

CORSO
“ CERTIFICATORE DELLE CARATTERISTICHE ENERGETICHE DEGLI EDIFICI »
D.G.R. VIII/5018 E S.M.I.

Collegio Geometri e Geometri Laureati della Provincia di Brescia

Darfo Boario Terme 21/06/2011

**La ventilazione meccanica controllata,
il recupero di calore e il concetto di
comfort abitativo.**

LA VENTILAZIONE DEGLI AMBIENTI

VENTILAZIONE NATURALE

La ventilazione dei locali è fondamentale per il benessere delle persone all'interno dei locali stessi.

Un ricambio regolare dell'aria è necessario per asportare aria esausta e sostituirla con aria fresca.

Tradizionalmente in ambienti di tipo residenziale la ventilazione avviene in modo naturale aprendo le finestre (aerazione).

Lo svantaggio della ventilazione naturale è che questa avviene in modo discontinuo ed è influenzata da molti fattori, non facilmente controllabili. Inoltre nei mesi invernali l'apertura continuativa delle finestre porta ad una **sproporzionata perdita di energia.**

LA VENTILAZIONE DEGLI AMBIENTI

PRINCIPALI INQUINANTI INDOOR

In uno spazio confinato sono inevitabilmente presenti inquinanti di varia origine:

- FISICI: radon, fibre minerali, polveri.
- BIOLOGICI: batteri, acari, allergeni degli animali, muffe e funghi, virus, pollini.
- CHIMICI: (composti organici volatili), IPA (idrocarburi aromatici policiclici), fumo di tabacco, pesticidi, amianto.

dovuti a:

inquinamento esterno, occupanti (processi metabolici, fumo di tabacco, detersivi), macchine da ufficio (stampanti, fotocopiatrici), materiali edilizi ed arredi, impianti di condizionamento...

Lo studio degli effetti dell'inquinamento dell'aria sulla salute umana è particolarmente complesso in quanto i sintomi non sono specifici e possono essere più inquinanti responsabili dello stesso disturbo; subentrano inoltre gli effetti dovuti allo stress e al discomfort climatico. Bisogna considerare poi che gli individui possono reagire in modo diverso alle stesse condizioni.

LA VENTILAZIONE DEGLI AMBIENTI

PRINCIPALI INQUINANTI INDOOR

- A – VOC (composti organici volatili): benzene, toluene, formaldeide, composti ossigenati
- B – Gas prodotti dalla combustione
- C – Particolato aerodisperso
- D – Batteri, muffe ed altri organismi
- E – Derivati organici di animali e dell'uomo
- F – Amianto e fibre minerali
- G – Radon
- H – Fumo di sigaretta

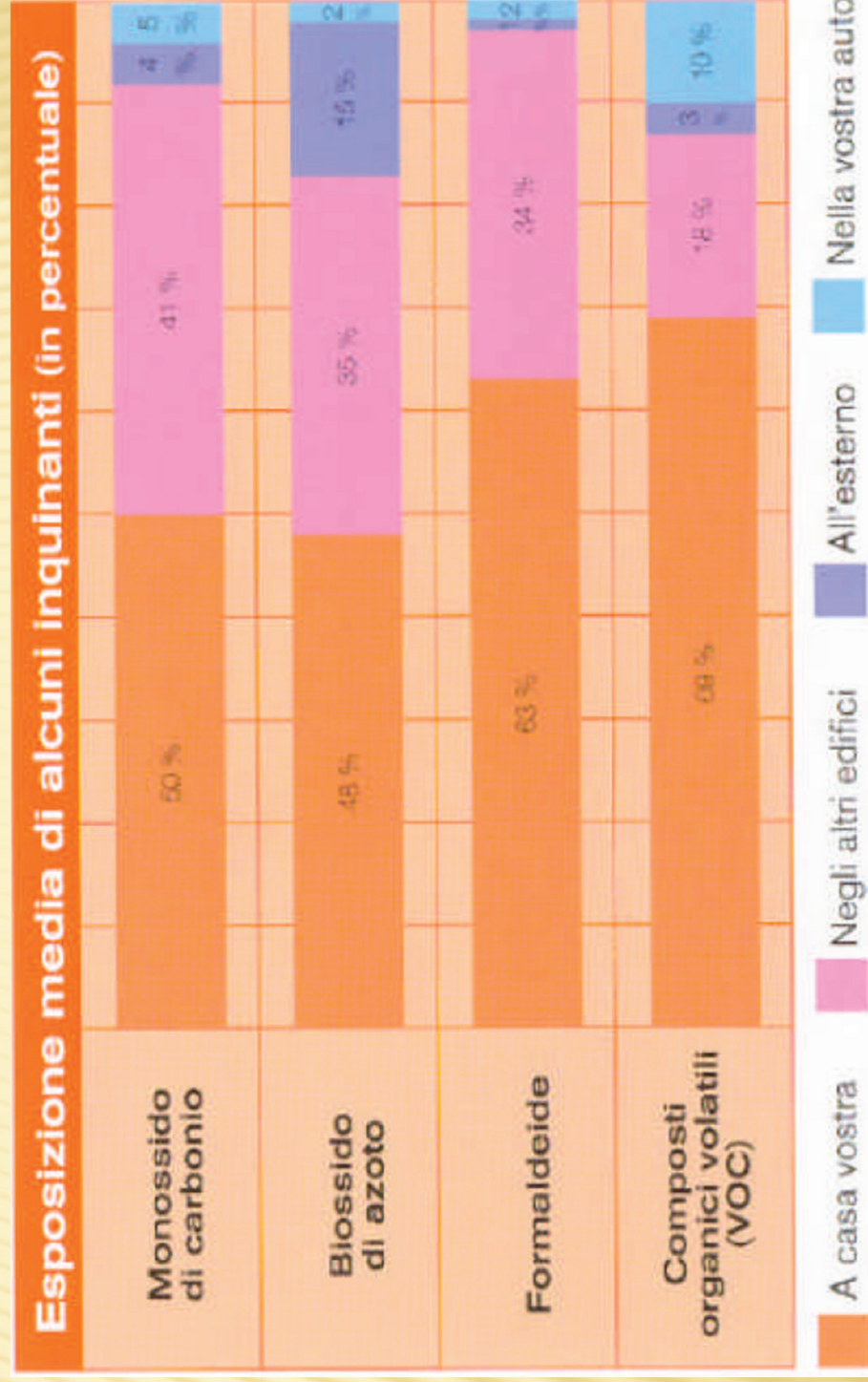
(Fonte: Ministero della salute 2001)

Inquinante	Malattia	Impatto sanitario	Costi diretti
Allergeni (acari, muffe, forfore animali)	Asma bronchiale (bambini/adolescenti)	>100.000 casi prevalenti/anno	>100 miliardi
Radon	Tumore del polmone	1.500- 6.000 decessi/anno	52-210 miliardi
Fumo di tabacco ambientale	Asma bronchiale (bambini/adolescenti) Infezioni acute delle vie aeree sup. ed inf. Tumore del polmone Infarto del miocardio	>30.000 prevalenti/anno >50.000 nuovi casi/anno >500 decessi/anno >900 decessi/anno	>30 miliardi nessa valutabile >18 miliardi >15 miliardi
Benzene	Leucemia	36.100 casi/anno	1-7 miliardi
Monossido di carbonio (CO)	Intossicazione acuta da CO	>200 decessi/anno	1 miliardo



LA VENTILAZIONE DEGLI AMBIENTI

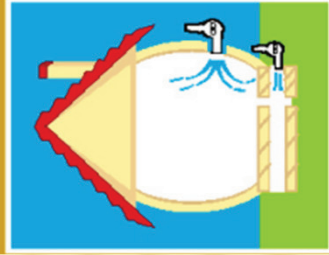
L'INQUINAMENTO INDOOR



(% suddivise in 4 differenti zone di permanenza durante la vita quotidiana)

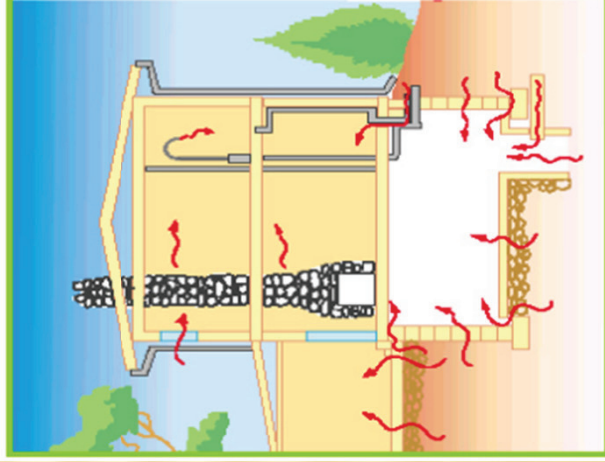
LA VENTILAZIONE DEGLI AMBIENTI

L'INQUINAMENTO INDOOR CAUSATO DAL RADON



PRESSURIZZAZIONE DEI LOCALI INTERNI O DEL VESPAIO

La ventilazione forzata, attraverso ventilatori, dei locali interni o del vespaio, permette di aumentare il ricambio dell'aria. L'immissione dell'aria, che può essere realizzata sia nei locali interni sia nel vespaio, permette di aumentare la pressione all'interno di questi ambienti, contrastando l'ingresso del radon dal sottosuolo.



I PUNTI DI INGRESSO DEL GAS

- Tra i meccanismi di ingresso del gas nella casa vi è la depressione rispetto all'aria del sottosuolo, che può essere prodotta dalla differenza di temperatura tra interno ed esterno o dall'azione del vento sulla casa. La depressione aspira il gas dal suolo attraverso le aperture dell'edificio
- La sorgente più importante di radon è di certo il suolo. Da qui il gas può penetrare nell'edificio attraverso crepe e fessure a contatto con il terreno, o attraverso le strutture realizzate per il passaggio delle tubazioni dell'acqua, dell'elettricità, degli scarichi
- All'esterno la concentrazione è più bassa, in quanto il gas si disperde velocemente in atmosfera. L'ingresso diretto del gas da porte e finestre è quindi poco importante
- I soli materiali da costruzione che contengono molto radio, come quelli di origine vulcanica, possono contribuire in misura considerevole alla presenza di radon nelle case

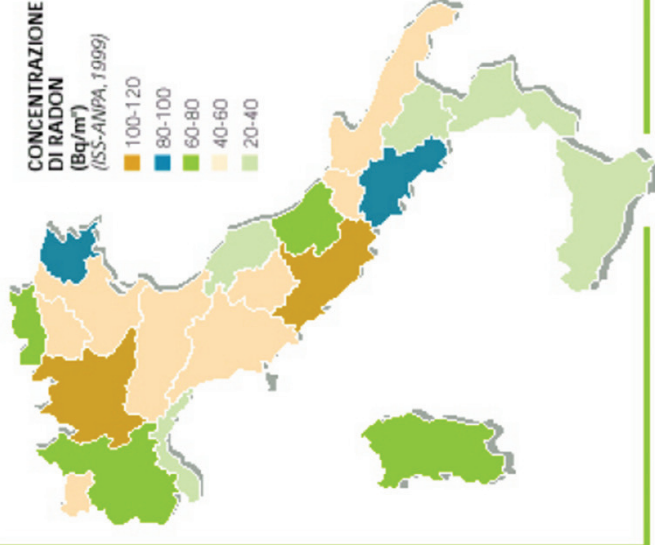
IL RADON IN ITALIA

Concentrazione di radon, in Becquerel per metro cubo, nelle diverse regioni italiane. I valori medi regionali sono stati ricavati da un'indagine nazionale condotta alla fine degli anni ottanta, che ha indicato come valore medio nazionale 70 Becquerel per metro cubo

(Fonte: ARPAV)

CONCENTRAZIONE DI RADON (Bq/m³) (IS-ANPA, 1999)

- 100-120
- 80-100
- 60-80
- 40-60
- 20-40



LA VENTILAZIONE DEGLI AMBIENTI

RADON E VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA

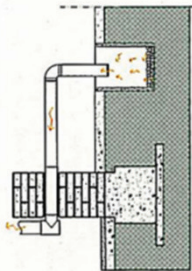


Figura 35, 36 e 37. In assenza di locali interrati o in mancanza di intercapedine sotto l'edificio è possibile posare un pozzetto interrato (o più pozzetti) realizzato con elementi prefabbricati o in muratura a nido d'ape o in plastica al quale è collegato il sistema aspirante. In pratica questo metodo consiste nello scavare una o più buche nel terreno sottostante o circostante la casa dalle quali estrarre l'aria carica di radon

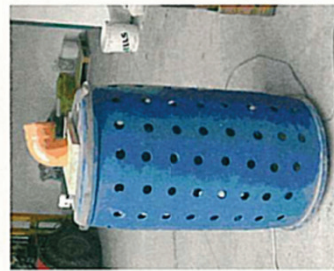


Figura 38. L'aspirazione può avvenire anche per mezzo di appositi pozzetti forati e interrati con una maggiore superficie aspirante rispetto a un pozzetto "senzafondo" in calcestruzzo o a una tubazione verticale

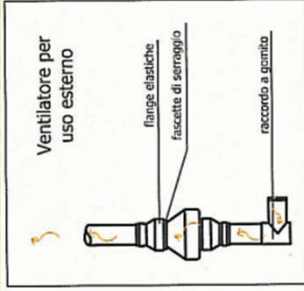


Figura 24 e figura 25. La potenza del ventilatore è variabile da 24 Watt fino anche 120 Watt, può essere di tipo assiale o centrifugo e può essere predisposto anche per impiego all'esterno o solamente per collocazioni protette dalle intemperie

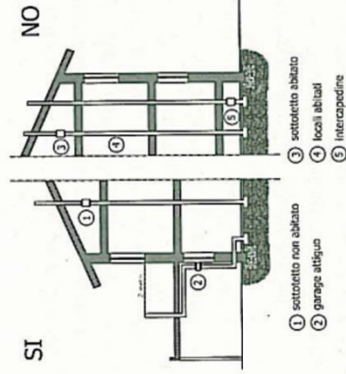


Figura 26. Se la canalizzazione di espulsione del gas transita all'interno dell'edificio è opportuno collocare l'aspiratore nel punto più alto in modo tale che le tubature siano in aspirazione per tutta la lunghezza per evitare il rischio di uscite del gas dalle connessioni. Per lo stesso motivo l'aspiratore non deve essere collocato in locali (sottotetto) abitati

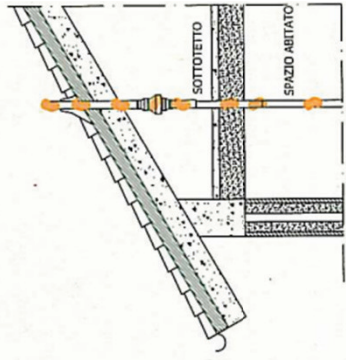


Figura 27. La posizione più opportuna del ventilatore è lo spazio sottotetto, qualora non abitato, in modo che l'intera tubazione sia in depressione. È opportuno collocare una spia di funzionamento dell'aspiratore per evitare che malfunzionamenti causino l'aumento della concentrazione del radon

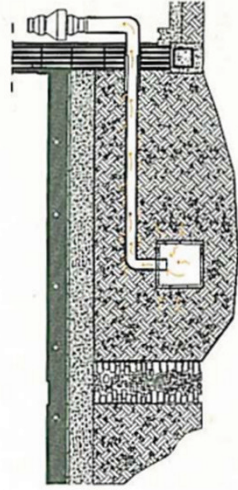
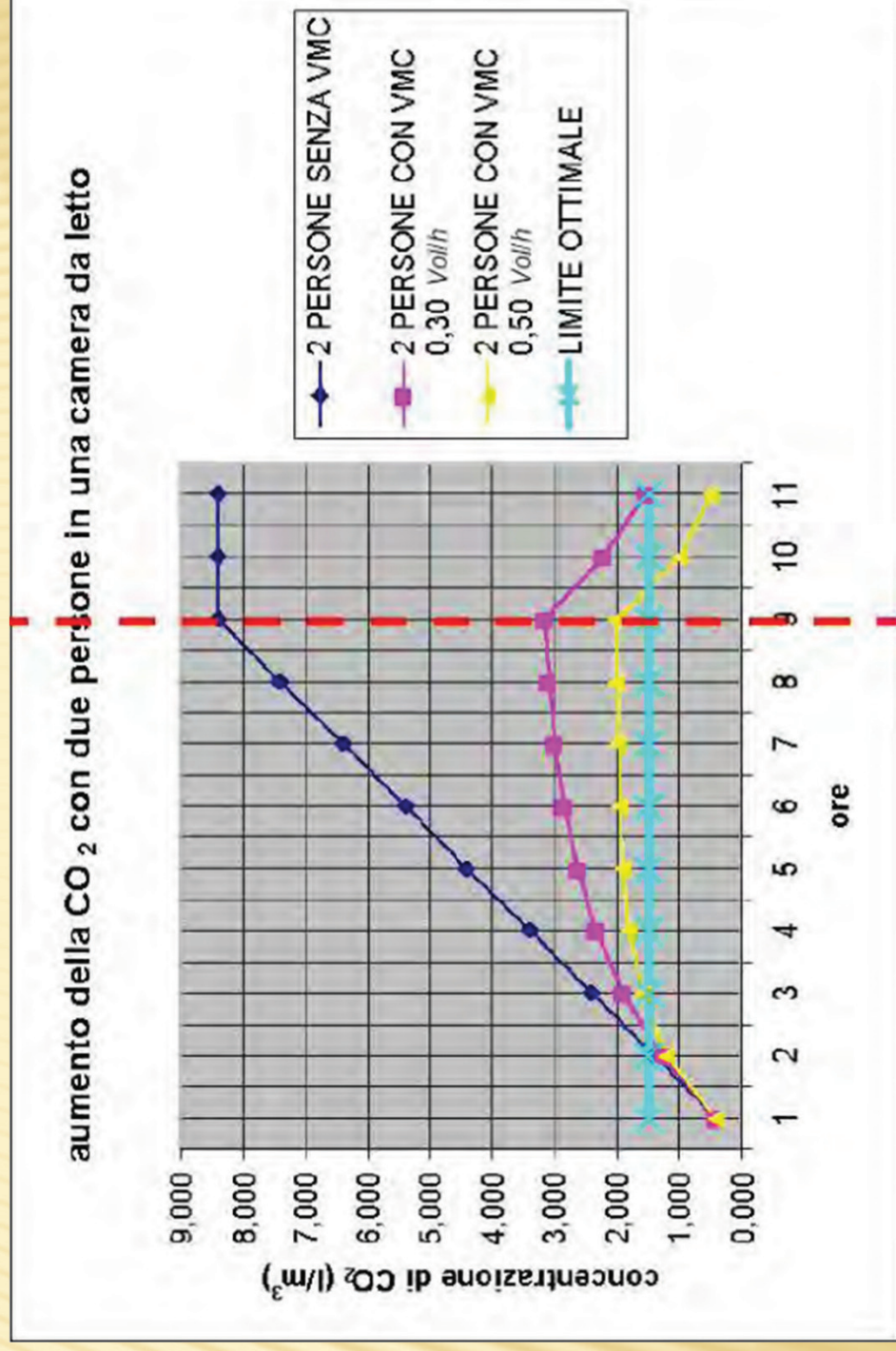


Figura 39. La posizione del pozzetto al centro dell'edificio è la più efficace perché il raggio di influenza raggiunge tutta la costruzione ma la posa in opera può produrre danni alle pavimentazioni dei locali a piano terra soprattutto per il percorso di uscita della canalizzazione di espulsione del gas

LA VENTILAZIONE DEGLI AMBIENTI

L'INQUINAMENTO INDOOR CAUSATO DA CO₂



LA VENTILAZIONE DEGLI AMBIENTI

IL FABBISOGNO DI ARIA FRESCA

Fabbisogno (massimo) di aria fresca:

Persona in quiete:
CO₂ prodotta: 10-13 litri/ora
Apporto d'aria necessario: 17-21 m³/ora

Persona in lettura o a guardare la televisione:
CO₂ prodotta: 12-16 litri/ora
Apporto d'aria necessario: 20-26 m³/ora

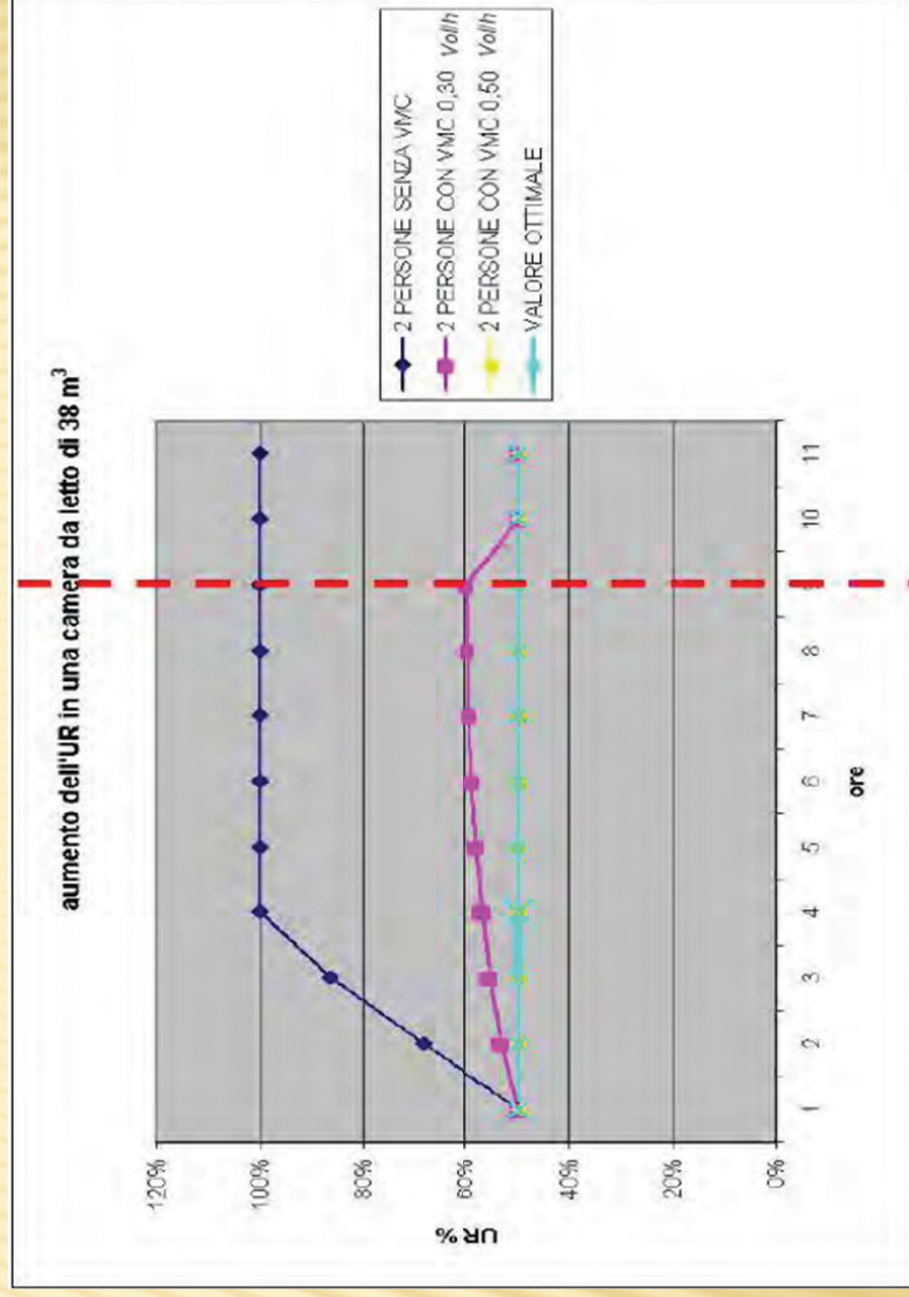
Persona al lavoro in ufficio:
CO₂ prodotta: 19-26 litri/ora
Apporto d'aria necessario: 32-42 m³/ora

Casalunga al lavoro:
CO₂ prodotta: 32-43 litri/ora
Apporto d'aria necessario: 55-72 m³/ora

Artigiano al lavoro:
CO₂ prodotta: 55-75 litri/ora
Apporto d'aria necessario: 90-130 m³/ora

LA VENTILAZIONE DEGLI AMBIENTI

L'INQUINAMENTO INDOOR CAUSATO DA UMIDITA'



LA VENTILAZIONE DEGLI AMBIENTI

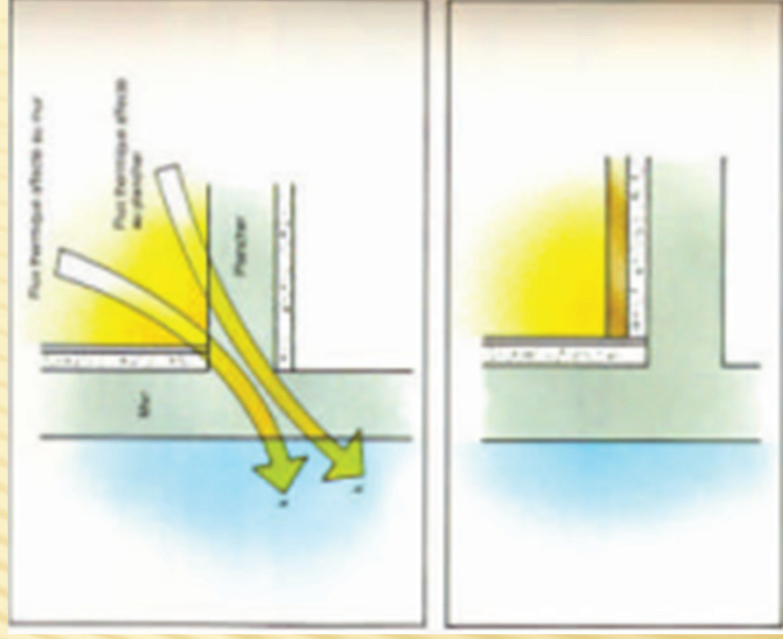
FONTI DI UMIDITA' IN UNA CASA

Fonti di umidità in una casa	
Produzione di umidità per persona	1-1,5 l al giorno
Asciugare i panni	1-1,5 l al giorno
Cucinare	0,5-1 l al giorno
Bagno nella vasca	1 l per bagno
Farsi la doccia	1,5 l per doccia
Lavatrice	0,2-0,3 l per lavatrice
Lavastoviglie	0,2 l per lavaggio
Piante	0,5 - 1 l al giorno

LA VENTILAZIONE DEGLI AMBIENTI

EFFETTI DELLA CONDENSAZIONE SUPERFICIALE

In presenza di ponti termici una non corretta ventilazione favorisce la formazione di muffe



LA VENTILAZIONE DEGLI AMBIENTI

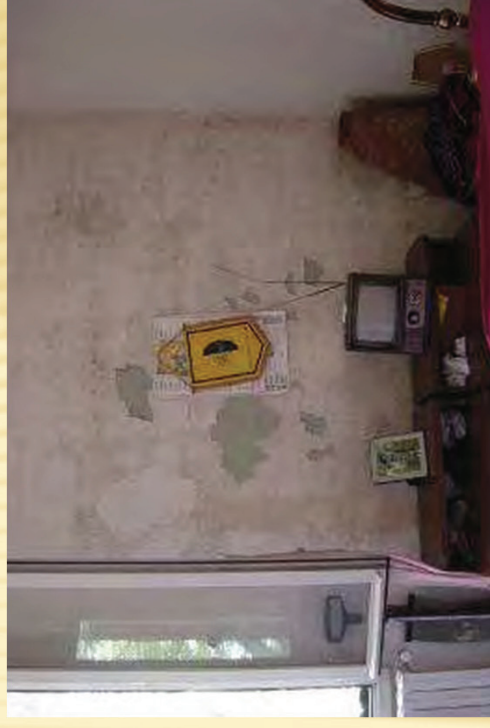
LE PATOLOGIE DA CONDENSA PERMANENTE

Conseguenze delle muffe:

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

Le spore delle muffe provocano due tipi di allergie:

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



LA VENTILAZIONE DEGLI AMBIENTI

LE PATOLOGIE DA CONDENSA PERMANENTE

Come si formano le muffe

Le condizioni:

- presenza d'ossigeno sufficiente;
- 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.

E' allora 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.

Due ragioni 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.



LA VENTILAZIONE DEGLI AMBIENTI

LE PATOLOGIE DA CONDENSA PERMANENTE

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 m³ (ad esempio 4 x 5 x 2,7 m³), 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/m³.

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.

LA VENTILAZIONE DEGLI AMBIENTI

LE PATOLOGIE DA CONDENSA PERMANENTE

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

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

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: $W = 55 \times 2 / 54 = 2,03 \text{ g/m}^3 \cdot \text{h}$;

X_i = 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 $X_i = 10 \text{ g/m}^3$;

X_e = 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 $X_e = 2,4 \text{ g/m}^3$.

LA VENTILAZIONE DEGLI AMBIENTI

LE PATOLOGIE DA CONDENSA PERMANENTE

Applicando la (1) abbiamo:

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

pari a circa 14 - 15 m³/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 prudente 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/m³ h;

Xi - Xe = 9 g/m³.

Per cui:

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

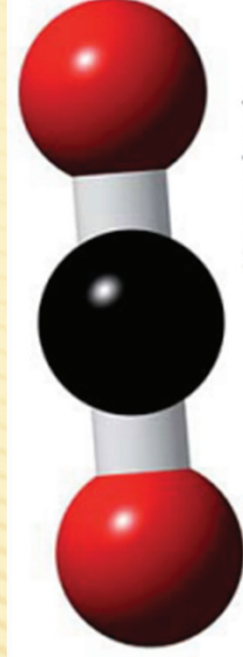
valore vicino a quello deducibile dalle normative in vigore in Italia (0,5 ricambi/ora).

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.

LA VENTILAZIONE DEGLI AMBIENTI

LE PATOLOGIE DA CONDENSA PERMANENTE



Una molecola di CO₂

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

Un ambiente è considerato salubre quando la concentrazione d'anidride carbonica (CO₂) non supera 1,5 l/m³.

Nell'ambiente precedentemente preso in esame, due persone in otto ore (occupazione media di una camera da letto) producono 352 l di CO₂ pari a 6 - 7 l/m³, vale a dire circa quattro volte il valore ritenuto accettabile di 1,5 l/m³.

Tenuto conto che l'aria esterna contiene mediamente 0,4 l/m³ di CO₂ per mantenere le condizioni ideali occorrono 20 m³/h di aria esterna per persona.

Infatti, applicando la formula (1) e sostituendo alle quantità di vapore le corrispondenti quantità di CO₂, abbiamo:

Wc = 22 l/h di CO₂ per persona;

Xic = 1,5 l/m³ di CO₂ contenuto nell'aria interna (valore ottimale per l'igiene);

Xec = 0,4 l/m³ di CO₂ 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.

LA VENTILAZIONE DEGLI AMBIENTI

LE PATOLOGIE DA CONDENSA PERMANENTE

La quantità d'umidità prodotta negli alloggi, che abbiamo indicato con la lettera W , varia da valori inferiori a $2\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$ fino a valori superiori a $8\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$ 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 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 g/h di acqua;

la pulizia personale comporta la cessione di circa 200 g/h per persona; la cottura dei cibi (si ricordi che la sola combustione di 1 m^3 di gas libera oltre 800 grammi di vapore acqueo) comporta circa 500 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).

E' evidente come:

- le abitudini moderne dell'abitare (alloggi di dimensioni più moderne che nel passato, non solo in termini di superfici nette, ma

LA VENTILAZIONE DEGLI AMBIENTI

LE PATOLOGIE DA CONDENSA PERMANENTE

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 de-siderano 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 $4 \text{ g/m}^3 \text{ h}^*$ a cui corrisponde applicando ancora una volta la (1) un ricambio orario minimo di:

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

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 facilità 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 facilità 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).

LA VENTILAZIONE DEGLI AMBIENTI

PROGETTAZIONE PER EVITARE LA CRESCITA DI MUFFE

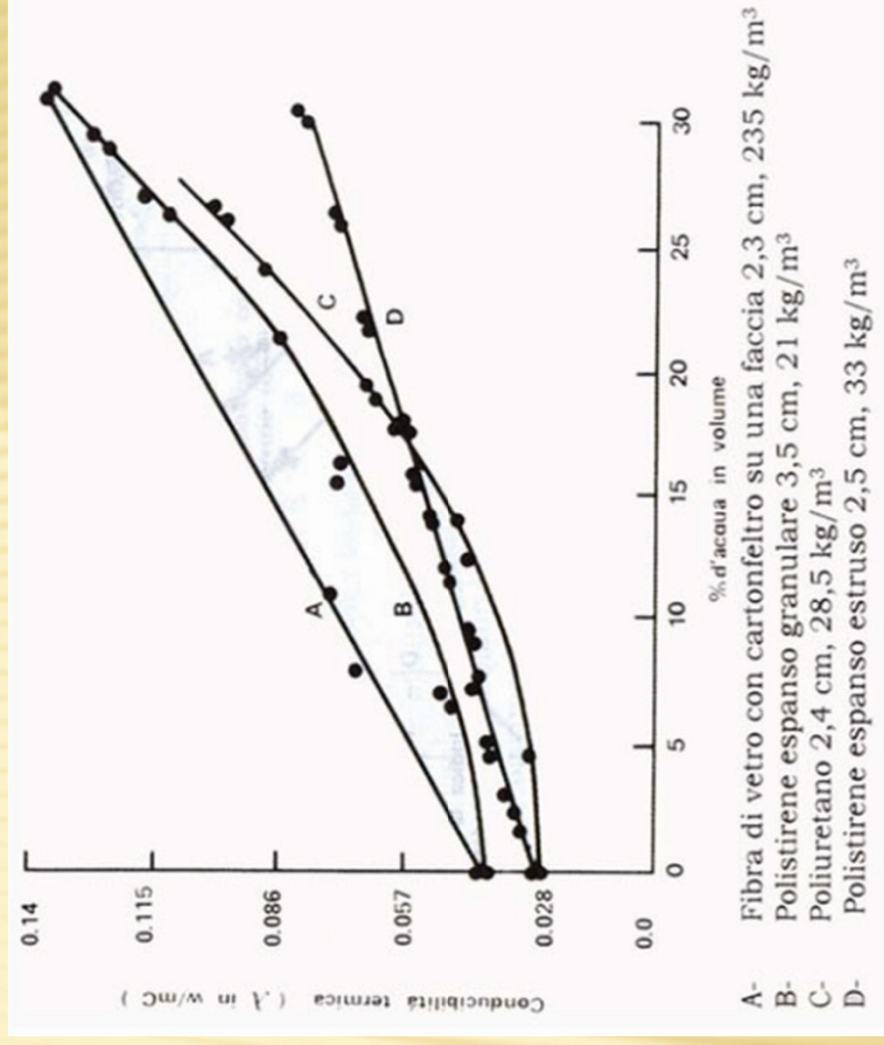
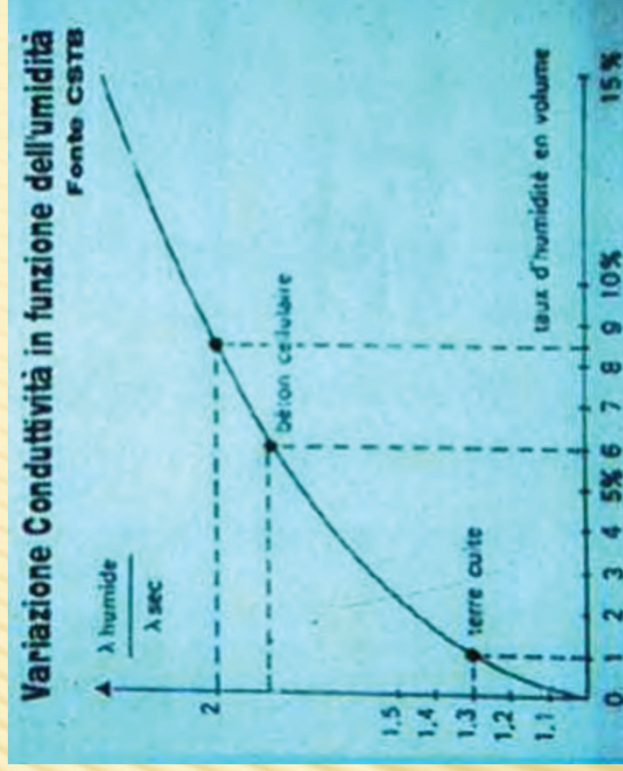
Per evitare la crescita di muffe, l'umidità relativa in corrispondenza delle superfici non deve essere maggiore di 0,8 per periodo di tempo di diversi giorni.

I passi principali nella procedura di progettazione sono rappresentati dal calcolo dell'umidità relativa dell'aria interna, e quindi dal calcolo del valore accettabile dell'umidità volumica di saturazione V_{sat} , della pressione del vapore di saturazione p_{sat} sulla superficie sulla base dell'umidità relativa superficiale richiesta.

Da questo valore si determina la temperatura minima superficiale e quindi la "qualità termica" dell'involucro edilizio richiesta (espressa come f_{Rsi} per una data temperatura interna)

LA VENTILAZIONE DEGLI AMBIENTI

EFFETTO DELL'UMIDITA' ASSORBITA SULLA CONDUCIBILITA' TERMICA DEI MATERIALI



LA VENTILAZIONE DEGLI AMBIENTI

METODI DI CALCOLO PER IL CONTROLLO DEI FENOMI DI CONDENSAZIONE

(metodologie proposte dalla UNI EN ISO 13788)

1. Calcolo del rischio di condensazione superficiale partendo da valori standard di temperatura e umidità relativa (Digs 311: UR=65%, $T_i=20^\circ$)
2. Valutazione del rischio di formazione di condensa a partire dalla classe di concentrazione di vapore degli ambienti interni
3. Valutazione del rischio di formazione di condensa a partire dal tasso di ventilazione, nota la produzione di vapore

METODO 1 : garantisce il rispetto della legge, non garantisce l'assenza di fenomeni di condensa

VERIFICARE LE STRUTTURE SEMPRE CON I 3 METODI DELLA UNI EN ISO 13788

AREAZIONE NATURALE E VENTILAZIONE NATURALE E FORZATA

DIFFERENZE

Dal punto di vista del controllo dei consumi energetici è essenziale aver presente come **“l’aerazione”**, cioè il ricambio dell’aria mediante l’apertura dei serramenti, è un’operazione energivora, dipendente dal comportamento dell’utente e mediante la quale non è possibile controllare le portate di ricambio dell’aria. Inoltre, con l’aerazione (operazione discontinua) non è possibile assicurare sempre un’idonea qualità dell’aria negli ambienti interni.

La **ventilazione**, invece, presuppone il dimensionamento di un sistema, grazie al quale si possa operare un **“controllo”**. Nel caso dei sistemi naturali si possono “stimare” i tassi di ventilazione mediante il calcolo in funzione delle condizioni climatiche al contorno (comunque variabili).

Come eseguire i calcoli ce lo dicono le norme di supporto alla EPBD (“Energy Performance of Buildings Directive”, di seguito elencate).

AREAZIONE NATURALE E VENTILAZIONE NATURALE E FORZATA

EURONORME

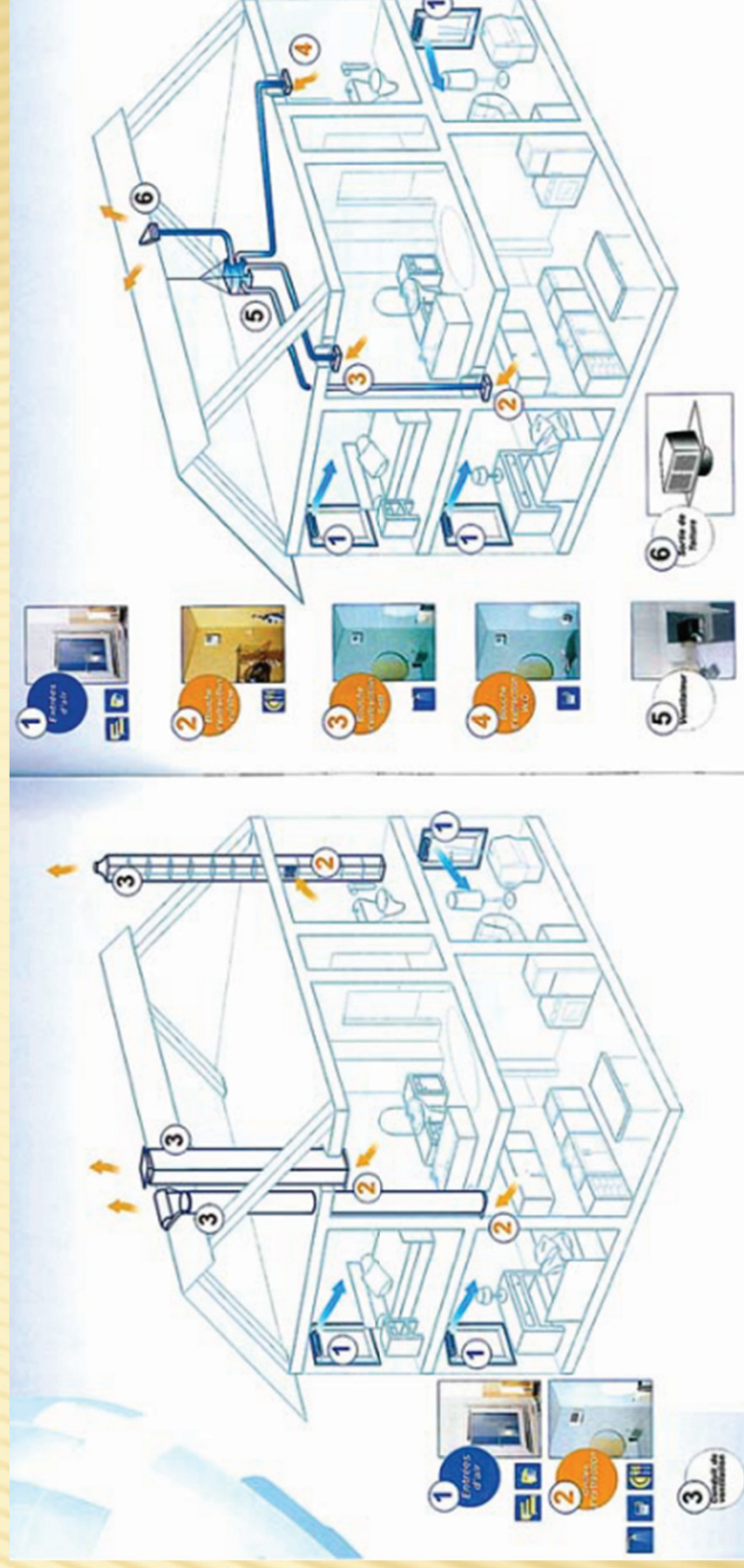


EURONORME SULLA VENTILAZIONE DEGLI EDIFICI IN AMBITO EPDB

UNI EN 13779:2008	Ventilazione degli edifici non residenziali – Requisiti di prestazione per i sistemi di ventilazione e di climatizzazione
UNI EN 15239:2008	Ventilazione degli edifici – Prestazione energetica degli edifici – Linee guida per l'ispezione dei sistemi di ventilazione
UNI EN 15240:2008	Ventilazione negli edifici - Prestazioni energetiche degli edifici - Linee guida per l'ispezione degli impianti di climatizzazione.
UNI EN 15241:2008	Ventilazione degli edifici - Metodi di calcolo delle perdite di energia dovute alla ventilazione e alle infiltrazioni in edifici commerciali.
UNI EN 15242:2008	Ventilazione degli edifici - Metodi di calcolo per la determinazione delle portate d'aria negli edifici, comprese le infiltrazioni.
UNI EN 15243:2007	Ventilazione per gli edifici - Calcolo delle temperature dei locali, del carico termico e dell'energia per edifici dotati di impianto di climatizzazione.
UNI EN 15251:2008	Criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per le valutazioni della prestazione energetica degli edifici, in relazione alla qualità
UNI EN 13779:2008	Ventilazione degli edifici non residenziali. Requisiti di prestazione per i sistemi di ventilazione e di climatizzazione.

VENTILAZIONE NATURALE E FORZATA

DIFFERENZE

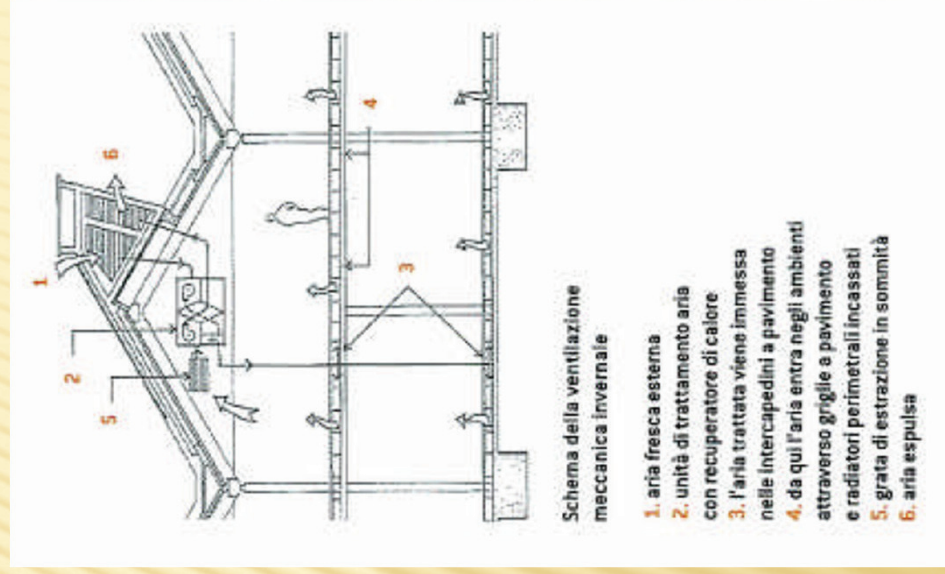


VENTILAZIONE NATURALE

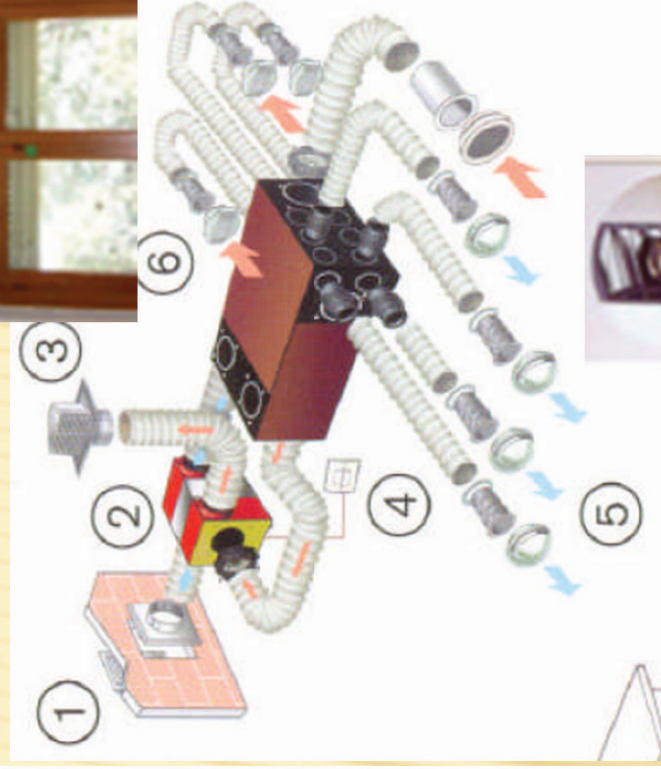
VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA

LA VENTILAZIONE FORZATA

COMPONENTI



INGRESSI
DELL'ARIA



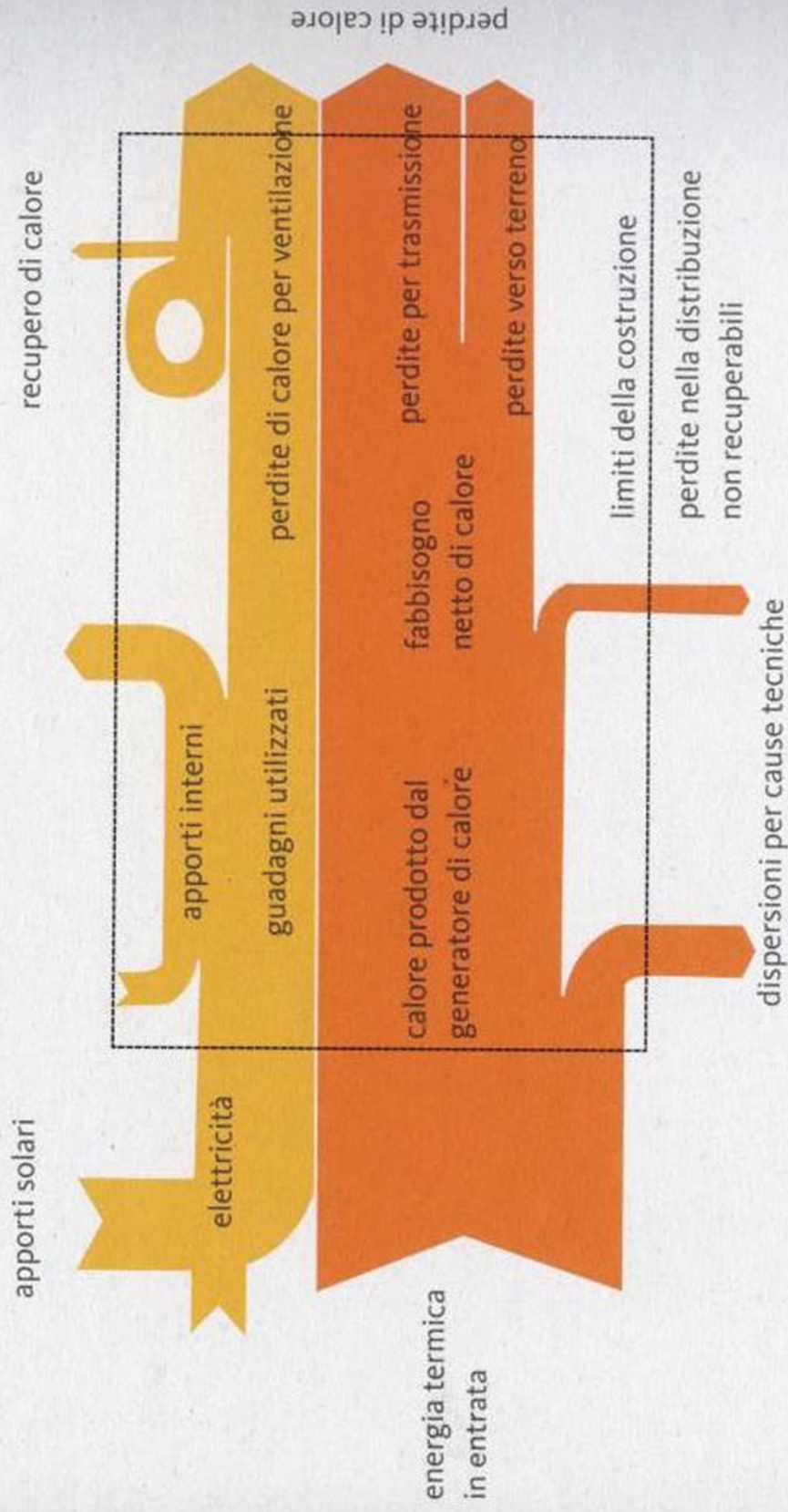
VENTILATORE

BOCCHETTE DI IMMISSIONE
ED ESTRAZIONE

ENERGIA PER VENTILAZIONE

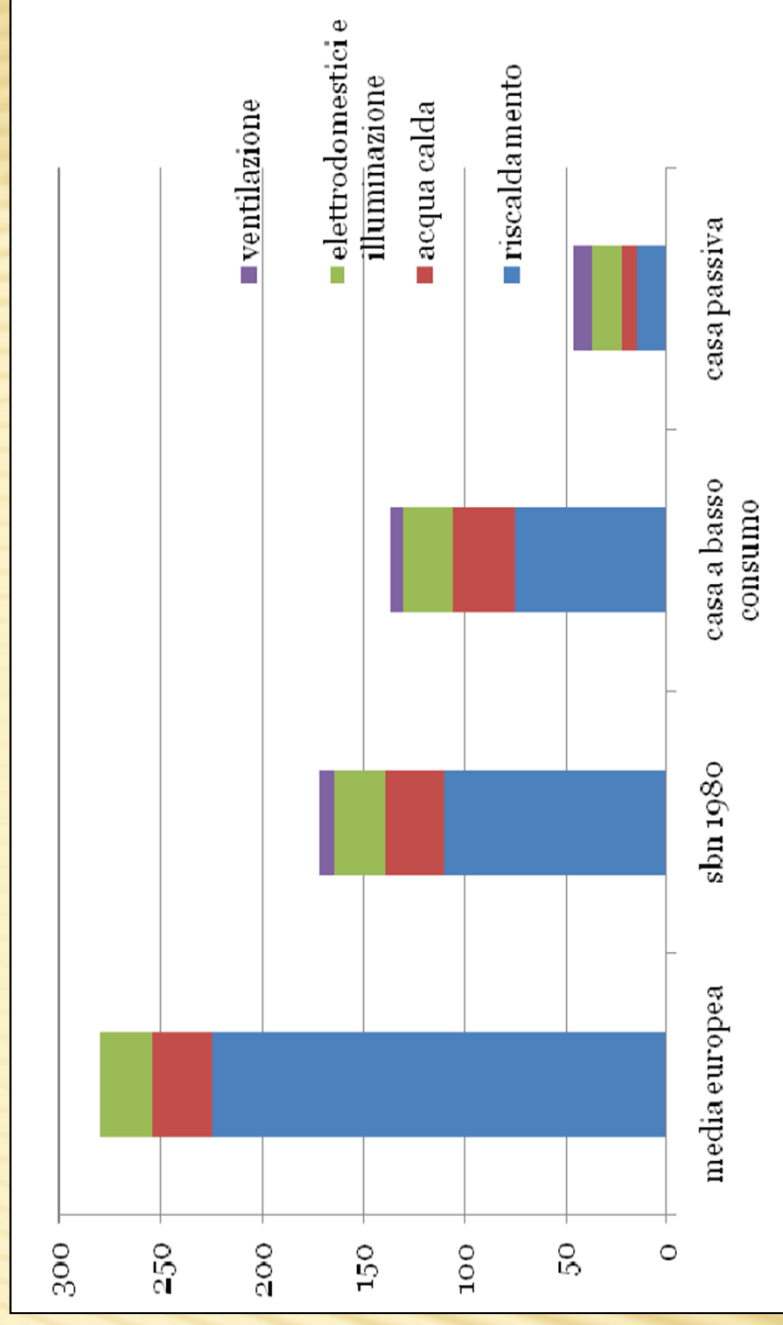
Il risparmio energetico ottenibile mediante la ventilazione controllata

Le perdite di ventilazione sono rappresentate nel diagramma dei flussi energetici dell'unità edificio:



ENERGIA PER VENTILAZIONE

COMPARAZIONE DEI CONSUMI ENERGETICI



Il contributo negativo della ventilazione nel bilancio energetico della casa è minore, mentre all'aumentare del volume di aria immessa dall'esterno, aumenta il consumo di energia necessario a mantenere la temperatura degli ambienti.

ENERGIA PER VENTILAZIONE

CONFRONTO TRA SISTEMI – CASO REALE

Gli esempi riportati nelle diapositive successive riguardano alcune stime relative ai consumi di Energia Primaria per il riscaldamento, l'illuminazione, la ventilazione e la produzione di acqua calda sanitaria.

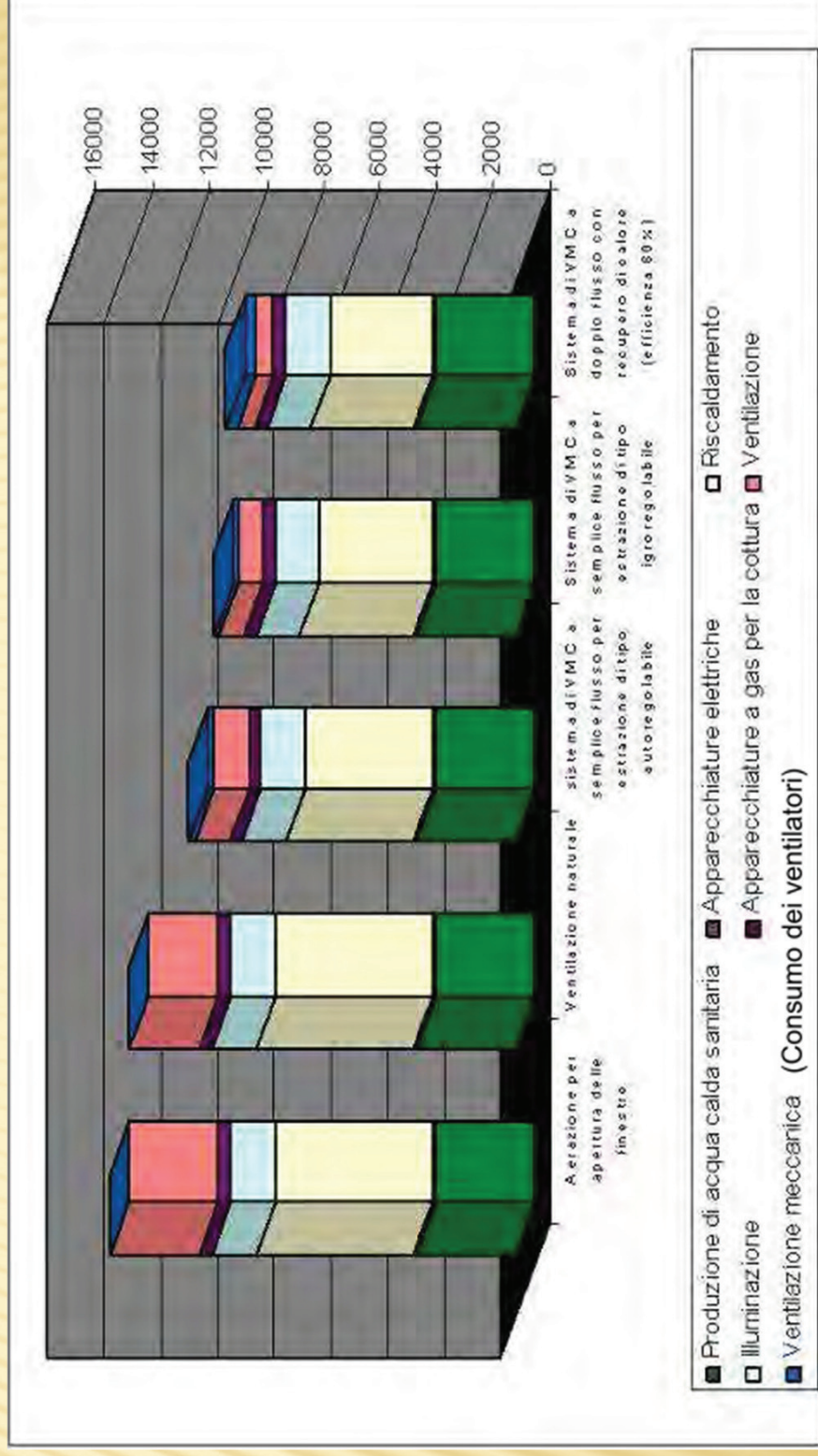
Alloggio (situazione condominiale) di 60 m², dotato di riscaldamento a gas autonomo e sito nella zona climatica di Milano.

Casi studio relativi a:

- aerazione per apertura delle finestra
- ventilazione naturale
- ventilazione meccanica controllata a semplice flusso autoregolabile
- ventilazione meccanica controllata a semplice flusso igroregolabile
- ventilazione meccanica controllata a doppio flusso con recupero di calore

ENERGIA PER VENTILAZIONE

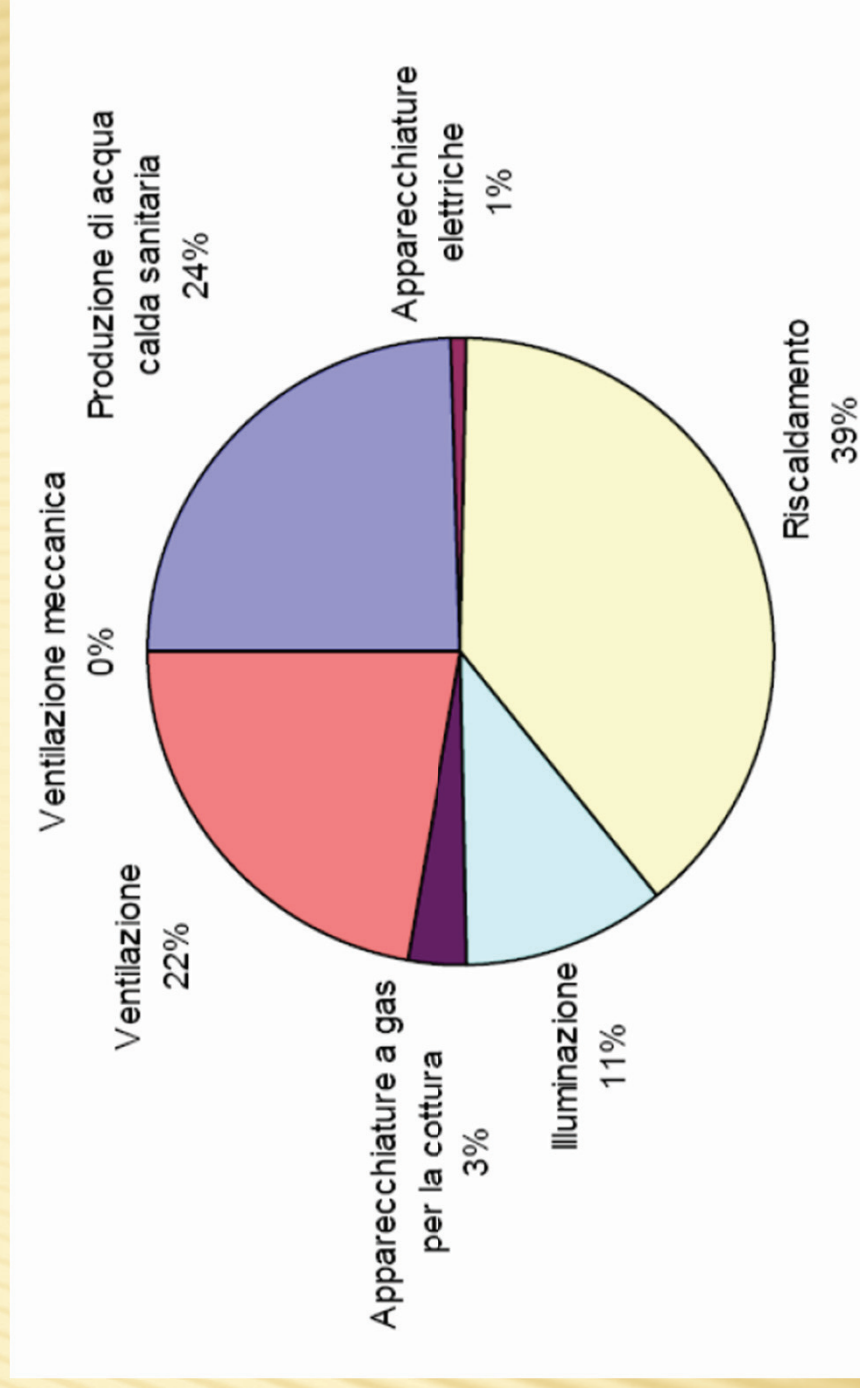
VISUALIZZAZIONE DEI CONSUMI PER UN'ABITAZIONE CHE PASSA DA 140 A 100 KWH/M2 ANNO CON L'APPLICAZIONE DI DIVERSI SISTEMI VMC



Consumi energetici riferiti all'alloggio tipo espressi in Kwh di EP annua

ENERGIA PER VENTILAZIONE

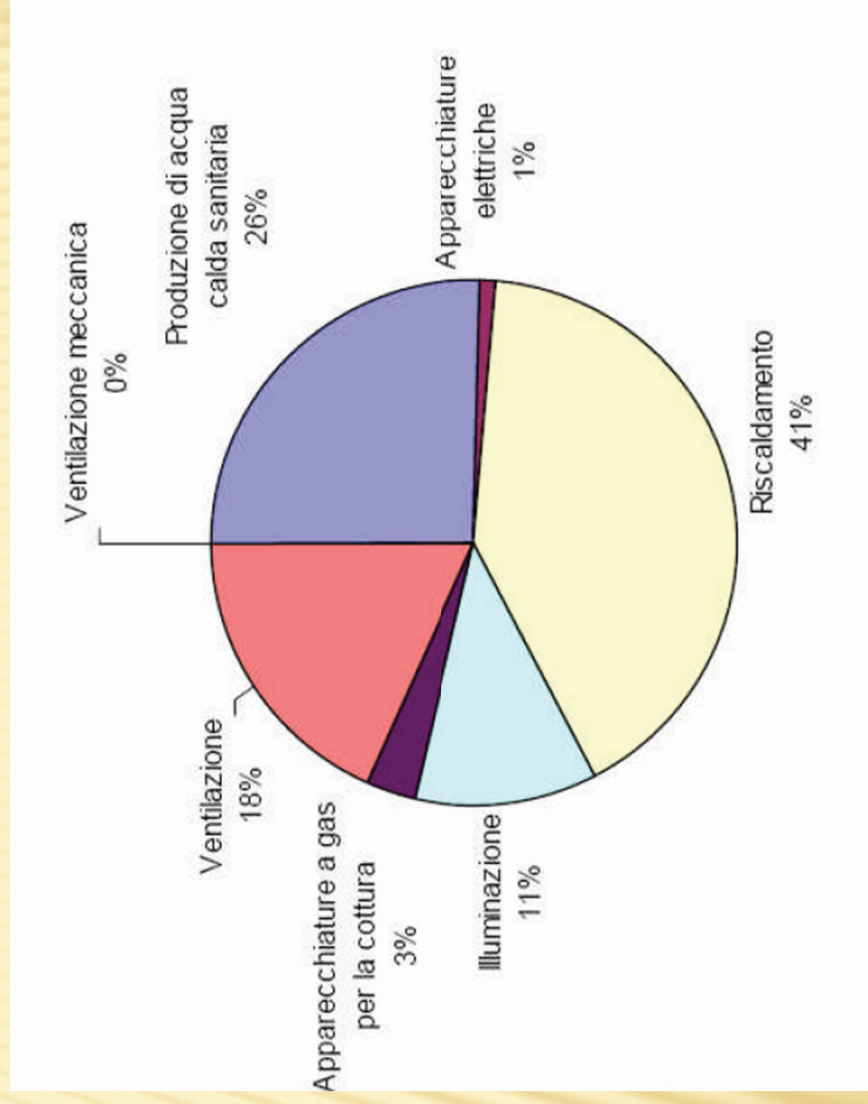
APERTURA FINESTRE



Le portate d'aria sono state stimate pari a **1,5 vol/h**

ENERGIA PER VENTILAZIONE

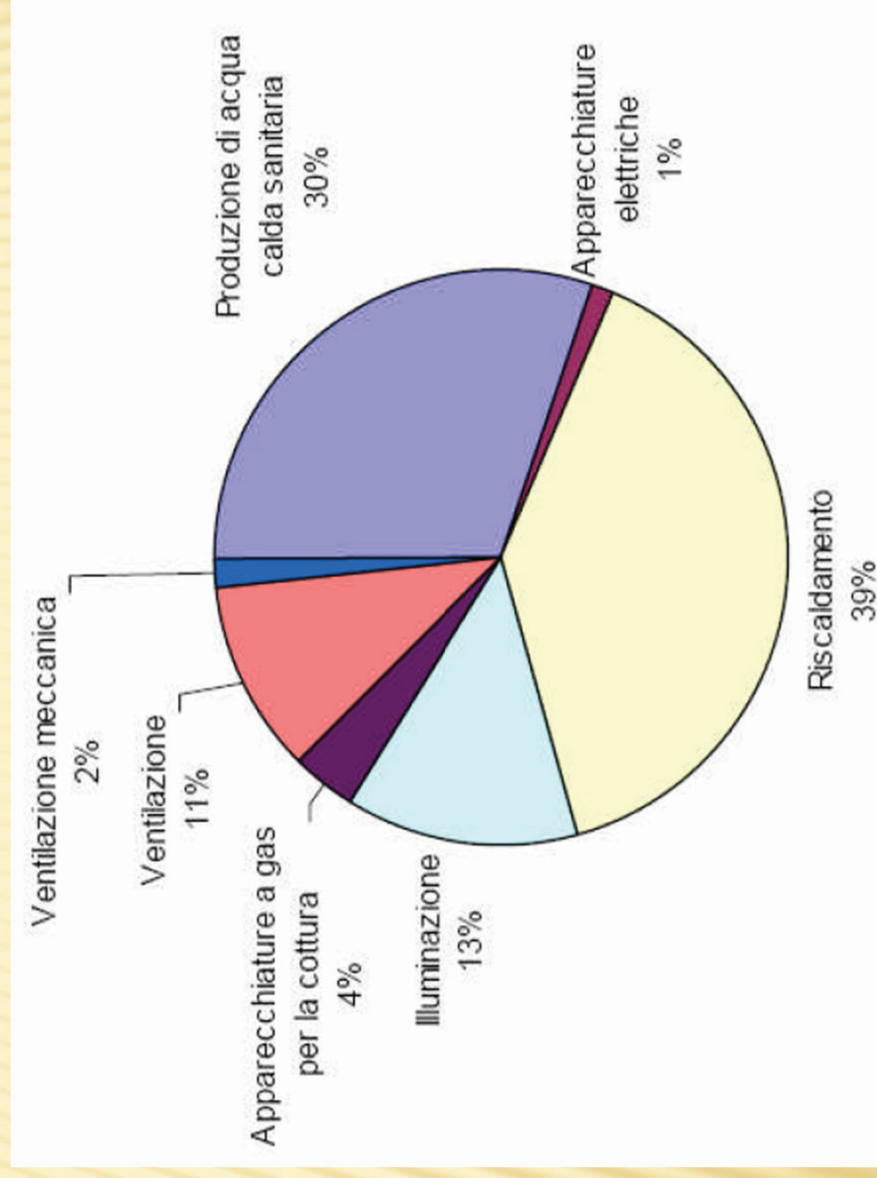
VENTILAZIONE NATURALE



Le portate d'aria "equivalenti" sono state stimate pari a **1,18 vol/h**

ENERGIA PER VENTILAZIONE

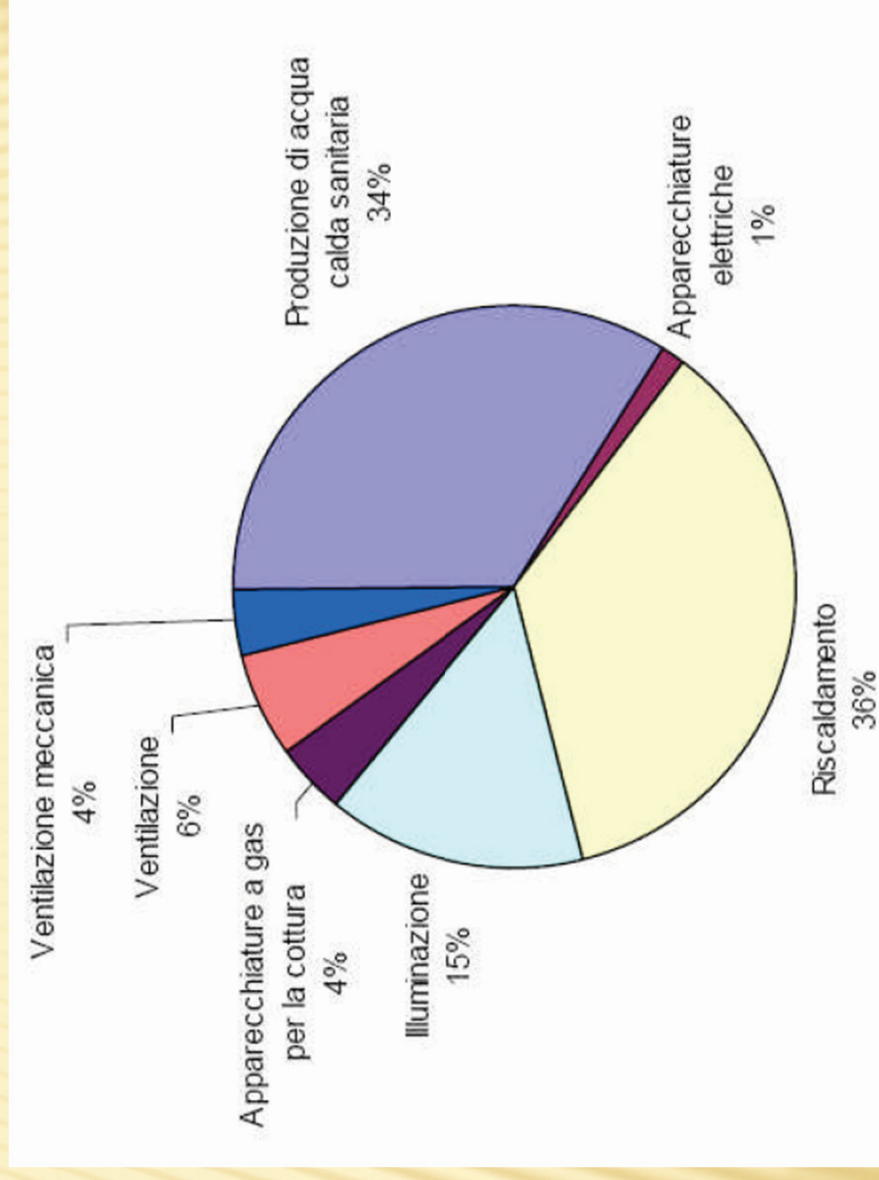
SISTEMA A SEMPLICE FLUSSO (ESTRAZIONE)



Le portate d'aria "equivalenti" sono state stimate pari a **0,59 vol/h**

ENERGIA PER VENTILAZIONE

SISTEMA A DOPPIO FLUSSO CON RECUPERO (efficienza 60%)

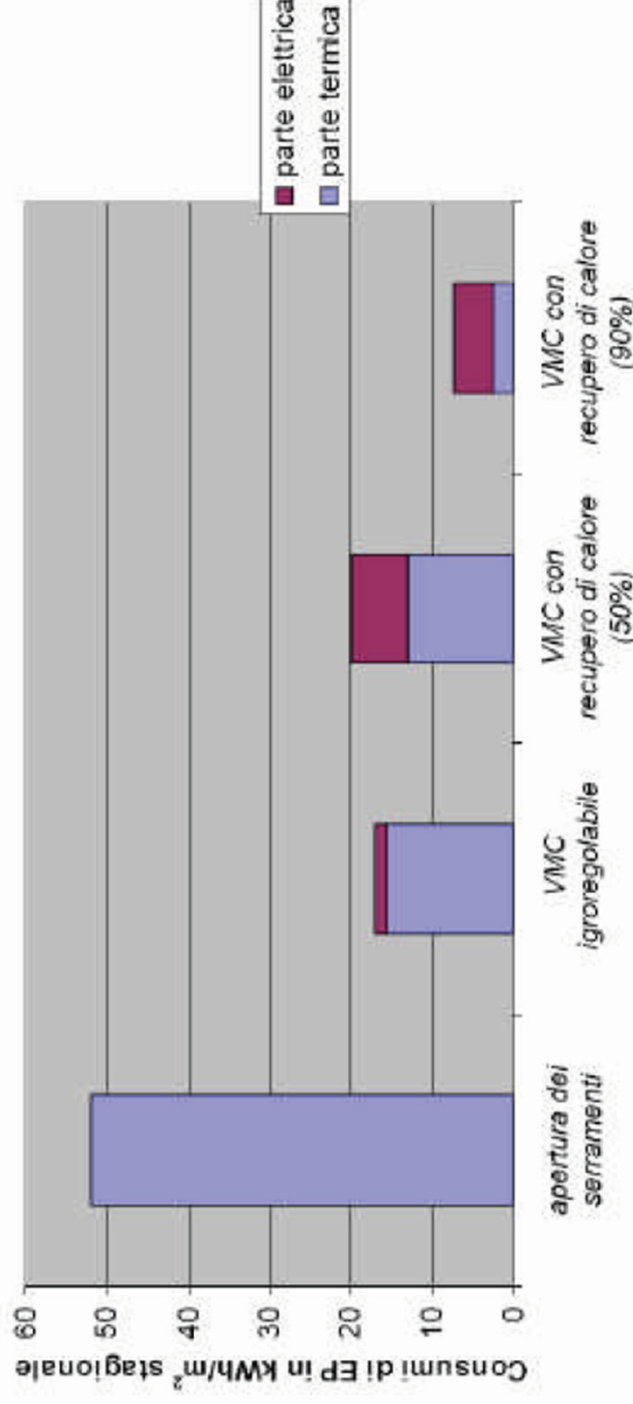


Le portate d'aria "equivalenti" sono state stimate pari a **0,29 vol/h**

ENERGIA PER VENTILAZIONE

CONSUMI STAGIONALI TERMICI ED ELETTRICI

Valutazione dei consumi di Energia Primaria per la ventilazione residenziale. Dati espressi in kWh/m² stagionale - MILANO 2404 GG



Portate di ricambio dell'aria. Nei sistemi meccanici a doppio flusso il valore della portata è da intendersi "equivalente" perchè tiene conto dell'efficienza del recuperatore indicato in legenda.

Caso di edilizia residenziale con volume di circa 250 m³

ENERGIA PER VENTILAZIONE

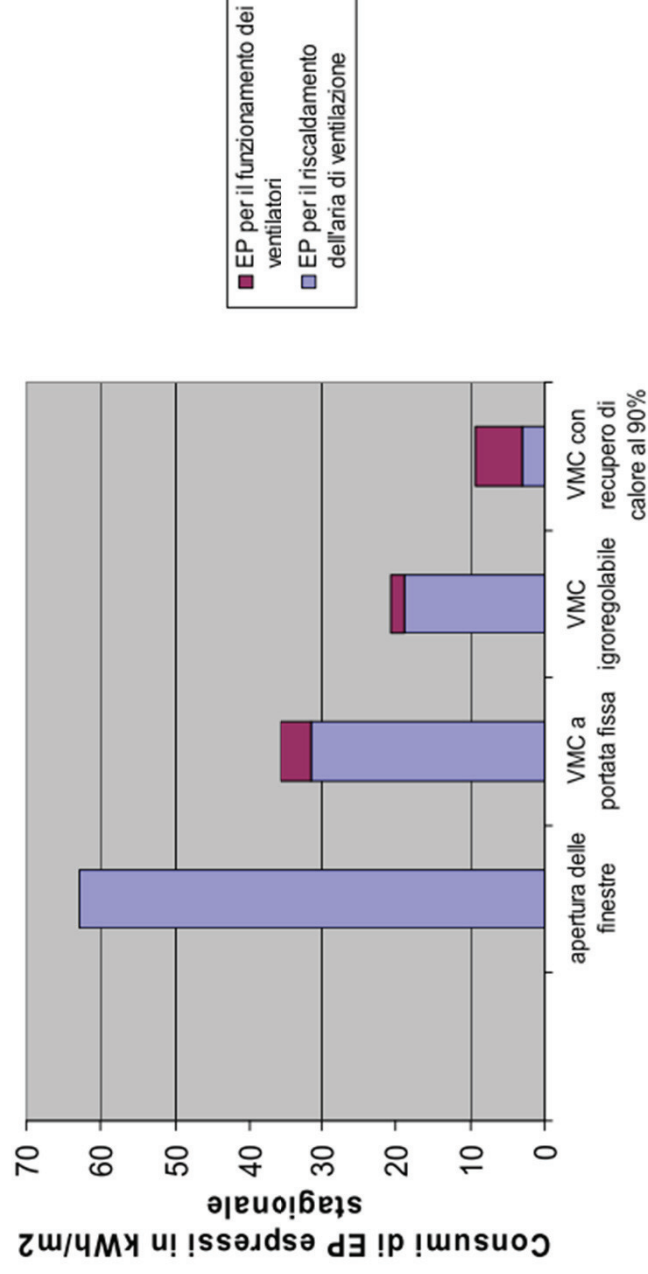
CONSUMI STAGIONALI TERMICI ED ELETTRICI

consumi energetici per ventilazione		MILANO	
(vol/h)	E_V kWh/m ² stagionale per ventilazione	E_V kWh/m ² stagionale per consumo dei ventilatori	totale
n			
1 vol/h	60	0	60
0,6 vol/h	34,62	0	34,62
0,5 vol/h	28,84	3,29	32,13
0,3 vol/h	17,3	4,68	21,98
0,3 vol/h **	17,3	1,51	18,81
0,25 vol/h (50%)	14,24	6,8	21,04
0,2 vol/h (75%)	11,54	6,8	18,34
0,1 vol/h (80%)	5,8	6,8	12,6
0,1 vol/h (80%)**	5,8	4,75	10,55

ENERGIA PER VENTILAZIONE

CONSUMI STAGIONALI TERMICI ED ELETTRICI

Consumi di Energia Primaria (EP) in kWh/m² stagionale per la SOLA ventilazione a Perugia (altezza ambienti: 2,70 m)



Tipologie di impianto

TECNOLOGIE PER LA VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA

VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA - VMC - ASPETTI TECNOLOGICI

L'insieme di alcune particolari tecnologie impiantistiche impiegate per le operazioni di ricambio dell'aria negli ambienti civili

-In combinazione con altre apparecchiature (p.es pannelli radianti o ventilconvettori) **possono offrire soluzioni per la climatizzazione**, con raffrescamento estivo e controllo dell'umidità.

-Risultano particolarmente **utili per risolvere problemi relativi allo sviluppo dei condotti d'aria** in presenza di scarsi spazi tecnici, per la facilità di posa in opera e per le dimensioni contenute dei componenti.

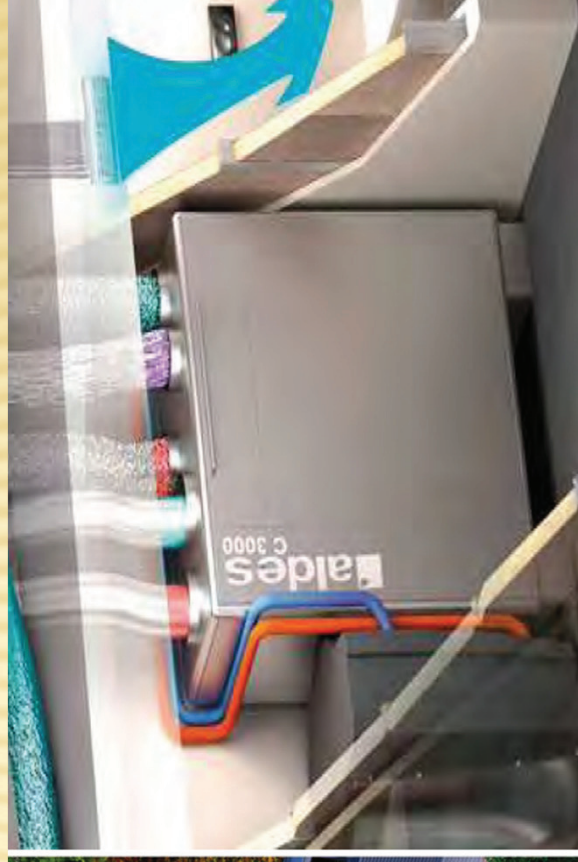
- **Sistemi a semplice flusso (portata fissa o variabile)**
- **Sistemi a doppio flusso con recupero di calore**

TECNOLOGIE PER LA VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO DELLA VMC

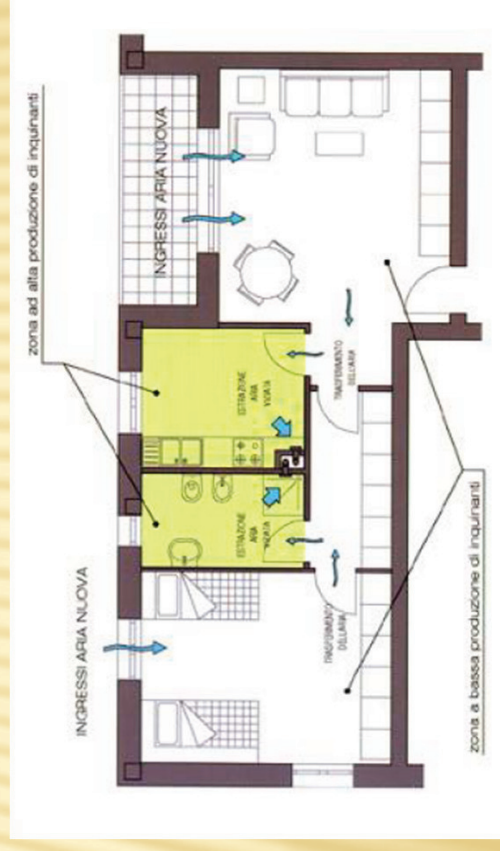
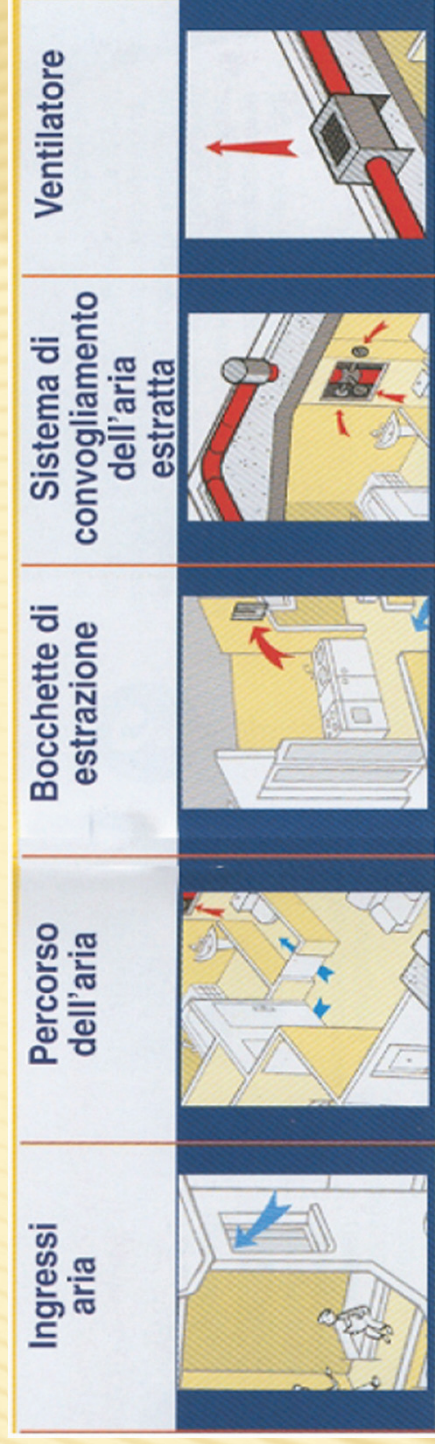
Immissione di aria di rinnovo in specifici ambienti in cui l'uomo svolge prevalentemente attività come soggiornare e dormire e gli inquinanti prodotti sono sostanzialmente CO₂ e vapore acqueo in concentrazioni standard.

Estrazione dai locali in cui le attività svolte dall'utente (cucinare, lavarsi, lavare i panni) comportano una maggiore produzione di vapore acqueo, CO₂, odori (cucine e bagni).



TECNOLOGIE PER LA VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO DELLA VMC

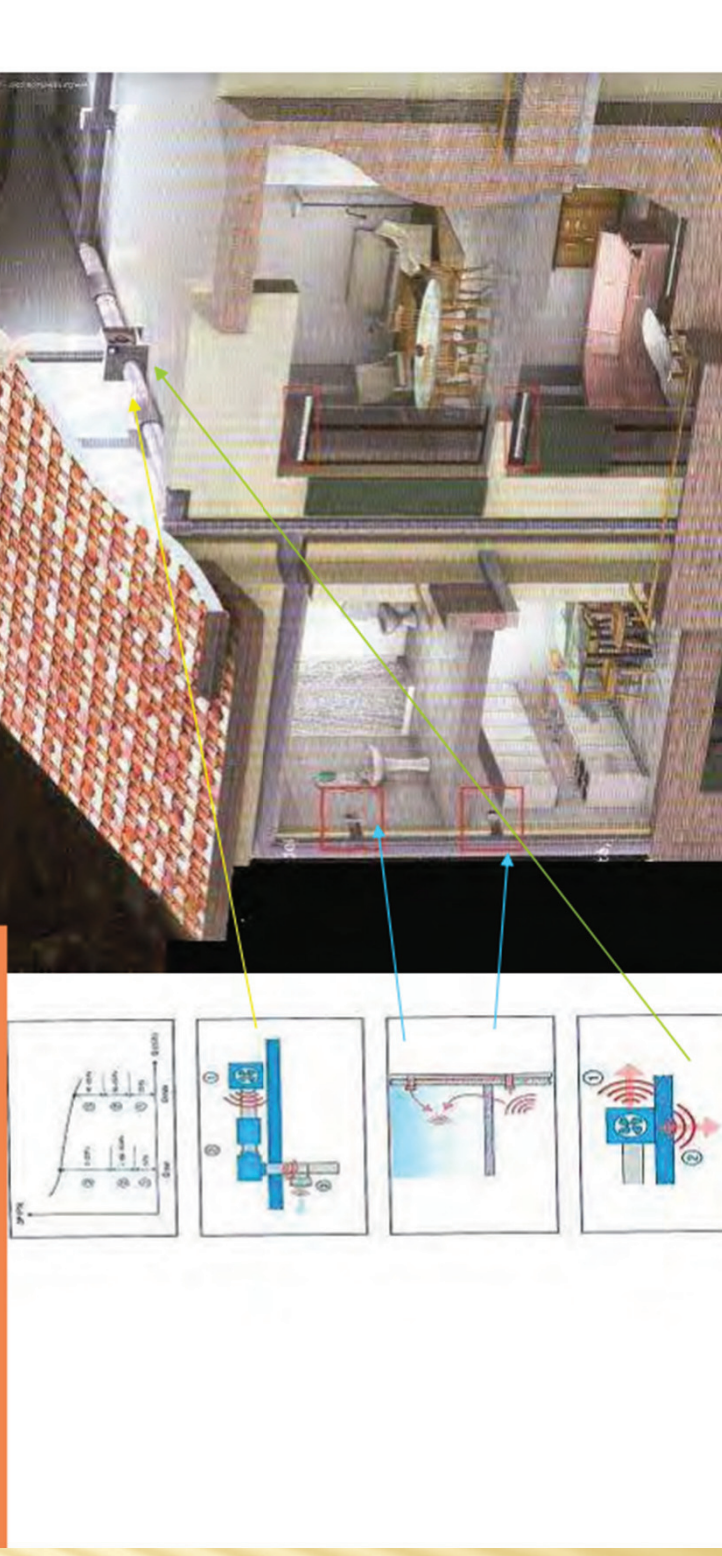


TECNOLOGIE PER LA VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO DELLA VMC

Considerazioni per l'insonorizzazione dei sistemi VMC e la trasmissione sonora tra terminali e i ventilatori di estrazione

Tutti gli elementi devono essere concepiti in fase di progetto in maniera tale da non arrecare alcuna percezione fastidiosa in quanto l'impianto VMC è concepito per funzionare interamente per 24 ore nei 365 giorni dell'anno



TECNOLOGIE PER LA VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO DELLA VMC E CONSUMI ENERGETICI

Il pregio degli impianti di **VMC** è quello di **garantire il controllo delle portate di rinnovo dell'aria**, che possono essere costanti (sistemi a portata fissa) o regolate durante il funzionamento (sistemi a portata variabile) mediante differenti tipi di sensori (umidità relativa, CO 2, presenza di persone).

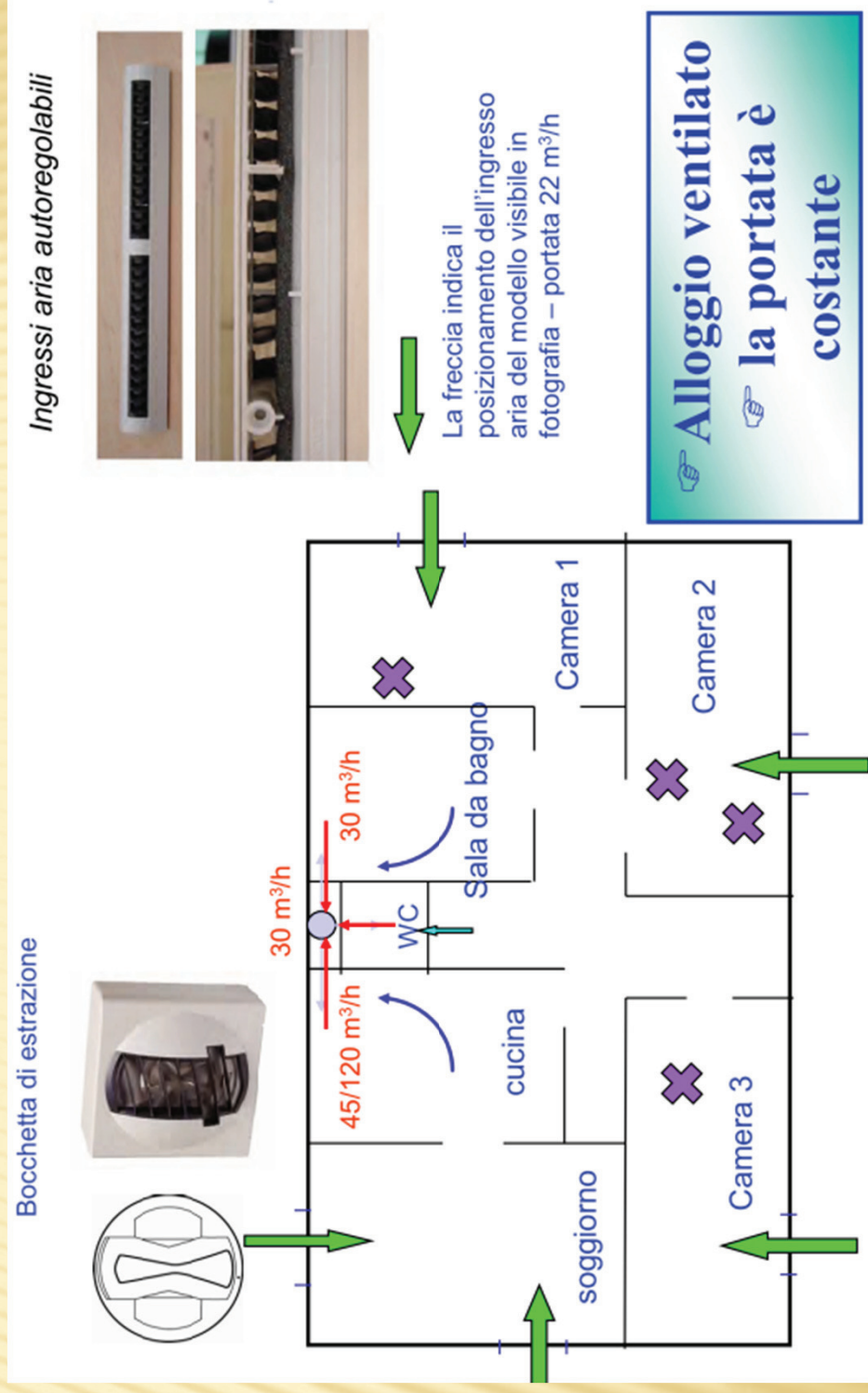
Presentano pertanto un'indubbia efficacia per il controllo dell'inquinamento all'interno degli ambienti perché garantiscono una ventilazione di tipo continuativo con molteplici vantaggi in termini di tutela del manufatto edilizio (murature più asciutte, assenza di muffe) e di **contenimento dei consumi energetici**.

E' infatti errato parlare di **costo energetico della ventilazione meccanica controllata** perché:

- la ventilazione è necessaria
- la ventilazione necessariamente ha un costo energetico
- una portata d'aria **incontrollata** comporta sostanzialmente o un costo elevato o un rinnovo insufficiente
- una portata d'aria **controllata** comporta un giusto costo energetico, soprattutto in presenza di recupero di calore

TECNOLOGIE PER LA VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA

ALLOGGIO VENTILATO CON VMC AUTOREGOLABILE



TECNOLOGIE PER LA VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA

DIFFERENTI MODALITA' DI MONTAGGIO DEGLI INGRESSI ARIA

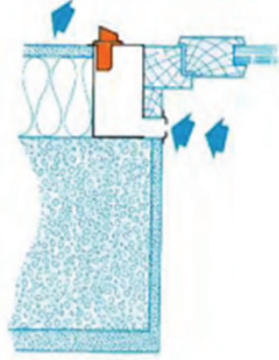
A infisso



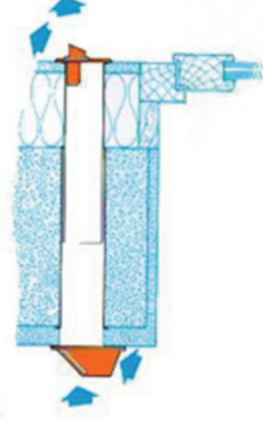
A cassetto



Sulla parte alta della finestra



Con attraversamento del muro



TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A SEMPLICE FLUSSO

SISTEMA A SEMPLICE FLUSSO

Gli impianti di ventilazione più semplici sono quelli **ad un flusso** che asportano continuamente l'aria esausta e la espellono sopra il tetto. Non forniscono aria fresca, la quale affluisce dall'esterno tramite bocchette inserite nella facciata o nelle finestre (valvole, aeratori). Questo tipo di impianto si trova soprattutto in edifici residenziali a basso consumo energetico.

La ventilazione ad un flusso è però efficace solo se l'aria fresca può transitare, senza incontrare ostacoli, dai punti d'immissione a quelli d'aspirazione.

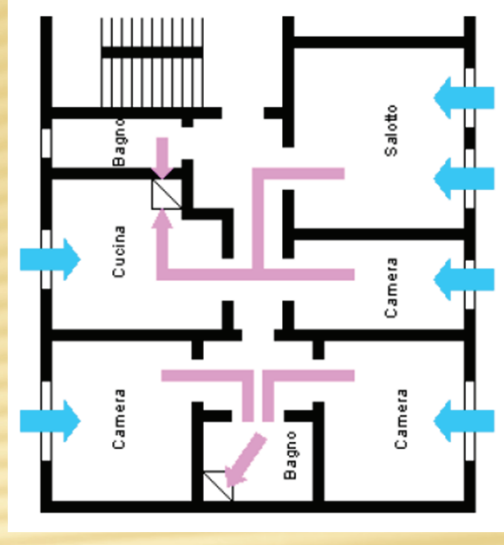
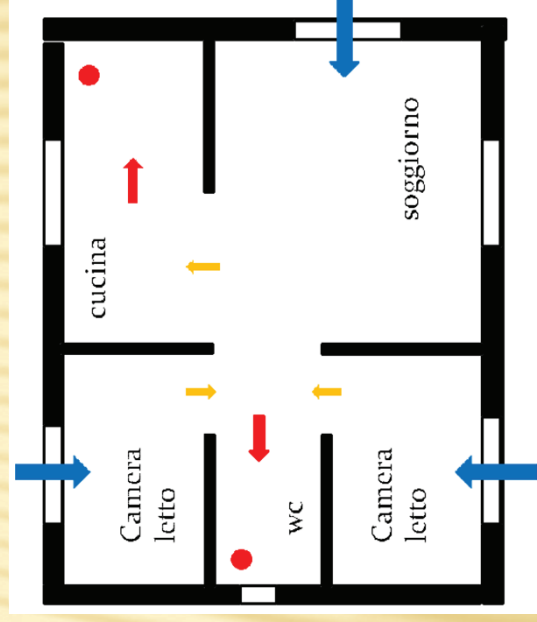
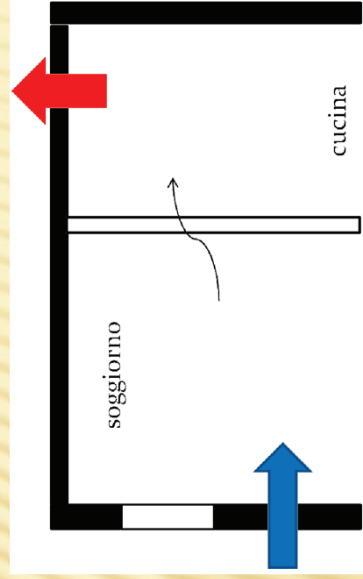
A questo scopo conviene suddividere l'area da ventilare in tre zone: (1) una d'entrata, (2) una intermedia e (3) una d'uscita. Le bocchette da cui entra l'aria sono di solito disposte sul lato delle finestre e in prossimità del pavimento, per esempio nel parapetto delle finestre.

Così l'aria fresca, prima di diffondersi nell'ambiente, viene riscaldata immediatamente dai radiatori, normalmente collocati nel medesimo luogo. Le bocchette d'aspirazione devono essere disposte sul lato opposto in prossimità del soffitto, come nel caso di ventilazione tramite canne di esalazione. Nelle abitazioni, le bocchette d'aspirazione si trovano di solito nelle cucine e nei bagni, cioè nei locali dove si forma la maggior parte di vapori e di odori. Per garantire un costante flusso d'aria bisogna inserire nelle porte (o nelle pareti divisorie) delle griglie che consentono la libera transizione dell'aria da ventilare. La dimensione di queste aperture deve garantire che il flusso volumico d'aria non superi 1 m/s in nessun punto dell'area servita.

TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A SEMPLICE FLUSSO

SISTEMA A SEMPLICE FLUSSO

Gli impianti a sola espulsione procurano uno stabile tasso di ricambio dell'aria e mantengono le perdite di calore entro limiti sostenibili rispetto ad una ventilazione manuale e incontrollata. Il sistema è semplice, efficace ed economico, ma non consente il recupero del calore dall'aria in uscita.

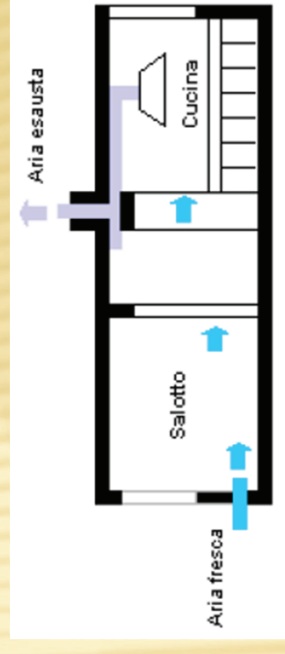


TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A SEMPLICE FLUSSO

SISTEMA A SEMPLICE FLUSSO

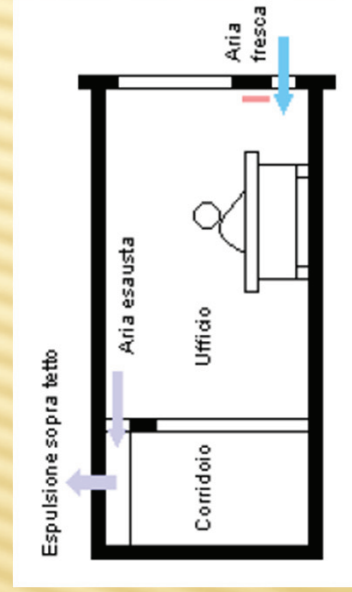
Espulsione dell'aria esausta dalla cucina

L'aria esausta della cucina contiene un'elevata quantità di vapori e di grassi conviene pertanto asportarla separatamente tramite una cappa aspirante posta sopra i fornelli e collegata direttamente all'esterno. Nel caso in cui questo collegamento all'esterno non sia realizzabile, la cappa deve essere dotata di filtri che ritengono vapori e grassi. L'aria filtrata può essere poi anche immessa nel canale dell'aria in uscita, ma solo con un collegamento (canale, tubo) che consente la periodica pulitura (apertura facilmente accessibile).



Ventilazione in uffici

Negli edifici amministrativi, le bocchette d'entrata sono disposte negli uffici stessi e i canali di asportazione sotto il soffitto dei corridoi. I canali sboccano poi in un canale verticale che conduce l'aria esausta sopra il tetto dove si trovano normalmente anche i ventilatori. Gli edifici amministrativi con un sistema di ventilazione ad un flusso sono suddivisi in settori di cui ognuno comprende un gruppo di locali che hanno lo stesso fabbisogno d'aria fresca (uffici, sale di riunione, servizi igienici). Ogni settore è servito da un ventilatore che procura il ricambio d'aria.



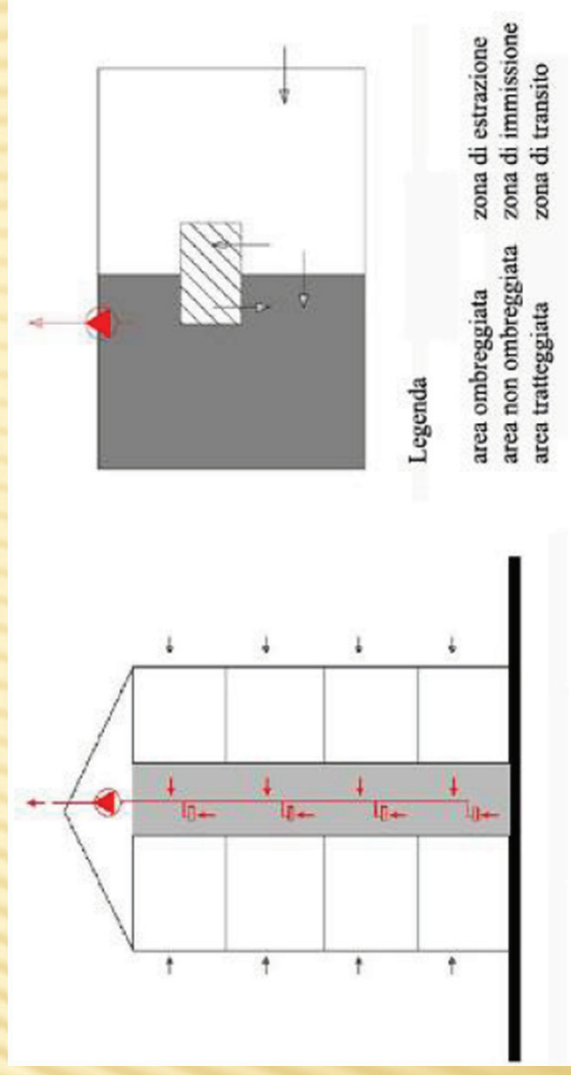
TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A SEMPLICE FLUSSO

SISTEMA A SEMPLICE FLUSSO

SISTEMA A SEMPLICE FLUSSO PER ESTRAZIONE

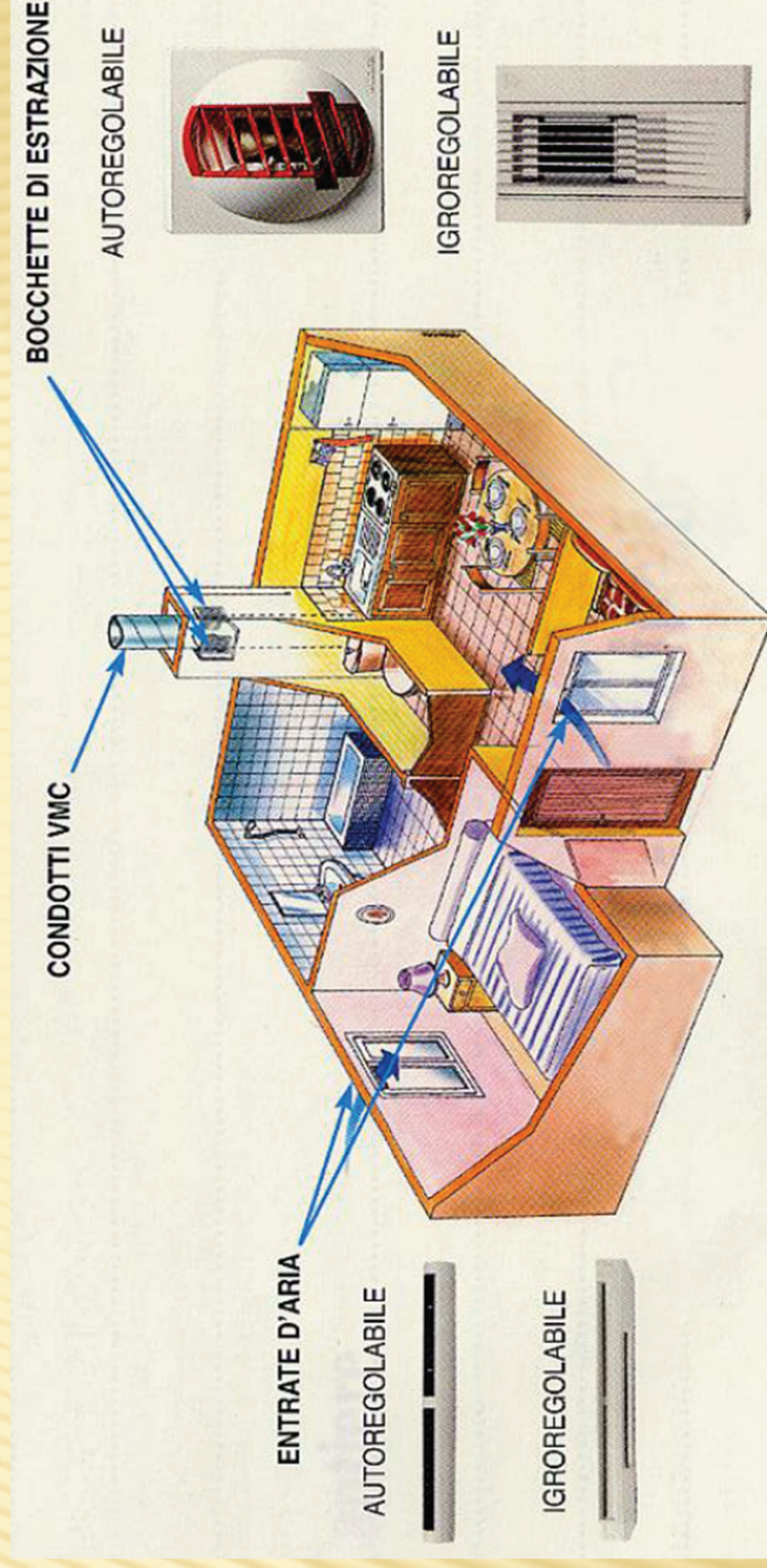
Immissione d'aria negli ambienti per depressione, rispetto all'esterno, rispetto all'esterno, creata dal ventilatore, attraverso appositi dispositivi di dimensioni molto contenute, installati solitamente a livello di infisso.

Richiede la sola rete aeraulica di estrazione.



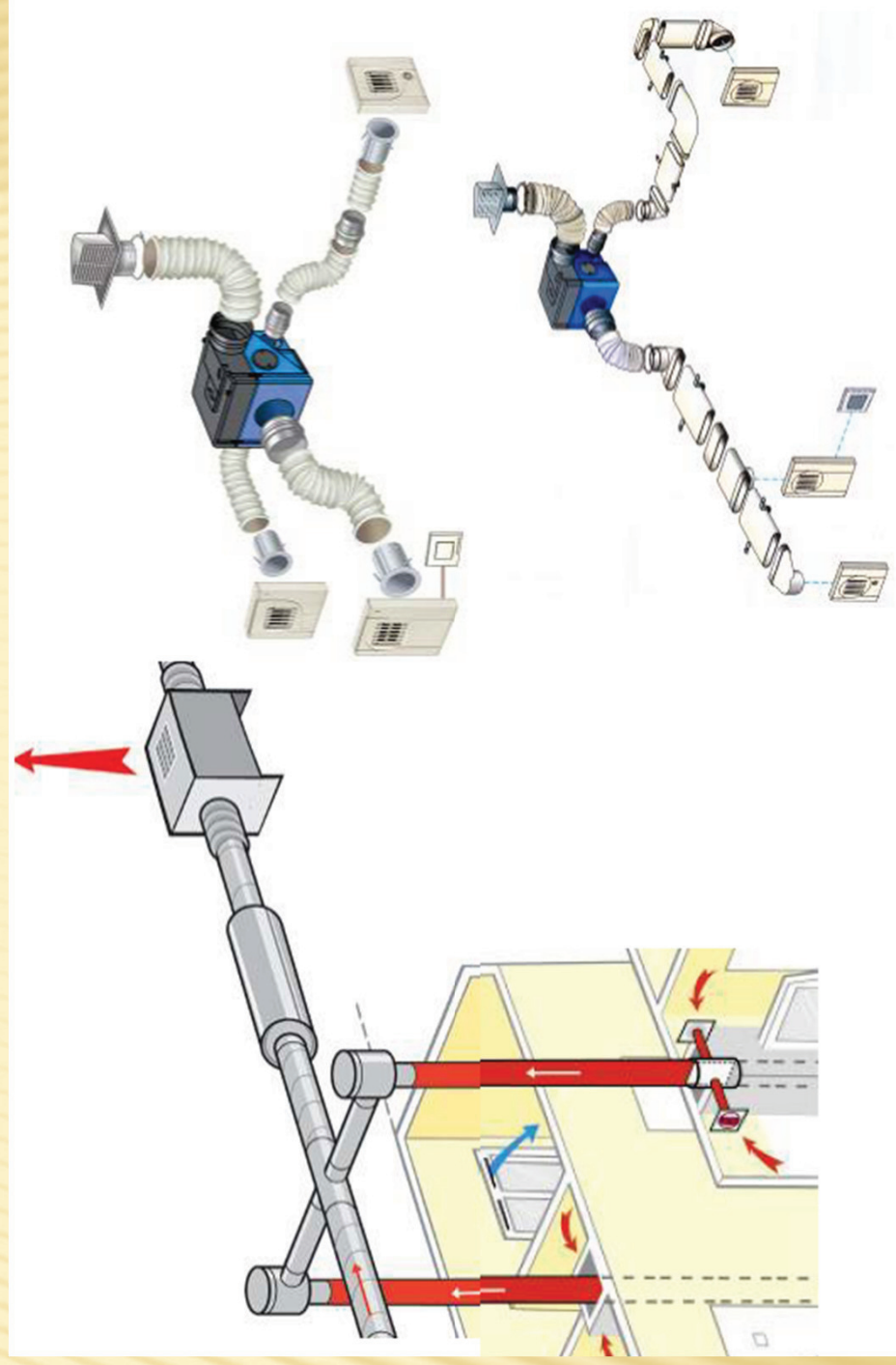
TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A SEMPLICE FLUSSO

SISTEMA A SEMPLICE FLUSSO PER ESTRAZIONE



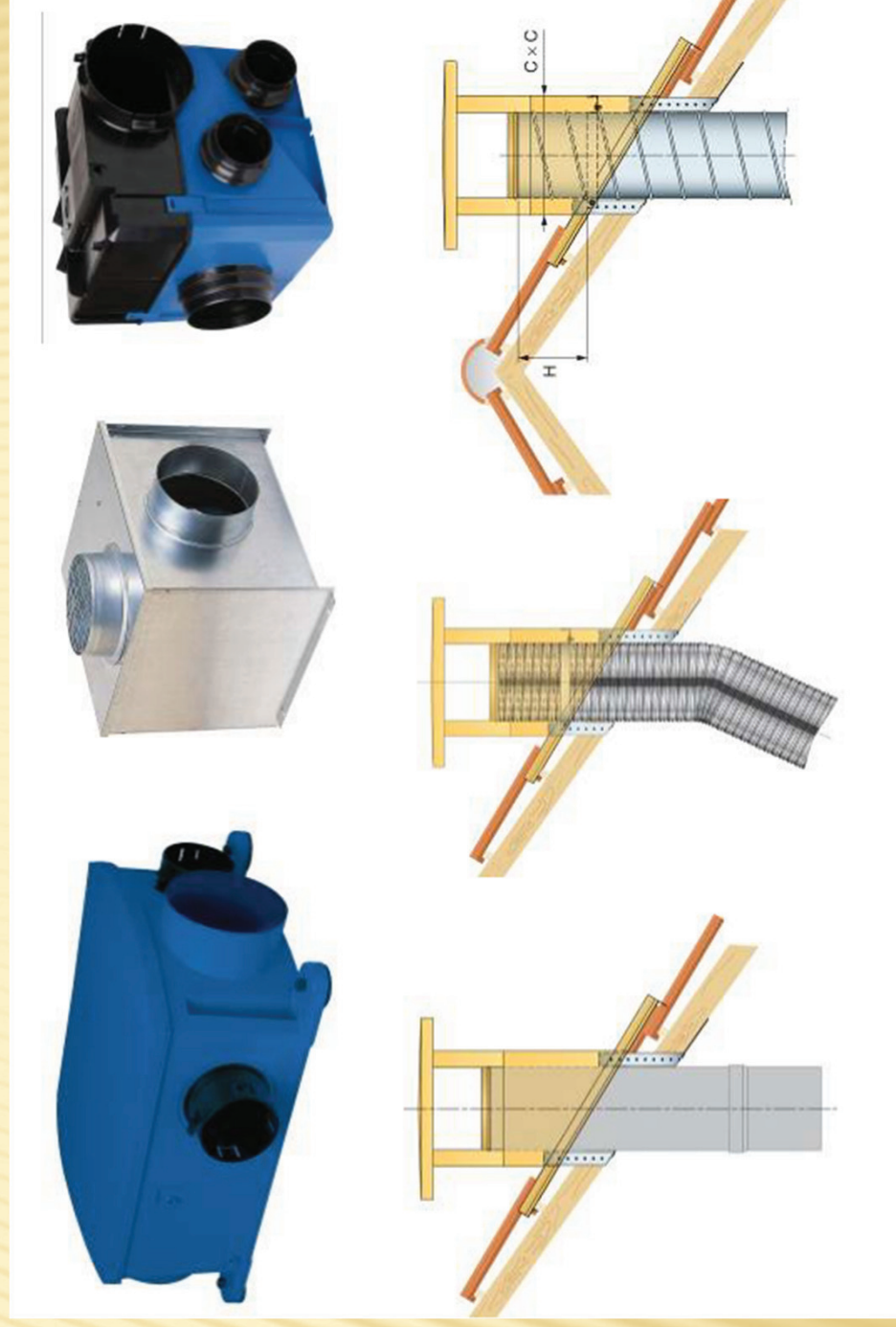
TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A SEMPLICE FLUSSO

RETE AEREAUTICA E CENTRALE DI VENTILAZIONE PER SISTEMI A SEMPLICE FLUSSO



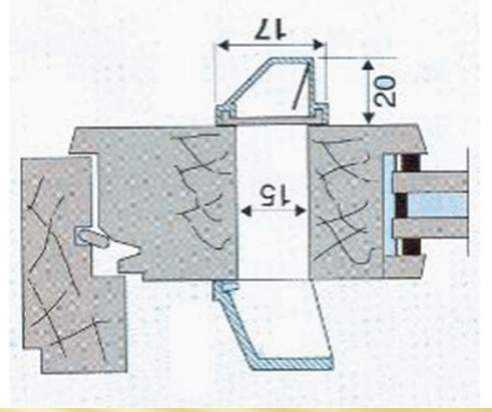
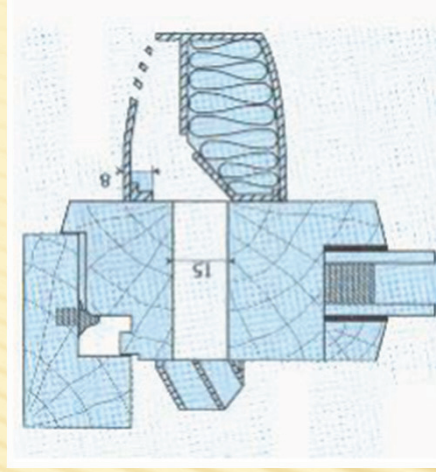
TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A SEMPLICE FLUSSO

VENTILATORI E MODALITÀ DI ESPULSIONE A TETTO PER SISTEMI A SEMPLICE FLUSSO



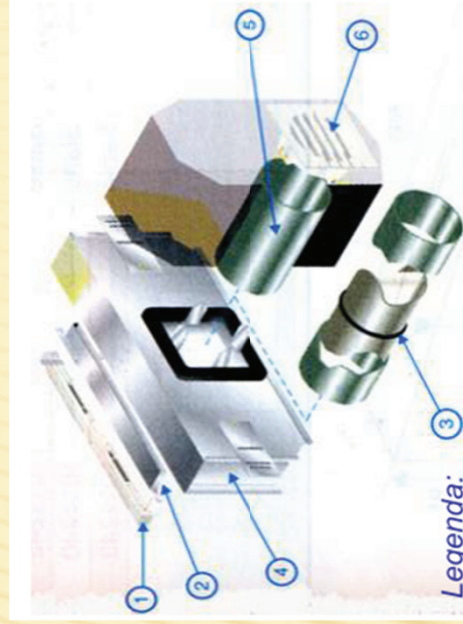
TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A SEMPLICE FLUSSO

DISPOSITIVI DI IMMISSIONE DELL'ARIA PER SISTEMA A SEMPLICE FLUSSO AUTOREGOLABILE



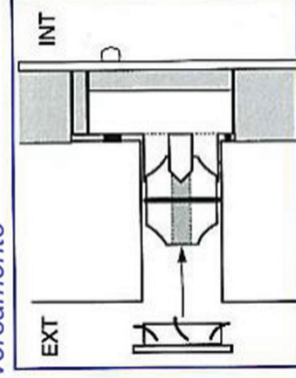
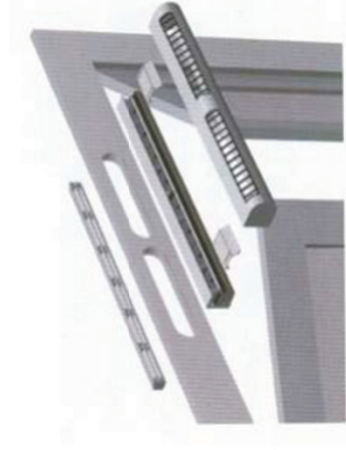
TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A SEMPLICE FLUSSO

DISPOSITIVI DI IMMISSIONE DELL'ARIA PER SISTEMA A SEMPLICE FLUSSO AUTOREGOLABILE



Legenda:

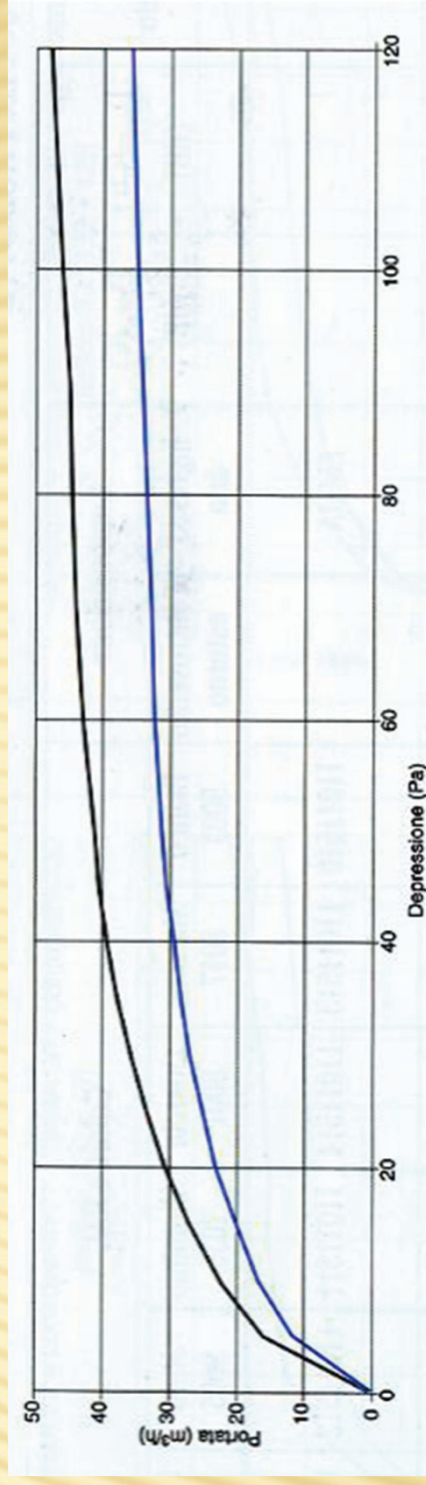
- 1 – dispositivo di ingresso aria
- 2 – manico per il fissaggio di 1
- 3 – elemento fonoassorbente
- 4 – manicotto di attraversamento del muro
- 5 – tubo circolare
- 6 – griglia esterna



TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A SEMPLICE FLUSSO

SISTEMA A SEMPLICE FLUSSO PER ESTRAZIONE AUTOREGOLABILE

La denominazione “autoregolabile” trae il nome dalle specifiche caratteristiche dei componenti utilizzati per l'immissione e la ripresa dell'aria costituiti da dispositivi (membrane in pvc o gomma siliconica) che mantengono le portate d'aria all'incirca costanti indipendentemente da variazioni della pressione esercitata dal ventilatore

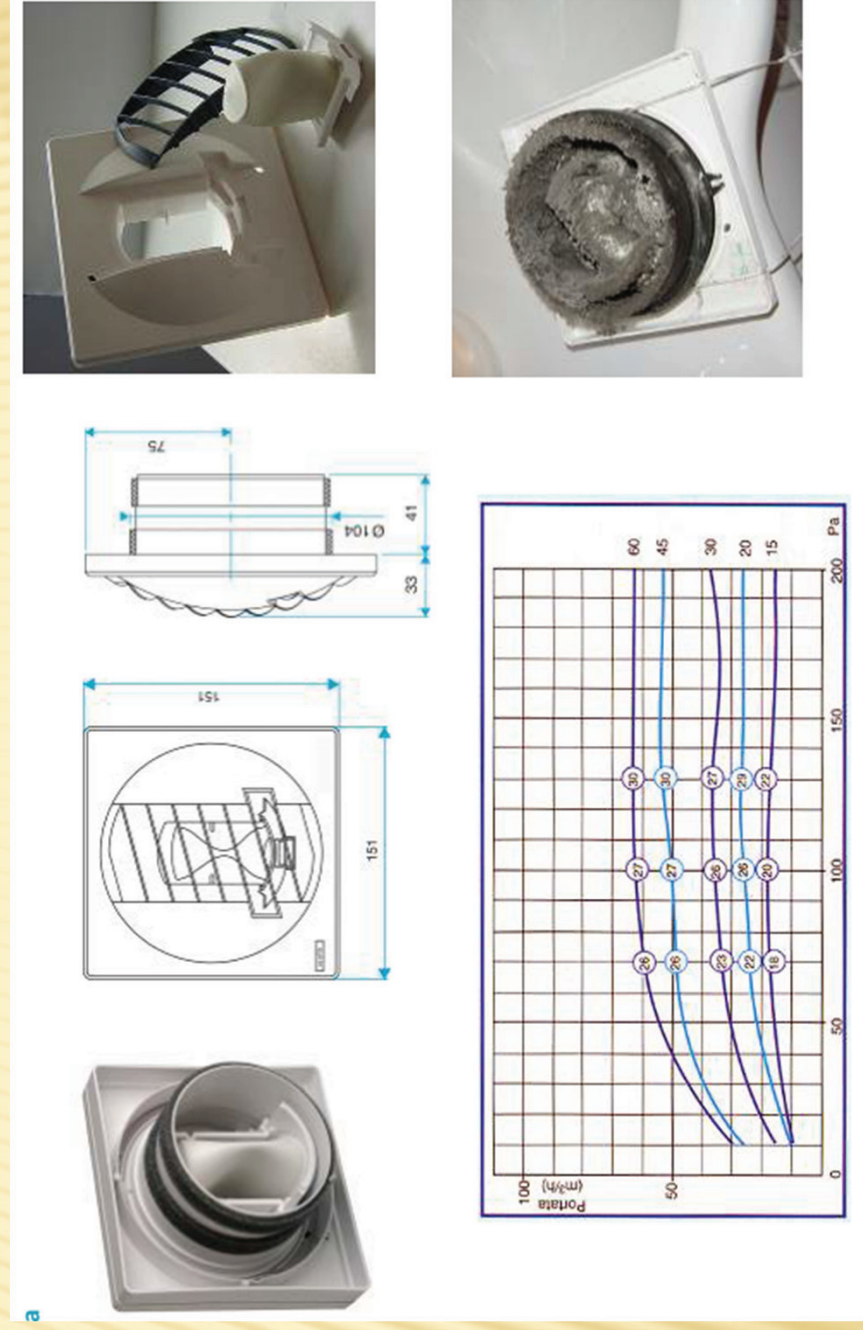


Curve caratteristiche di dispositivi di immissione dell'aria.

La curva in basso è relativa ad un dispositivo con portata nominale di 22 m³ /h, quella superiore è relativa ad uno con portata nominale di 30 m³ /h

TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A SEMPLICE FLUSSO

DISPOSITIVI DI ESTRAZIONE ALL'ARIA

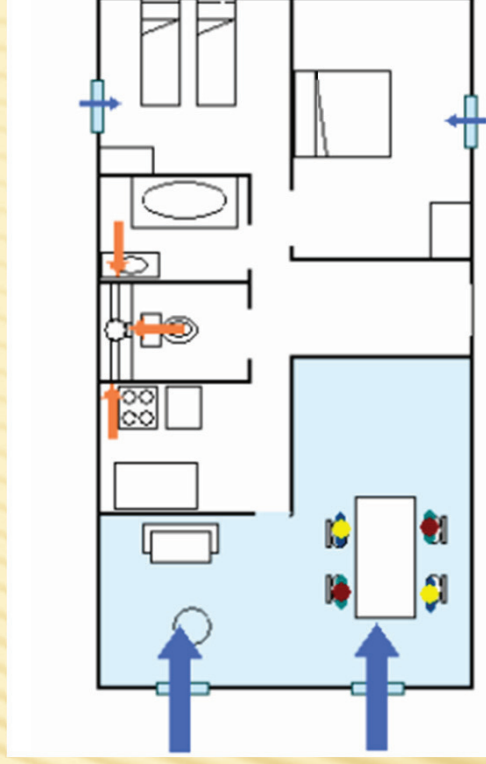


Curve caratteristiche di bocchette autoregolabili. Modelli con portata nominale rispettivamente pari a 15, 20, 30, 45, 60 m³ /h

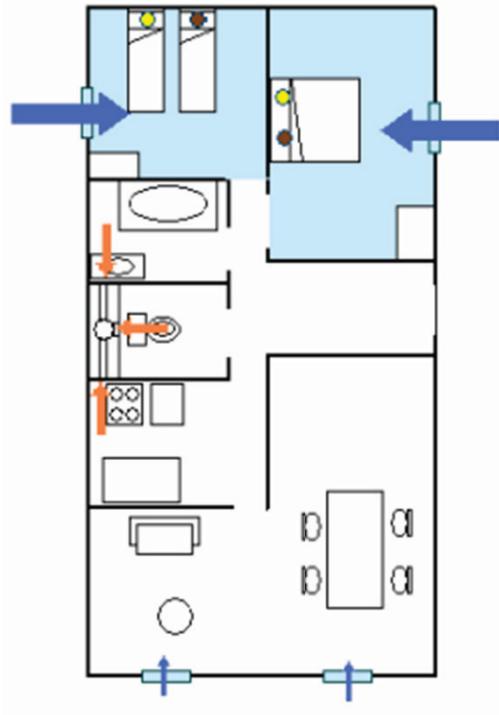
TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A SEMPLICE FLUSSO

SISTEMA A SEMPLICE FLUSSO PER ESTRAZIONE A PORTATA VARIABILE

La diversità rispetto ai sistemi a portata fissa consiste nell'impiego di dispositivi di immissione ed estrazione dell'aria in grado di permettere una variabilità della portata. I sistemi più diffusi sono quelli di tipo **igroregolabile**, ossia quelli in cui la ventilazione è dosata sulla base del tasso di umidità relativa interna.



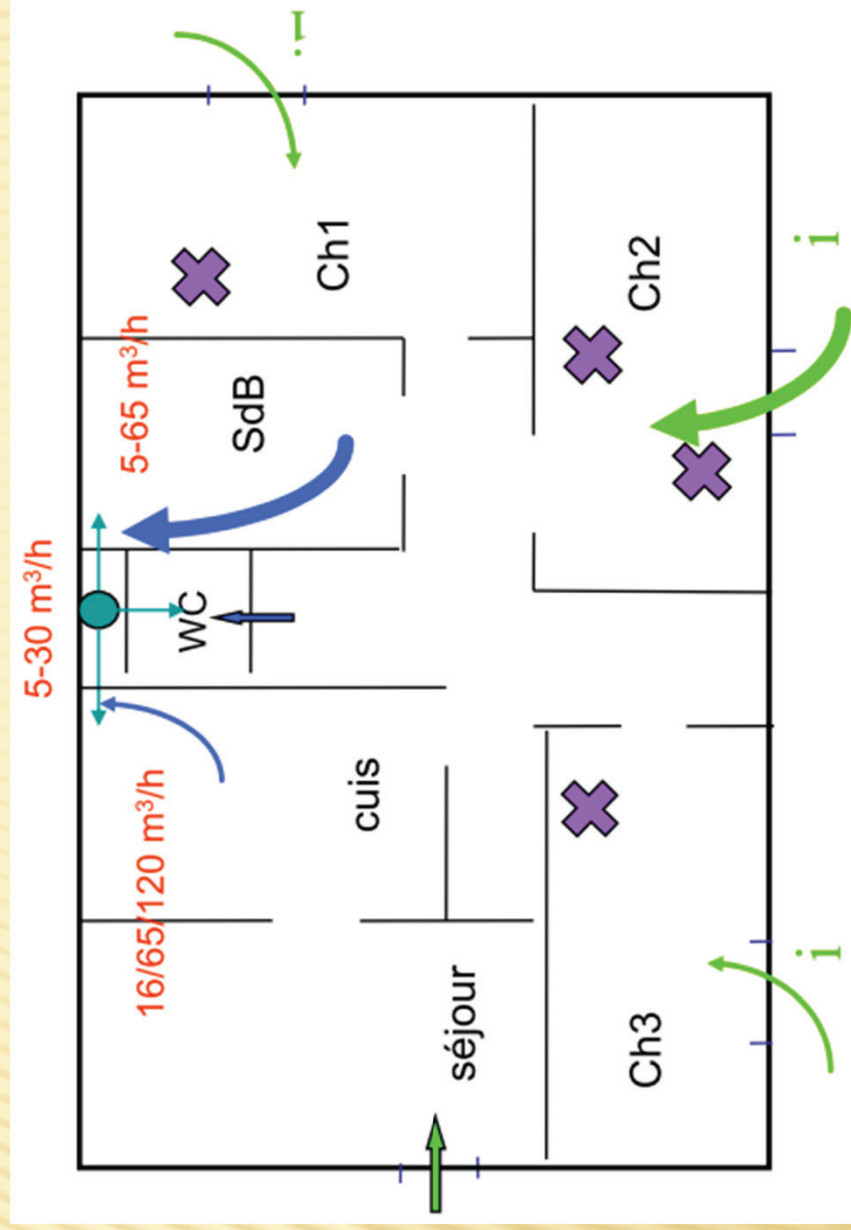
Occupazione diurna



Occupazione notturna

TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A SEMPLICE FLUSSO

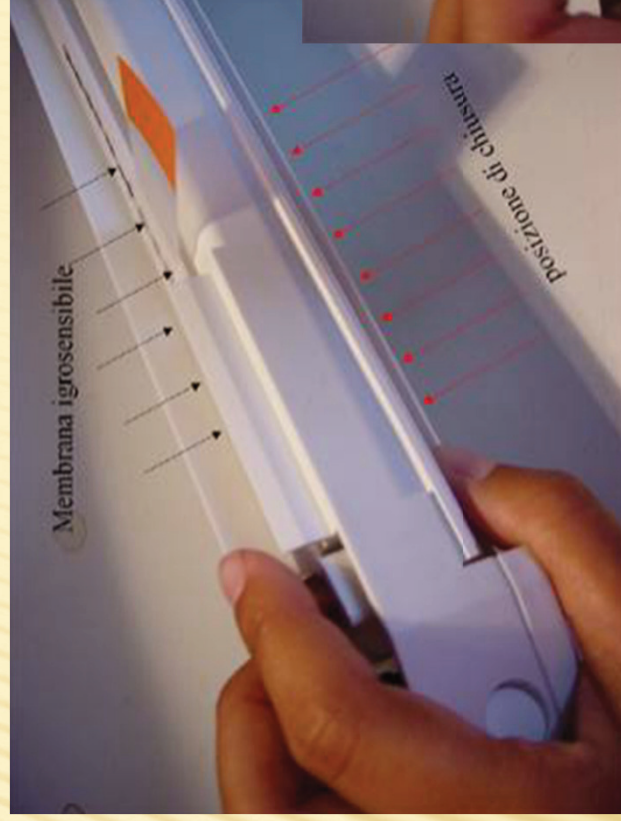
SISTEMA A SEMPLICE FLUSSO PER ESTRAZIONE A PORTATA VARIABILE



ALLOGGIO VENTILATO + PORTATE VARIABILI = + ECONOMIA E COMFORT

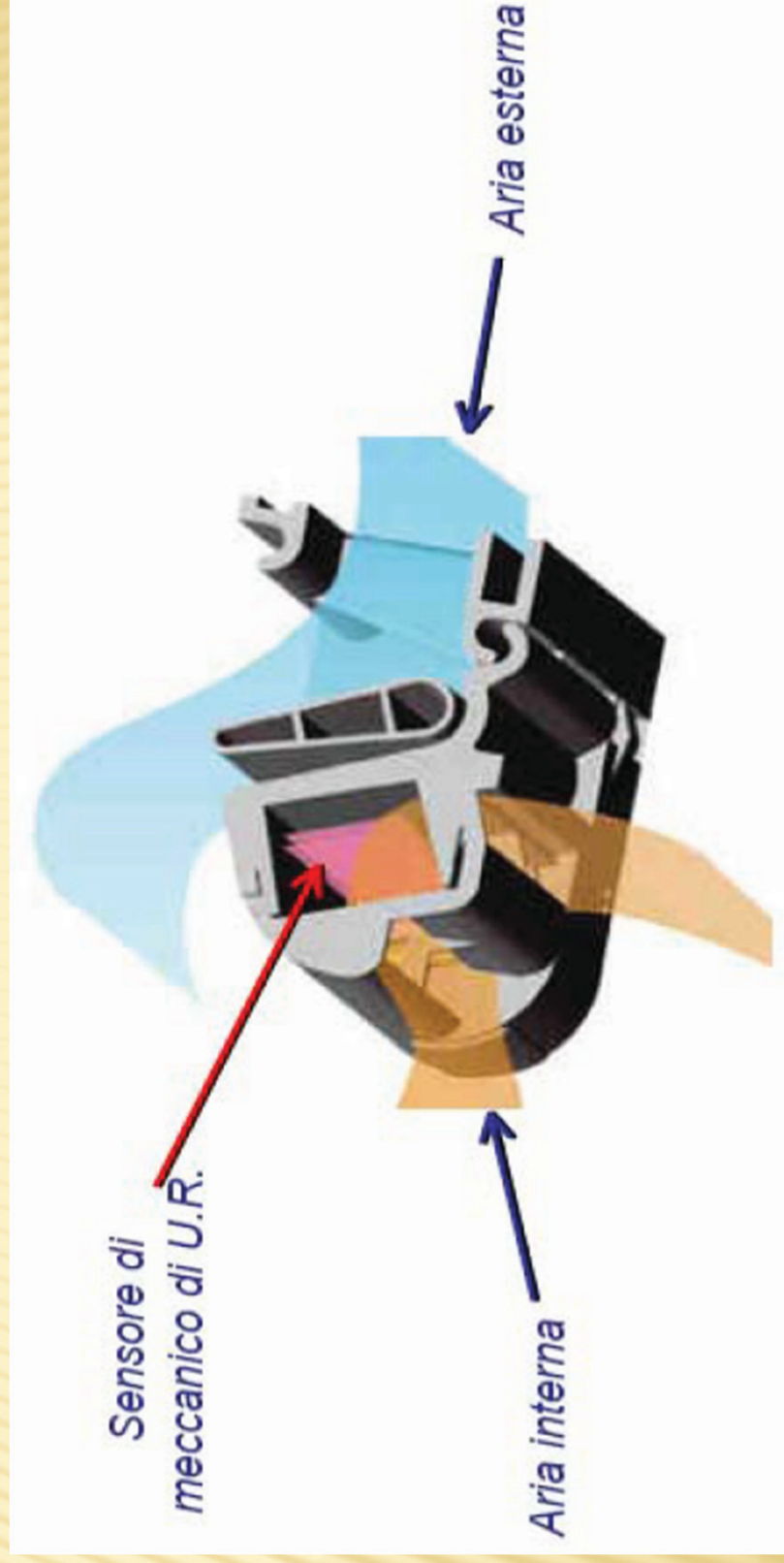
TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A SEMPLICE FLUSSO

DISPOSITIVI DI IMMISSIONE D'ARIA IGROREGOLABILI PER SISTEMI A SEMPLICE FLUSSO



TECNOLOGIE PER LA VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA

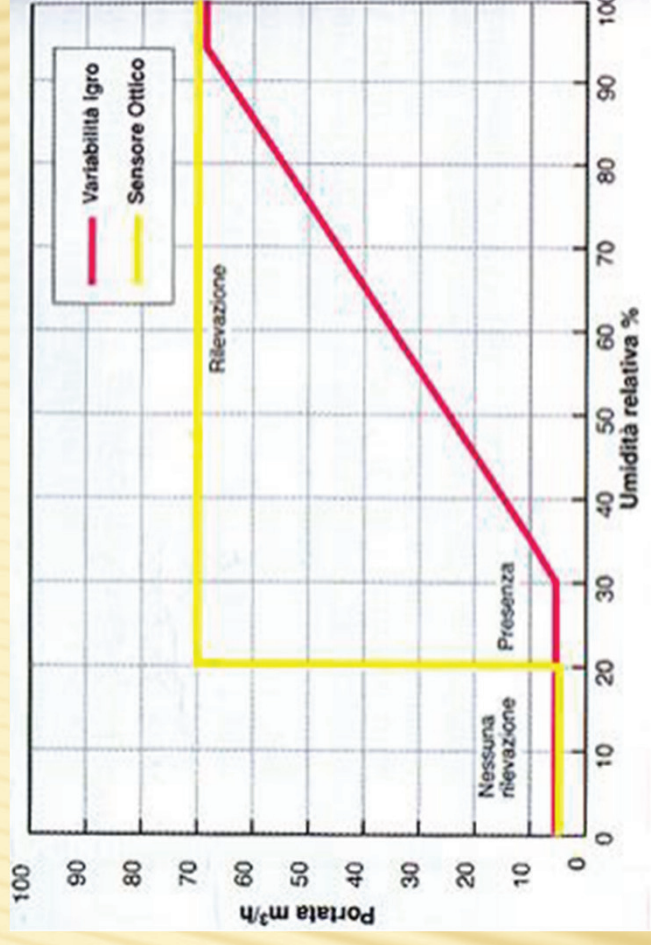
DISPOSITIVI DI IMMISSIONE D'ARIA IGROREGOLABILI PER SISTEMI A SEMPLICE FLUSSO



TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A SEMPLICE FLUSSO

DISPOSITIVI DI IMMISSIONE D'ARIA IGROREGOLABILI

I **dispositivi di estrazione igroregolabili** possono anche essere dotati di un sensore di presenza che ne aumenta la portata quando gli ambienti sono occupati assicurando la corretta portata di ventilazione indipendentemente dal contestuale valore di umidità.

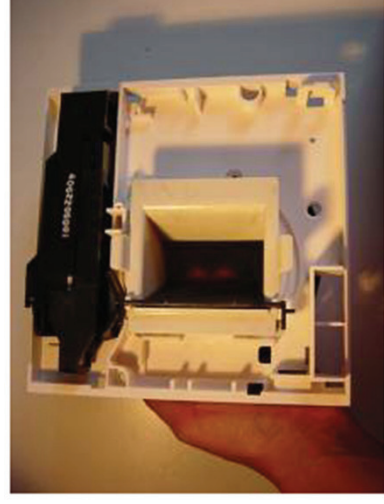


Curva caratteristica di una bocchetta di estrazione igroregolabile dotata di sensore di presenza.

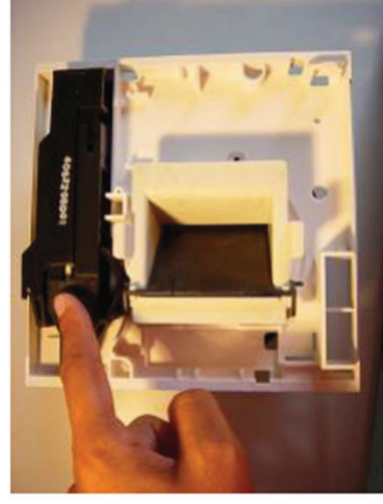
TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A SEMPLICE FLUSSO

DISPOSITIVI DI IMMISSIONE D'ARIA IGROREGOLABILI

ata

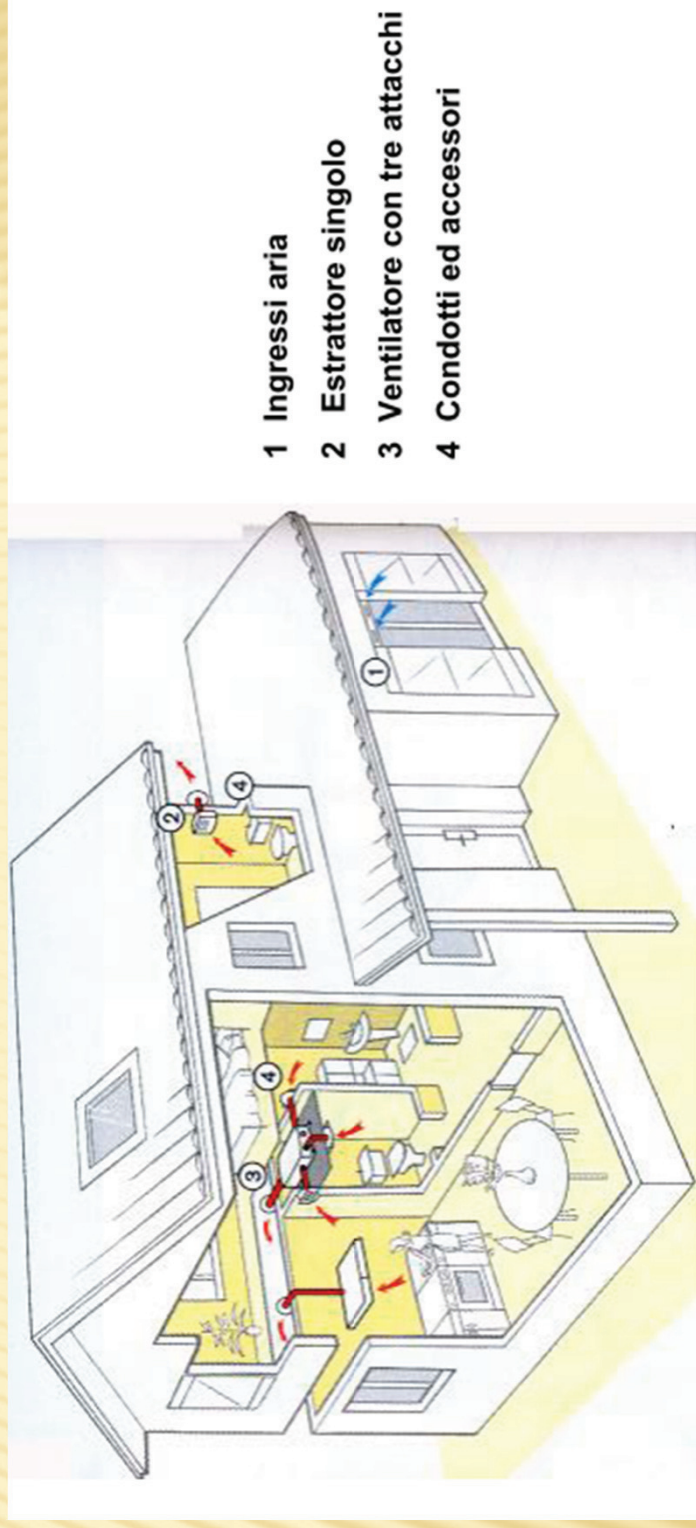


**Rilevatore
presenza persone**



TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A SEMPLICE FLUSSO

DISPOSITIVI DI ESTRAZIONE PER LA VENTILAZIONE "PUNTIFORME"
(SINGOLI ESTRATTORI PER OGNI VANO TECNICO)



Ventilazione ripartita. In alcuni casi, qualora non sia possibile la realizzazione di una rete di canali, è possibile ricorrere all'impiego di singoli ventilatori per l'estrazione da ogni vano tecnico. L'immissione avviene come nei casi precedenti.

TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A SEMPLICE FLUSSO

DISPOSITIVI DI ESTRAZIONE PER LA VENTILAZIONE "PUNTIFORME" (SINGOLI ESTRATTORI PER OGNI VANO TECNICO)

- funzionamento silenzioso
- basso consumo
- possibilità di aspirazione con canalizzazione da più locali
- una sola espulsione per più locali
- estetica, all'interno dei locali è visibile soltanto una griglia

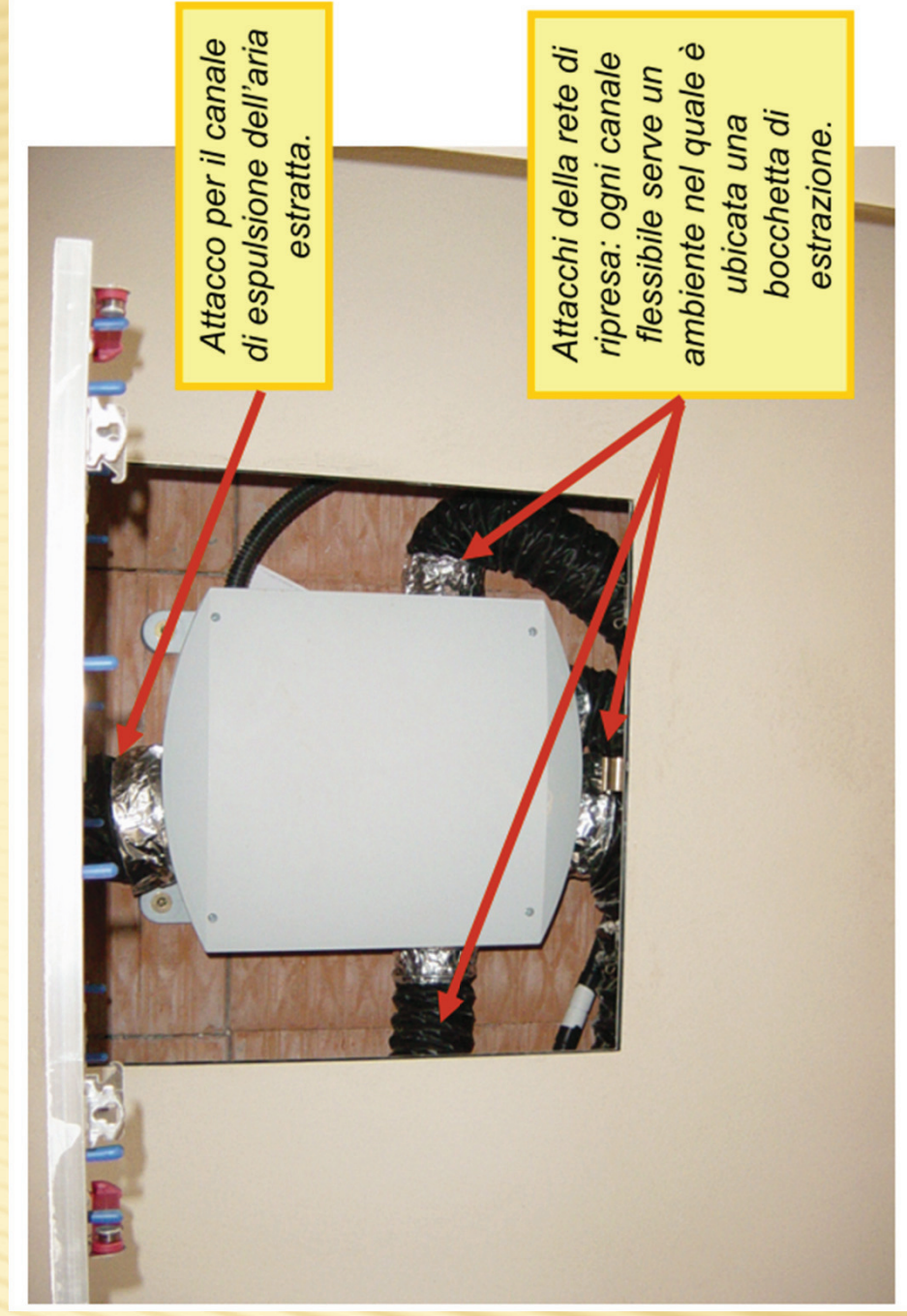


- basso livello di pressione acustica
- basso consumo
- aspirazione a mezzo di canalizzazione esistente
- ingombro limitato
- portata di punta possibile a mezzo di interruttore
- un unico prodotto per 3 livelli di taratura (regolazione in fase di installazione)



TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A SEMPLICE FLUSSO

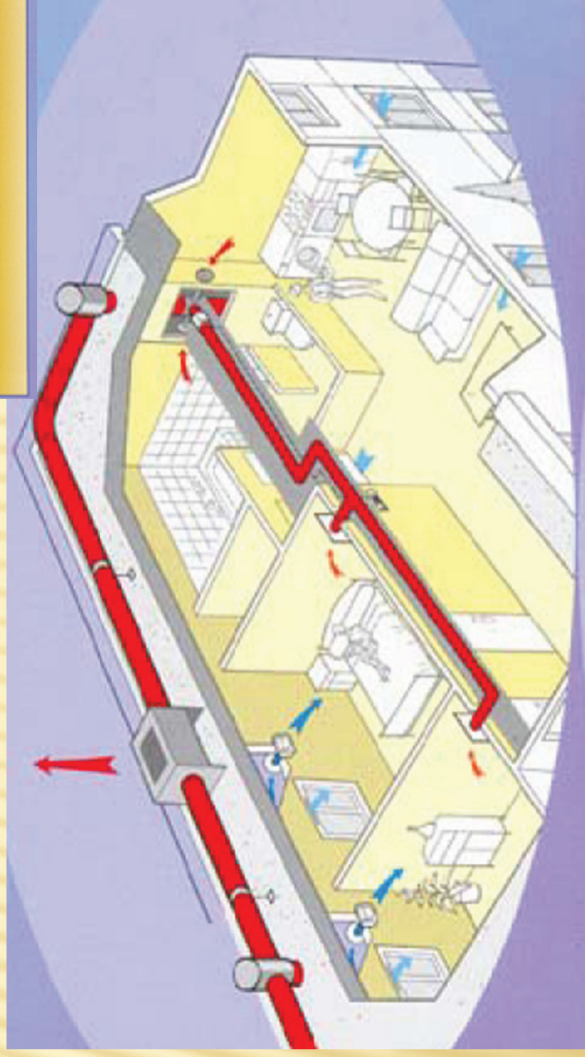
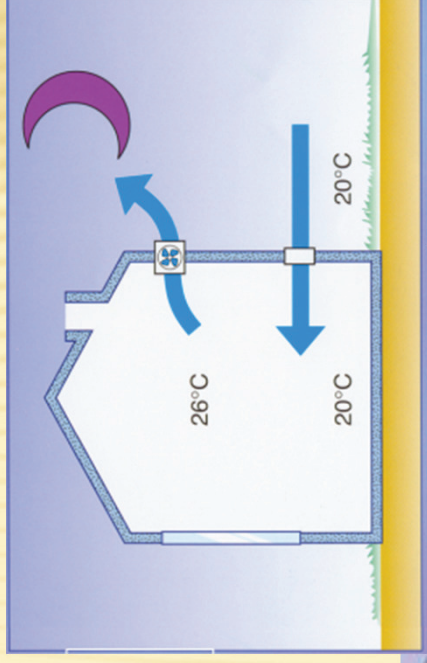
VISTA DI UN VENTILATORE ALL VISTA DI UN VENTILATORE ALL'INTERNO DI UN CONTROSOFFITTO (VISTA DAL BASSO)



TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A SEMPLICE FLUSSO

SISTEMA A SEMPLICE FLUSSO - TECNICHE DI FREE COOLING (SURVENTILAZIONE NOTTURNA)

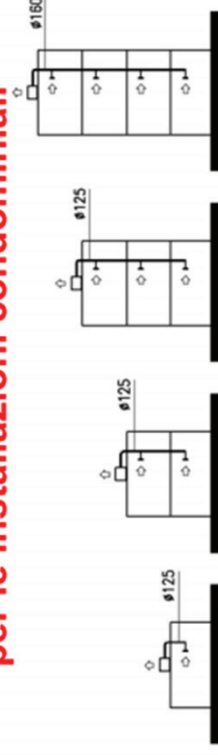
Aumento del tasso di ventilazione nelle ore notturne per "lavare" gli ambienti con aria esterna più fresca



TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A SEMPLICE FLUSSO

SISTEMA A SEMPLICE FLUSSO

**Alcuni dati sulle dimensioni dei canali
per le installazioni condominiali**

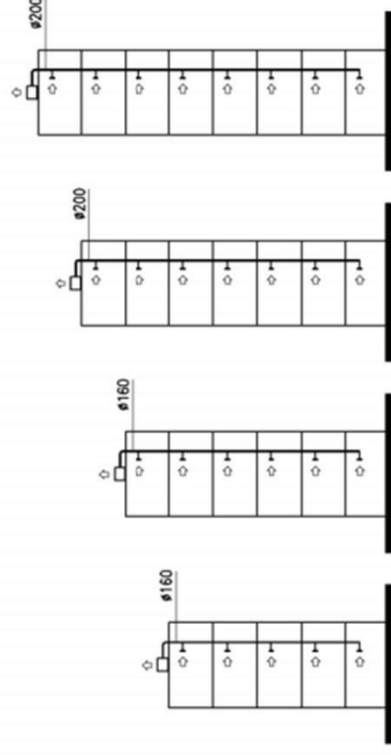


Edifici ad 1 piano

Edifici a 2 piani

Edifici a 3 piani

Edifici a 4 piani



Edifici a 5 piani

Edifici a 6 piani

Edifici a 7 piani

Edifici a 8 piani

TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A SEMPLICE FLUSSO

SISTEMA A SEMPLICE FLUSSO



Soluzione individuale a flusso singolo

Soluzione collettiva a flusso singolo
autoregolabile o igrorregolabile