



FACOLTÀ DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA



Laurea in Architettura

DICAAR

LABORATORIO INTEGRATO DI PROGETTAZIONE TECNOLOGICA A.A. 2019-2020

modulo: Termofisica dell'edificio

**Il fabbisogno energetico – UNI TS 11300:1
Ventilazione
Slide 1-69**



Docente: ROBERTO RICCIU

Fabbisogno di energia primaria (degli impianti)

La ventilazione (introduzione all'argomento)

1. UNI TS 11300: il bilancio energetico

A. Perdite ventilazione dagli spazi riscaldati verso l'esterno

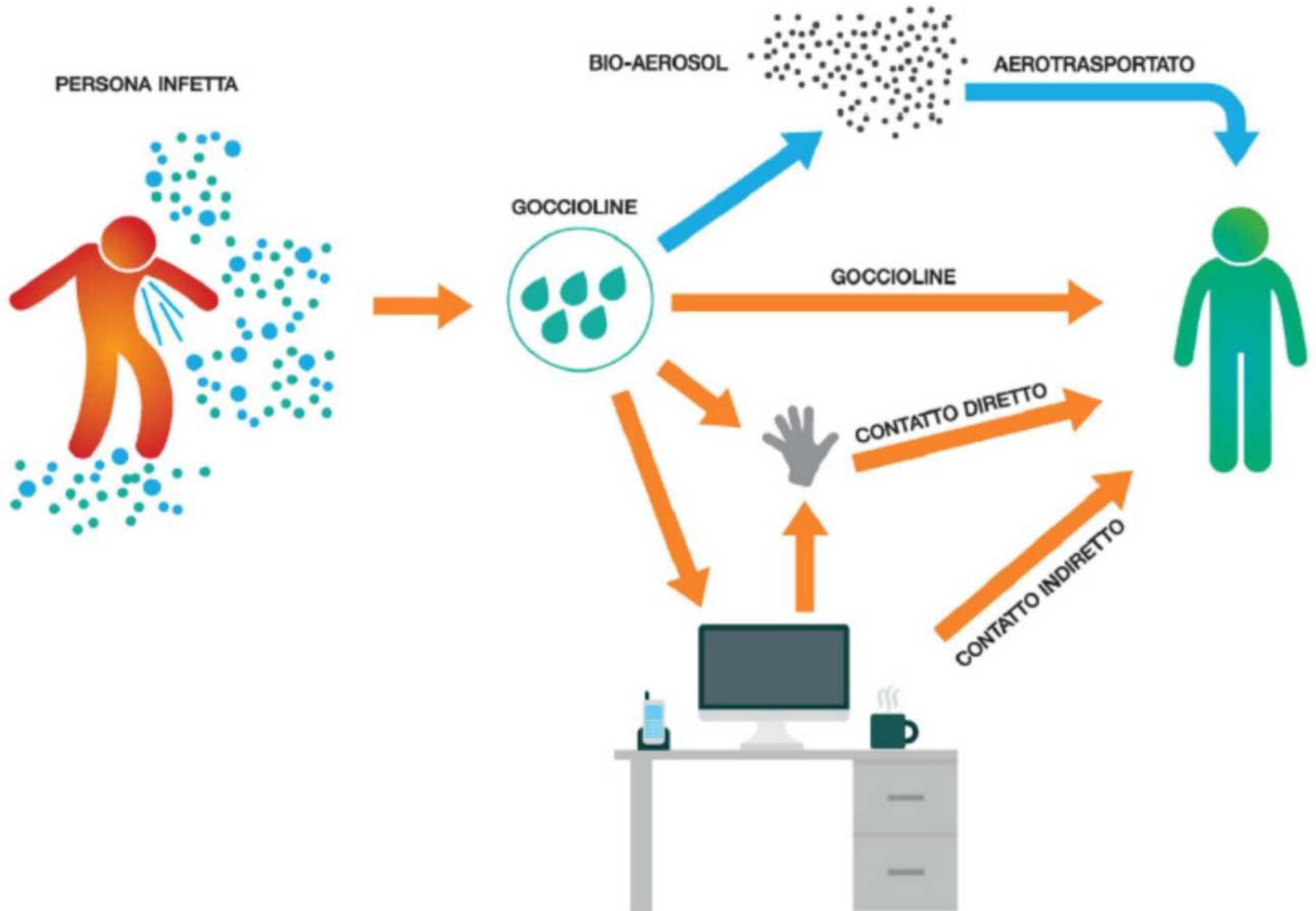
B. Scambi termici per ventilazione verso zone adiacenti

C. La ventilazione naturale

D. La ventilazione meccanica controllata

E. Gli impianti di riferimento

La ventilazione



**DIRETTIVA 2010/31/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO
del 19 maggio 2010
sulla prestazione energetica nell'edilizia
(rifusione)**

IL PARLAMENTO EUROPEO E IL CONSIGLIO DELL'UNIONE EUROPEA,

visto il trattato sul funzionamento dell'Unione europea, in particolare l'articolo 194, paragrafo 2,

vista la proposta della Commissione europea,

Articolo 2

Definizioni

visto il parere del Comitato economico e sociale europeo ⁽¹⁾,

3) «sistema tecnico per l'edilizia»: impianto tecnologico per il riscaldamento, il rinfrescamento, la ventilazione, la produzione di acqua calda, l'illuminazione di un edificio o di un'unità immobiliare, o per una combinazione di tali funzioni;

visto il parere del Comitato delle regioni ⁽²⁾,

deliberando secondo la procedura legislativa ordinaria ⁽³⁾,

4) «prestazione energetica di un edificio»: quantità di energia, calcolata o misurata, necessaria per soddisfare il fabbisogno energetico connesso ad un uso normale dell'edificio, compresa, in particolare, l'energia utilizzata per il riscaldamento, il rinfrescamento, la ventilazione, la produzione di acqua calda e l'illuminazione;

Fissazione di requisiti minimi di prestazione energetica

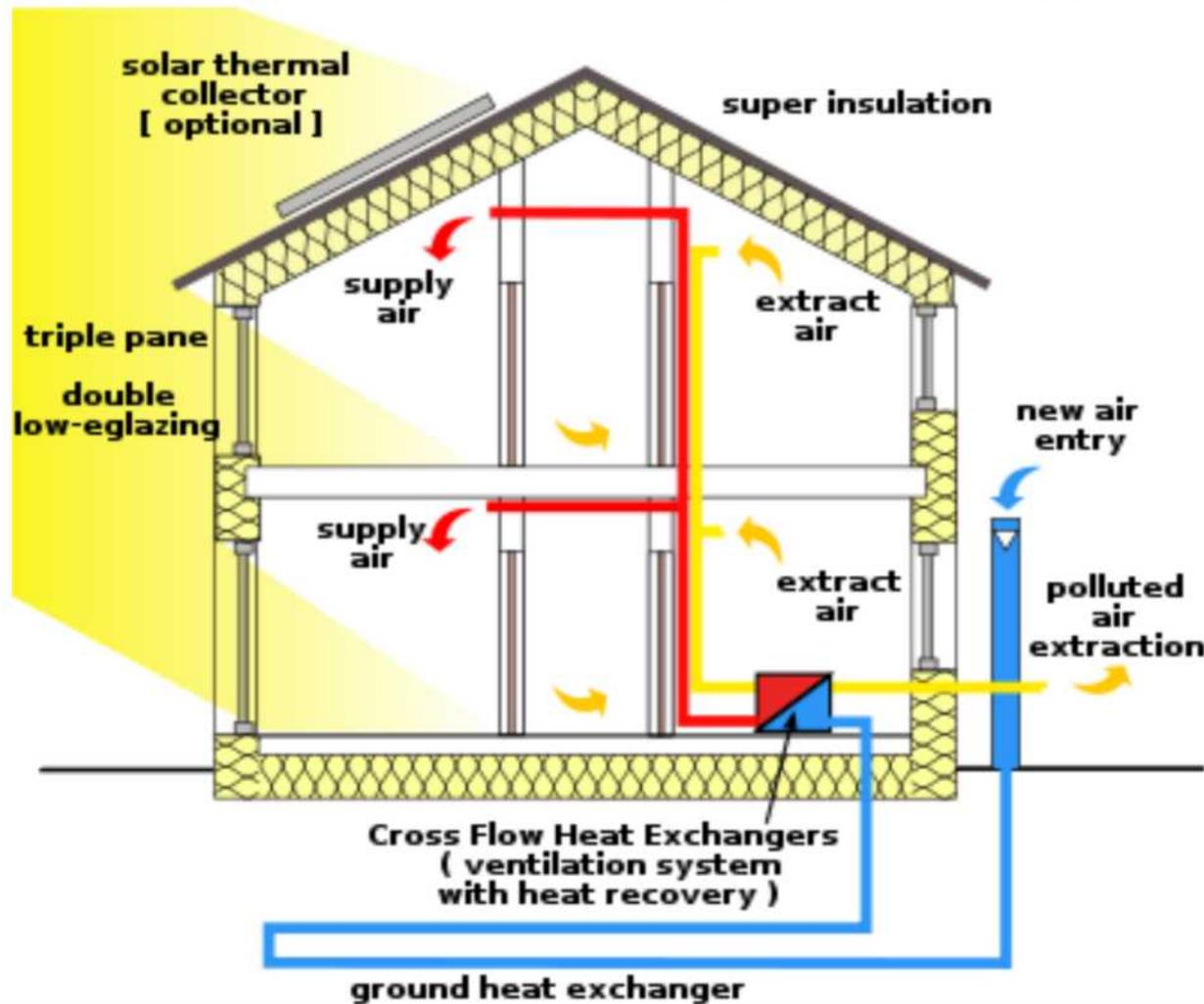
Tali requisiti tengono conto delle condizioni generali del clima degli ambienti interni allo scopo di evitare eventuali effetti negativi quali una ventilazione inadeguata, nonché delle condizioni locali, dell'uso cui l'edificio è destinato e della sua età.

La ventilazione

Elementi essenziali per una abitazione a basso consumo:

- un rivestimento della casa spesso ed ottimamente coibentato,

- un'aerazione controllata dei locali con recupero di calore.



La ventilazione

Supplemento ordinario alla "Gazzetta Ufficiale" n. 276 del 27 novembre 2001 - Serie generale

Spediz. abb. post. 45% - art. 2, comma 20/b
Legge 23-12-1996, n. 662 - Filiale di Roma

GAZZETTA  UFFICIALE
DELLA REPUBBLICA ITALIANA

PARTE PRIMA

Roma - Martedì, 27 novembre 2001

SI PUBBLICA TUTTI
I GIORNI NON FESTIVI

DIREZIONE E REDAZIONE PRESSO IL MINISTERO DELLA GIUSTIZIA - UFFICIO PUBBLICAZIONE LEGGI E DECRETI - VIA ARENULA 70 - 00100 ROMA
AMMINISTRAZIONE PRESSO L'ISTITUTO POLIGRAFICO E ZECCA DELLO STATO - LIBRERIA DELLO STATO - PIAZZA G. VERDI 10 - 00100 ROMA - CENTRALINO 06 85081

“Accordo tra il Ministero della salute, le Regioni e le province autonome sul documento concernente: “Linee-guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati”

N. 252

La ventilazione



Ministero della Salute

Cerca nel sito

cerca

Contatti | Moduli e Servizi | FAQ | App | | | | | |

NUOVO CORONAVIRUS Cosa c'è da sapere

Numero di pubblica utilità **1500**

#COVID19 #iorestoacasa



La nostra salute



Temi e professioni



News e media



Ministro e Ministero

Sei in: Home > News e media > Notizie > Notizie dal Ministero > Inquinamento indoor, il vademecum dell'ISS

Inquinamento indoor



<i>Inquinante</i>	<i>Malattia</i>	<i>Impatto sanitario</i>	<i>Costi diretti</i>
<i>Allergeni (acari, muffe, forfore animali)</i>	<i>Asma bronchiale (bambini/adolescenti)</i>	<i>>160.000 casi prevalenti /anno</i>	<i>>160 miliardi</i>
<i>Radon</i>	<i>Tumore del polmone</i>	<i>1.500- 6.000 decessi /anno</i>	<i>52-210 miliardi</i>
<i>Fumo di tabacco ambientale</i>	<i>Asma bronchiale (bambini/adolescenti)</i>	<i>>30.000 casi prevalenti/anno</i>	<i>>30 miliardi</i>
	<i>Infezioni acute delle vie aeree sup. ed inf.</i>	<i>>50.000 nuovi casi/anno</i>	<i>non valutabile</i>
	<i>Tumore del polmone</i>	<i>>500 decessi /anno</i>	<i>>18 miliardi</i>
	<i>Infarto del miocardio</i>	<i>>900 decessi/anno</i>	<i>>15 miliardi</i>
<i>Benzene</i>	<i>Leucemia</i>	<i>36-190 casi/anno</i>	<i>1-7 miliardi</i>
<i>Monossido di carbonio (CO)</i>	<i>Intossicazione acuta da CO</i>	<i>>200 decessi/anno</i>	<i>1 miliardo</i>

La ventilazione

L'inquinamento indoor (indoor pollution)

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

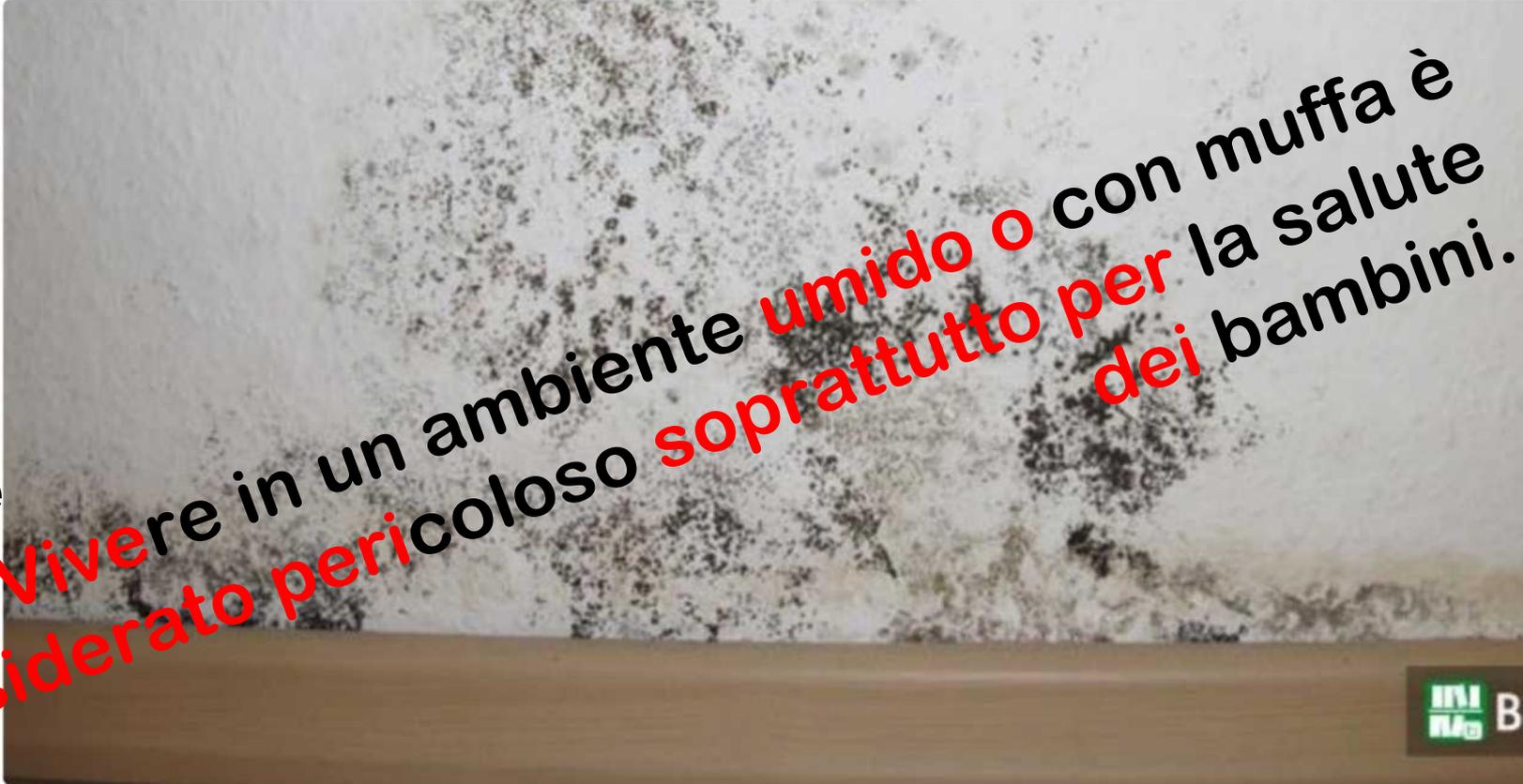
G – Radon

H – Fumo di sigaretta

La ventilazione

L'umidità

Le muffe



Vivere in un ambiente umido o con muffa è considerato pericoloso soprattutto per la salute dei bambini.

Inquinamento aria indoor: umidità e muffe

28 Gennaio 2016 / di [BibLus-net](#)

Opuscolo del Ministero su umidità e muffe: cosa sono, quali sono le conseguenze per la salute e come prevenirne gli effetti

La ventilazione



Come agisce La ventilazione

- 1 – diluizione e rimozione degli inquinanti indoor**
- 2 – diluizione di inquinanti specifici (odori provenienti da servizi igienici – vapori di cottura)**
- 3 – garantire l'aria per l'attività metabolica degli occupanti**
- 4 – garantire il controllo dell'umidità interna ed evitare la formazione di condense e successivamente muffe**
- 5 – fornire il giusto apporto di aria comburente in presenza di apparecchiature a gas per uso domestico**

La ventilazione: come intervenire

Controllo della sorgente:

- evitare, rimuovere o ridurre i materiali tossici;
- sigillare la sorgente;
- isolare la sorgente con opportuna progettazione;
- selezionare materiali durevoli;
- programmare le attività che producono inquinanti; ◦ modificare l'ambiente (e.g. controllare l'umidità).

La ventilazione: come intervenire

Controllo della ventilazione:

- diluire i contaminanti con aria esterna;
- aumentare le portate di aria esterna;
- migliorare la distribuzione dell'aria;
- finestre apribili;

Controllo della concentrazione dell'aria:

- filtrazione del particolato
- precipitazione elettrostatica;
- adsorbimento di gas;

Controllo dell'esposizione:

- programmare i turni degli addetti,
- rilocalizzare gli individui sensibili

Metodologie risolutive

- **Approccio prescrittivo**
- **Approccio prestazionale**
- **Approccio olfattivo**

La ventilazione

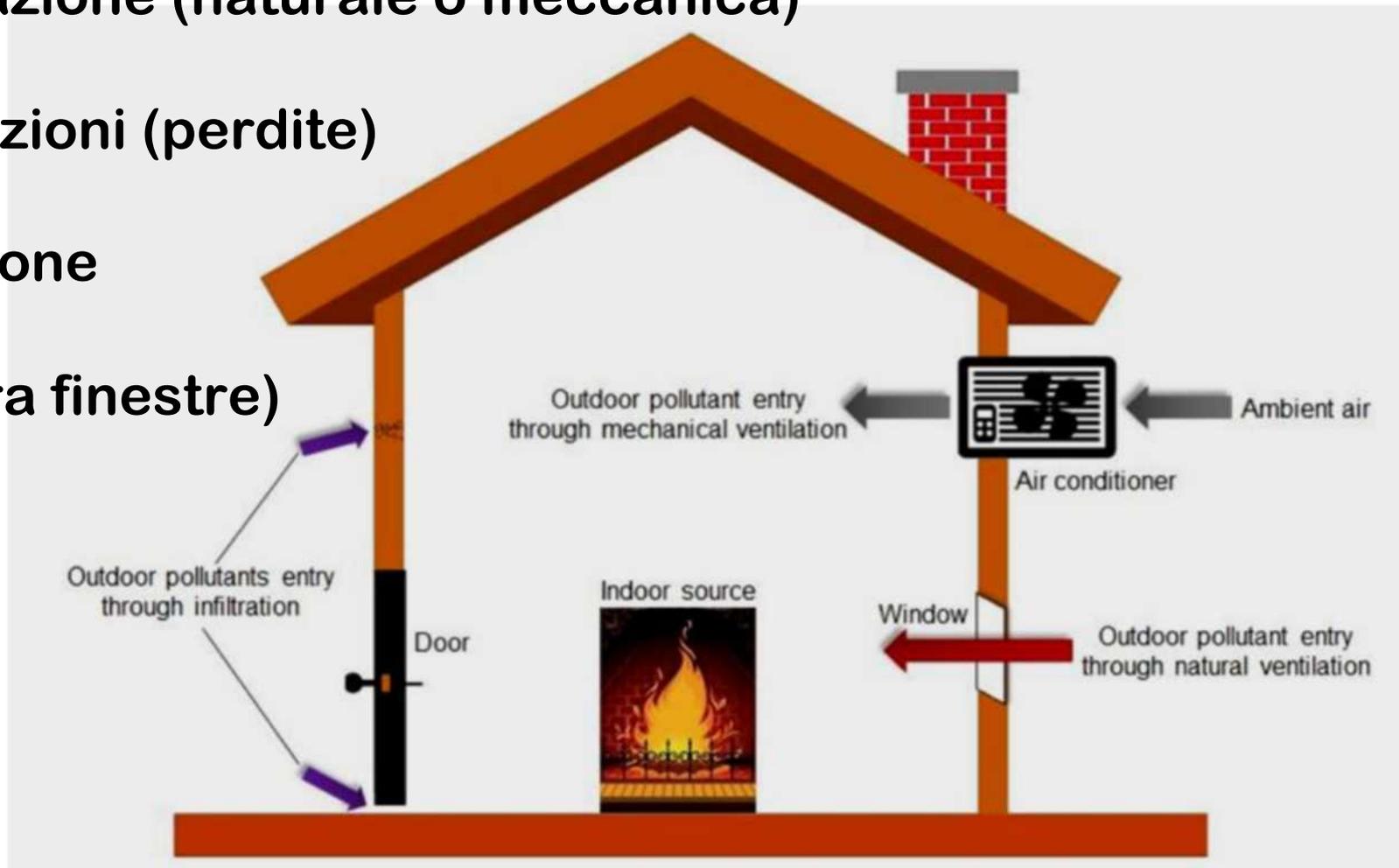
I tre meccanismi con cui l'aria esterna entra ed influenza quella interna. (Leung, 2015)

□ Ventilazione (naturale o meccanica)

□ Infiltrazioni (perdite)

□ Areazione

(apertura finestre)



UNI EN 12792:2005- Definizione di ventilazione

“Designed supply and removal of air to and from a treated space”

UNI EN 12792:2005- Definizione di aerazione

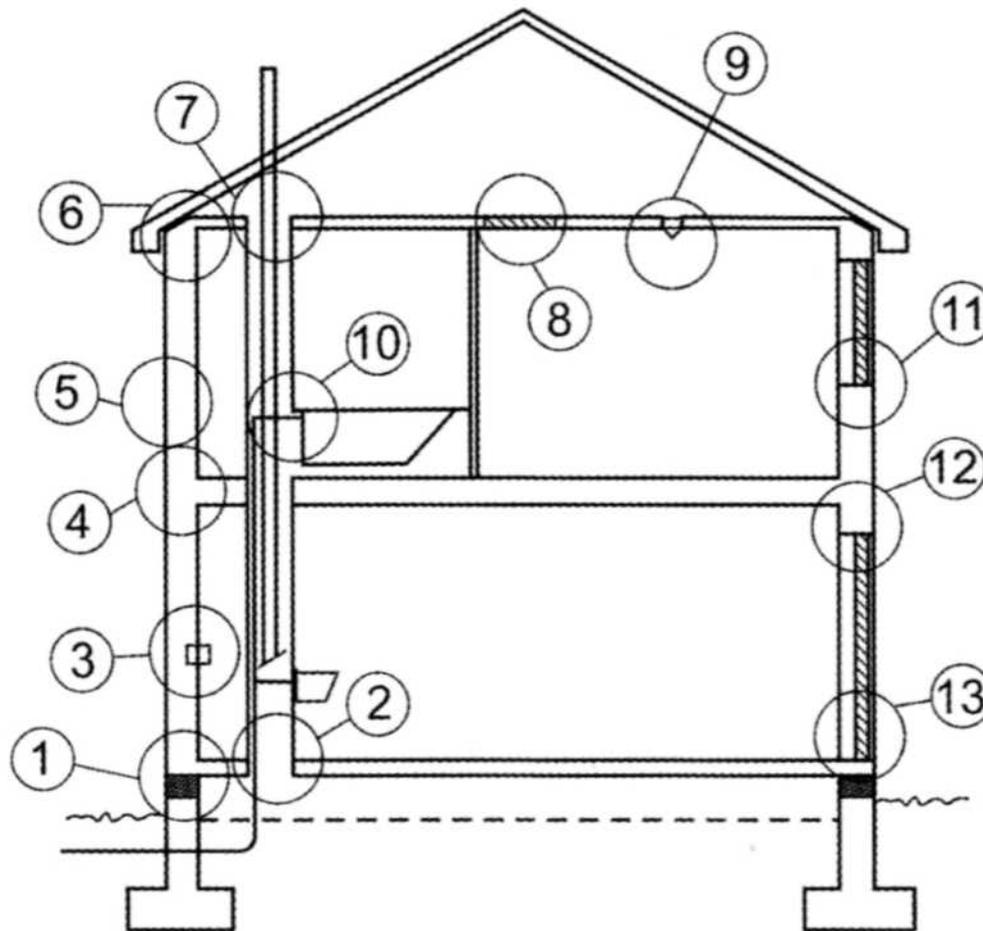
“natural ventilation by window opening”

L'aerazione, è arbitraria, dipendendo dall'utenza. Affiancarla al termine “natural ventilation”, induce a pensare all'aerazione “per quanto possibile” *controllata*. Si veda slide successiva.

UNI EN 12792:2005- La Ventilazione naturale

“Ventilation through leakage paths (infiltration) and openings (ventilation) in the building which relies on pressure differences without the aid of powered air movement components:”

La ventilazione: Da dove provengono le infiltrazioni



- 1 Giunzioni pavimento-parete
- 2 Fenditure tra tubazioni e pavimenti
- 3 Fori su pareti per passaggio di impianti elettrici
- 4 Fessure in corrispondenza ai solai
- 5 Passaggi di tubazioni di sfiato
- 6 Mancanza di tenuta tra tetto e pareti
- 7 Fenditure tra soffitto-tetto e tubazioni
- 8 Infiltrazioni attraverso botole e sportelli a scarsa tenuta
- 9 Aperture nel soffitto per corpi illuminanti
- 10 Aperture verso cavedi attraverso sportelli o pannelli
- 11 Fessure tra finestre e pareti
- 12 Fori di drenaggio
- 13 Porte e finestre a scarsa tenuta

(Raisa, et al., 2010)

La ventilazione

La norma UNI EN 12792:2005 evidenzia la differenza tra “aerazione” e “ventilazione”:

Il termine **aerazione** indica un metodo di ricambio dell’aria mediante l’apertura delle finestre.

Per **ventilazione**, invece, si intende l’immissione e la corrispondente estrazione di aria, ambedue calcolate, in e da un determinato spazio.

□ La norma UNI EN 15251:2008

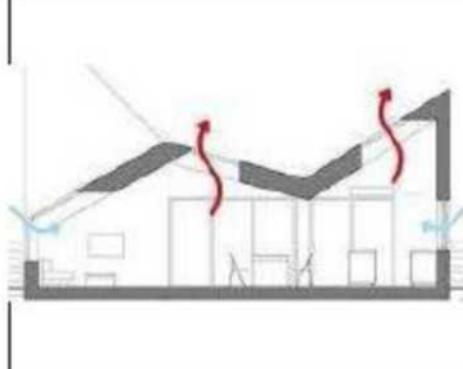
La ventilazione

- 1: Apertura dei serramenti (AERAZIONE) e infiltrazioni
- 2: Ventilazione naturale
3. Ventilazione meccanica
4. Ventilazione ibrida

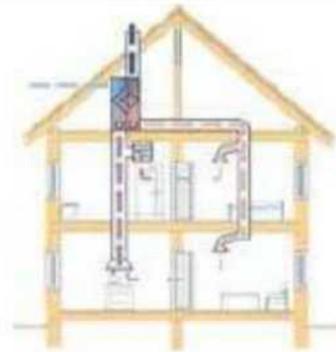
} Dimensionamento di un sistema



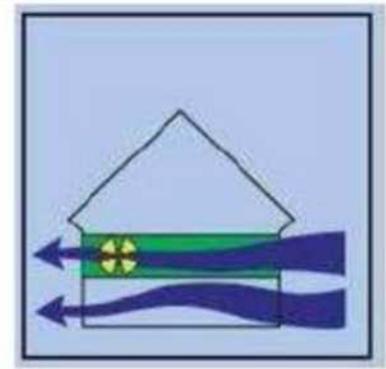
1



2



3

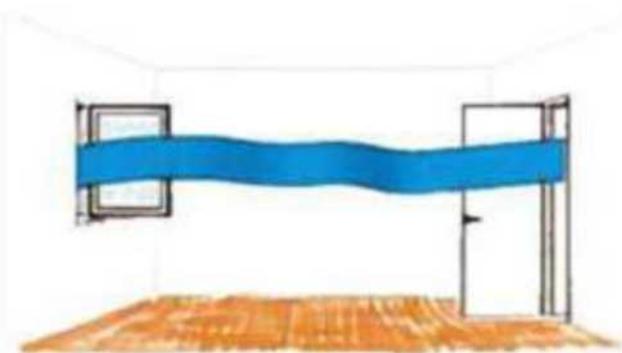


4

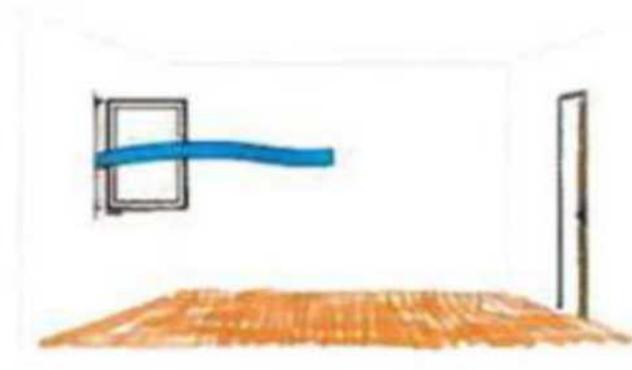
La ventilazione

Modalità e tempi di apertura delle finestre per una corretta aerazione dei locali:

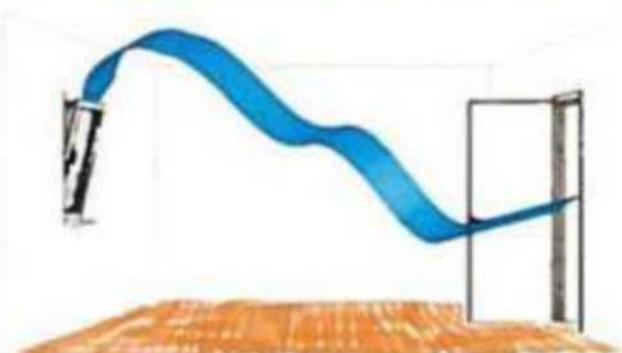
*Apertura a battente
con corrente d'aria
Inverno: 2 - 4 min.
Estate: 12 - 20 min.*



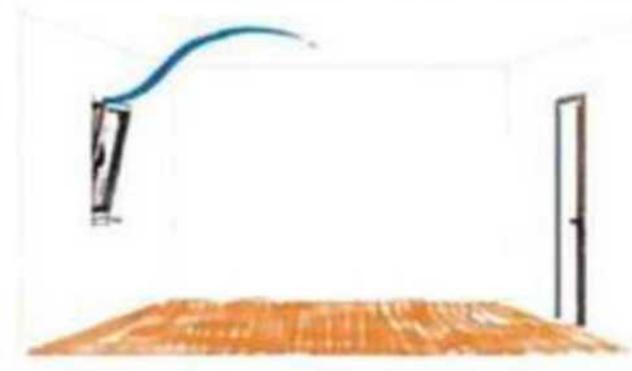
*Apertura a battente
senza corrente d'aria
Inverno: 4 - 6 min.
Estate: 25 - 30 min.*



*Apertura a ribalta
con corrente d'aria
Inverno: 4 - 6 min.
Estate: 25 - 30 min.*



*Apertura a ribalta
senza corrente d'aria
Inverno: 30 - 75 min.
Estate: 3 - 6 ore*



La ventilazione: in tasso di ricambio

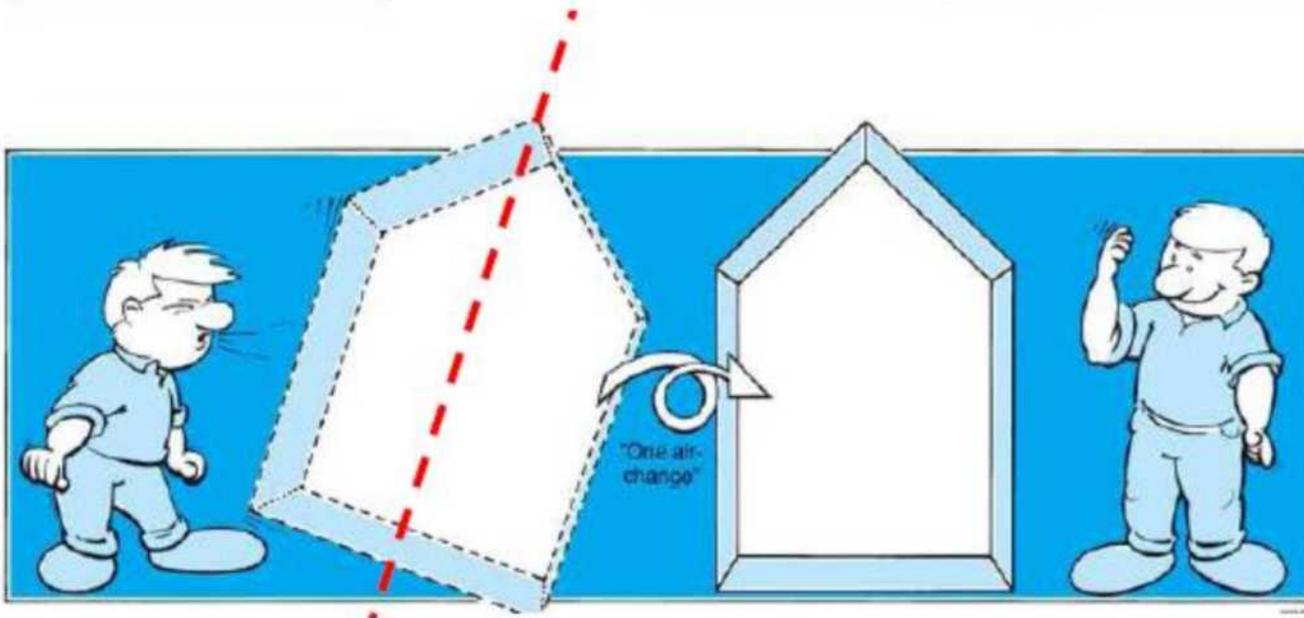
$$n = \frac{q_v}{V}$$

dove:

n = tasso di ricambio orario e ha le dimensioni $[h^{-1}]$;

q_v = portata d'aria $[m^3/h]$;

V = volume interno dell'ambiente $[m^3]$.



Esempio:

Appartamento: $300 m^3$

Ricambio: $150 m^3/h$

$n: 150/300=0,5 h^{-1}$

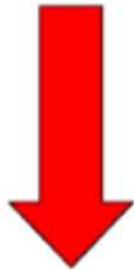
La ventilazione

PORTATA DI RICAMBIO PER INTERI ALLOGGI DI DIVERSE DIMENSIONI CON DIFFERENTI “n”

Dimensione dell'alloggio [m ²]	Volume (h=2,7m) dell'alloggio [m ³]	n=0,3 h ⁻¹ [m ³ /h]	n=0,5 h ⁻¹ [m ³ /h]	n=0,6 h ⁻¹ [m ³ /h]
40	108	32,4	54	64,8
50	135	40,5	67,5	81
60	162	48,6	81	97,2
70	189	56,7	94,5	113,4
80	216	64,8	108	129,6
90	243	72,9	121,5	145,8
100	270	81	135	162

La ventilazione

Norme per la certificazione energetica degli edifici



Tassi **convenzionali** di ventilazione
UNI TS 11300 (e sue parti)

CERTIFICATORE

Norme per la ventilazione degli edifici



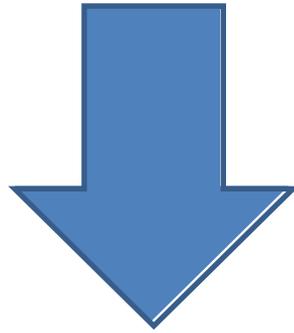
Tassi di ventilazione individuati per la tutela della salute e per il dimensionamento dei sistemi.

UNI EN 15251

UNI 10339

PROGETTISTA

Ventilazione



1 – COMFORT

2 – TUTELA DELLA SALUTE UMANA

3 – TUTELA DEL MANUFATTO EDILIZIO

4 – CONTENIMENTO DEI CONSUMI ENERGETICI

1 – COMFORT e BENESSERE



La ventilazione: Benessere igrotermico

L'equilibrio termico del corpo umano si può esprimere con la formula:

$$M \pm C - E = 0$$

Dove:

M è il calore prodotto dal corpo umano nell'unità di tempo nel processo metabolico,

C è il calore assorbito o dissipato nell'unità di tempo per conduzione (**Ca**), convezione (**Cv**) e irraggiamento (**R**),

E è il calore dissipato per evaporazione.

La ventilazione: Benessere igrotermico

- Temperature dell'aria idonea allo svolgimento delle attività previste (benessere termico)

$18^{\circ} C < t_i < 22^{\circ}$ per spazi chiusi per attività principale e secondaria,

$t_i > 4^{\circ} C$ per spazi di pertinenza destinati al deposito (cantine e simili):,

$t_i > 7^{\circ} C$ per spazi chiusi di circolazione e di collegamento ad uso comune.

La ventilazione: temperature delle superfici

- θ_i superiore alla temperatura di rugiada e in ogni modo non inferiore a 14° C
- $\theta_i \leq 27^\circ \text{ C}$ (+ 2° C di tolleranza) per pavimenti a pannelli radianti in spazi per attività principale, secondaria e per spazi di circolazione e collegamento interni all'unità immobiliare.

Per i pavimenti nei bagni è ammessa una tolleranza di 5° C .

L'umidità dell'aria

$$Q_p = Q_u - Q_e$$

dove:

Q_u = quantità di vapore d'acqua che viene espulsa in un'ora dall'ambiente considerato [Kg/h]

Q_e = quantità di vapore d'acqua che viene immessa in un'ora nell'ambiente considerato [kg/h]

Q_p = quantità di vapore d'acqua che viene prodotta in un'ora all'interno dell'ambiente considerato [kg/h].

La ventilazione

$$Q_u = n \cdot V \cdot \gamma_i \cdot X_i$$

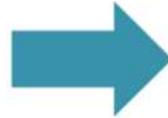
$$Q_e = n \cdot V \cdot \gamma_e \cdot X_e$$

n = numero di ricambi d'aria orario,
 V = volume dell'ambiente considerato,
 γ_i = peso specifico dell'aria secca all'interno
 X_i = umidità assoluta

- controllare il grado di umidità relativa
- assicurare le condizioni di benessere respiratorio olfattivo
- assicurare un adeguato ricambio d'aria

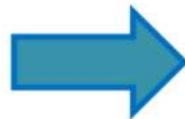
La ventilazione

1 NATURALE



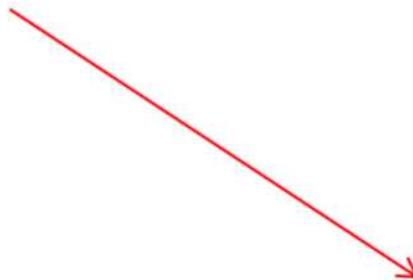
- Infiltrazioni attraverso i serramenti
- Apertura delle finestre
- sistemi a tiraggio naturale

2 MECCANICA CONTROLLATA



- Sistemi a semplice flusso
- Sistemi a doppio flusso

3 IBRIDA



Ottimizzazione dei consumi energetici – ventilazione per le reali necessità

La Ventilazione Naturale

VENTILAZIONE NATURALE



La **pressione** utilizza il principio **dell'effetto camino**: l'aria calda, più leggera di quella fredda, tende a salire richiamando altra aria fredda.

Le differenze di temperatura dei diversi locali dell'abitazione determinano una ventilazione che permette di ricambiare l'aria.

La **depressione** sfrutta **l'effetto del vento**: quando un edificio è investito dal vento, la parete direttamente esposta è soggetta a una forte pressione, mentre la parete situata dal lato opposto, (sottovento) è interessata da una depressione.

La differenza di pressione tra le due facciate è sufficiente a creare una ventilazione naturale degli ambienti.

La ventilazione: ricambi d'aria

Il livello di prestazione di ricambi d'aria orario [m^3/h].

numero di ricambi d'aria orario **n**

I ricambi d'aria si distinguono in:

- **continui**: se ottenuti attraverso la permeabilità degli infissi e attraverso le prese d'aria esterne;
- **discontinui**: se avvengono con il controllo da parte dell'utente, ad esempio, tramite l'apertura delle finestre, oppure tramite la ventilazione meccanica comandata dall'utente.

Permeabilità degli infissi

La portata di ventilazione nella 11300/1

Valutazione di progetto o standard Aerazione o ventilazione naturale:

- edifici residenziali si assume un tasso di ricambio d'aria pari a 0.3 vol/h;
- Per tutti gli altri edifici si assumono i tassi di ricambio d'aria riportati nella UNI 10339.

$$n = \frac{\left(\dot{V}_{op} \cdot n_s \cdot A \right)}{V}$$

n è il numero di ricambi d'aria previsti in funzione della destinazione d'uso, espresso in **h⁻¹**; **V_{op}** è la portata d'aria esterna richiesta nel periodo di occupazione dei locali, espressa in

m³/h per persona;

n_s è l'indice di affollamento, ossia il numero di persone ai fini progettuali per ogni metro quadrato di superficie calpestabile;

A è la superficie utile di pavimento, espressa in **m²**;

V è il volume netto dell'ambiente a temperatura controllata considerato.

La portata di ventilazione nella 11300/1

Valutazione di progetto o standard

- *Prospetto III UNI 10339-
Portate di aria esterna in edifici
adibiti ad uso civile*
- *Appendice A UNI 10339 - Indici
di affollamento per ogni metro
quadro di superficie
calpestando, ns*

Categorie di edifici	Portata di aria esterna o di estrazione		Note
	Q_{ep} (10^{-3} m ³ /s per persona)	Q_{es} (10^{-3} m ³ /s m ²)	
EDIFICI ADIBITI A RESIDENZA E ASSIMILABILI			
RESIDENZE A CARATTERE CONTINUATIVO			
- Abitazioni civili:			
• soggiorni, camere da letto	11	-	-
• cucina, bagni, servizi		estrazioni	A
- Collegi, luoghi di ricovero, case di pena, caserme, conventi:			
• sale riunioni	9*	-	-
• dormitori/camere	11	-	-
• cucina	-	16,5	-
• bagni/servizi		estrazioni	A
RESIDENZE OCCUPATE SALTUARIAMENTE			
Vale quanto prescritto per le residenze a carattere continuativo			
ALBERGHI, PENSIONI ecc.			
• ingresso, soggiorni	11	-	-
• sale conferenze (piccole)	5,5*	-	-
• auditori (grandi)	5,5*	-	-
• sale da pranzo	10	-	-
• camere da letto	11	-	-
• bagni, servizi		estrazioni	-
EDIFICI PER UFFICI E ASSIMILABILI			
• uffici singoli	11	-	-
• uffici open space	11	-	-
• locali riunione	10*	-	-
• centri elaborazione dati	7	-	-
• servizi		estrazioni	A

(segue prospetto)

Classificazione degli edifici per categoria	n_s
Edifici residenziali, collegi, luoghi di ricovero, case di pena, caserme, conventi	0,10
Alberghi, pensioni	0,05
Edifici per uffici e assimilabili	0,12
Ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili	0,08
Edifici adibiti ad attività ricreative, associative e di culto	1,00
Attività commerciali e assimilabili	0,25
Edifici adibiti ad attività sportive	0,70
Edifici adibiti ad attività scolastiche	0,50

La portata di ventilazione nella 11300/1

Valutazione di progetto o standard

▪ Per gli edifici dotati di sistemi di ventilazione meccanica a semplice flusso (aspirazione) il tasso di ricambio d'aria è fissato pari a :

$$q_{ve} = q_{ve,des} \cdot k$$

$q_{ve, des}$: portata di aria di progetto

k : coefficiente di contemporaneità di utilizzo delle bocchette aspiranti.

Si assume $k=1$ per sistemi a portata fissa

$k= 0.6$ per ventilazione igro-regolabile

• Per gli edifici dotati di sistemi di ventilazione meccanica a doppio flusso il tasso di ricambio d'aria è fissato pari a :

$$q_{ve} = q_{ve,des} (1 - \eta_{ve})$$

$q_{ve, des}$: portata di aria di progetto

η_{ve} : fattore di efficienza del recuperatore di calore nell'aria (pari a zero se assente)

Valutazione adattata all'utenza

UNI EN 13779
UNI EN 15251

**Esigenza di qualità
dell'aria interna**

UNI EN 15242

**Calcolo dettagliato
della portata di
ventilazione**

La portata di ventilazione nella 11300/1

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \times Q_{gn} = (Q_{H,tr} + Q_{H,ve}) - \eta_{H,gn} \times (Q_{int} + Q_{sol})$$

$$Q_{C,nd} = Q_{gn} - \eta_{C,ls} \times Q_{C,ht} = (Q_{int} + Q_{sol}) - \eta_{C,ls} \times (Q_{C,tr} + Q_{C,ve})$$

$$Q_{H,ve} = H_{ve} (\vartheta_i - \vartheta_e) \tau 10^{-3}$$

$Q_{H,ve}$: energia scambiata per ventilazione [kWh]

H_{ve} : coefficiente globale di scambio termico per ventilazione [W/°C]

τ : tempo considerato (base mensile) (h)

10^{-3} : fattore moltiplicativo per passare da W a kW

La ventilazione

Dispersione termica per ventilazione

- Coefficiente globale di scambio termico per ventilazione

$$H_{ve} = \rho_a c_a \sum V_k$$

V_k : portata di rinnovo di ciascuna zona con ricambi d'aria uniformi

ρ_a : densità dell'aria

c_a : calore specifico dell'aria

Il prodotto $\rho_a * c_a$ è chiamato capacità termica volumica dell'aria (0.34 W/h m³K)

$V_k = V * n$ ovvero il volume netto climatizzato moltiplicato per il numero di ricambi di aria all'ora

La ventilazione: calcolo della portata 11300:14

Tipo di ventilazione		Caratteristiche dell'impianto di ventilazione		Utenza		
				Standard		Reale
				Ventilazione di riferimento ^{a)}	Ventilazione effettiva ^{b)}	
Climatizzazione invernale + Ventilazione naturale		Nessun impianto			Punto 12.3.1	
Ventilazione meccanica	Ventilazione meccanica o ibrida ^{c)}	Estrazione centralizzata a singolo condotto		Punto 12.2	Punto 12.3.2 (ventilazione meccanica) Punto 12.3.3 (ventilazione ibrida)	Punto 12.5
		Immissione centralizzata a singolo condotto				
		Immissione ed estrazione bilanciata a doppio condotto				
	Ventilazione meccanica attraverso l'impianto di climatizzazione ^{d)}	Aria primaria in impianto di climatizzazione misto "aria/acqua"	Sola immissione			
			Immissione ed estrazione			
Ventilazione attraverso l'impianto di climatizzazione a "tutta aria"				Punto 12.3.4		

La ventilazione: calcolo della portata 11300:14

Tipo di ventilazione		Caratteristiche dell'impianto di ventilazione		Utenza				
				Standard		Reale		
				Ventilazione di riferimento ^{a)}	Ventilazione effettiva ^{b)}			
Climatizzazione invernale + Ventilazione naturale		Nessun impianto		Punto 12.2	Punto 12.3.1	Punto 12.5		
Ventilazione meccanica	Ventilazione meccanica o ibrida ^{c)}	Estrazione centralizzata a singolo condotto			Punto 12.2		Punto 12.3.2 (ventilazione meccanica) Punto 12.3.3 (ventilazione ibrida)	
		Immissione centralizzata a singolo condotto						
		Immissione ed estrazione bilanciata a doppio condotto						
	Ventilazione meccanica attraverso l'impianto di climatizzazione ^{d)}	Aria primaria in impianto di climatizzazione misto "aria/acqua"	Sola immissione		Punto 12.2		Punto 12.3.4	
			Immissione ed estrazione					
		Ventilazione attraverso l'impianto di climatizzazione a "tutta aria"						



Ventilazione di riferimento: per il calcolo delle prestazioni termiche del fabbricato (= solo involucro)
Coincide con la ventilazione naturale

La ventilazione: calcolo della portata 11300:14

Tipo di ventilazione		Caratteristiche dell'impianto di ventilazione		Utenza		
				Standard		Reale
				Ventilazione di riferimento ^{a)}	Ventilazione effettiva ^{b)}	
Climatizzazione invernale		Nessun impianto		Punto 12.3.1		
Ventilazione naturale				Punto 12.3.2 (ventilazione meccanica) Punto 12.3.3 (ventilazione ibrida)		
Ventilazione meccanica	Ventilazione meccanica o ibrida ^{c)}	Estrazione centralizzata a singolo condotto		Punto 12.2	Punto 12.5	
		Immissione centralizzata a singolo condotto				
		Immissione ed estrazione bilanciata a doppio condotto				
	Ventilazione meccanica	Aria primaria in impianto di climatizzazione misto "aria/acqua"	Sola immissione			
Immissione ed						

Ventilazione naturale $q_{ve,n} = q_{ve,0} \cdot f_{ve,t}$

$q_{ve,0}$ portata di ventilazione minima di progetto (a partire dalla portata di progetto UNI 10339:1995)

I fattori di correzione f_{ve} riportati in Appendice E tengono conto dell'effettivo profilo di utilizzo

La ventilazione: calcolo della portata 11300:14

Tipo di ventilazione	Caratteristiche dell'impianto di ventilazione	Utenza	
		Standard	Reale
		Ventilazione di riferimento ^{a)}	Ventilazione effettiva ^{b)}
Climatizzazione invernale + Ventilazione naturale	Nessun impianto		Punto 12.3.1
Ventilazione meccanica o ibrida ^{c)}	Estrazione centralizzata a singolo condotto Immissione centralizzata a singolo condotto		Punto 12.3.2 (ventilazione meccanica) Punto 12.3.3



Ventilazione meccanica $q_{ve,m} = (\overline{q'_{ve,x}}) \cdot (1 - \beta_k) + (q_{ve,f} \cdot b_{ve} \cdot FC_{ve} + \overline{q_{ve,x}}) \cdot \beta_k$

I numerosi parametri tengono conto di:

- frazione dell'intervallo temporale di calcolo con ventilazione meccanica (β_k)
- effetti delle infiltrazioni nel periodo di non funzionamento ($\overline{q'_{ve,x}}$)
- differenza di temperatura del flusso (b_{ve})
- efficienza della regolazione dell'impianto (FC_{ve})
- ventilazione naturale termica e trasversale ($\overline{q_{ve,x}}$)

La ventilazione: calcolo della portata 11300:14

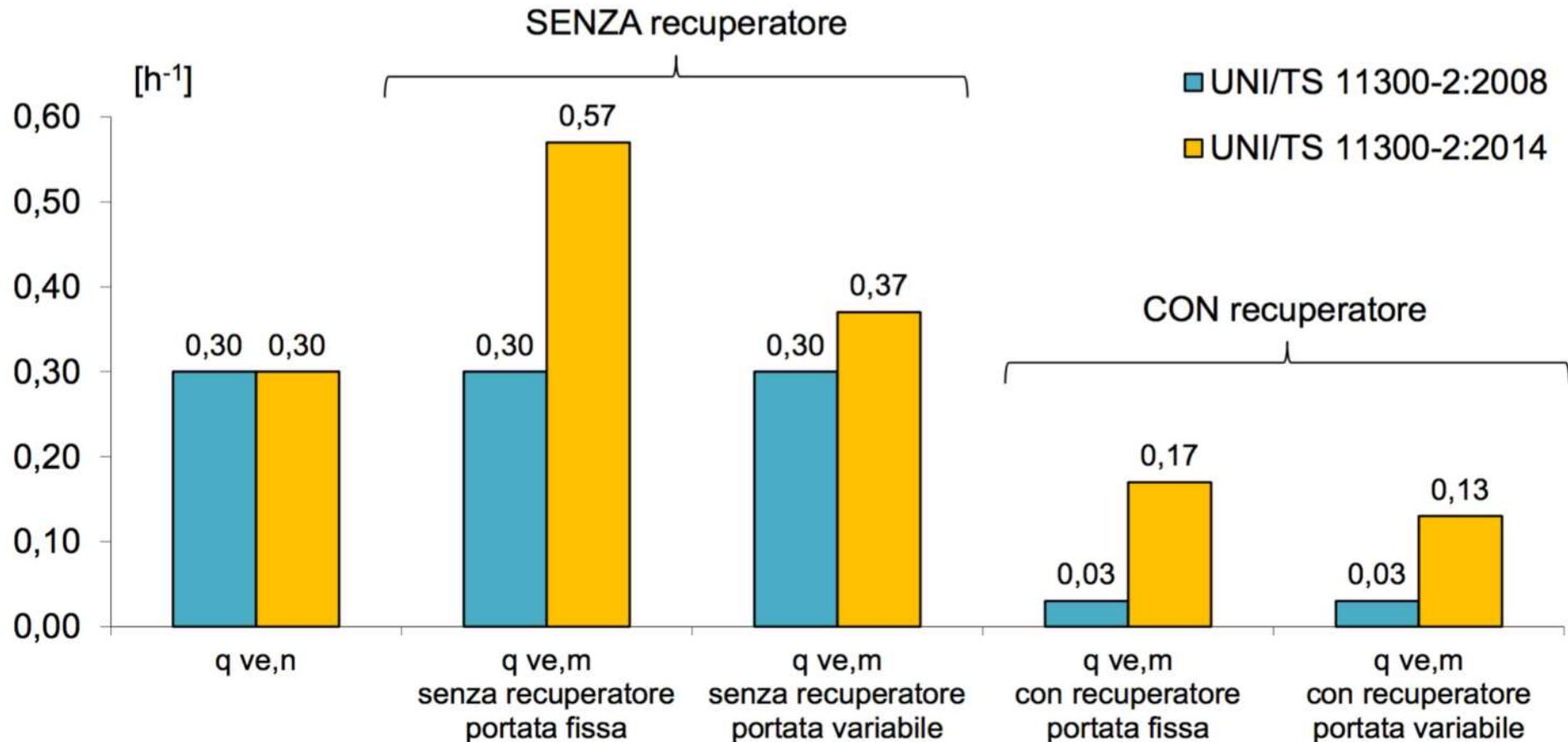
Tipo di ventilazione		Caratteristiche dell'impianto di ventilazione		Utenza		
				Standard		Reale
				Ventilazione di riferimento ^{a)}	Ventilazione effettiva ^{d)}	
Climatizzazione invernale + Ventilazione naturale		Nessun impianto			Punto 12.3.1	Punto 12.5
Ventilazione meccanica	Ventilazione meccanica o ibrida ^{c)}	Estrazione centralizzata a singolo condotto		Punto 12.2	Punto 12.3.2 (ventilazione meccanica)	
		Immissione centralizzata a singolo condotto			Punto 12.3.3 (ventilazione ibrida)	
		Immissione ed estrazione bilanciata a doppio condotto				
	Ventilazione meccanica attraverso l'impianto di climatizzazione ^{d)}	Aria primaria in impianto di climatizzazione misto "aria/acqua"	Sola immissione		Punto 12.3.4	
			Immissione ed estrazione			
Ventilazione attraverso l'impianto di climatizzazione a "tutta aria"						



Ventilazione ibrida
 Impiego alternato di ventilazione meccanica e naturale

La ventilazione: calcolo della portata 11300:14

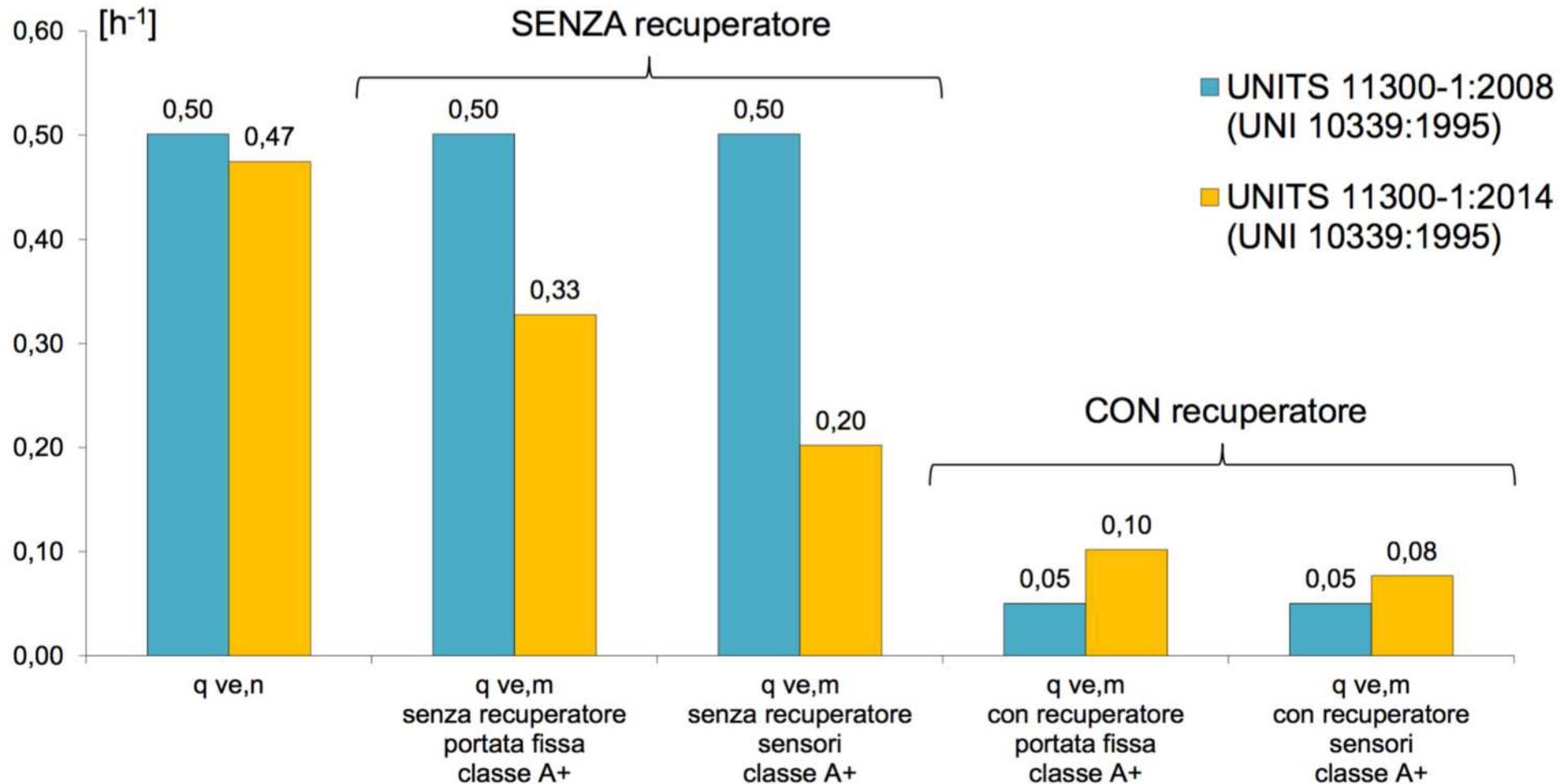
Calcolo della portata di ventilazione – Categoria E.1 - Residenziale



Portata specifica di ventilazione effettiva per la categoria residenziale, edificio in posizione periferica. Confronto tra le diverse normative.

La ventilazione: calcolo della portata 11300:14

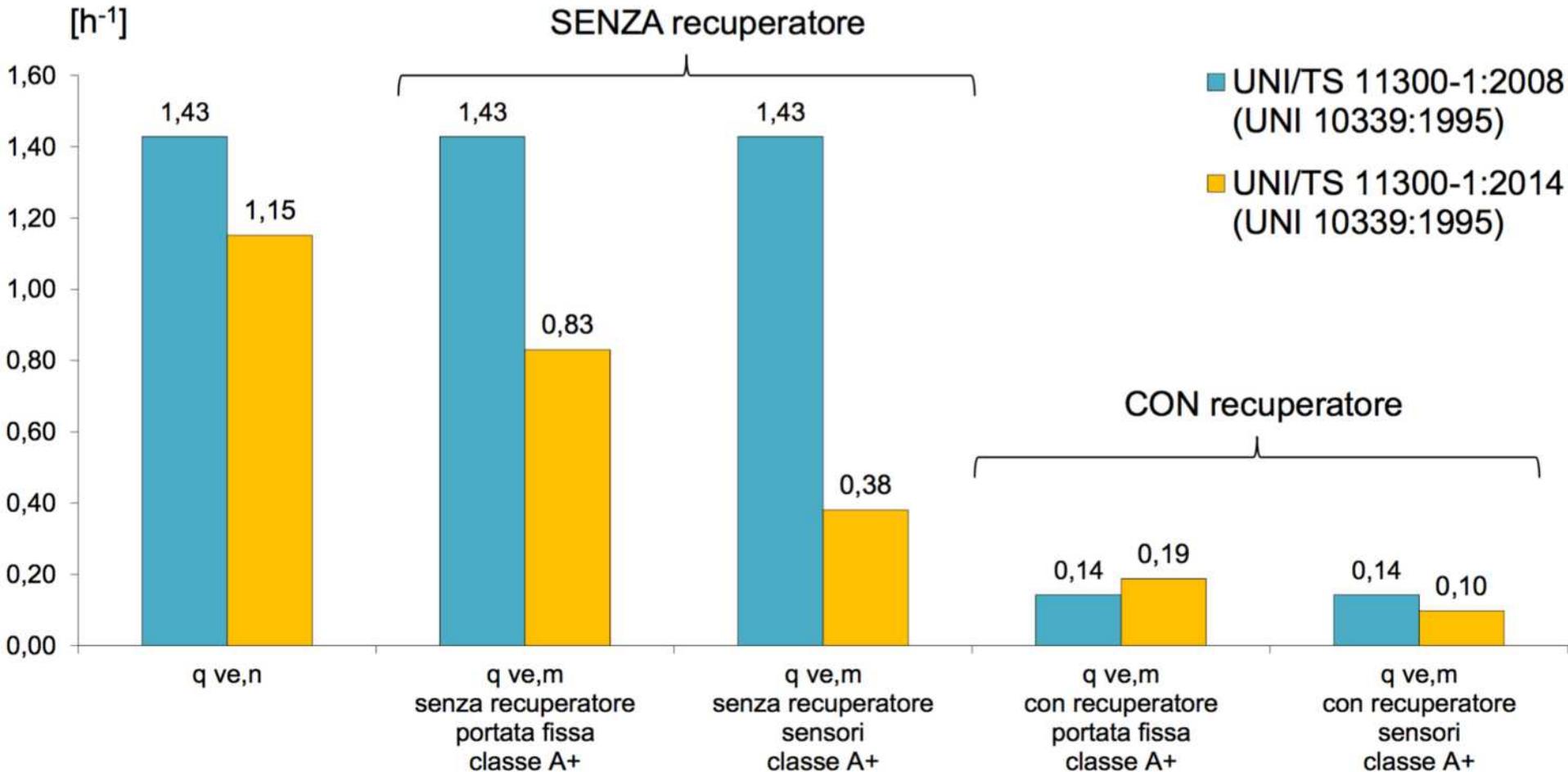
Calcolo della portata di ventilazione – Categoria E.2 - Uffici



Portata specifica di ventilazione efficace naturale e meccanica per uffici singoli in edificio classe A+. Confronto tra le diverse normative.

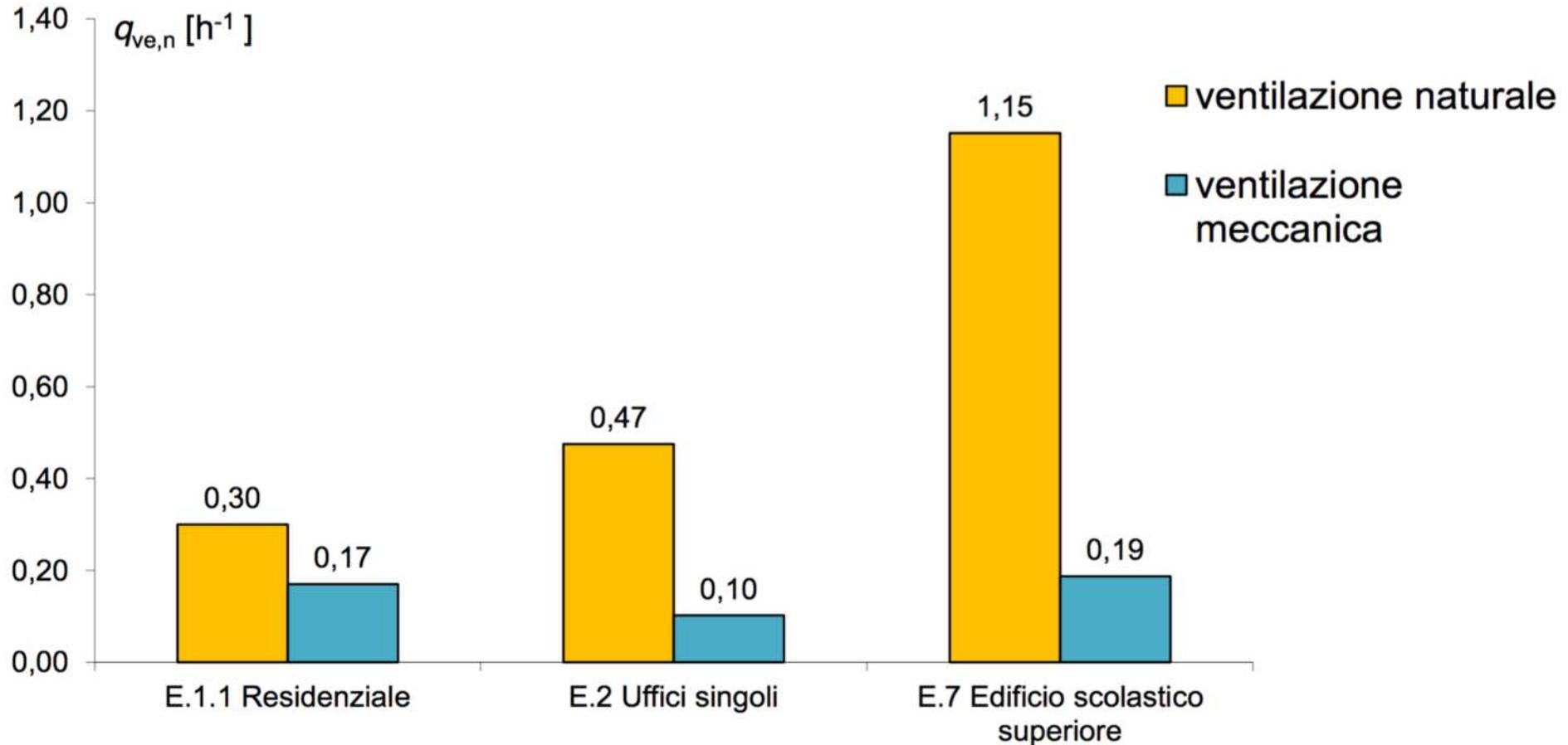
La ventilazione: calcolo della portata 11300:14

Calcolo della portata di ventilazione – Categoria E.7 – Edifici scolastici



La ventilazione: calcolo della portata 11300:14

Calcolo della portata di ventilazione – Normativa vigente: UNI 11300-1:2014 +UNI 10339:1995



Portata specifica di ventilazione effettiva naturale e meccanica (a portata fissa con recuperatore di calore), calcolata per le categorie residenziale, uffici singoli e scuola superiore.

La ventilazione: calcolo della portata 11300:14

p.to 5.3 Umidificazione e deumidificazione

umidificazione, $Q_{H,hum,nd}$, e

deumidificazione, $Q_{C,dhum,nd}$,

$$Q_{H,hum,nd} = - \min [0 ; Q_{wv,int} - Q_{H,wv,ve}]$$

$$Q_{C,dhum,nd} = \max [0 ; Q_{wv,int} - Q_{C,wv,ve}]$$

$Q_{wv,int}$ = entalpia dovuta agli apporti interni

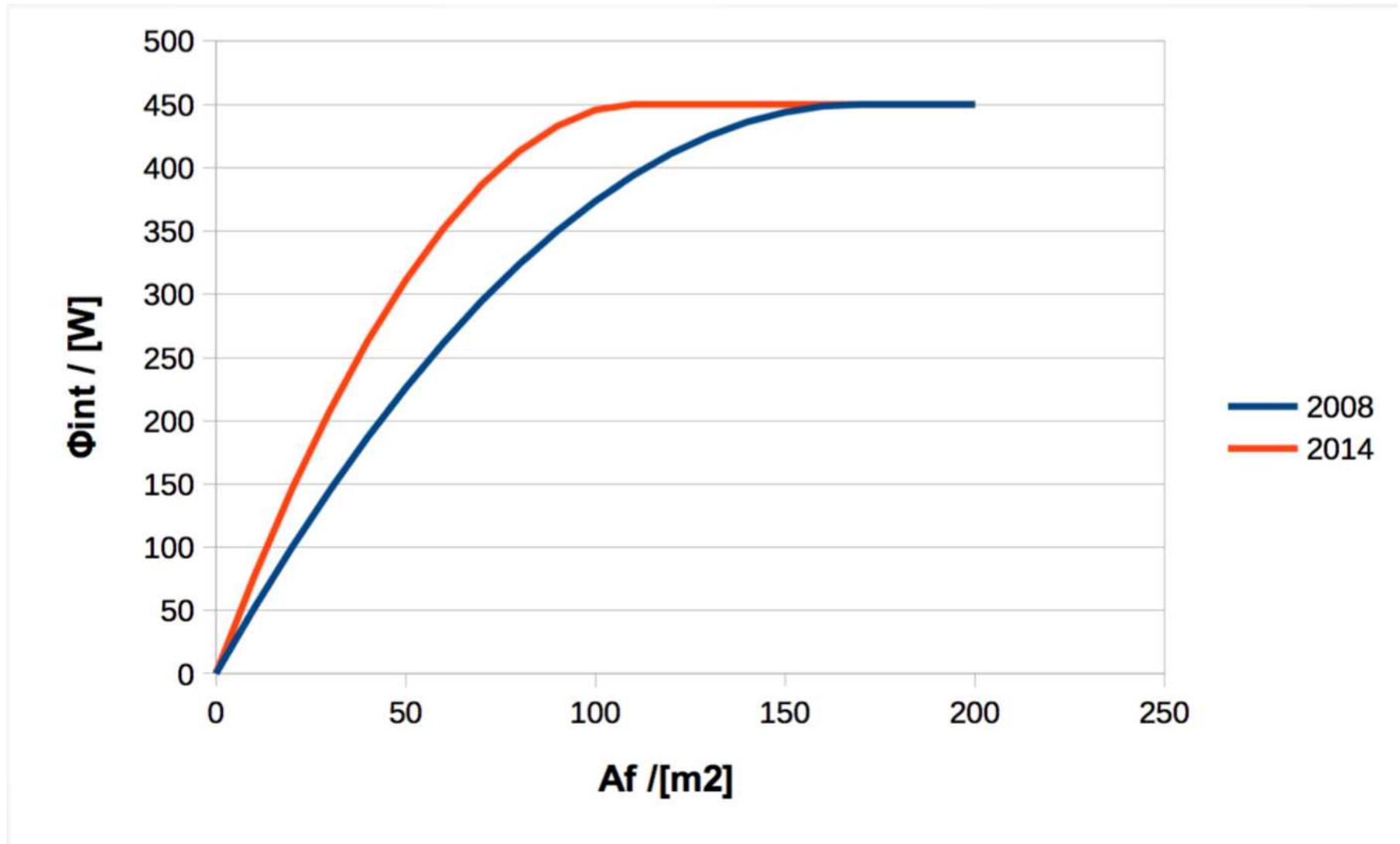
$Q_{H,hum,nd}$ e $Q_{C,dhum,nd}$ = entalpia introdotta nell'ambiente per

infiltrazioni, aerazione e/o ventilazione, rispettivamente, nel periodo invernale ed estivo

La ventilazione: calcolo della portata 11300:14

p.to 13 Apporti termici interni

(il max resta 450 W):



La ventilazione

TITOLO - Ergonomia degli ambienti termici	NORMA
Impianti aeraulici a fine di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'ordine, la fornitura	UNI CTI 10339: 1995
Ventilazione degli edifici - Simboli, terminologia e simboli grafici.	UNI EN 12792: 2005
Ventilazione degli edifici non residenziali - Requisiti di prestazione.	UNI EN 13779: 2005
Prestazione termica degli edifici - Coefficienti di trasferimento del calore per trasmissione e ventilazione - Metodo di calcolo	UNI EN ISO 13789: 2008
Ventilazione degli edifici - Metodi di calcolo per la determinazione delle portate d'aria negli edifici, comprese le infiltrazioni	UNI EN 15242: 2008
Ventilazione degli edifici - Metodi di calcolo delle perdite di energia dovute alla ventilazione e alle infiltrazioni in edifici commerciali	UNI EN 15241, 2008
Impianti di riscaldamento negli edifici - Metodo di calcolo del carico termico di progetto	UNI EN 12831:2006
Criteria for the Indoor Environment including thermal, indoor air quality (ventilation), light and noise	UNI EN 15251:2008
Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale.	UNI TS 11300-1:2008
Ventilazione degli edifici - Prestazione energetica degli edifici - Linee guida per l'ispezione dei sistemi di ventilazione	UNI EN 15239, 2008
Ventilazione degli edifici - Prestazione energetica degli edifici - Linee guida per l'ispezione degli impianti di climatizzazione	UNI EN 15240: 2008

NORMA
EUROPEA

Criteria per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici, in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica

UNI EN 15251

FEBBRAIO 2008

Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics

La norma specifica:

- i parametri relativi all'ambiente interno che influiscono sulla prestazione energetica degli edifici;
- la modalità per definire dei parametri di input relativi all'ambiente interno per la valutazione dell'edificio inteso come sistema e per i calcoli della prestazione energetica;
- i metodi per la valutazione a lungo termine dell'ambiente interno ottenuta, a partire dal calcolo o da risultati di misure;
- i criteri di misurazione che potrebbero essere utilizzati, se necessario, per valutare la conformità per mezzo di un'ispezione;
- i parametri da utilizzare ed esporre negli ambienti interni negli edifici esistenti;
- il modo in cui le diverse categorie di criteri relativi all'ambiente interno possono essere utilizzate, anche se non impone i criteri che devono essere utilizzati.

3.3

buildings, very low-polluting

buildings where an extraordinary effort has been done to select low-emitting materials and activities with emission of pollutants are prohibited and no previous emitting sources (like tobacco smoke) was present

NOTE Criteria are listed in Annex G.

3.4

buildings, low-polluting

buildings where an effort has been done to select low-emitting materials and activities with emission of pollutants are limited or prohibited

NOTE Criteria are listed in Annex G

3.5

buildings, not low-polluting

old or new buildings where no effort has been done to select low-emitting materials and activities with emission of pollutants not prohibited

NOTE Previous emissions (like tobacco smoke) may have taken place.

Descrizione delle categorie di qualità dell'edificio

Categ.	Spiegazione
I	Alto livello di aspettativa; è raccomandata per spazi occupati da persone molto sensibili e fragili (come persone con handicap, ammalati, bambini molto piccoli o anziani) che hanno bisogno di requisiti specifici.
II	Livello normale di aspettativa; dovrebbe essere utilizzata per le nuove costruzioni o per le ristrutturazioni.
III	Un accettabile moderato livello di aspettativa; dovrebbe essere usata per gli edifici esistenti.
IV	Valori al di fuori dei criteri delle precedenti categorie; questa categoria dovrebbe essere accettata solo per una limitata parte dell'anno.

SIAMO ARRIVATI QUI

6.4 - INDOOR AIR QUALITY AND VENTILATION RATES

6.3.2 Residential buildings

Indoor air quality in residential buildings depends of many parameters and sources like number of persons (time of occupation), emissions from activities (smoking, humidity, intensive cooking), emissions from furnishing, flooring materials and cleaning products, hobbies etc. Humidity is of particular concern in residential ventilation as most of adverse health effects and building disorder (condensation, moulds,) is related to humidity. Several of these sources cannot be influenced or controlled by the designer.

Required design ventilation rates shall be specified as an air change per hour for each room, and/or outside air supply and/or required exhaust rates (bathroom, toilets, and kitchens) or given as an overall required air-change rate. Most national regulations and codes give precise indications on detailed airflows per room and shall be followed. The required rates shall be used for designing mechanical-, natural- and exhaust ventilation systems.

This standard gives, in B.2, default values to use in case no national regulation is available.

La ventilazione deve essere un'operazione continuativa, gli ambienti sono occupati.

7.3 Indoor air quality and ventilation

7.3.2 Residential buildings

7.3.2.1 Mechanical ventilation

In residential buildings the minimum ventilation rate is usually constant as specified in the design (Clause 6, B.2) during occupied hours.

Residential buildings should be ventilated during unoccupied periods with a lower ventilation rate than during the occupied period. This minimum ventilation rate shall be defined based on the pollution load of the spaces. If no national regulation is available the values in B.4 are recommended.

La portata può essere variabile

Principio di realizzazione della ventilazione

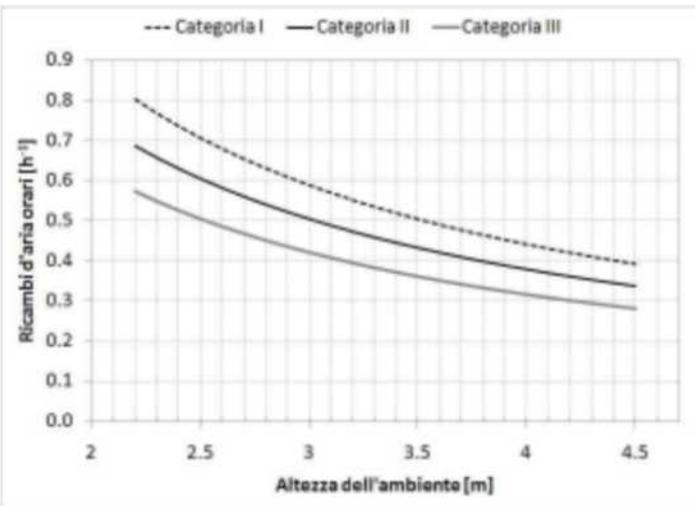


B.2 Recommended design ventilation rates in residential buildings

IAQ achieved depends mainly on three criteria:

- Exhaust of pollutions in wet rooms (bathroom, kitchen, toilets)
- General ventilation of all rooms in the dwelling
- General ventilation of all rooms in the dwelling with fresh air criteria in the main room (bed and living rooms)

Tab. B5 – Example of ventilation rates for the residences. Continuous operation of ventilation **during occupied hours**. Complete mixing.



Categoria	Portate d'aria e tassi di ricambio ^a		Soggiorni, stanze da letto. Portate di aria esterna		Portate di estrazione dell'aria (4) [L/s]		
	[L/(s m ²)] (1)	[h ⁻¹]	[L/s] per persona ^b (2)	[L/(s m ²)] (3)	Cucine (4a)	Bagni (4b)	Servizi igienici (4c)
I	0,49	0,7 (0,65)	10	1,4	28	20	14
II	0,42	0,6 (0,56)	7	1	20	15	10
III	0,35	0,5 (0,47)	4	0,6	14	10	7

Note:

a) Le portate espresse in L/(s m²) e i tassi di ricambio espressi in h⁻¹ si corrispondono per un'altezza d'ambiente pari a 2,5 m, come in UNI EN 15251; tra parentesi sono riportati i tassi di ricambio riferiti ad un'altezza di 2,7 m.

b) Il numero di occupanti in un edificio residenziale può essere stimato dal numero di camere da letto; devono essere usate le assunzioni effettuate a livello nazionale, se esistenti; esse possono essere diverse per i calcoli energetici e per quelli relativi alla qualità dell'aria.
1, 2, 3, 4, 4a, 4b, 4c: riferimenti per la procedura di calcolo riportata in questo paragrafo.

EVOLUZIONE TECNOLOGICA DEGLI EDIFICI



Ieri:

Numerose fughe, **infiltrazioni**
attraverso i serramenti
ed alti consumi per il riscaldamento.

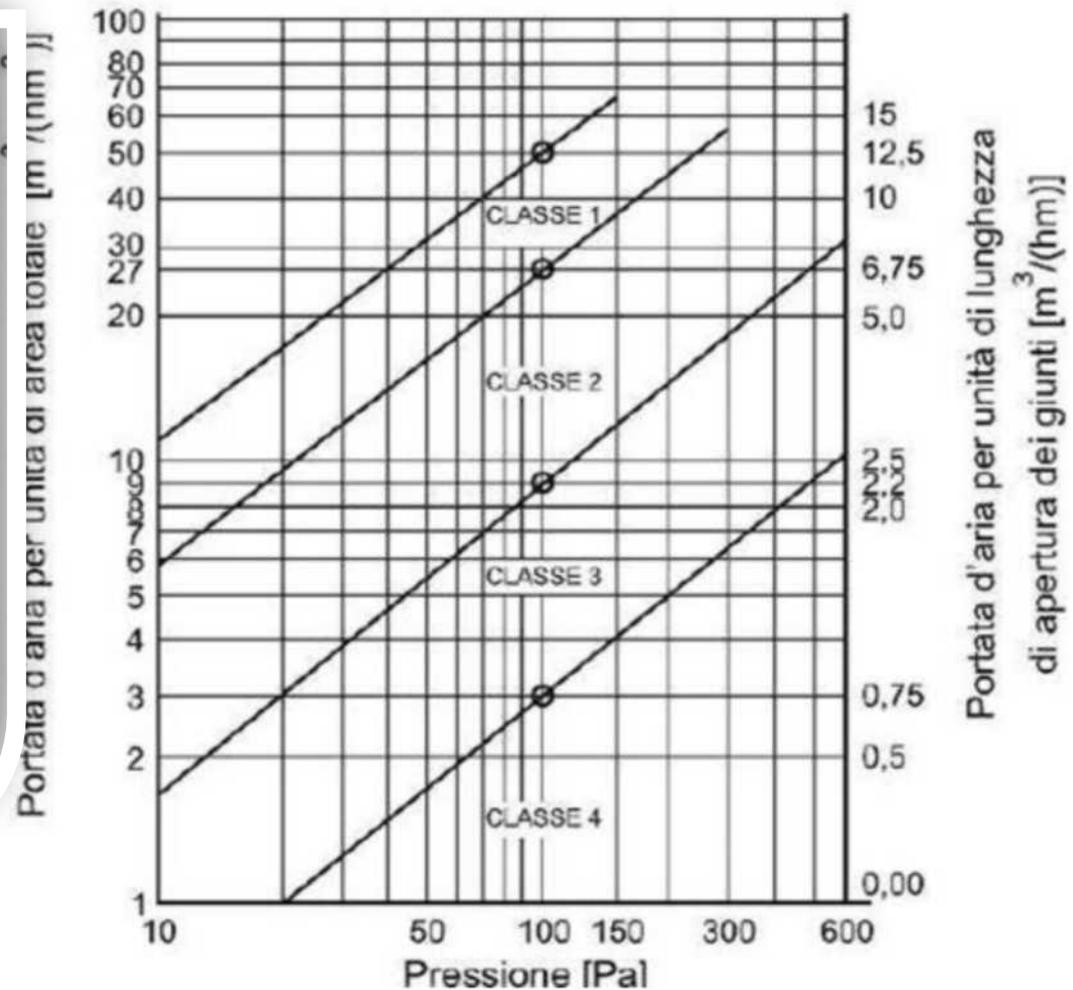
Oggi:

Edifici ermetici, non permeabili all'aria
esterna.

Il rinnovo per infiltrazione è impossibile.



Classificazione dei serramenti (UNI EN 12207:1999)



Caratteristiche serramenti produzione attuale:

- buono / ottimo isolamento termico;
- buon potere fonoisolante;
- ridotte / trascurabili infiltrazioni d'aria.

Ricambio d'aria
insufficiente

SVANTAGGI DELL'AERAZIONE

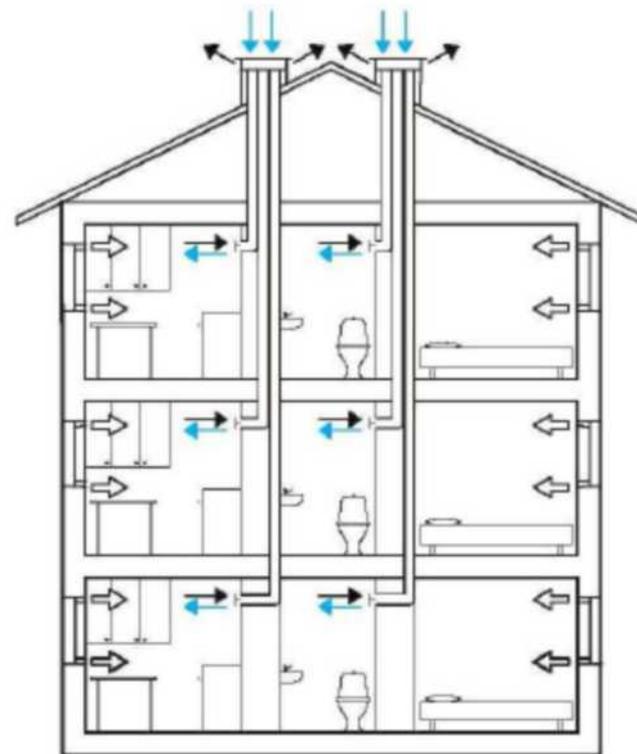


→ **finestre** : una finestra aperta di 2 m² lascia entrare in media una portata di circa 2000 m³/h (in inverno);

→ **In media**: la finestra si apre circa alcuni minuti al mattino nelle stanze da letto e a mezzogiorno e sera nella cucina/soggiorno.

Svantaggi:

- Mancanza di controllo della portata di aria
- Perdita di energia nella stagione fredda
- Ingresso di aria troppo calda in estate o troppo fredda in inverno
- Mancanza di controllo sulla quantità dell'aria di rinnovo (possibilità di inquinanti)
- Possibile aumento della rumorosità in ambiente
- Possibile fastidio causato da correnti d'aria
- Necessità della progettazione integrata
- Poca versatilità



- Nella ventilazione forzata l'aria viene estratta e immessa regolandone opportunamente la portata.
- La movimentazione dell'aria è ottenuto mediante *ventilatori*.
- Il ricambio dell'aria è fornito da *condotte di ventilazione forzata* collegate con gli ambienti interni da *griglie di aspirazioni* (per la rimozione dell'aria viziata o inquinata) e da *diffusori* (per l'immissione di aria nuova).

- **La ventilazione meccanica garantisce:**
 - comfort migliore;
 - tutela della salute umana;
 - tutela del manufatto edilizio;
 - ottimizzazione dei consumi energetici;
 - possibilità di filtrazione dell'aria.

- **La ventilazione meccanica controllata (VMC) inoltre garantisce:**
 - portate d'aria di immissione/estrazione in quantità prestabilite (ventilazione ad hoc);
 - possibilità di variare tali portate dell'aria in funzione delle condizioni ambiente (aumento o diminuzione dell'umidità ambiente, presenza o meno delle persone,...);
 - possibilità di recupero di calore sull'aria espulsa tramite scambiatori di calore;

Sistemi a portata fissa



Minima ventilazione
imposta per legge
(0,5 vol/h)

**Sistemi a portata
variabile**



Controllo
sulla base di
un
parametro
specifico



- CO₂
- UR
(igroregolabile)

**Sistemi a portata
fissa con recupero di
calore**



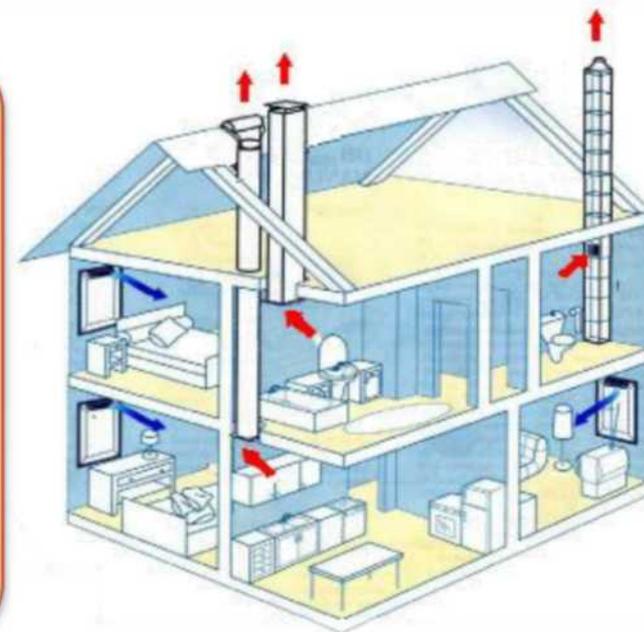
- Statico
- Termodinamico

Ventilazione meccanica - tipologie di flusso

**Semplice
flusso**



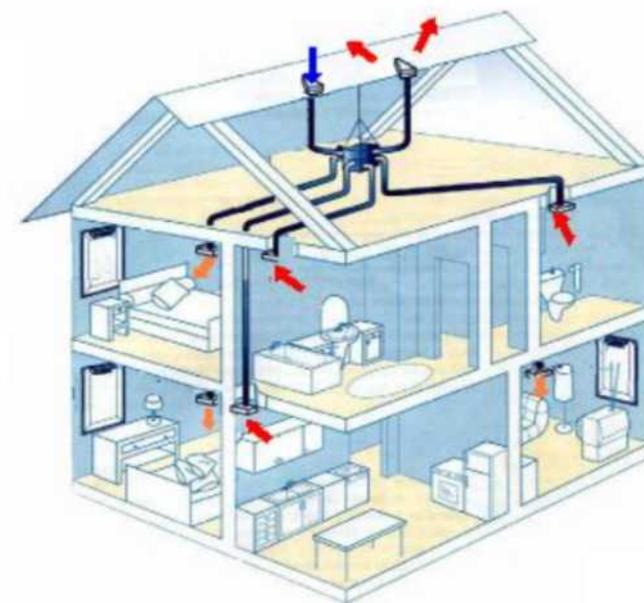
Il sistema prevede l'estrazione meccanica dell'aria viziata mentre l'afflusso dell'aria esterna avviene attraverso bocchette munite di dispositivi di autoregolazione della portata.

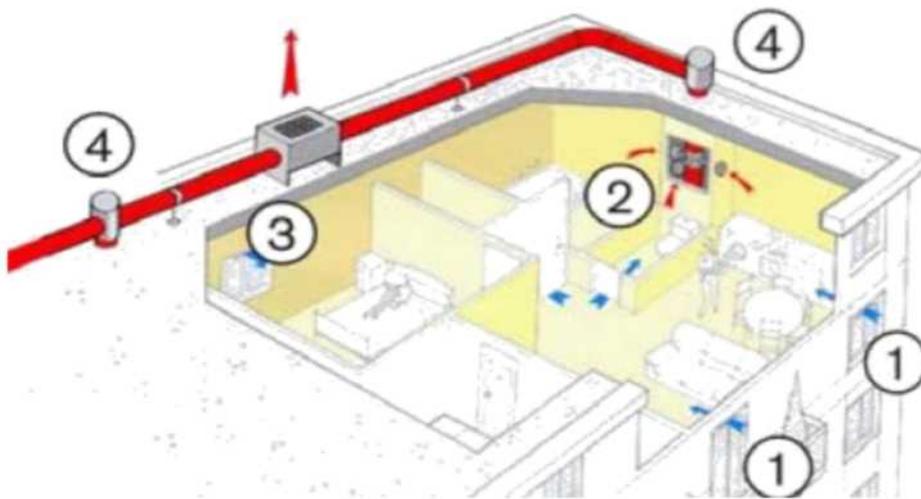


**Doppio
flusso**



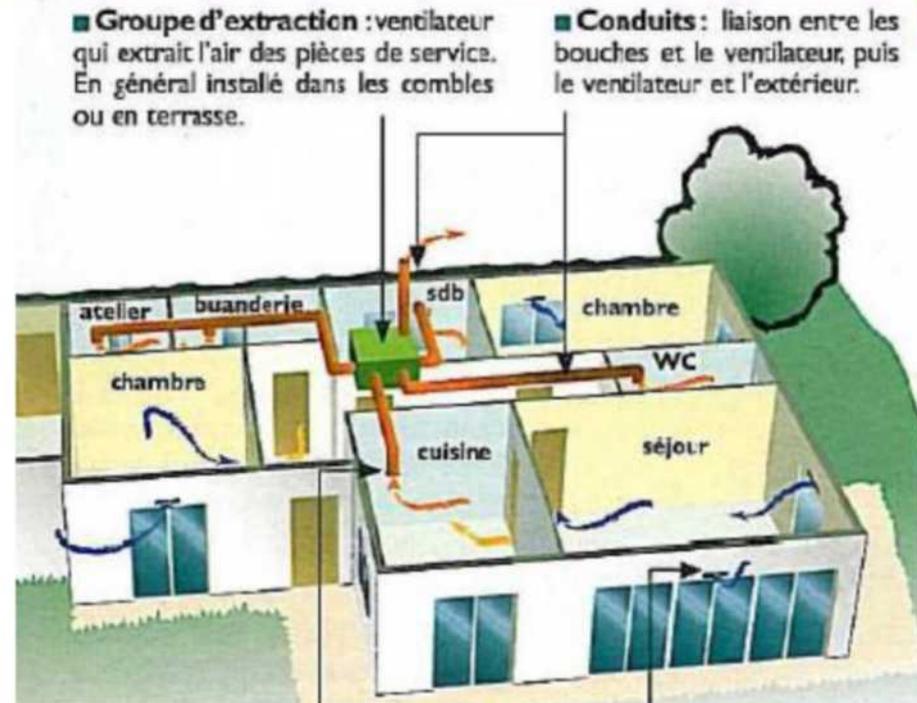
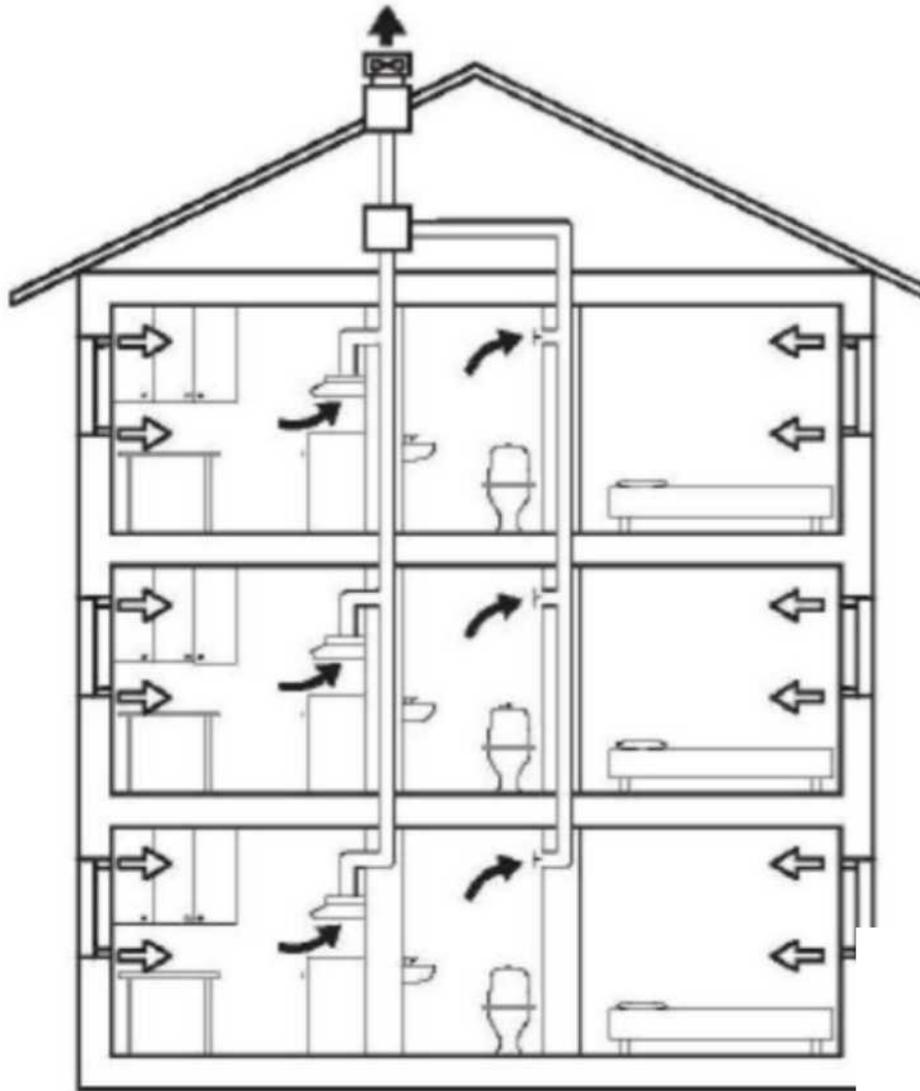
Il sistema prevede l'estrazione meccanica dell'aria viziata e la contemporanea immissione dell'aria di rinnovo che può essere preventivamente filtrata e/o preriscaldata prima di essere immessa.





- 1) Ingressi aria
- 2) Gruppo estrazione
- 3) Condotti ed accessori
- 4) Uscita a tetto

VMC a semplice flusso



■ **Groupe d'extraction** : ventilateur qui extrait l'air des pièces de service. En général installé dans les combles ou en terrasse.

■ **Conduits** : liaison entre les bouches et le ventilateur, puis le ventilateur et l'extérieur.

Les pièces de service par exemple leur...

Les pièces de service par exemple leur...
sont situées dans les pièces de vie, en partie haute des menuiseries ou des volets roulants. Elles peuvent être isolées, hygro-régulables ou acoustiques pour éviter la pénétration du bruit extérieur.

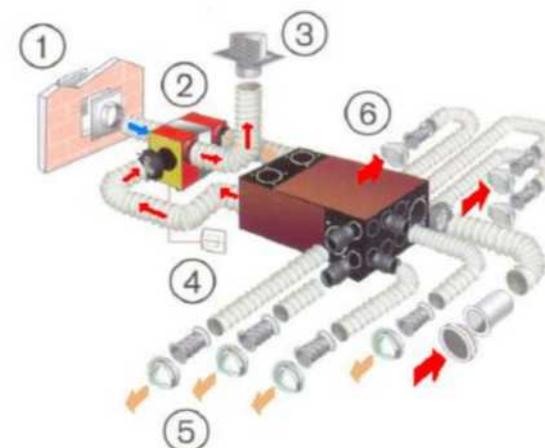
Vantaggi:

- Controllo della portata d'aria
- Possibilità di integrazione con la ventilazione naturale
- Indipendenza da fattori meteorologici incostanti o comportamenti casuali degli occupanti
- Adattabilità alle condizioni climatiche stagionali
- Limitazione della rumorosità in ambiente
- Controllo della velocità dell'aria in ambiente

Svantaggi:

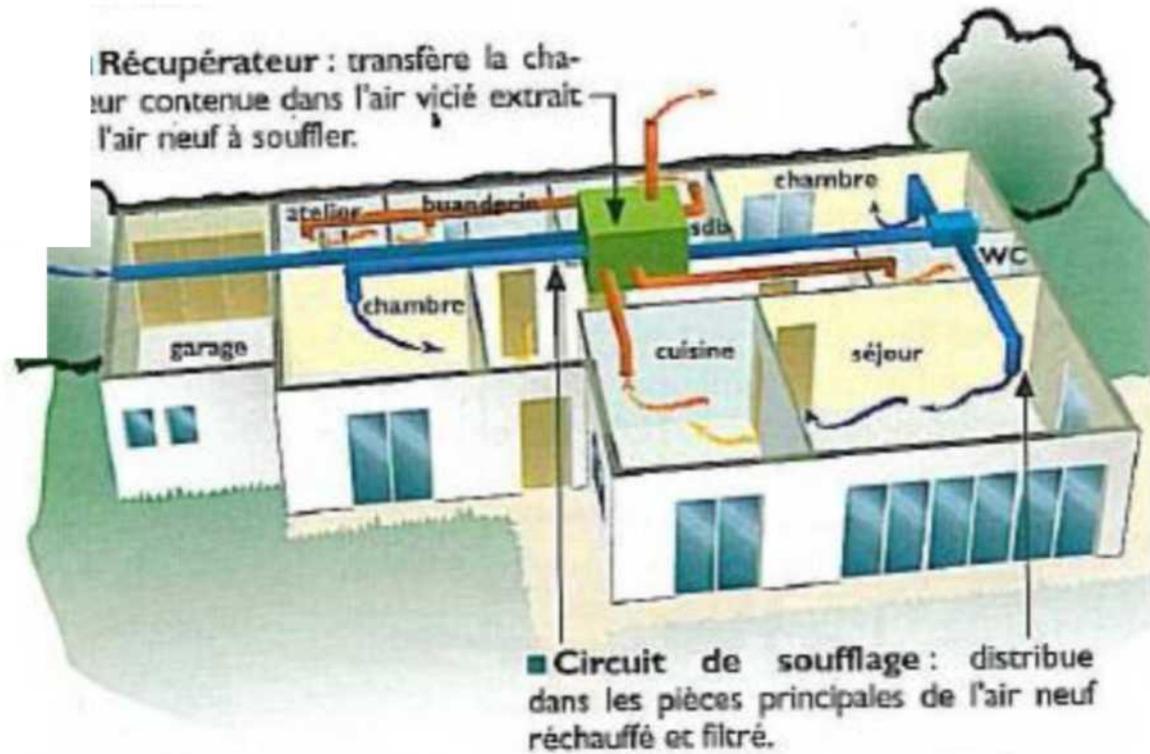
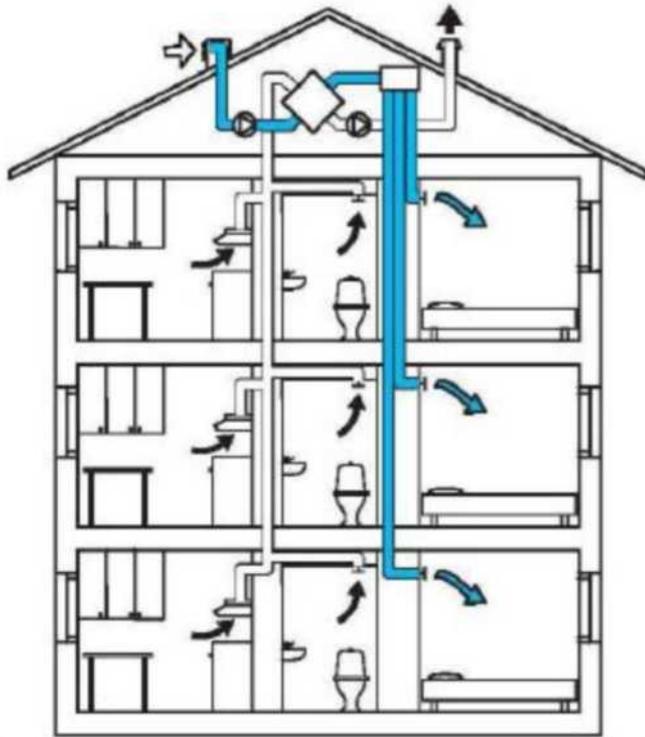
- Costo dell'impianto e della conduzione dello stesso
- Impossibilità di controllo sulla qualità dell'aria di rinnovo
- Perdita di energia nella stagione fredda
- Ingresso di aria troppo calda in estate

- *Un impianto a doppio flusso provvede meccanicamente sia alla mandata che alla ripresa dell'aria in ambiente.*
- L'estrazione avviene come per gli impianti a semplice flusso.
- Anche l'immissione è realizzata tramite canalizzazioni e bocchette in un circuito separato dal precedente.
- I flussi d'aria immessa ed estratta sono coordinati da un sistema di regolazione



- 1) Presa d'aria esterna + filtro
- 2) Motoventilatore di Estrazione –immissione
- 3) Espulsione a tetto
- 4) Scambiatore di calore
- 5) Terminali di immissione aria nuova
- 6) Terminali di estrazione

VMC a doppio flusso



trattare l'aria di rinnovo

il recupero energetico

Vantaggi:

- Controllo della portata d'aria
- Possibilità di abbinare un recuperatore di calore
- Possibilità di integrazione con la ventilazione naturale
- Indipendenza da fattori meteorologici incostanti o comportamenti casuali degli occupanti
- Adattabilità alle condizioni climatiche stagionali
- Limitazione della rumorosità in ambiente
- Controllo della velocità dell'aria in ambiente
- Controllo sulla qualità dell'aria di rinnovo

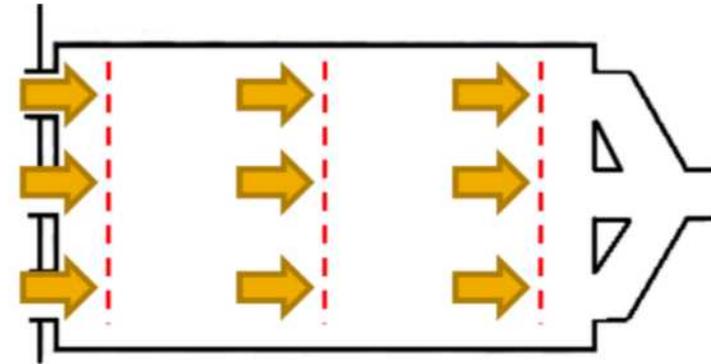
Svantaggi:

- Costo dell'impianto e conduzione dello stesso

**Flusso a
pistone**



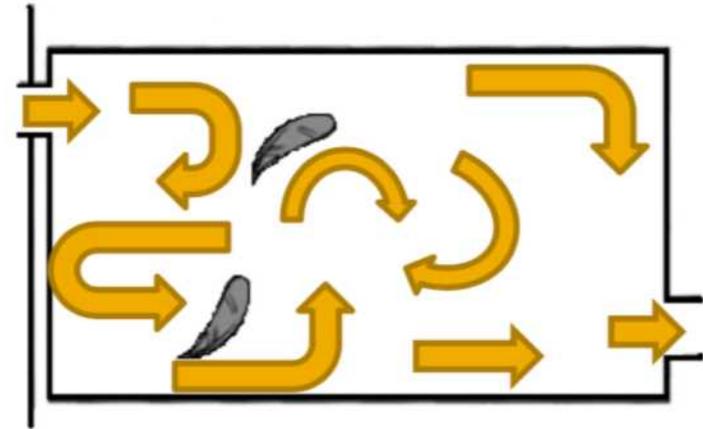
**Viene “lavato”
tutto l’ambiente**



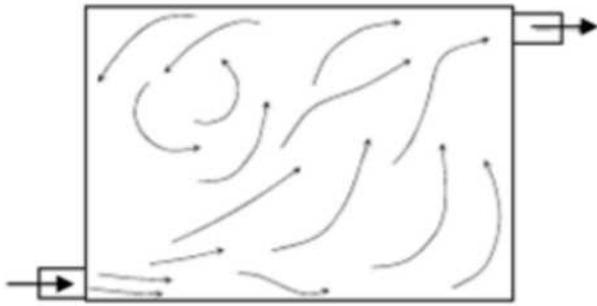
**Perfetta
miscelazione**



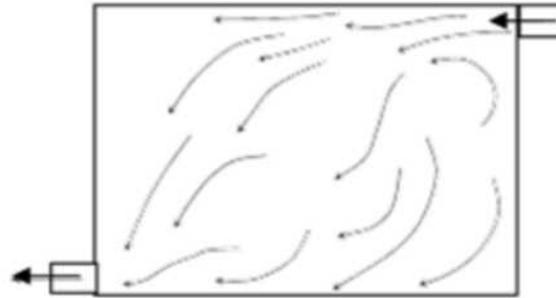
**Viene diluita la
concentrazione**



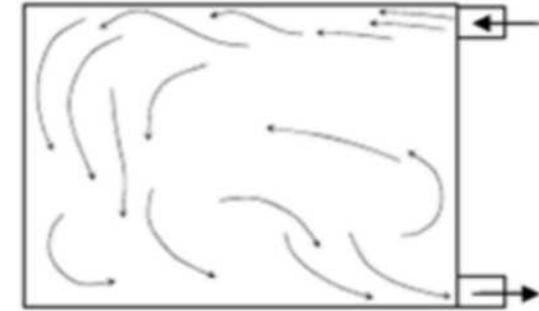
I sistemi di immissione aria



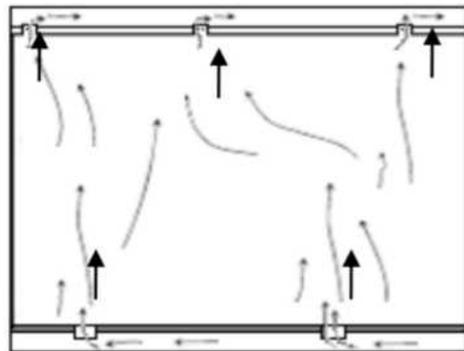
Immissione dal basso ed estrazione dall'alto contrapposte



Immissione dall'alto e estrazione dal basso contrapposte



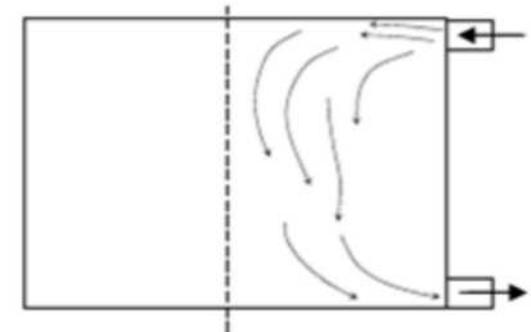
Immissione dall'alto e estrazione dal basso



Immissione dal basso sotto pavimento e estrazione dall'alto



Immissione e ripresa dell'aria possono essere posizionati in ambienti diversi

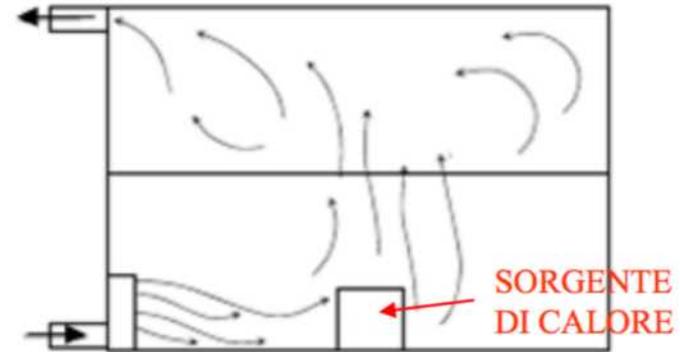


Immissione dall'alto e estrazione dal basso: con velocità di immissione bassa e temperatura di immissione alta – possibilità di cortocircuiti

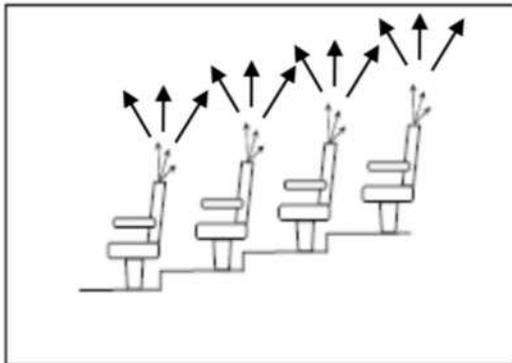
ventilazione localizzata



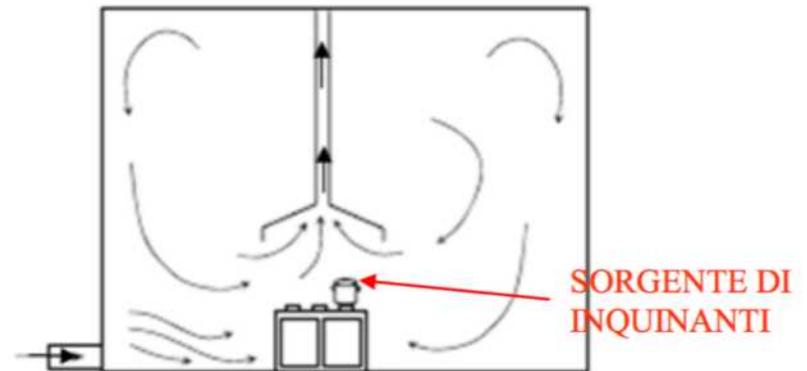
Immissione dal basso sotto pavimento e estrazione dall'alto con ventilazione personalizzata



Ventilazione a dislocazione



Ventilazione localizzata



Estrazione localizzata

Ventilazione meccanica – Condizioni ambiente confinato (comm. Locale)

Locale
pressurizzato

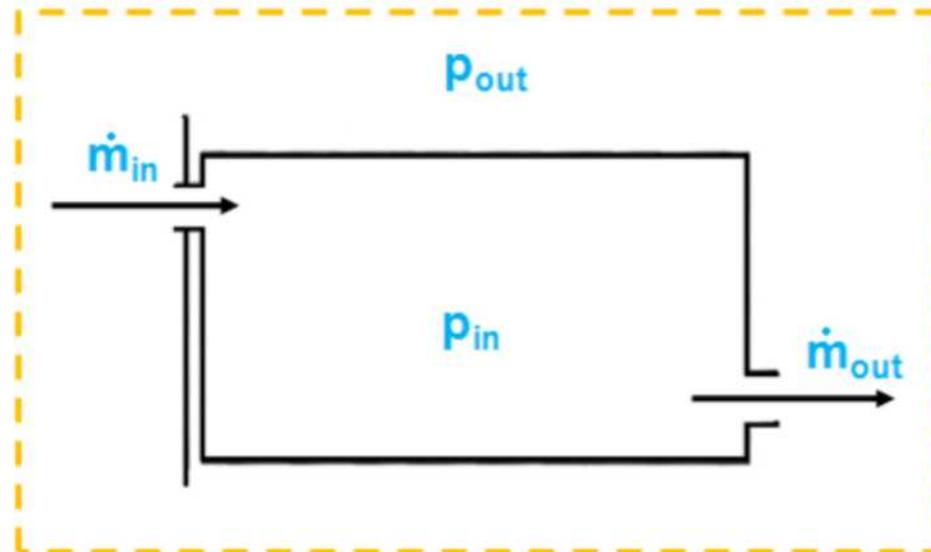
Se si vuole evitare
che l'aria non entri
si crea una
sovrappressione

$$P_{in} > P_{out}$$
$$\dot{m}_{in} > \dot{m}_{out}$$

Locale
de-pressurizzato

Se si vuole evitare
che l'aria esca si
crea una
depressione

$$P_{in} < P_{out}$$
$$\dot{m}_{in} < \dot{m}_{out}$$



Ventilatori



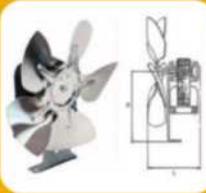
Elettroventilatori a tetto



Ventilatore assiale elevata portata



Ventilatore centrifugo cassonato per impiego condominiale



Ventilatore assiale bassa portata



Ventilatore assiale compatto bassa portata

Condotti e tubi per la ventilazione forata



Tubo flessibile per aria condizionata.



Tubazione per impianti di ventilazione



Tubo flessibile per ventilazione, riscaldamento, aspirazione



Tubo di ventilazione in alluminio, flessibile, ignifugo



Tubo flessibile per aria condizionata e ventilazione



Tubo in PVC e Poliuretano con spirale in PVC rigido antiurto



Tubo spiralato per aspirazione, mandata, ventilazione



Canali in lamiera zincati circolari ed ovali



Canali in alluminio



Canali in lamiera zincata e acciaio inox

Filtri di stoffa



A pannelli piani

A tasche flosce

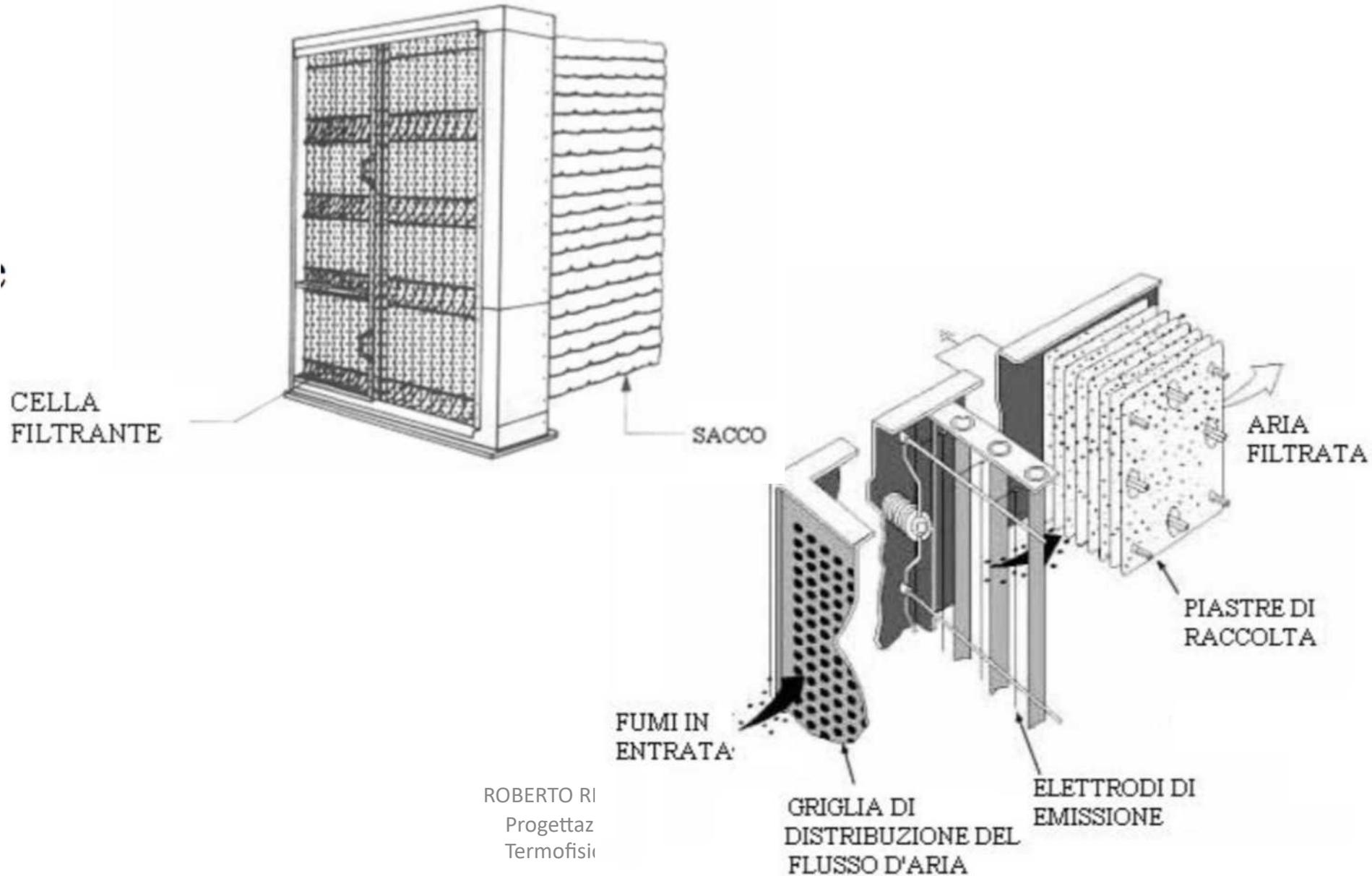


A rullo



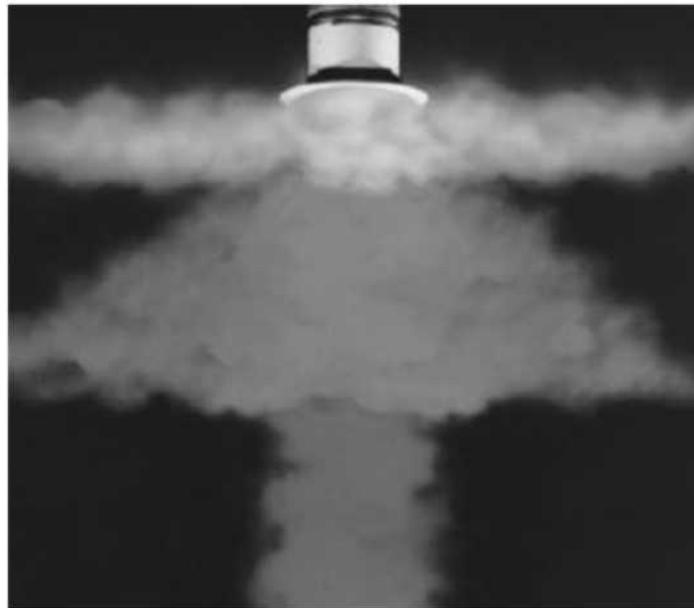
A tasche rigide

Filtri elettrostatici



ROBERTO RI
Progettaz
Termofisic

Dispositivi di immissione



Diffusori rotazionali ad alette fisse



Diffusori rotazionali ad alette regolabili



Diffusori rotazionali ad alette fisse



Diffusori rotazionali ad alette orientabili



Diffusori rotazionali ad alette curve



Multi ugelli a lunga gittata



Ugelli a lunga gittata



Valvole di ventilazione



Diffusori circolari



Diffusori quadrati a quattro vie



Diffusori multi-direzionali



Diffusori rotazionali ad alette curve



Diffusori a moduli regolabili



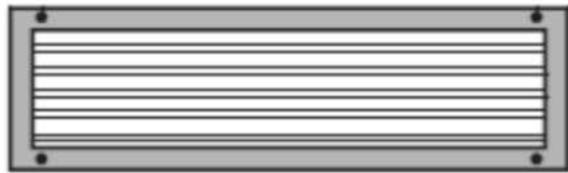
Diffusori circolari da pavimento



Diffusori lineari a feritoia

RC

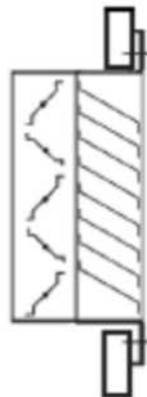
Bocchette



a)



b)



c)

Bocchetta lineare: a) sezione frontale; b) sezione laterale senza serranda; c) con serranda di taratura



Unità di ripresa a maglia quadrata



Griglia di aspirazione passo piccolo



Bocchette con alette verticali



Griglia di aspirazione a passo grande



Bocchette lineari a barre fisse orizzontali



Bocchette di mandata a doppio filare



Bocchette di mandata ad alette curve



Bocchette da pavimento rinforzate



Bocchetta presa aria esterna

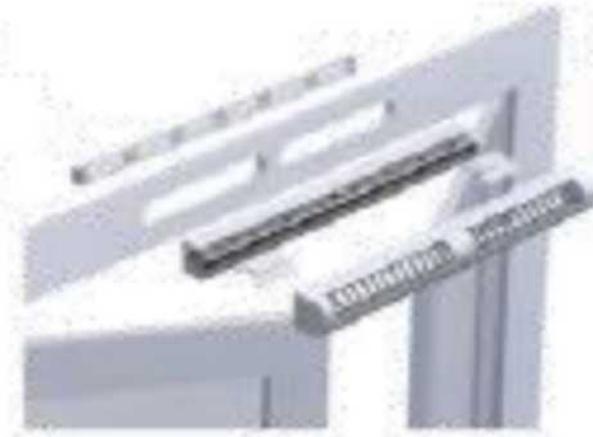


Bocchette per condotti circolari

Bocchette di ingresso aria

Autoregolabili:

Igroregolabili:



a)



b)



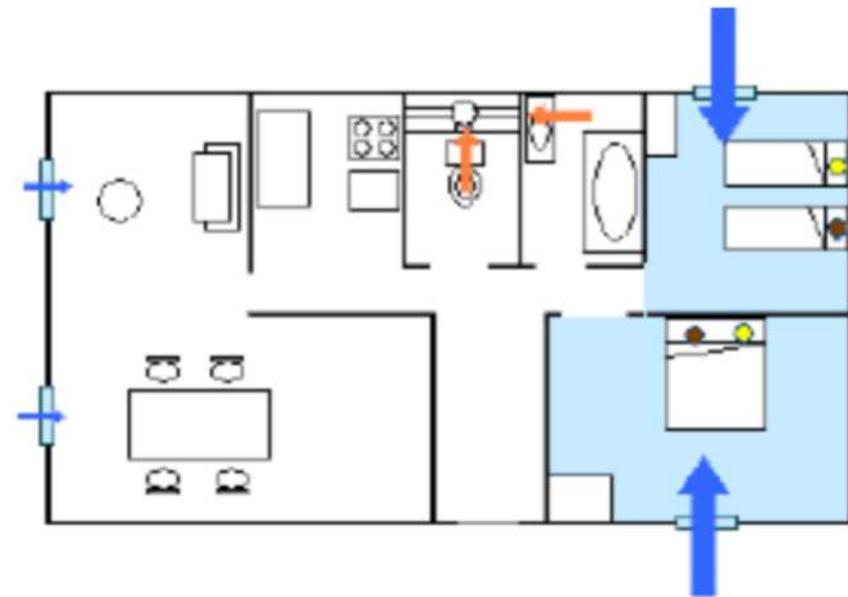
Montaggio ingresso aria: a) nell'infisso; b) sul cassonetto

Bocchette di ingresso aria

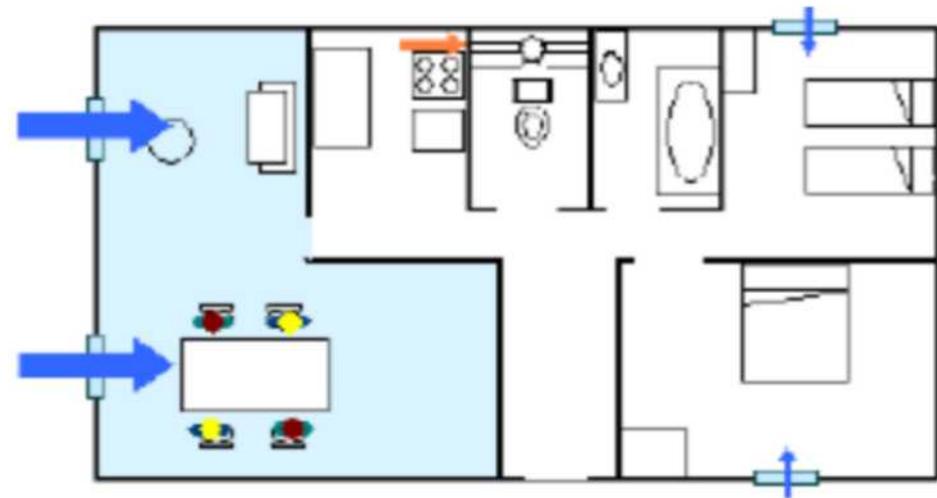
Autoregolabili:



Igroregolabili:

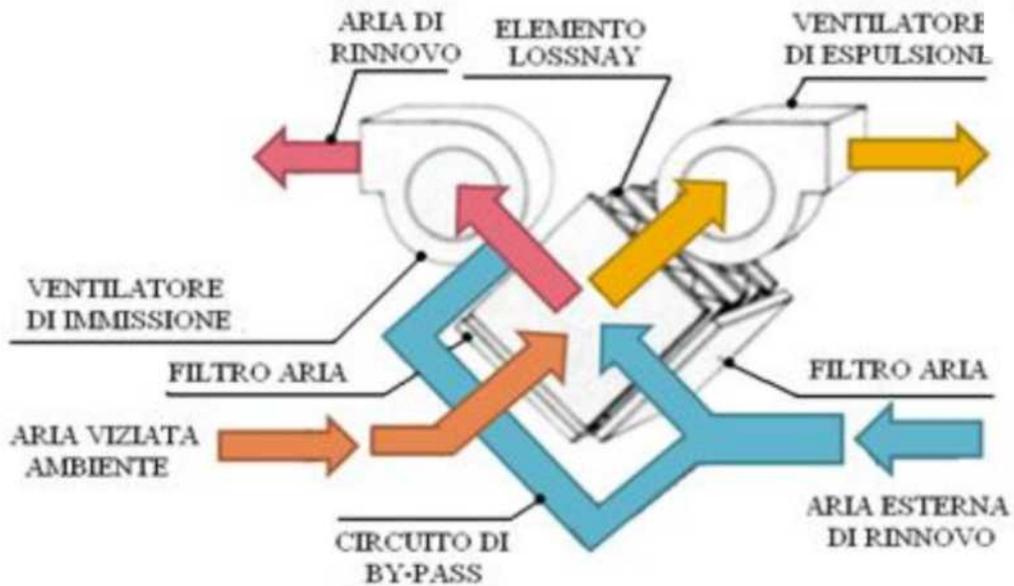
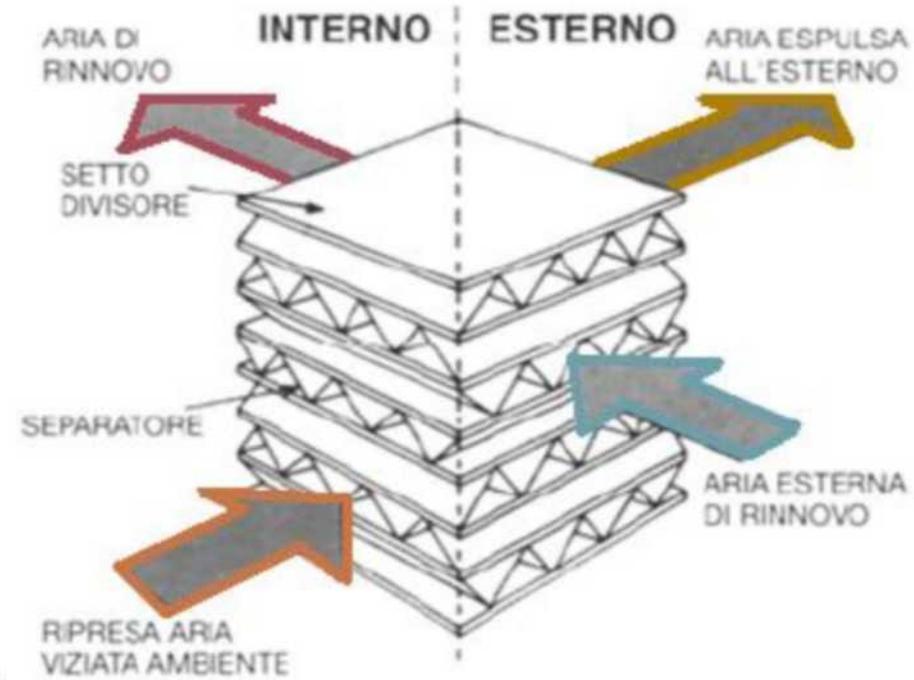


Occupazione notturna



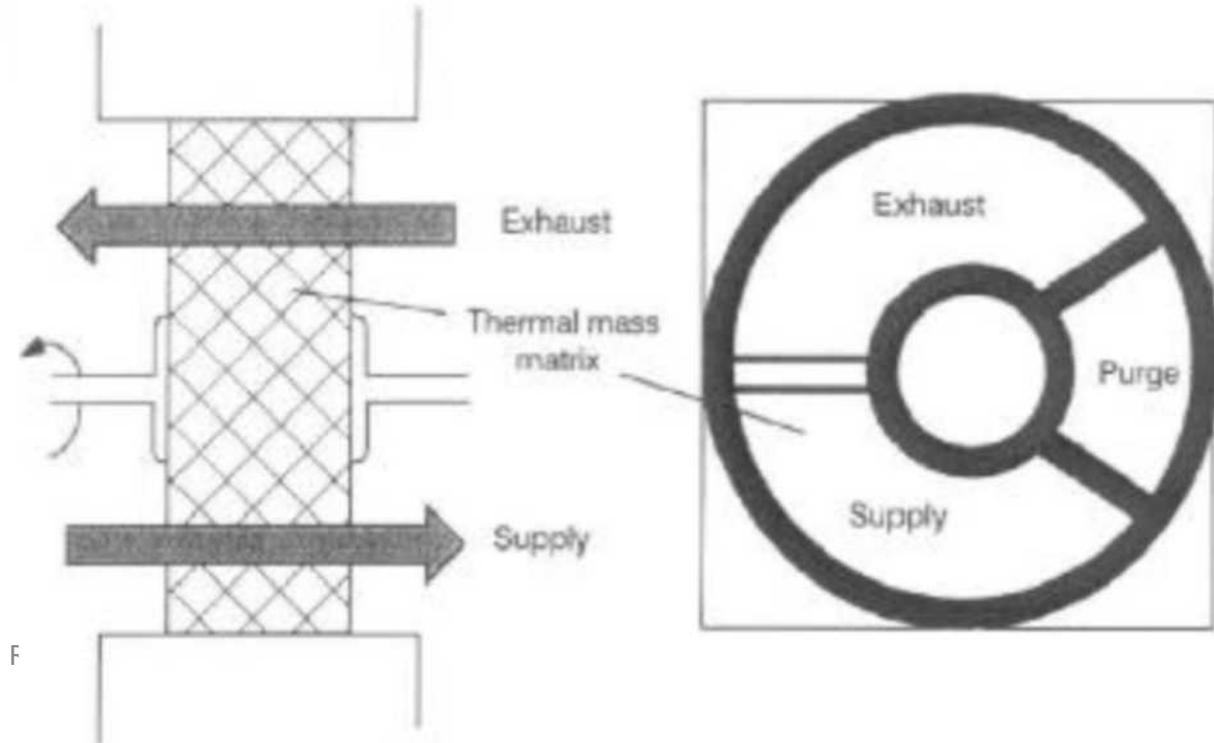
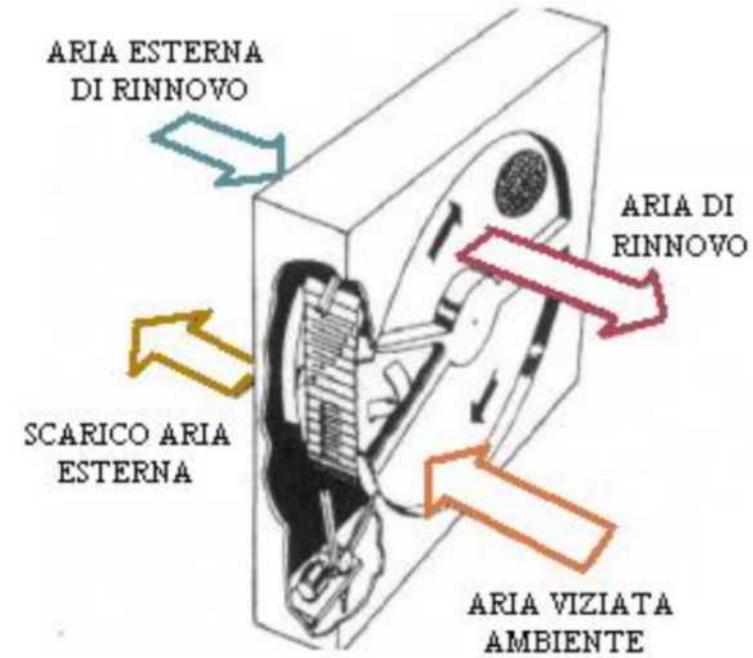
Occupazione diurna

Il recupero termico

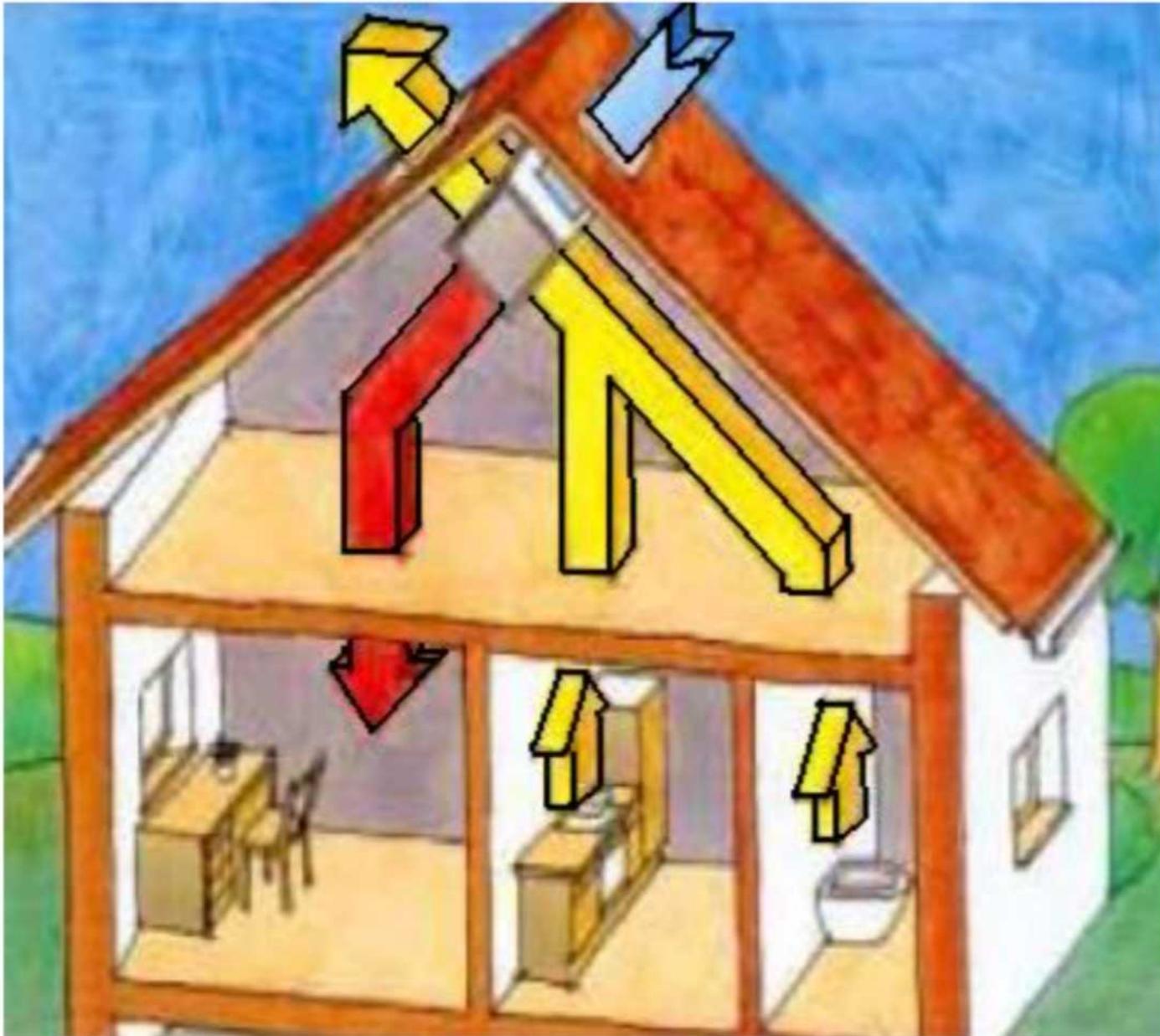


rio Integrato di
a (Modulo di
A.A. 2019-20

Il recupero termico rigenerativo



Il recupero termico in un edificio residenziale



La ventilazione: calcolo del fabbisogno

$$Q_V = \sum [H_{vk} (T_i - T_s)] \cdot t$$

$$H_v = c_a \cdot \rho_a \cdot \dot{V}$$

Portata di ventilazione

$$\dot{V} = V n$$

V = volume dell'ambiente

n = tasso di ventilazione

$$H_v = 0.34 \cdot V \cdot n$$

Il recuperatore di calore

$$V' = V n (1 - \eta)$$

dove η rappresenta l'efficienza dello scambiatore di calore (es: efficienza 50%, $\eta = 0,5$) e V' sarà chiamato “portata equivalente”.

APPROFONDIMENTO:

Appartamento di dimensioni pari a 300m^3 ; $n: 0,5\text{ h}^{-1}$;

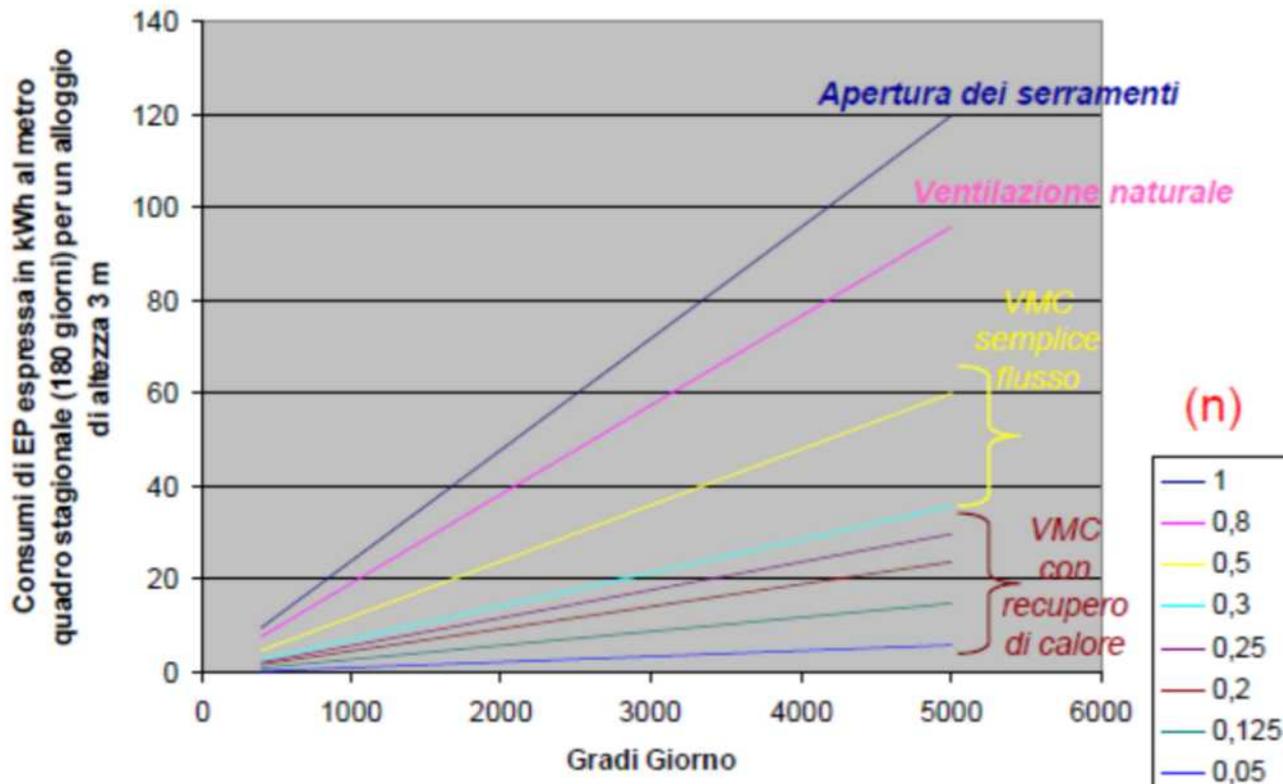
Recuperatore con efficienza 80%; $\eta = 0,8$

V' equiv. = $300 * 0,5 * (1 - 0,8) = 150 * (0,2) = 30\text{ m}^3/\text{h}$

La ventilazione

$$Q_V = \sum [H_{Vk} (T_i - T_s)] \cdot t$$

consumi di EP per diverse portate d'aria (alcune definite equivalenti) ed a diverse località climatiche identificate dai Gradi Giorno



Legenda:

1 vol/h: dispersioni equivalenti a ricambi d'aria per apertura di finestre.

0,8 vol/h: dispersioni equivalenti a ricambi d'aria ottenuti per ventilazione naturale.

0,5 vol/h: VMC a portata fissa.

0,3 vol/h: VMC igroregolabile.

0,25 vol/h: VMC a doppio flusso dimensionato per un ricambio di 0,5 vol/h con un recupero di calore del 50%.

0,2 vol/h: VMC a doppio flusso dimensionato per un ricambio di 0,5 vol/h con un recupero di calore del 60%.

0,125 vol/h: idem, con recupero di calore del 75%.

0,05 vol/h: idem, con recupero di calore del 90%.

Tre casi

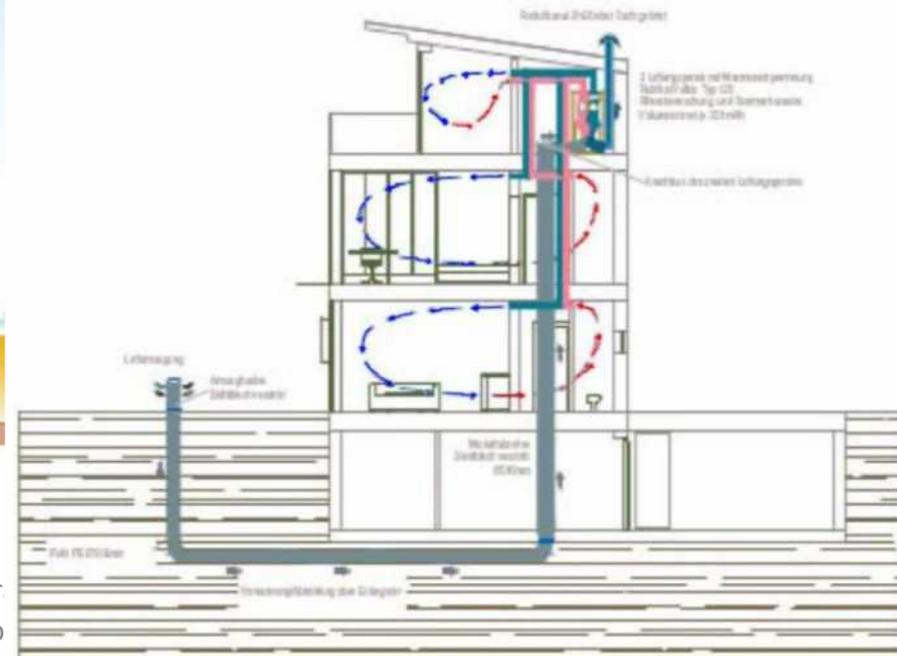
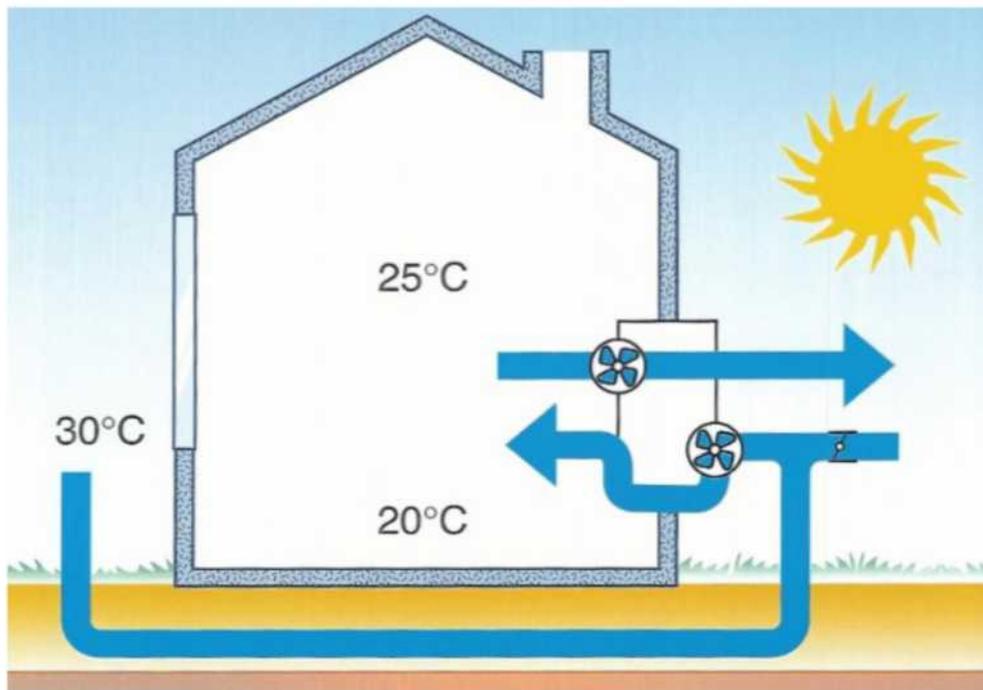
- Geotermico
- Impianto a tutt'aria
- UTA

La ventilazione meccanica

I sistemi *passivo ventilativo geotermici*

Tre casi

- Geotermico
- Impianto a tutt'aria
- UTA

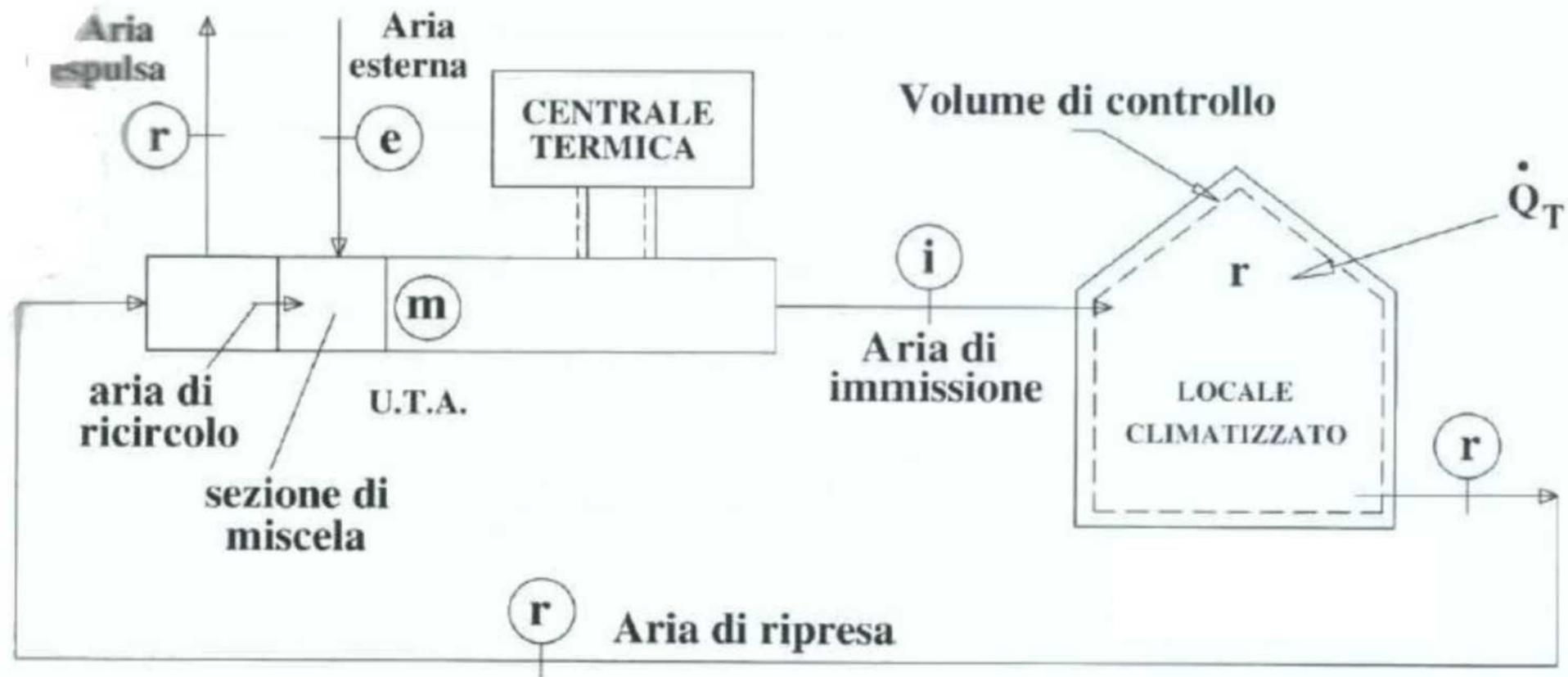


ROBERTO RICCIU Labor
Progettazione Tecnolo
Termofisica dell'edifici

La ventilazione meccanica

Tre casi

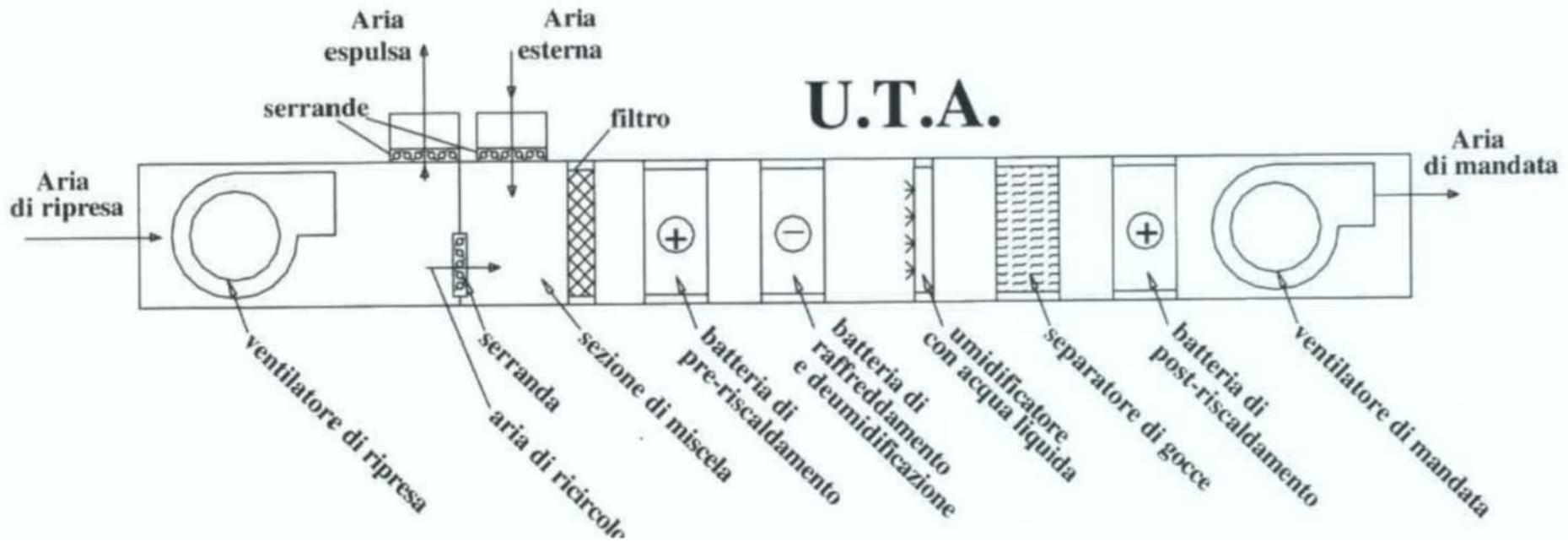
- Geotermico
- Impianto a tutt'aria
- UTA



La ventilazione meccanica

Tre casi

- Geotermico
- Impianto a tutt'aria
- UTA



To be continued...