioni, specie in locali con altezza elevata.
- Negli edifici NZEB o similari, il carico termico può essere molto basso e la portata d'aria può risultare sovradimensionata rispetto al semplice bisogno della ventilazione.

Fig.7 - Unità VMC più complesse integrano un circuito frigorifero in grado di "operare" sull'aria con il cosiddetto "recupero attivo o termodinamico" che entra in azione in caso di necessità assicurando un secondo recupero (ovvero riscaldando o rinfrescando l'aria)



Quando risulta efficace

- Nelle nuove costruzioni o nelle ristrutturazioni importanti dove viene prevista una controsoffittatura e la committenza desidera "un unico impianto" e una gestione semplificata.
- Nel residenziale di livello medio alto che presta una forte attenzione alla qualità dell'aria indoor, con un'estetica minimale e un controllo domotico centralizzato.

Conclusioni

In sintesi, i tre scenari presentati – VMC stand-alone, VMC deumidificante e VMC integrata con la climatizzazione – rispondono a esigenze progettuali diverse, con trade-off chiari in termini di efficienza, comfort, complessità e costi. La scelta tra VMC stand-alone, deumidificante complementare o integrata con la climatizzazione dipende dal contesto edilizio, dai carichi termici e dalle priorità del committente: specializzazione per resilienza e flessibilità, integrazione per semplicità e compattezza. La VMC stand-alone garantisce una soluzione certa per assicurare il numero di ricambi orari di aria esterna secondo normativa senza interferire con il comfort termico, viceversa delega ogni azione sui carichi termici (vedi deumidificazione dell'aria) ad altri impianti. In altro modo nella versione deumidificante viene controllata l'umidità relativa e oltre all'aria primaria, modo per cui vengono eliminati i possibili fenomeni di condensa (con un $\Delta T < 3^{\circ}\text{C}$ sui sistemi radianti). Nei sistemi idronici radianti, la VMC deumidificante emerge come soluzione ottimale per il residenziale italiano, garantendo ricambio e controllo igrometrico senza invasività. La versione integrale, che include i processi di raffreddamento/riscaldamento viene offerta una rapida risposta al variare delle condizioni termoigrometriche degli ambienti, anche se rimane sempre il vincolo che per mantenere i necessari ricambi la neutralizzazione dei carichi termici non sia completa o comunque del tutto soddisfacente, come a volte in modo opposto si ottengono portate d'aria sovradimensionate rispetto alle esigenze termiche degli ambienti.

Non esiste quindi una tecnologia universalmente superiore: il progettista deve valutare vincoli architettonici, normative, efficienza stagionale e ciclo di vita, puntando sempre a un comfort igro-termico stabile e sostenibile.