

# Ventilazione su misura

La ventilazione artificiale, a differenza di quella naturale, offre quantità d'aria costanti e definite nel tempo. I sistemi a ventilazione meccanica controllata.

**Chiara Aghemo  
Marco Filippi**  
Dipartimento di Energetica  
del Politecnico di Torino

*Per attivare un ricambio dell'aria di entità corrispondente alle effettive necessità dei vari locali di abitazione si possono adottare sistemi di ventilazione naturale, più o meno efficaci, oppure sistemi di ventilazione artificiale; i primi non richiedono alcun dispositivo meccanico per la movimentazione dell'aria ed operano con portate d'aria di ricambio variabili; i secondi, al contrario, richiedono un dispositivo meccanico per la movimentazione dell'aria ed operano con portate d'aria di ricambio sostanzialmente costanti.*

*Le caratteristiche e i problemi connessi all'installazione di sistemi a ventilazione meccanica controllata (VMC).*

## Qualità dell'aria nei locali di abitazione

Nei locali di abitazione il ricambio dell'aria, ottenuto con l'immissione di aria esterna, ha lo scopo di fornire l'ossigeno necessario per la respirazione e di diluire gli inquinamenti prodotti in ambiente, principalmente l'anidride carbonica, gli odori ed il vapore acqueo.

In un ambiente occupato dalle persone la concentrazione di anidride carbonica cresce per effetto della respirazione (tabella 1) e per contenerla entro limiti di sicurezza ( $< 0,5\%$ ) occorre effettuare un ricambio d'aria non inferiore a  $5 \text{ m}^3/\text{h}$  per persona. La produzione di odori dovuta alle persone ed alle attività che si svolgono nei locali di servizio (cucina e bagno) è difficilmente quantificabile; inoltre recenti studi hanno dimostrato che la sensibilità umana agli odori cresce al crescere della concentrazione di anidride carbonica in ambiente. Se si fissa in  $0,1 \div 0,15\%$  la massima concentrazione di anidride carbonica ammissibile per evitare ogni forma di disagio, il ricambio d'aria necessario risulta non inferiore a  $20 \text{ m}^3/\text{h}$  per persona.

Naturalmente, poiché nei locali di abitazione la produzione di odori e l'occupazione sono variabili nell'arco della giornata e diverse da locale a locale, una corretta ventilazione deve essere tale che nei locali principali, quali soggiorni e camere da letto, non sia comunque mai superata la concentrazione di inquinanti corrispon-

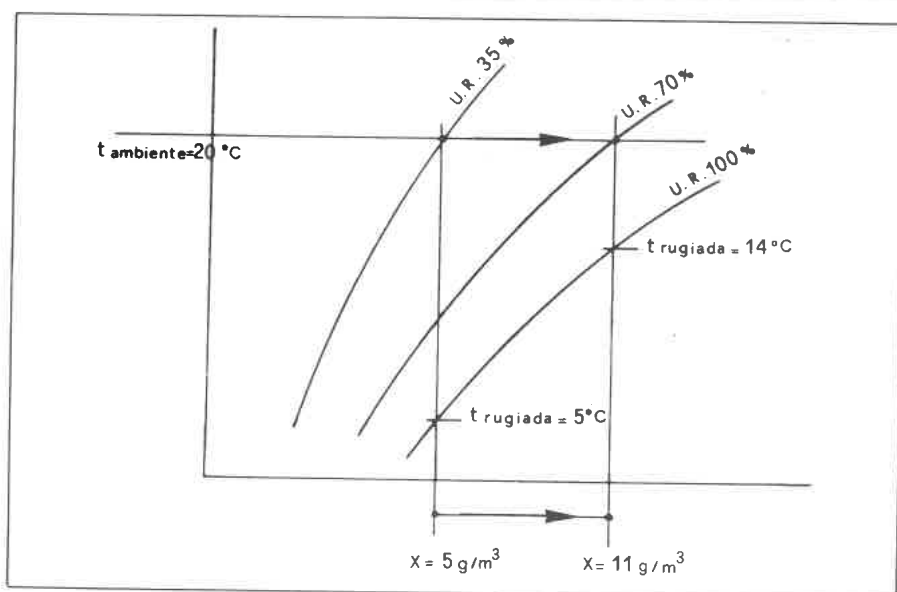


**Tab. 1 - Composizione dell'aria ed emissione di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) in relazione al tipo e all'attività dell'occupante.**

	Composizione dell'aria (%)		Occupante	Emissione media di anidride carbonica (l/h)
	aria inspirata	aria espirata		
azoto	21	16,5	persona adulta (fumatore)	30
anidride carbonica	0,04	4	bambino (in attività)	20
azoto, argon ecc.	79	79,5	persona adulta o bambino (in riposo)	15

**Tab. 2 - Classificazione dei locali in relazione alla igrometria**

Locale	W/n (g/m <sup>3</sup> )
- locale a igrometria debole	< 2,5
- locale a igrometria media	2,5 ÷ 5
- locale a igrometria forte	5 ÷ 7,5
- locale a igrometria molto forte	> 7,5



**Fig. 1 - Con temperatura ambiente di 20°C e umidità relativa 35% si ha condensazione sulle superfici a temperatura inferiore a 5°C; con temperatura ambiente di 20°C e umidità relativa 70% si ha condensazione sulle superfici a temperatura inferiore al 14°C.**

**Fig. 2 - La condensazione del vapore acqueo contenuto nell'aria ambiente provoca stillicidio e formazione di muffe su tutte le superfici "fredde" (in relazione alle condizioni termigrometriche dell'aria ambiente).**



dente alla soglia di sensibilità umana, mentre nei locali di servizio, quali bagno e cucina, essa possa essere occasionalmente superata, purché ritorni poi rapidamente entro valori accettabili e non vengano inquinati i locali adiacenti. Per quanto riguarda la produzione di vapore acqueo essa è connessa con la preparazione dei pasti, il lavaggio e l'essiccamento della biancheria, le operazioni di igiene personale, ma è anche dovuta agli occupanti i quali producono cadauno da 50 a 100 g/h di vapore acqueo in funzione dell'attività svolta.

In una giornata la produzione di vapore acqueo in una abitazione media assomma a circa 10 kg ed ha carattere fortemente discontinuo passando da valori minimi dell'ordine di pochi grammi all'ora per metro cubo ambiente a valori massimi di 1 kg/h m<sup>3</sup> (nella preparazione di un pasto per una famiglia di quattro persone con uso di fornelli a gas si producono circa 3 kg di vapore acqueo, mentre in una camera da letto occupata da due persone se ne produce circa 1 kg per notte).

Se si considera che a temperatura costante di 20°C un incremento di umidità assoluta pari a 6 g/m<sup>3</sup> comporta un incremento di umidità relativa pari a circa 35 punti percentuale (fig. 1), si

comprende come sia possibile, in un locale non ventilato o poco ventilato, raggiungere, in corrispondenza delle parti dell'involucro edilizio termicamente più deboli (superfici vetrate e ponti termici) le condizioni di saturazione dell'aria ambiente con conseguente stitillidicio e formazione di muffe (fig. 2). Inoltre, valori di umidità relativa superiori al 65% creano nelle persone una sensazione di disagio in quanto riducono la possibilità di traspirazione corporea ed aumentano la sensibilità agli odori.

Gli studi compiuti da J. Berthier al Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (1) hanno condotto ad una classificazione dei locali in relazione alla loro igrometria, a partire dal rapporto W/n fra la quantità di vapore acqueo prodotto nell'unità di tempo (g/h) e la portata d'aria di ricambio (m<sup>3</sup>/h); la classificazione proposta (riportata in tabella 2) può costituire un utile riferimento per il progettista. Per meglio comprendere il significato e l'impiego dei valori proposti nella citata tabella si consideri ad esempio:

- che nel periodo invernale ogni metro cubo di aria esterna (prelevato all'esterno a temperature di -5 ÷ +5°C ed umidità relativa pari all'80% e riscaldato a 20°C) è in grado di assorbire, portando l'aria ambiente ad una umidità relativa intorno al 65%, da 6 a 9 g di vapore acqueo;
- che, se in un ambiente occupato da due persone che producono complessivamente 100 g/h di vapore acqueo si vuole avere un rapporto W/n non superiore a 5 g/m<sup>3</sup>, si devono introdurre non meno di 20 m<sup>3</sup>/h di aria esterna (10 m<sup>3</sup> /h per persona).

In conclusione di quanto sopra esposto si può valutare in un valore variabile fra 8 e 20 m<sup>3</sup>/h

per persona il tasso di ventilazione necessario per controllare gli inquinanti prodotti in ambiente, quali anidride carbonica, odori e vapore acqueo; considerando però poco significativo, nel caso delle abitazioni, il riferimento al numero di persone presenti, nella normativa tecnica si preferisce indicare il tasso di ventilazione in funzione della destinazione d'uso e del volume del locale.

Nelle tabelle (3a, 3b e 3c) sono riportati alcuni valori tratti da documenti normativi italiani ed esteri; si tenga presente che per i locali principali le portate d'aria indicate sono da intendersi immesse nel locale, mentre per i locali di servizio sono da intendersi estratte dal locale.

A margine si annoti che nel caso siano presenti in ambiente apparecchi a gas collegati o meno a condotti fumari (fornelli, caldaie autonome, scaldacqua) una parte dell'aria di ricambio viene utilizzata dall'apparecchio come comburente (per bruciare 1 metro cubo di metano occorrono circa 14 m<sup>3</sup> di aria) ed una insufficiente ventilazione può provocare la formazione di ossido di carbonio.

### La ventilazione naturale

La ventilazione naturale degli ambienti avviene per effetto del tiraggio termico e dell'azione del vento sull'edificio.

Il fenomeno del tiraggio termico è connesso con la differenza di densità fra l'aria esterna fredda e l'aria interna calda. L'azione del vento sull'edificio è connessa con la creazione di una differenza di pressione fra il lato dell'edificio sopravvento e quello sottovento, differenza di pressione che dipende dalla direzione del vento

**Tab. 3a - Valori indicati per le portate d'aria di ricambio (m<sup>3</sup>/h) Francia (2)**

**Tab. 3b - Valori indicati per le portate d'aria di ricambio (m<sup>3</sup>/h)**

**Tab. 3c - Valori indicati per il numero di ricambi d'aria orario n (m<sup>3</sup>/h m<sup>3</sup>) Italia**

Locale	in immissione	in estrazione
• ambiente principale superiore a 18 m <sup>2</sup>	60	
• ambiente principale inferiore a 18 m <sup>2</sup>	30	
• cucina (connessa a meno di tre ambienti principali)	-	45 ÷ 90
• cucina (connessa a tre o più ambienti principali)	-	60 ÷ 120
• bagno o doccia		
- con stenditoio	-	30 ÷ 60
- senza stenditoio	-	30
• w.c.	-	30

Paese	documento di riferimento	cucina	bagno e w.c.	soggiorno
OLANDA	NEN 1087	75 ÷ 100	50	75 ÷ 150
NORVEGIA	BF	80	60	
SVEZIA	SBN 1980	36	36	
SVIZZERA	SIA 380	80 ÷ 120	60	
STATI UNITI	ASHRAE 62-1981	180	90	18

Documento di riferimento	spazi chiusi	cucina	bagno e w.c.
Legge 27 maggio 1975 n. 166	-	-	5 <sup>(1)</sup>
Regione Emilia Romagna (L.R. 9.11.'84 n. 48)	0,5 <sup>(2)</sup>	≥ 3 <sup>(3)</sup>	≥ 5 <sup>(4)</sup>

(1) nel caso in cui il locale sia privo di aperture verso l'esterno

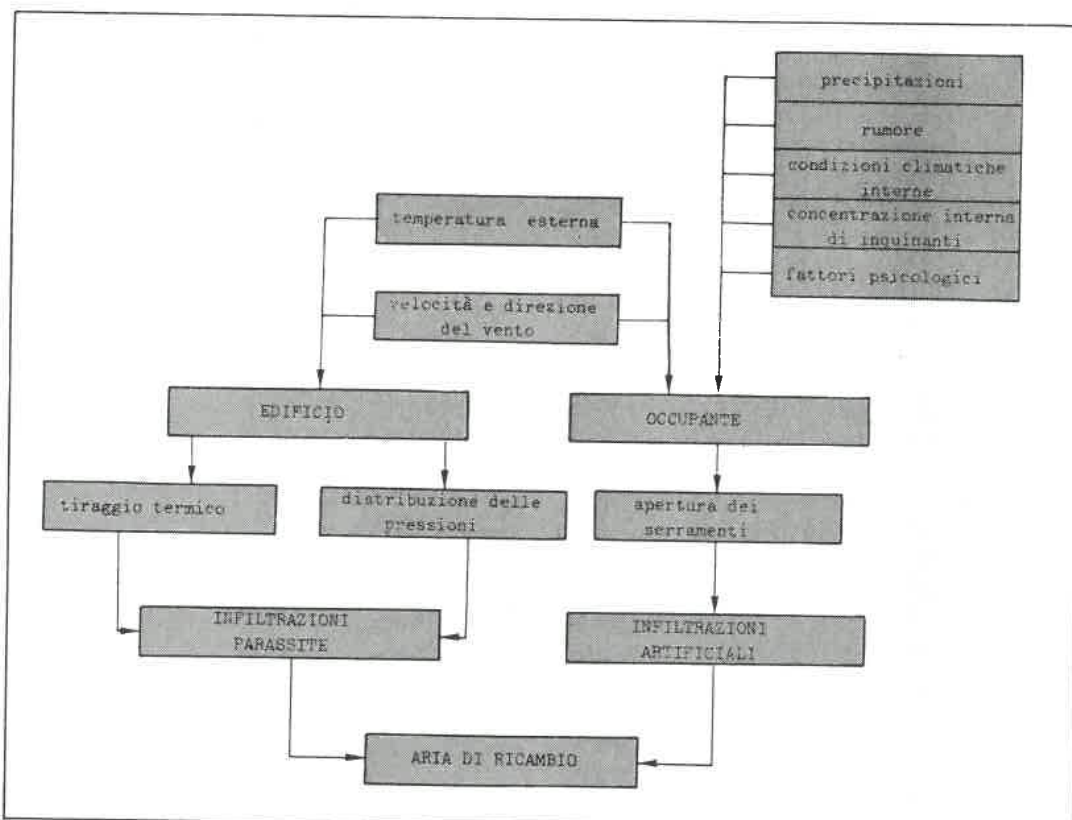
(2) con continuità

(3) per brevi periodi in concomitanza delle attività, e con facoltà di controllo da parte dell'utente

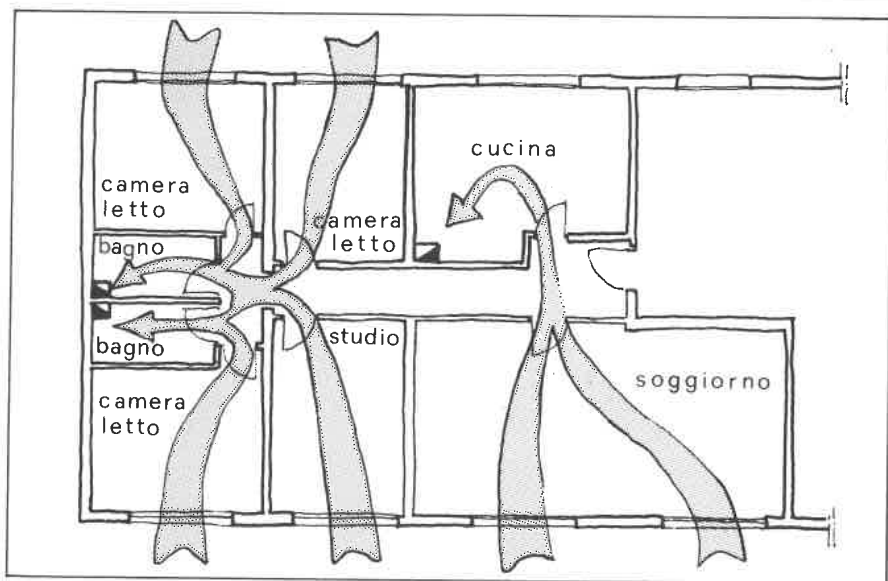
(4) per brevi periodi in concomitanza delle attività, e con facoltà di controllo da parte dell'utente



**Fig. 3 - Alcuni fattori, quali le precipitazioni, il rumore ecc., inducono o meno l'occupante ad aprire i serramenti ed a ricambiare così l'aria ambiente (infiltrazioni artificiali); altri fattori, quali le condizioni climatiche esterne, intervengono direttamente sull'edificio producendo infiltrazioni d'aria incontrollate (infiltrazioni parassite).**



**Fig. 4 - Principi informatori per la ventilazione di una unità residenziale: l'aria deve essere immessa nei locali principali ed estratta dai locali di servizio, passando da un locale all'altro attraverso griglie di transito o fessure adeguatamente dimensionate in corrispondenza delle porte.**



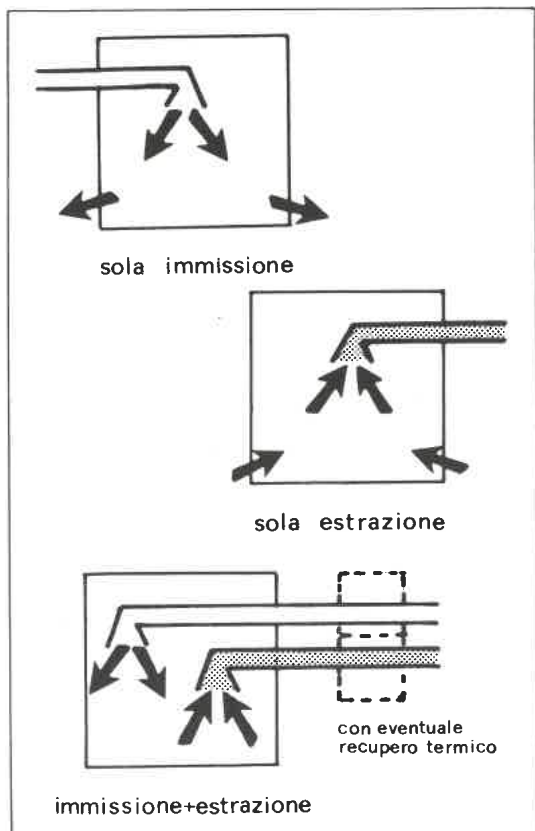
**Tab. 4 - Valori indicativi per il numero di ricambi d'aria orario con diverse posizioni del serramento**

Posizione del serramento	Ricambio orario (m <sup>3</sup> /h m <sup>3</sup> ambiente)
Finestra chiusa, porta chiusa	0 ÷ 0,5
Finestra poco aperta, con persiane chiuse	0,3 ÷ 1,5
Finestra poco aperta, senza persiane	0,8 ÷ 4
Finestra semi aperta	5 ÷ 10
Finestra completamente aperta	9 ÷ 15
Finestra e porta-finestra completamente aperte (su lati opposti dell'edificio)	oltre 40

N.B.: per ogni posizione del serramento la variabilità dei valori di ricambio orario indicati dipende dai numerosi fattori di cui non è esplicitato il valore (temperatura esterna ed interna, velocità del vento ecc.)

e dalla forma dell'edificio ed è proporzionale al quadrato della velocità del vento.

L'effetto combinato del tiraggio termico e del vento provoca negli ambienti ricambi d'aria incostanti e non definibili a priori in quanto dipendenti dal comportamento degli abitanti (apertura dei serramenti), dalla permeabilità all'aria dell'involucro edilizio (in particolare dei serramenti) e dalle condizioni meteorologiche (il tiraggio termico è significativo nel periodo invernale, ma non in quello estivo ed il vento varia frequentemente di direzione e di velocità). In figura 3 sono schematicamente illustrati i fattori principali che intervengono nella determinazione del tasso di ventilazione naturale. In tabella 4 sono indicati, a titolo esemplificativo, i valori dei ricambi orari ricavati da uno studio sulla ventilazione degli ambienti dovuta all'azione degli occupanti (5); la notevole variabilità dei valori riportati evidenzia ancora una volta come nel caso di ventilazione naturale risulta difficile e non affidabile ogni determinazione del tasso di ventilazione. Se valori elevati di ricambio d'aria favoriscono il mantenimento di condizioni igienico-ambientali ottimali, essi inducono, per contro, nel periodo invernale, consumi energetici di notevole entità: con riferimento ai valori dei coefficienti di dispersione termica indicati in sede di applicazione della legge 373/76, l'incidenza della ventilazione naturale sulle dispersioni globali di un edificio residenziale può essere stimata variabile fra il 12 ed il 30%; le incidenze percentualmente maggiori si riscontrano laddove più spinto è l'isolamento termico dell'involucro edilizio.



ventilazione degli ambienti.

In Italia non vi sono particolari normative in merito all'adozione di sistemi di ventilazione artificiale se non nei casi in cui "le caratteristiche tipologiche degli alloggi diano luogo a condizioni che non consentano di fruire di ventilazione naturale" e dove "è comunque da assicurare l'aspirazione di fumi, vapori ed esalazioni nei punti di produzione (cucine, gabinetti, ecc.) prima che si diffondano" (D.M. 5 luglio 1975, Ministero per la Sanità, art. 6), oppure nei casi dove è previsto un locale bagno privo di aperture verso l'esterno per il ricambio dell'aria per il quale deve essere previsto "un idoneo sistema di ventilazione forzata, che assicuri un ricambio medio orario non inferiore a cinque volte la cubatura degli ambienti" (Legge 27 maggio 1975, n. 166, art. 18).

Va annotato che di recente, per porre rimedio ad inconvenienti quali condense superficiali e muffe di frequente rilevati in alloggi di nuova costruzione (dotati di serramenti esterni con bassa permeabilità all'aria e di impianti di riscaldamento autonomi), il Consorzio Intercomunale Torinese, nel varare un programma straordinario di edilizia residenziale pubblica (1600 alloggi - legge n. 94 del 25.3.1982), ha richiesto, in sede di capitolato particolare d'appalto, l'installazione di sistemi VMC.

### Schemi impiantistici per la ventilazione meccanica controllata (VMC)

La ventilazione meccanica controllata può essere realizzata a semplice flusso con sola immissione o sola estrazione dell'aria oppure a doppio flusso con immissione ed estrazione dell'aria (fig. 5); lo schema corrispondente alla sola immissione non è normalmente utilizzato per motivi di affidabilità.

Adottando un sistema VMC ad estrazione occorre prevedere la realizzazione di un impianto di estrazione forzata dell'aria viziata dai locali di servizio.

L'immissione dell'aria esterna nei locali principali avviene mediante bocchette inserite nelle chiusure esterne verticali (murature, telai dei serramenti, cassonetti), collocate in modo tale che l'aria immessa non provochi disturbo alle persone e dotate di dispositivi per la regolazione manuale e/o automatica della portata d'aria.

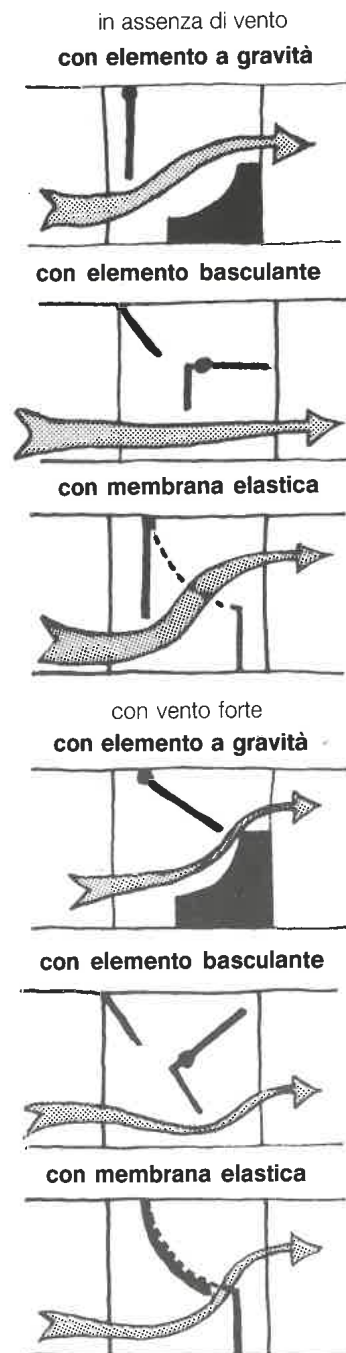
La circolazione dell'aria dai locali principali ai locali di servizio avviene mediante griglie di transito oppure mediante fessure adeguatamente dimensionate, in corrispondenza delle porte.

L'estrazione dell'aria viziata dai locali di servizio avviene mediante bocchette connesse con condotti verticali a tiraggio forzato e dotate di dispositivi per la regolazione manuale e/o automatica della portata d'aria.

A differenza del sistema ad estrazione il sistema VMC a doppio flusso prevede la realizzazione di un impianto di immissione forzata dell'aria esterna nei locali principali e di un impianto di estrazione forzata dell'aria viziata dai locali di

**Fig. 5 - Schemi impiantistici per la ventilazione meccanica controllata (VMC): la VMC può essere attuata mediante tre diversi schemi impiantistici, i più usuali sono quello "a semplice flusso" con sola estrazione e quello "a doppio flusso" con estrazione ed immissione.**

**Fig. 6 - Tipici dispositivi auto-regolabili per l'immissione dell'aria: in presenza di vento o di tiraggio termico eccessivo si ha un incremento della resistenza al moto da parte del dispositivo, con conseguente regolarizzazione della portata d'aria che lo attraversa.**



### La ventilazione artificiale

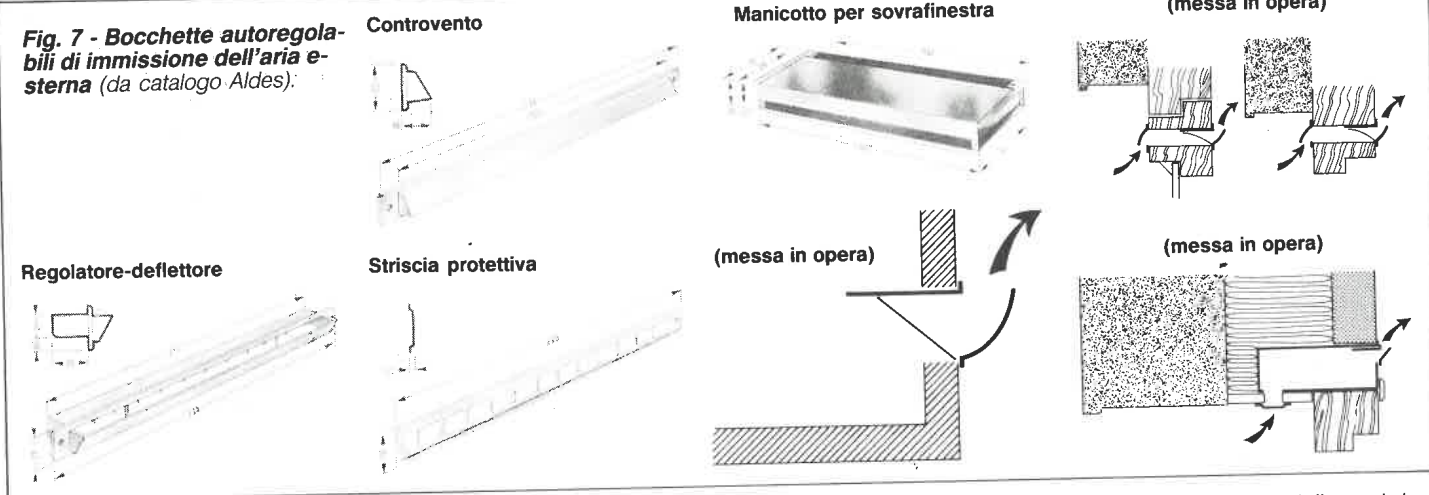
Per ovviare all'incostanza ed alla indeterminazione tipiche dei sistemi a ventilazione naturale, possono essere adottati sistemi a ventilazione artificiale dimensionati in modo da garantire l'immissione e l'estrazione di portate di aria costanti nel tempo e quantitativamente definite; detti sistemi sono usualmente denominati *sistemi a ventilazione meccanica controllata (VMC)*.

Per quanto già detto in precedenza sulle esigenze di ventilazione dei singoli ambienti in funzione della loro destinazione d'uso, i sistemi a ventilazione meccanica controllata devono essere installati in modo da garantire (figura 4):

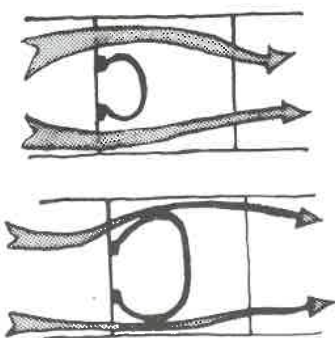
- per gli ambienti dove la produzione di inquinanti non è rilevante (locali principali) l'immissione di aria esterna in misura costante nel tempo;
- per gli ambienti dove la produzione di inquinanti è rilevante (locali di servizio) l'estrazione dell'aria viziata in misura variabile nel tempo, in funzione delle effettive necessità;
- per i setti di separazione fra gli ambienti in sovrappressione (ove si ha immissione di aria) e gli ambienti in depressione (ove si ha estrazione di aria) la presenza di griglie di transito di adeguate dimensioni in modo da ridurre le resistenze al moto.

Ciò richiede da un lato il calcolo rigoroso del sistema di ventilazione, dall'altro l'impiego di componenti impiantistici allo scopo predisposti. Attualmente nei paesi scandinavi ed in Francia è d'obbligo l'impiego della ventilazione artificiale sia al fine di garantire condizioni igienico-ambientali soddisfacenti sia al fine di controllare il consumo energetico invernale connesso con la

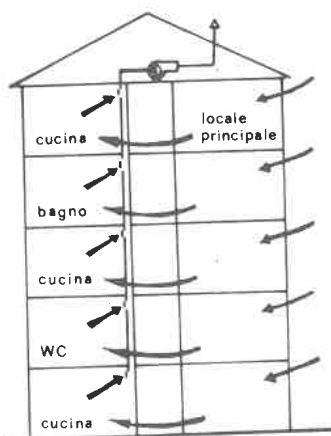
**Fig. 7 - Bocchette autoregolabili di immissione dell'aria esterna** (da catalogo Aldes).



**Fig. 8 - Tipico dispositivo autoregolabile per l'estrazione dell'aria: in presenza di una differenza di pressione la membrana elastica si gonfia progressivamente ostruendo il passaggio dell'aria in modo tale da mantenere costante la portata di aria estratta.**



**Fig. 10 - Sistema VMC a sola estrazione: l'aria esterna immessa nei locali principali giunge ai locali di servizio e da essi viene estratta mediante un condotto verticale collettivo in cui il tiraggio è attivato da un elettroventilatore collocato nel sottotetto.**



servizio.

L'immissione dell'aria esterna nei locali principali avviene, previa filtrazione, mediante bocchette o diffusori; in tal caso occorre verificare che la temperatura di immissione dell'aria sia tale da non provocare disturbo alle persone e che la velocità dell'aria nella zona occupata dalle persone non sia superiore a 0,15 m/s.

La circolazione dell'aria dai locali principali ai locali di servizio e l'estrazione dell'aria viziata dai locali di servizio avvengono poi come nel caso dello schema a semplice flusso.

In Italia la VMC con sola estrazione è correntemente applicata nei casi previsti dalla vigente normativa, cioè nei casi dove sono previsti locali bagno privi di aperture verso l'esterno, ma è applicata in modo non corretto, senza alcun riferimento ai principi informativi della ventilazione artificiale e con portate variabili a discrezione dell'utente. Infatti, nella grande maggioranza dei casi, non sono previste bocchette di immissione dell'aria esterna nei locali principali né tantomeno passaggi dell'aria dai locali principali ai locali di servizio, con la naturale conseguenza che non si ha una sufficiente ventilazione in quanto le resistenze al moto che l'aria trova sul suo percorso sono troppe elevate oppure, se l'immissione d'aria esterna è di entità sufficiente per le esigenze igienico-ambientali, essa avviene in modo "selvaggio" attraverso le fessure dei serramenti, con grave disagio per gli abitanti. Per garantire, anche con un sistema VMC a sola estrazione un'aerazione generale e permanente di tutti i locali occorre prevedere dispositivi di immissione e di estrazione, nonché dispositivi di movimentazione dell'aria adeguatamente dimensionati in sede di progetto.

#### Dispositivi di immissione dell'aria

Per l'immissione dell'aria nei locali principali possono essere utilizzate bocchette di varia forma (rettangolari o circolari), con diffusore interno fisso od orientabile, dotate sul lato esterno di tegolo di protezione dagli agenti atmosferici e di griglia di protezione dagli insetti e regolabili manualmente oppure autoregolabili.

Nel caso di regolazione manuale della portata d'aria entrante, l'apertura non deve comunque essere completamente chiudibile al fine di garantire l'immissione in ambiente della minima portata d'aria esterna di progetto; mentre nel caso di autoregolazione il dispositivo di immissione deve garantire una portata d'aria esterna costante al variare delle condizioni esterne di temperatura e di ventosità.

Per effettuare l'autoregolazione sono utilizzati accoppiamenti fra membrane elastiche o elementi rigidi basculanti ed opportuni profili o superfici di passaggio (fig. 6).

Per quanto riguarda le dimensioni delle bocchette di immissione dell'aria esse sono variabili in funzione delle portate d'aria immesse e delle soluzioni tecnologiche adottate dai costruttori. In prima approssimazione si può dire che l'ingombro frontale è di circa 10 cm<sup>2</sup> per mc<sup>3</sup>/h di aria immessa.

In figura 7 sono illustrati alcuni tipi di bocchette di immissione dell'aria commercializzati in Italia.

#### Dispositivi di estrazione dell'aria

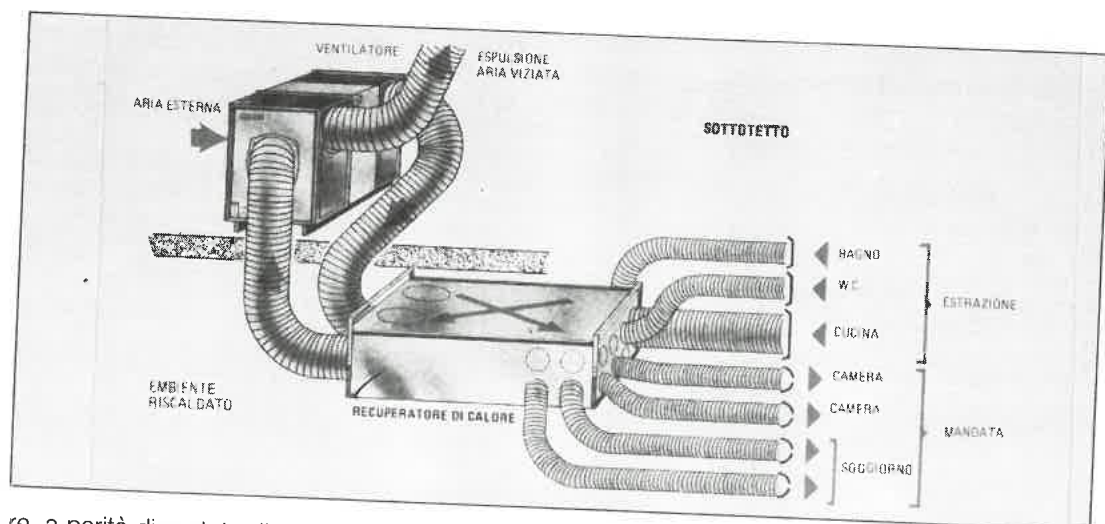
Per l'estrazione dell'aria dai locali di servizio devono essere utilizzate bocchette tali da consentire da un lato l'estrazione della minima portata di aria viziata prevista in progetto, dall'altro l'incremento della portata stessa, a giudizio dell'occupante, nei brevi periodi in cui si ha una elevata produzione di inquinanti.

Poiché normalmente dette bocchette sono collegate a condotti verticali al servizio di più locali sovrapposti e dotati di un unico attivatore di tiraggio, per evitare scompensi nei valori di portata d'aria estratta ai vari piani si impiegano preferibilmente bocchette autoregolabili. Esse possono essere costituite da una parte fissa, che forma la via di passaggio, e da una membrana mobile che in caso di eccessivo tiraggio ostruisce progressivamente il passaggio regolarizzando così la portata d'aria (fig. 8).

Le bocchette di estrazione sono costruite in due versioni, con portata fissa e con due portate a scelta dell'utente; la versione con due portate è particolarmente utile nelle cucine ove può



**Fig. 12 - Nel caso di unità residenziale monofamiliare, nel recuperatore di calore possono convergere le estrazioni d'aria provenienti da tutti i locali di servizio e da esso possono partire le immissioni d'aria in tutti i locali principali (da catalogo Aldes).**



re, a parità di portata d'aria estratta, molto variabili; quando minori sono le sezioni di passaggio dell'aria, tanto maggiori sono le velocità dell'aria attraverso le bocchette ed il rumore prodotto. Le bocchette di immissione dell'aria comunicanti con l'esterno devono presentare un valore di isolamento acustico almeno pari a quello dei serramenti esterni; allo scopo è consigliabile l'impiego di bocchette autoregolabili eventualmente accoppiate con un dispositivo fonoisolante (fig. 11).

#### Recupero termico

Le valutazioni delle portate di aria esterna complessivamente movimentate con sistemi VMC a sola estrazione, nel caso in cui si utilizzino i valori di riferimento per i singoli locali indicati nelle recenti normative europee (cfr. tab. 3), conducono alla conclusione che, anche con la ventilazione meccanica controllata, nelle unità residenziali il valore del coefficiente volumico di ventilazione risulta in generale inferiore od uguale a quello massimo ammissibile ( $0,175 \text{ W}/\text{m}^3\text{C}$ ) in base alla vigente normativa italiana per il contenimento dei consumi energetici per riscaldamento ambientale (legge 373/76); ciò significa, tra l'altro, che non risulta necessario, a termini di legge, l'impiego di recuperatori di calore. Per quanto riguarda poi il consumo energetico medio stagionale, considerando che la ventilazione naturale è attivata dal tiraggio termico e dall'azione del vento sull'edificio e risulta quindi mediamente più rilevante laddove vi è un clima più freddo, pur non esistendo precise e reiterate calcolazioni giustificative, si può affermare che i sistemi VMC presentano consumi energetici medi stagionali comparabili con quelli attribuibili alla ventilazione naturale per gli edifici residenziali collocati nelle regioni settentrionali italiane e consumi energetici superiori per gli edifici residenziali del centro-sud. Motivazioni di risparmio energetico devono comunque indurre il progettista di un sistema VMC, sia esso a semplice o a doppio flusso, a studiare soluzioni di recupero termico sull'aria viziata espulsa.

Nei casi di sistemi VMC a sola estrazione il

recupero termico può essere fatto a favore di una produzione di acqua calda sanitaria (mediante interposizione di una pompa di calore) od a favore di un preriscaldamento di aria da immettere in locali non riscaldati come il vano scale, il garage ecc. Nei casi di sistemi VMC ad estrazione ed immissione il recupero termico viene fatto a favore dell'aria esterna, che è così opportunamente preriscaldata prima dell'immissione in ambiente. Le soluzioni impiantistiche sono molteplici, potendosi impiegare scambiatori aria-aria (statici, a tubi di calore o a fluido intermedio), pompe di calore o a fluido di calore aria-acqua.

In figura 12 è illustrato un recuperatore termico al servizio di una unità residenziale monofamiliare con sistema VMC a doppio flusso.

#### Funzionamento intermittente

Quando i locali di abitazione non sono occupati per un certo tempo e nel periodo estivo, quando un ingresso di aria esterna in ambiente provocherebbe un riscaldamento dei locali, la ventilazione meccanica controllata deve essere annullata. Un caso particolare è però quello in cui nel periodo invernale, pur essendo i locali occupati dalle persone, viene interrotto il riscaldamento ambientale (ad esempio interruzione notturna); in tale situazione l'immissione di aria esterna, che pur sarebbe necessaria per garantire le condizioni igienico-ambientali ottimali, indurrebbe un raffreddamento dei locali il più delle volte inaccettabile. In presenza di un regime termico intermittente pare quindi necessario correre il rischio (da un punto di vista igienico-ambientale) di annullare la circolazione d'aria o comunque di ridurre le portate d'aria a valori minimi: ciò si può ottenere nei sistemi VMC ad estrazione diminuendo le sezioni di passaggio dell'aria attraverso le bocchette di estrazione o modificando le condizioni di funzionamento del ventilatore.

#### Note bibliografiche

- (1) J. Berthier, "Diffusion de vapeur au travers des parois - Condensation", REEF, vol. II - Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, 1982.
- (2) Décret n. 82-269 - 24 mars 1982, "Modification de l'article R. 111.6 du code de la construction et de l'habitation relatif aux équipements et aux caractéristiques thermiques des bâtiments d'habitation".
- (3) Ministère de l'Urbanisme et du Logement, "Guide pour l'amélioration des logements existants". Ed. Moniteur, Parigi, 1982.
- (4) CATED, "La ventilation dans l'habitat existant", Ed. Moniteur, Parigi, 1984.
- (5) F.D. Heidt, F. Haberda, L. Trepte, "Impact of air infiltration and ventilation on energy losses of buildings".