



Ventilazione Meccanica Controllata

# Patologie, condense ed edilizia

**L**e patologie da condense permanenti in edilizia, la corretta ventilazione

**CEDA**

Via A. Labriola, 11 - 41123 Modena

Tel. +39 059 9781441 - Fax +39 059 9780986

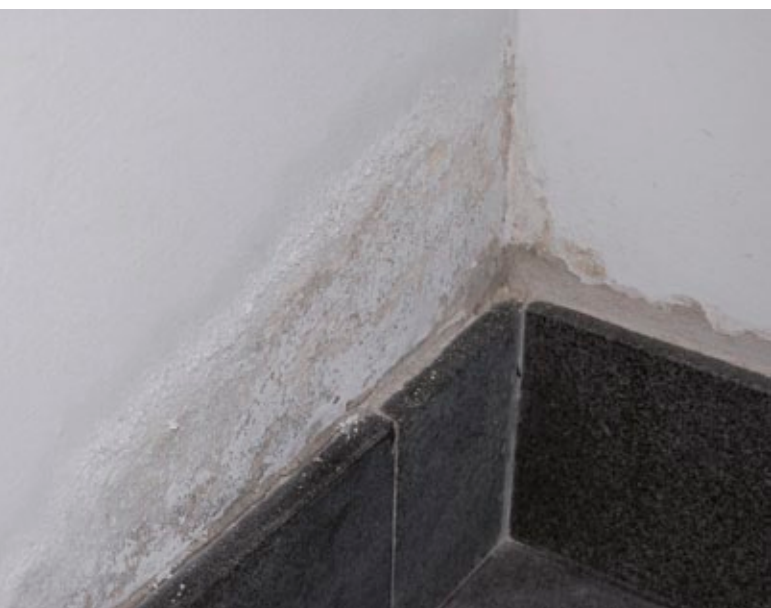
[www.cedaventilazione.it](http://www.cedaventilazione.it) - [info@cedaventilazione.it](mailto:info@cedaventilazione.it)

# Patologie, condense ed edilizia

## ↳ Le patologie da condense permanenti in edilizia

L'industria delle costruzioni ha oggi brillantemente risolto la maggior parte dei problemi connessi con il comfort abitativo, ma molto rimane ancora da fare per risolvere il grave problema della condensa superficiale all'interno degli alloggi, con le conseguenti macchie e muffe che spesso si formano sulle pareti dei locali più esposti.

Sovente questi inconvenienti sono erroneamente imputati ad infiltrazioni d'acqua piovana dalla copertura o dalle pareti e quindi combattuti con rimedi assolutamente inadeguati se non addirittura controproducenti, quali ad esempio l'impiego d'intonaci plastici esterni impermeabili.



Da ciò la tendenza a considerare questo tipo di problemi come un male incurabile, mentre possiamo affermare che, una volta compreso il fenomeno fisico nella sua essenza, i rimedi risultano evidenti ed attuabili con spese a volte anche contenute.

La conseguenza più grave delle condense che si formano sulle pareti è l'apparire delle muffe con conseguente:

- alterazione dell'aspetto dei locali;
- degrado delle finiture interne;
- emanazione di odori sgradevoli;
- conseguenze sulla salute a causa delle allergie che le muffe possono provocare.

Le spore delle muffe provocano due tipi di allergie:

- raffreddore da fieno e irritazione agli occhi;
- asma, molto più pericolosa.

In Italia la muffa più pericolosa, che si sviluppa sia all'aperto sia al chiuso, è l'Alternaria che provoca asma anche fatale.

L'Alternaria ha un allergene molto potente che raggiunge concentrazioni 10 volte più elevate dei pollini. Il 10% di chi soffre d'allergie è "positivo" all'Alternaria per un totale in Italia di circa 800.000 persone.

Inoltre l'elevata umidità nelle abitazioni favorisce lo sviluppo, oltre che delle muffe, anche dei germi patogeni e degli acari.

### Perchè si formano le muffe?

Per spiegare il fenomeno occorre innanzi tutto ricordare che le spore delle muffe sono presenti nell'aria in grandissima quantità e che le stesse, sviluppandosi, producono altre spore ad un ritmo vertiginoso.

Le condizioni perchè ciò avvenga sono:

- presenza d'ossigeno sufficiente (e l'aria che noi respiriamo ne contiene a sufficienza);
- temperature dell'aria comprese tra 0°C e 25°C;
- presenza di un sottofondo nutriente per le spore (ad esempio pitture murali, tappezzerie, ecc.);
- presenza d'umidità, sotto forma di condense superficiali sulle pareti, in modo continuo e non saltuario.

Da quanto esposto è chiaro che la vera causa del formarsi delle muffe è l'umidità, essendo sempre presenti le altre condizioni su citate.

Più precisamente l'umidità alla quale occorre fare riferimento è quella contenuta, sotto forma di vapore acqueo, nell'aria interna ai locali; questo può essere abbassato ricorrendo ad un preciso ricambio dell'aria stessa con altra prelevata dall'esterno ed avente una più ridotta umidità relativa.

Più in generale si può sostenere che due sono le ragioni che impongono la ventilazione negli ambienti:

1. necessità di limitare l'umidità relativa dell'aria ambiente, al fine di evitare condense e muffe, (patologie di condensa);
2. necessità di limitare l'inquinamento interno.

**Inoltre, come si vedrà più oltre, la VMC contribuisce significativamente al risparmio energetico.**

### ➤ Patologie da condensa

Si parte dalla constatazione che una persona, in condizioni di riposo, produce circa 55 g/h di vapore tra respirazione e traspirazione.

Ne deriva che:

- in una stanza di 54 m<sup>3</sup> (ad esempio 4 x 5 x 2,7 m<sup>3</sup>), priva di ricambi d'aria;
- con una temperatura dell'aria interna di 20°C ed un'umidità relativa del 50% (contenuto iniziale 470 grammi di vapore);
- occupata per quattro ore da due persone che producono a riposo in tale periodo 440 grammi di vapore (55 x 2 x 4);
- il contenuto finale in vapore risulterà di 470g + 440 = 910g, pari a 16,85 g/m<sup>3</sup>.

Alla temperatura media di 20°C tale contenuto corrisponde ad una umidità relativa del 90%; per questo non è gradevole soggiornare in un ambiente con tale umidità, tenendo anche conto che il vapore d'acqua condenserà sui vetri e sulle pareti dando luogo nel tempo a muffe e sensazione di malessere agli occupanti.

Per mantenere una umidità relativa del 60%, valore di norma ritenuto accettabile, è necessario ricorrere a ricambi prelevando aria dall'esterno.

Il numero di ricambi N viene determinato con la seguente formula:

$$N = \frac{W}{(X_i - X_e)} \quad (1)$$

dove:

**N** = numero dei ricambi orari necessari ad evitare la formazione di condensa;

**W** = quantità di umidità prodotta in un' ora nell'unità di volume dell'ambiente. Nell' esempio fatto si ha: **W** = 55x2/54 = 2,03 g/m<sup>3</sup>\*h;

**X<sub>i</sub>** = quantità di vapore presente in un metro cubo dell'ambiente. Nell' esempio fatto alla temperatura di 20°C e umidità relativa del 60% si ha **X<sub>i</sub>** = 10 g/m<sup>3</sup>;

**X<sub>e</sub>** = quantità di vapore presente in un metro cubo d'aria esterna. Nell' esempio fatto alla temperatura di -5°C e umidità relativa del 80% si ha **X<sub>e</sub>** = 2,4 g/m<sup>3</sup>.

Applicando la (1) abbiamo:

$$N = \frac{2,03}{(10 - 2,4)} = 0,26 \text{ ricambi/ora}$$

pari a circa 14-15 m<sup>3</sup>/h.

Il calcolo su riportato è riferito ad una produzione di vapore di persone a riposo e quindi in ipotesi non cautelative, visto che in un appartamento sono svolte anche altre attività che producono notevoli apporti di vapore quali lavaggi d'indumenti, pulizia personale (docce o bagni) cottura di cibi, uso di ferro da stiro a vapore, ecc.

In totale, per tenere conto di tali apporti, la produzione di vapore risulta, sia pure per brevi periodi, notevolmente superiore a quella dovuta alle persone.

Anche l'ipotesi di una temperatura dell'aria esterna di -5°C, con un contenuto di vapore d'acqua estremamente basso, non è rappresentativa della media invernale.

In conclusione sembra prudentiale assumere per gli edifici di civile abitazione le seguenti ipotesi:

$W$  = quantità di umidità prodotta in un'ora nell'unità di volume dell'ambiente = 4 g/m<sup>3</sup> h;

$X_i - X_e$  = 9 g/m<sup>3</sup>.

Per cui:

$$N = \frac{4}{9} = 0,45 \text{ circa}$$

valore vicino a quello deducibile dalle normative in vigore in Italia (0,5 ricambi/ora).

Attuando tale rinnovo, la temperatura di rugiada nell'ambiente sarà di circa 12°C. Per evitare la formazione di condense e quindi di macchie e muffe sarà sufficiente far sì che la temperatura superficiale di tutti i punti delle pareti esterne sia superiore a tale valore, anche nelle ore notturne.

A ciò deve provvedere evidentemente sia l'isolamento termico, sia la temperatura dell'aria interna, quest'ultima legata alle modalità di conduzione dell'impianto di riscaldamento.

## ➤ Inquinamento interno

Una persona a riposo produce 22 l/h di anidride carbonica.

Un ambiente è considerato salubre quando la concentrazione d'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) non supera 1,5 l/m<sup>3</sup>.

Nell'ambiente precedentemente preso in esame, due persone in otto ore (occupazione media di una camera da letto) producono 352 l di CO<sub>2</sub> pari a 6-7 l/m<sup>3</sup>, vale a dire circa quattro volte il valore ritenuto accettabile di 1,5 l/m<sup>3</sup>.

Tenuto conto che l'aria esterna contiene mediamente 0,4 l/m<sup>3</sup> di CO<sub>2</sub>, per mantenere le condizioni ideali occorrono 20 m<sup>3</sup>/h di aria esterna per persona.

Infatti, applicando la formula (1) e sostituendo alle quantità di vapore le corrispondenti quantità di CO<sub>2</sub>, abbiamo:

$W_c$  = 22 l/h di CO<sub>2</sub> per persona;

$X_{ic}$  = 1,5 l/m<sup>3</sup> di CO<sub>2</sub> contenuto nell'aria interna (valore ottimale per l'igiene);

$X_{ec}$  = 0,4 l/m<sup>3</sup> di CO<sub>2</sub> contenuto nell'aria esterna;

da cui:

$$N = \frac{22}{(1,5 - 0,4)} = 20 \text{ m}^3/\text{h persona}$$

come riscontro di quanto affermato in precedenza.

Tenendo conto della sola anidride carbonica, non vengono però presi in considerazione gli altri inquinanti immessi negli ambienti interni e dovuti ai prodotti chimici derivanti da lavaggi, lavastoviglie, lavatrici, formaldeide emessa dai mobili, ecc.

## ↳ Considerazioni generali sulla ventilazione degli ambienti

La quantità d'umidità prodotta negli alloggi, che abbiamo indicato con la lettera **W**, varia da valori inferiori a  $2\text{g/m}^3\cdot\text{h}$  fino a valori superiori a  $8\text{g/m}^3\cdot\text{h}$  a seconda che si tratti di abitazioni a debole igrometria (case grandi, abitate da poche persone che utilizzano poco la cucina ed i bagni) o di abitazioni a igrometria molto forte (ambienti sovraffollati).

In un ambiente di  $300\text{m}^3$  ai valori di cui sopra corrispondono, nell'arco di una giornata, produzioni d'umidità variabili dai 15 ai 60 litri d'acqua al giorno circa che devono essere evacuati se non si vuole che il vapore acqueo condensi sulle superfici interne dell'alloggio.

Le cause di produzione di acqua negli alloggi, ovviamente sotto forma di vapore che poi condensa, sono molteplici:

- ogni persona cede all'ambiente per respirazione e traspirazione circa  $55\text{g/h}$  di acqua;
- la pulizia personale comporta la cessione di circa  $200\text{g/h}$  per persona;
- la cottura dei cibi (si ricordi che la sola combustione di  $1\text{m}^3$  di gas libera oltre 800 grammi di vapore acqueo) comporta circa  $500\text{g/h}$  di acqua a persona.

Quando si consideri la quantità di acqua immessa negli ambienti per il lavaggio della biancheria (e asciugatura), per il lavaggio delle stoviglie, per l'uso dei ferri a vapore, ecc. si comprende facilmente come le cifre totali di produzione giornaliera di acqua negli alloggi (ripetiamo dai 15 a 60 litri al giorno ed anche più) siano, ancorché sorprendenti, perfettamente corrispondenti alla realtà.

Questa umidità è prodotta in maniera non uniforme nel tempo (quando l'appartamento è vuoto la produzione è ovviamente minima) e nello spazio (quando si cucina o si fa il bagno gli ambienti in cui si produce la maggior quantità di vapore acqueo sono chiaramente individuati) ma, per il fatto che gli

ambienti sono comunicanti e, soprattutto, per la ragione che i fenomeni legati alla condensa sono retti da regole che non risentono molto del tempo, è perfettamente lecito considerare, almeno per quanto ci interessa, valori di produzione di umidità di tipo giornaliero (se non settimanale o, addirittura, stagionale).

È evidente come:

- le abitudini moderne dell'abitare (alloggi di dimensioni più modeste che nel passato, non solo in termini di superfici nette, ma anche in termini di cubatura a causa dell'abbassamento delle altezze di piano);
- le migliorate condizioni igieniche (ci si lava di più e meglio, si desiderano biancheria e lenzuola pulite, ecc.); l'introduzione nell'alloggio di funzioni che avvenivano all'esterno (lavaggio dei panni e asciugatura);
- la maggiore compattezza delle abitazioni (eliminazione dei corridoi, angoli di cottura, ecc.);
- concorrono tutte ad aggravare i fenomeni negativi connessi alla produzione di umidità negli alloggi ed oggi è più impellente che nel passato l'esigenza di eliminare tale umidità.

Eliminare l'eccesso di umidità significa asportarla dall'interno degli alloggi sostituendo l'aria carica di vapore d'acqua con aria esterna e in pratica ventilare.

Se la quantità di vapore prodotto è quella caratteristica di un alloggio abitato in modo normale (non troppo affollato, nel quale non si esageri nel lavaggio e nell'asciugatura dei panni, nel quale non si cucini in grande quantità) potremo assumere un valore **W** pari a  $4\text{g/m}^3\cdot\text{h}$  a cui corrisponde applicando ancora una volta la (1) un ricambio orario minimo di:

$$N = \frac{4}{9,5} = 0,42 (h - 1)$$

Si ottiene quindi un valore vicino a quello deducibile dalle norme in vigore (0,5 ricambi/ora).

In ipotesi medie il numero dei ricambi d'aria consigliato dovrebbe essere dell'ordine di grandezza seguente:

- in tutti gli spazi chiusi degli alloggi: nel periodo invernale  $N = 0,5$  con continuità;
- negli spazi adibiti a preparazione o cottura dei cibi: durante tutto l'anno  $N = 3$  per tutti i periodi durante i quali è svolta l'attività di cottura e con facoltà di controllo da parte dell'utente;
- negli spazi adibiti a cura ed igiene della persona:  $N = 5$  per i periodi durante i quali viene svolta l'attività e con facoltà di controllo da parte dell'utente.

Per evitare la diffusione dei cattivi odori va sottolineata la necessità di immettere l'aria di ricambio nei locali principali ed estrarla invece dai locali di servizio (bagni e cucina).

## ➤ Conclusioni

Unitamente a case con un rapporto qualità-prezzo certamente molto buono, l'industria delle costruzioni ha oggi risolto anche la maggior parte dei problemi connessi con il comfort abitativo ed i consumi energetici per il riscaldamento, (almeno per quegli edifici costruiti nel rispetto delle normative vigenti), sono molto più contenuti di quelli delle costruzioni realizzate in precedenza.

Eppure resta spesso un grave problema: la condensa superficiale e le conseguenti macchie e muffe che spesso si formano sulle pareti dei locali più esposti.

Per eliminare queste ultime occorre:

- ventilare gli ambienti per evacuare gli apporti di vapore acqueo utilizzando, come fatto all'estero, la ventilazione meccanica controllata;
- isolare, se necessario, i ponti termici e le parti correnti delle pareti perimetrali.

D'altra parte il costruttore, eliminando le muffe, evita:

- costosi sopralluoghi;
- costosi interventi a posteriori;

- abbuoni o trattenute;
- scadimento della propria immagine;
- mancata vendita degli immobili difettosi.

Anche l'utente può avere interesse ad eliminare le muffe con la ventilazione, poiché questa ultima produce sensibili risparmi nella manutenzione degli alloggi (non si deve pulire e ridipingere frequentemente le pareti) e nella gestione dell'impianto di riscaldamento, risparmi che permettono di ammortizzare in pochi anni le spese degli interventi.

Al riguardo si ricorda che in un alloggio senza ventilazione e con umidità relativa del 90%, vale a dire in un ambiente molto umido, sono richieste potenze termiche superiori a quelle di un ambiente secco e giustamente ventilato per il fatto che:

1. le strutture perimetrali, umide per la presenza di condense interstiziali che aumentano considerevolmente la conduttività termica dei vari componenti, hanno trasmittanze termiche molto elevate e disperdono all'esterno più elevate quantità di calore di pareti asciutte;
2. sono richieste elevate quantità di calore per l'evaporazione delle condense interne.

Va infine sottolineato che oggi gli acquirenti delle case costruite e progettate secondo i canoni legislativi richiedono spesso piastrelle firmate, vasca per idromassaggio, presa TV e telefono/INTERNET in ogni camera, porta blindata, **dimenticando che, senza un'adeguata ventilazione degli ambienti, si avranno molto spesso macchie e muffe ed il clima interno avrà anche una quantità d'inquinanti 4-5 volte superiore a quelli ritenuti ideali per la salute.**

L'impiego della ventilazione meccanica controllata risolve invece il problema in maniera definitiva e non è detto che l'imprenditore, risparmiando la spesa dell'impianto di ventilazione, abbia, nel medio termine, fatto un affare, visto che verrà probabilmente chiamato in causa per il verificarsi di macchie e muffe.

L'impianto VMC è d'altronde obbligatorio nella maggior parte dei paesi dell'Unione Europea, ed anche le normative italiane ne prevedono l'impiego.

Va segnalato infine che l'impianto di ventilazione non produce un aggravio delle spese di riscaldamento in quanto che limita i ricambi al valore strettamente necessario di 0,5 richiesti dalle norme.

In conclusione una corretta ventilazione, che mantenga l'umidità relativa dell'aria interna su valori del 50-60%, permette di costruire case più salubri, che consumano meno energia per il riscaldamento, che rispettano le vigenti normative e con una superiore qualità dell'aria interna.

## ➤ La corretta ventilazione

Da sempre l'uomo "apre le finestre" per permettere un ricircolo dell'aria stagnante nelle stanze; ma non sempre questa soluzione è attuabile senza sacrifici: patire del freddo e dissipare del calore.

I sistemi tecnologicamente testati in grado di assicurare un adeguato ricambio d'aria sono sostanzialmente di due tipi:

- **Ventilazione naturale**
- **Ventilazione meccanica controllata**

La ventilazione naturale deve essere realizzata in modo che si induca un moto dell'aria tale da determinare un flusso in uscita e di conseguenza un flusso in entrata. Il sistema più semplice è l'effetto camino: l'aria calda che sale richiama dall'esterno l'aria fredda.

La difficoltà che si presenta, nel realizzare impianti ad effetto camino, è quella di riuscire a determinare i ricambi che si possono ottenere e di conseguenza calcolare i valori del fabbisogno energetico e determinare la qualità dell'aria.

La ventilazione meccanica controllata è in grado di assolvere il suo compito in maniera più costante ed affidabile. Consiste nel creare un flusso d'aria costante mediante la depressione indotta da un ven-

tilatore e nel garantire il ricambio attraverso delle aperture opportunamente dimensionate.

I parametri più indicativi di cui si può tenere conto nella Ventilazione Meccanica Controllata sono:

- assicurare un ricambio aria massimo pari a ca. 0,5 V/h (legge 10/91);
- mantenere l'umidità relativa compresa tra il 40% ed il 60%;
- garantire una velocità dell'aria inferiore a 0,07 m/sec nei bagni e minore di 0,025 m/sec negli altri locali.

## ➤ Il risparmio energetico

L'Edilizia moderna ha pienamente recepito questa esigenza attraverso una progettazione attenta, nuovi materiali, captazione dell'energia solare sotto forma termica e fotovoltaica, sfruttamento della geotermia. La Ventilazione Meccanica Controllata dà un contributo importante al risparmio energetico con gli impianti a doppio flusso a recupero di calore: il principio di funzionamento consiste nel recupero dell'energia termica contenuta nell'aria calda e umida estratta, che si incrocia in uno scambiatore di calore con la corrente fredda e pulita in ingresso. Il rendimento può eccedere il 90%; la VMC di questo tipo è funzionale al conseguimento delle classi di merito più elevate A e A+.

## ➤ Com'è composto un impianto di ventilazione

Benché le possibilità realizzative siano molteplici, dunque adattabili alle più svariate esigenze progettuali ed individuali, un impianto di ventilazione meccanica controllata è schematicamente composto da:

- Ventilatore d'estrazione: deve regolare l'aspirazione dell'aria secondo le esigenze progettuali; funziona ininterrottamente e deve rispondere alle esigenze di silenziosità, ridotto consumo energetico, basso indice d'usura e minime necessità di manutenzione ordinaria.

- Bocchette d'estrazione: estraggono a ciclo continuo l'aria dall'alloggio ed hanno una portata regolata in funzione del fabbisogno predeterminato. Vengono poste nelle cucine, bagni, lavanderie e in tutti quei locali che necessitano di estrazione.
- Bocchette d'immissione: permettono l'ingresso della quantità d'aria calcolata in fase di progetto; vengono installate nei vani nobili quali stanze da letto, soggiorni, studi, etc.
- Tubi ed accessori: collegano le bocchette alla macchina d'estrazione. La scelta è determinata tenendo conto della tipologia dell'impianto;

to; pertanto possono presentare forma circolare o rettangolare; di tipo rigido o flessibile, con struttura in lamiera zincata, acciaio inox o in PVC, garantendo la massima flessibilità progettuale e realizzativa.

### Alcuni riferimenti normativi

La Normativa italiana non prevede, al momento attuale, una legge quadro relativa alla ventilazione degli alloggi per civile abitazione e per il terziario. Esistono comunque dei riferimenti normativi che fungono da linee guida in materia d'efficace progettazione edile.

**Legge 10/91 del 9 gennaio 1991** Richiede la verifica dell'effettiva esistenza del ricambio aria pari a 0,5 volumi/ora.

**DPR n° 412 del 26 agosto 1993**, in seguito modificato con il DPR n° 551 del 21 dicembre 1999, che dispone le norme attuative della Legge 10/91: con esso si dispone il recepimento delle norme UNI 10344 che definiscono i criteri per determinare la permeabilità dell'involucro edilizio ed i metodi di calcolo della ventilazione naturale ottenuta con le infiltrazioni.

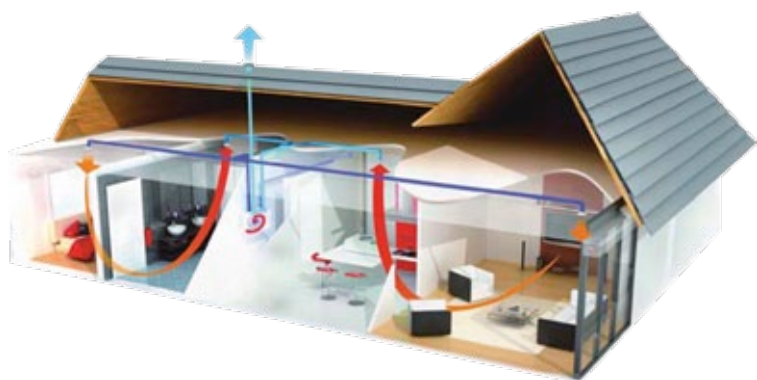
**Norma UNI 10339**, prospetto III stabilisce le portate d'aria esterna per gli edifici adibiti ad uso civile e precisamente nella misura di 40 m<sup>3</sup>/h per persona in quelli residenziali.

**D.L. 311/2006** relativo al Risparmio e alla Certificazione Energetica, che recepisce la Direttiva Europea 2002/91 basata sui principi stabiliti nel Protocollo di Kyoto.

**UNI EN 13465:2004 e UNI EN 15242:2008** (Ventilazione) sui metodi di calcolo della portata d'aria negli edifici.

**Norme UNI TS 13100** di riferimento sul Risparmio Energetico e la relativa Certificazione.

**Normative regionali**



▲ Soluzione individuale a doppio flusso.



▲ VMC a flusso singolo Autoregolabile o Igroregolabile su impianto collettivo.