

CLIVET
UNIVERSITY

Seminario 4 CFP
SALUTE E QUALITA' DELL'ARIA IAQ:
sviluppi normativi ed impiantistici

3 dicembre 2020



Benvenuti al webinar!
3 dicembre 2020



Seminario organizzato dall'ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI BARI
con il contributo incondizionato di CLIVET



Il Relatore



Ing. Massimo Stefano Venco

Libero professionista - Collaboratore di Clivet S.p.A.

Laureato in Ingegneria Meccanica, indirizzo termotecnico presso l'Università di Padova.

Esperto in Progettazione e Direzione Lavori di impianti di climatizzazione, antincendio ed idrici per Centri Commerciali, Edifici per il Terziario e Residenziali, Università e Laboratori di Ricerca, ed in attività di Project Management e di Business Development nel settore dei prodotti, dei sistemi e dei servizi per il condizionamento dell'aria.

Come tecnico e manager si è occupato di ricerca, sviluppo e progettazione di Prodotti, Sistemi idronici e ad espansione diretta e impianti per la climatizzazione residenziale, commerciale ed industriale.

E' libero professionista ed è stato dirigente in Aziende costruttrici di Impianti, di Ingegneria Impiantistica e di Costruzione di macchine per il Condizionamento dell'aria.

E' socio AiCARR dal 1997 di cui è stato Consigliere Nazionale per due mandati, Membro ASHRAE, è anche autore di numerosi lavori presentati in vari convegni internazionali e di diversi articoli specialistici pubblicati in riviste nazionali e internazionali del settore.

09.00 **Saluti ed introduzione** Ing. Roberto Masciopinto

09.15 **Inizio lavori** Ing. M. Stefano Venco

I PARTE

Indoor Air Quality, sviluppi normativi, le tecnologie convenzionali, COVID-19 e ventilazione

11.00 – 11.15 Pausa

11.15 II PARTE

Le tecnologie innovative e i sistemi di climatizzazione di tipo evoluto

13.30 **Domande e Risposte**

Fine lavori

I PARTE

IEQ (Indoor Environment Quality) e IAQ (Indoor Air Quality) : inquinanti, patologie, salute e produttività negli edifici

Recenti sviluppi delle norme nazionali ed internazionali sull'IAQ

Le tecnologie e i sistemi convenzionali per l'IAQ

COVID-19 e ventilazione degli ambienti confinati

II PARTE

Il recupero di calore termodinamico attivo dall'aria espulsa

La filtrazione elettronica dell'aria

La ventilazione meccanica controllata con unità a recupero termodinamico

Le unità dedicate (DOAS) per il trattamento dell'aria primaria

I sistemi di climatizzazione di tipo evoluto per il residenziale

I sistemi di climatizzazione di tipo evoluto per gli edifici del terziario

I PARTE

IEQ (Indoor Environment Quality) e IAQ (Indoor Air Quality) : inquinanti, patologie, salute e

produttività negli edifici

Recenti sviluppi delle norme nazionali ed internazionali sull'IAQ

Le tecnologie e i sistemi convenzionali per l'IAQ

COVID-19 e ventilazione degli ambienti confinati

II PARTE

Il recupero di calore termodinamico attivo dall'aria espulsa

La filtrazione elettronica dell'aria

La ventilazione meccanica controllata con unità a recupero termodinamico

Le unità dedicate (DOAS) per il trattamento dell'aria primaria

I sistemi di climatizzazione di tipo evoluto per il residenziale

I sistemi di climatizzazione di tipo evoluto per gli edifici del terziario

INDOOR ENVIRONMENT QUALITY – INDOOR AIR QUALITY

- I Definizioni

- II I contaminanti dell'aria che respiriamo

- III Gli effetti dell'IAQ sulla salute e la produttività

I Definizioni

II I contaminanti dell'aria che respiriamo

III Gli effetti dell'IAQ sulla salute e la produttività

*«La **qualità degli ambienti confinati** riguarda la salute delle persone e le malattie tipiche degli spazi chiusi.*

*... Il raggiungimento della qualità degli ambienti confinati che ha come obiettivo l'ottenimento di ambienti salubri, richiede la valutazione di tutti i **rischi chimici, biologici, fisici ed ergonomici** »*

ASHRAE Handbook
Fundamentals



A Group Company of



Insieme delle **caratteristiche dell'aria** che, **all'interno di un ambiente confinato**, possono influenzare nel breve e nel lungo periodo:

- ✓ **la salute delle persone**, attraverso la inalazione e la respirazione di **contaminanti aero-dispersi** o il contatto **con i contaminanti stessi**
- ✓ **il benessere termo-igrometrico**, ovvero quello stato psico-fisico in cui il **soggetto esprime soddisfazione** nei riguardi del **microclima ambientale** e non ha cioè né sensazione di caldo né sensazione di freddo
- ✓ **la conservazione dei beni e dei materiali**

Progetto di norma nuova UNI EN 10339

La qualità dell'aria interna è connessa con le caratteristiche e con le concentrazioni dei contaminanti presenti negli ambienti o perché in essi prodotti da sorgenti interne o perché contenuti nell'aria esterna entrante.

*La ventilazione modifica la qualità dell'aria interna mediante il meccanismo di **diluizione con aria esterna** e tramite l'impiego di **filtri** e altri sistemi di filtrazione o eliminazione dei contaminanti.*

L'IMPORTANZA DELL'IAQ

*“Dato che le persone trascorrono una **considerevole quantità di tempo al chiuso**, al lavoro o a casa, la **qualità dell'aria interna gioca un ruolo significativo** nel loro stato generale di salute.*

*Ciò è particolarmente vero per **i bambini, gli anziani e altri gruppi vulnerabili**. ”*

<http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/policy/who-guidelines-for-indoor-air-quality>



Insieme delle caratteristiche dell'aria che, all'interno di un ambiente confinato, possono influenzare nel breve e nel lungo periodo:

- ✓ **la salute delle persone**, attraverso la inalazione e la respirazione di **contaminanti aero-dispersi** o il contatto **con i contaminanti stessi**
- ✓ il benessere termo-igrometrico, ovvero quello stato psico-fisico in cui il soggetto esprime soddisfazione nei riguardi del microclima ambientale e non ha cioè né sensazione di caldo né sensazione di freddo
- ✓ la conservazione dei beni e dei materiali

I Definizioni

II I contaminanti dell'aria che respiriamo

III Gli effetti dell'IAQ sulla salute e la produttività

I CONTAMINANTI DELL'ARIA

*“I contaminanti dell'aria sono generalmente classificati come **particelle o gas** ...*

*... Le particelle disperse nell'aria sono anche conosciute come **aerosol** (particelle sospese nell'aria e particolati) ...*

*... La distinzione tra particolati e gas è importante nel determinare **le strategie e i sistemi per la loro rimozione.** ”*

ASHRAE Handbook
Fundamentals



A Group Company of

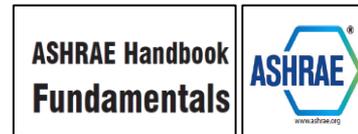


LA CLASSIFICAZIONE PM DEI PARTICOLATI

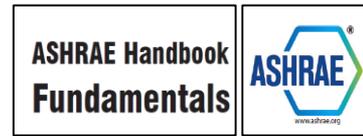
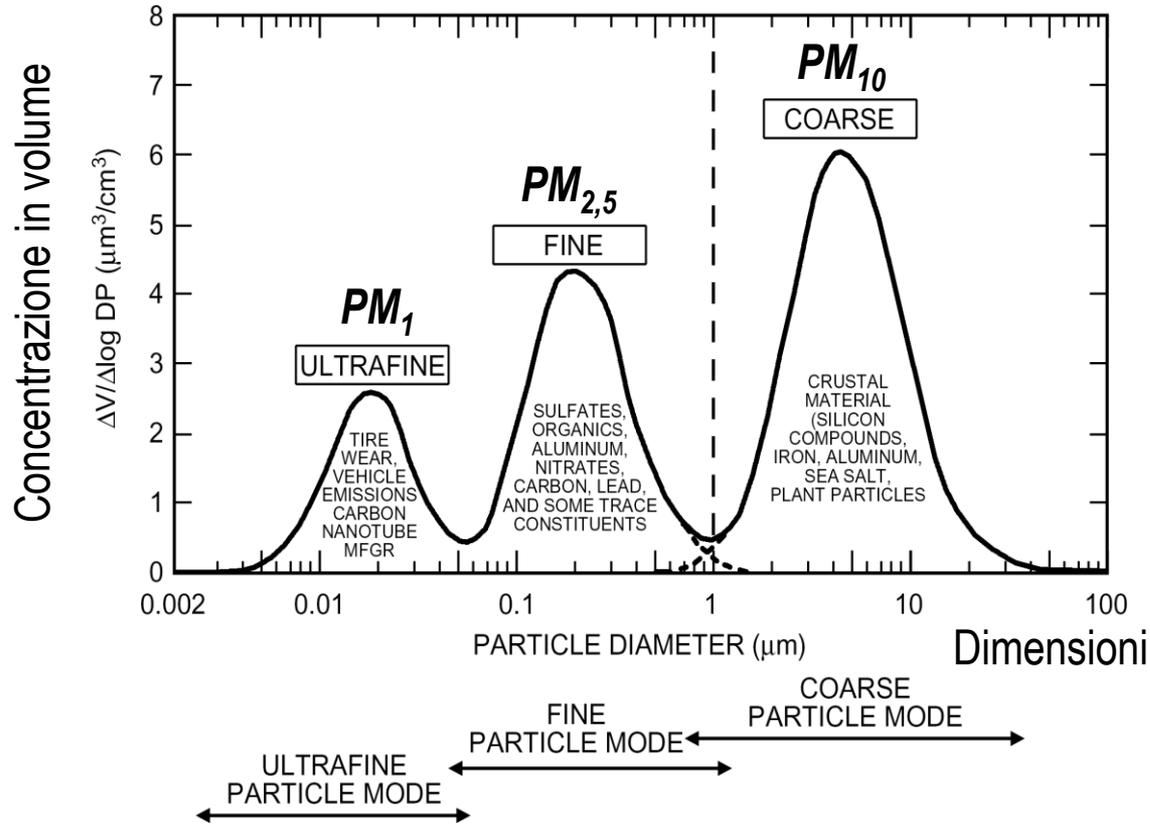
PM_{10} : tutti i particolati aero-dispersi costituiti principalmente da particelle grossolane inalabili da 2,5 a 10 μm ; fonti tipiche sono la polvere stradale e le emissioni industriali

$PM_{2.5}$: tutti i particolati aero-dispersi costituiti principalmente da particelle fini da 1 a 2,5 μm ; le fonti principali sono le emissioni industriali e i prodotti della combustione dei motori delle automobili degli impianti di riscaldamento e delle centrali termo-elettriche)

PM_1 : questi particolati al momento non sono normati e sono costituiti da particelle ultra-fini inferiori a 1 μm



SPETTRO TIPICO DEI PARTICOLATI NELL'ARIA ESTERNA



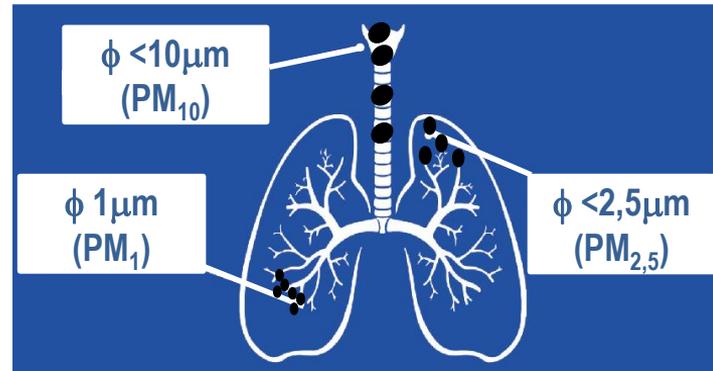
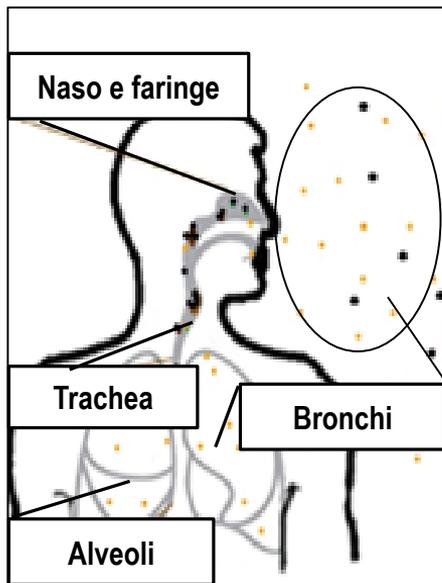
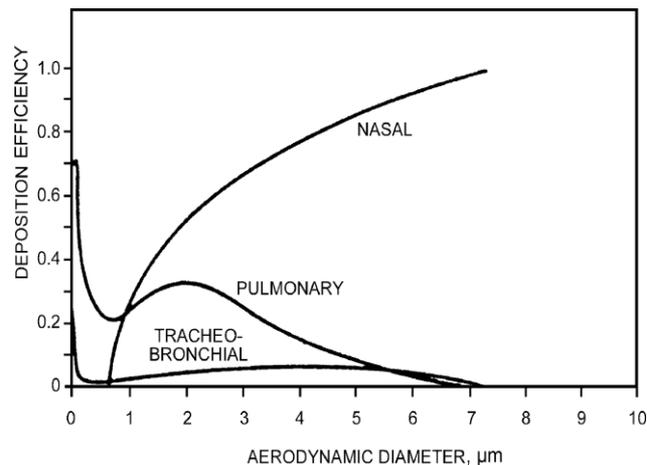
I Definizioni

II I contaminanti dell'aria che respiriamo

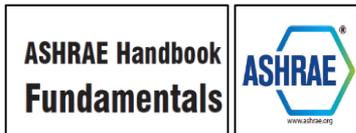
III Gli effetti dell'IAQ sulla salute e la produttività

LA DEPOSIZIONE DEI PARTICOLATI NEL CORPO UMANO

Relative Deposition Efficiencies of Different-Sized Particles in the Three Main Regions of the Human Respiratory System, Calculated for Moderate Activity Level



Aerosol/polveri sottili
 $1 \mu\text{m}$ (ultrafine) $< \phi < 10\mu\text{m}$ (coarse)



ASMA E ALLERGIE	CANCRO	MALATTIE CARDIOVASCOLARI	BRONCOPNEUMO- PATIA CRONICA OSTRUTTIVA
--------------------	--------	-----------------------------	--

LIMITI DI ESPOSIZIONE ANNUALI AQG-WHO

Interim targets	PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	PM2,5 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Basis for the selected level
IT-1	70	35	These levels are associated with about a 15% higher long-term mortality risk relative to the AQG level
IT-2	50	25	In addition to other health benefits, these levels lower the risk of premature mortality by approximately 6% [2–11%] relative to the IT-1 level
IT-3	30	15	In addition to other health benefits, these levels reduce the mortality risk by approximately 6% [2-11%] relative to the -IT-2 level
AQG	20	10	These are the lowest levels at which total, cardiopulmonary and lung cancer mortality have been shown to increase with more than 95% confidence in response to long-term exposure to PM2.5.

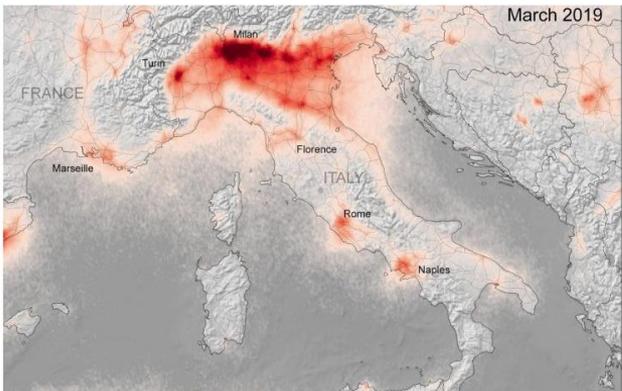
Nota: AQG = Air Quality Guidelines - WHO

LIMITI DI ESPOSIZIONE GIORNALIERI AQG - WHO

Interim targets	PM10 [µg/m ³]	PM2,5 [µg/m ³]	Basis for the selected level
IT-1	150	75	Based on published risk coefficients from multi-centre studies and meta-analyses (about 5% increase of short-term mortality over the AQG value)
IT-2	100	50	Based on published risk coefficients from multi-centre studies and meta-analyses (about 2.5% increase of shortterm mortality over the AQG value).
IT-3	75	37,5	Based on published risk coefficients from multi-centre studies and meta-analyses (about 1.2% increase in short-term mortality over the AQG value).
AQG	50	25	Based on relationship between 24-hour and annual PM levels.

Nota: AQG = Air Quality Guidelines - WHO

INQUINAMENTO DELL'ARIA IN ITALIA



Inquinamento atmosferico: le città che hanno superato i limiti previsti per i PM10 o per l'ozono nel 2018

Brescia	150	Genova	103	Vercelli	41
Lodi	149	Avellino	89	Ferrara	41
Monza	140	Lecco	88	Bologna	39
Venezia	139	Terni	86	Trento	38
Alessandria	136	Rimini	82	Udine	37
Milano	135	Vicenza	82	Sondrio	35
Torino	134	Piacenza	80	Pisa	32
Padova	130	Varese	78	Trieste	32
Bergamo	127	Roma	72	Macerata	31
Cremona	127	Napoli	72	Rieti	31
Rovigo	121	Mantova	65	Savona	28
Modena	117	Lucca	61	Aosta	27
Treviso	116	Forlì	48	Benevento	27
Frosinone	116	Firenze	45	Pistoia	27
Pavia	115	Grosseto	44	Agrigento	26
Verona	114	Pordenone	44	Bolzano	26
Asti	113	Como	43	Enna	26
Parma	112	Biella	42		
Reggio Emilia	111	Ravenna	42		





Avere **aria pulita nei luoghi in cui viviamo**, lavoriamo e trascorriamo il nostro tempo libero è quindi un **elemento fondamentale per la nostra salute**.

L'inquinamento atmosferico è uno dei grandi killer della nostra epoca. Nel 2015 l'aria inquinata è stata responsabile di **6,4 milioni di morti in tutto il mondo**: 2.8 milioni a causa dell'inquinamento dell'aria domestica e 4,2 milioni a causa dell'inquinamento dell'aria dell'ambiente esterno....

... In assenza di azioni mondiali aggressive, si prevede che entro il 2060 l'inquinamento dell'aria ambiente causerà **tra i 6 milioni e i 9 milioni di morti all'anno**

<https://www.thelancet.com/commissions/pollution-and-health>



L'IMPORTANZA DELLA VENTILAZIONE

L'immissione e l'estrazione di adeguate quantità di aria di rinnovo filtrata e purificata riducono drasticamente il rischio di malattie per gli occupanti di tutti i tipi di edifici e aumentano l'efficienza nel lavoro e nella scuola.

[Ventilation Rates and Office Work Performance](#)

*Performance (speed and accuracy) of typical office tasks improves with increased ventilation rate. For initial ventilation rates between 6.5 and 15 L/s (14 and 30 cfm) per person, **the average performance increases by approximately 1% per 5 L/s (0.8% per 10 cfm) per person increase in ventilation rate...***

[Ventilation Rates and School Performance](#)

*The evidence of improved student performance with increased ventilation rate up to approximately 7.1 L/s (15 cfm) per person is compelling. **Performance improvements with higher ventilation rates ranged from a few percent to more than 15%.***

[Ventilation Rates and Respiratory Illness](#)

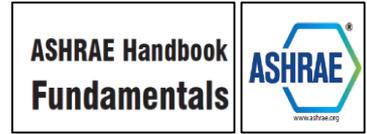
*Substantially **higher rates of respiratory illness (e.g., 50% - 370%)** in high density buildings (barracks, jails, nursing homes, and health care facilities) have been associated with very low ventilation rates, presumably because lower ventilation rates are likely to result in **higher airborne concentrations of infectious viruses and bacteria....***

<https://iaqscience.lbl.gov/si/vent-summary>



LA RESPONSABILITA' DEGLI «ADDETTI AI LAVORI»

«È essenziale per le persone coinvolte nella progettazione e nel funzionamento degli edifici **comprendere i fondamenti della salute ambientale interna**, poiché la progettazione, il funzionamento e la manutenzione degli edifici e dei loro **sistemi di climatizzazione influiscono significativamente sulla salute degli occupanti.....Trascurare la salute ambientale degli edifici può portare a condizioni che creano o aggravano tali rischi e aumentano l'esposizione associata.** »



Governo e Parlamento



Progettisti



Costruttori di macchine e sistemi



Installatori



Manutentori



I PARTE

IEQ (Indoor Environment Quality) e IAQ (Indoor Air Quality) : inquinanti, patologie, salute e produttività negli edifici

Recenti sviluppi delle norme nazionali ed internazionali sull'IAQ

Le tecnologie e i sistemi convenzionali per l'IAQ
COVID-19 e ventilazione degli ambienti confinati

II PARTE

Il recupero di calore termodinamico attivo dall'aria espulsa

La filtrazione elettronica dell'aria

La ventilazione meccanica controllata con unità a recupero termodinamico

Le unità dedicate (DOAS) per il trattamento dell'aria primaria

I sistemi di climatizzazione di tipo evoluto per il residenziale

I sistemi di climatizzazione di tipo evoluto per gli edifici del terziario

LE NORME DI MAGGIORE INTERESSE PER IEQ E IAQ

UNI 10339 (in revisione)	Impianti aereaulici a fini del benessere - Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e al fornitura
EN 16798-3 (ex EN 13779)	Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 3: Per gli edifici non residenziali - Requisiti prestazionali per i sistemi di ventilazione e di condizionamento degli ambienti (Moduli M5-1, M5-4)
REG UE N.1253/2014	Specifiche per la progettazione ecocompatibile delle unità di ventilazione
EN ISO 16890-1 (ex UNI EN 779)	Filtri d'aria per ventilazione generale – Parte 1: Specifiche tecniche, requisiti e sistema di classificazione dell'efficienza basato sul particolato (ePM)

IL PROGETTO DI REVISIONE DELLA UNI10339

UNI 10339
(in revisione) **Impianti aereaulici a fini del benessere - Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura**

EN 16798-3
(ex EN 13779) Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 3: Per gli edifici non residenziali - Requisiti prestazionali per i sistemi di ventilazione e di condizionamento degli ambienti (Moduli M5-1, M5-4)

REG UE
N.1253/2014 Specifiche per la progettazione ecocompatibile delle unità di ventilazione

EN ISO 16890-1
(ex UNI EN 779) Filtri d'aria per ventilazione generale – Parte 1: Specifiche tecniche, requisiti e sistema di classificazione dell'efficienza basato sul particolato (ePM)

IL PROGETTO DI NORMA EX UNI CTI 10339 (1995)

Norma italiana		Giugno 1995
CTI	Impianti aeraulici a fini di benessere Generalità, classificazione e requisiti Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura Sostituisce UNI 5104	UNI 10339
Air-conditioning systems for thermal comfort in buildings - General, classification and requirements - Offer, order and supply specifications		
SOMMARIO		
1.	Scopo e campo di applicazione	pag. 2
2.	Riferimenti	" 2
3.	Grandezze, simboli e unità di misura	" 2
4.	Definizioni	" 3
5.	Classificazione degli impianti	" 4
5.1.	Funzioni svolte	" 5
5.2.	Modalità di funzionamento	" 5
5.3.	Localizzazione dei trattamenti	" 6
6.	Regole per la richiesta d'offerta	" 6
6.1.	Richiesta generica di progetto/offerta	" 7
6.2.	Richiesta in base ad un progetto/offerente del committente	" 7
6.3.	Richiesta in base ad un progetto/esecutore del committente	" 7
7.	Regole per la presentazione dell'offerta	" 8
7.1.	Generalità	" 8
7.2.	Progetto - offerta	" 8
7.3.	Offerta in base ad un progetto di massima del committente	" 9
7.4.	Offerta in base ad un progetto/esecutore del committente	" 9
8.	Regole per l'ordine e la fornitura	" 9
8.1.	Esame dell'offerta	" 9
8.2.	Elementi che costituiscono il contratto	" 9
8.3.	Spazi, Generalità, informazioni e delle norme di riferimento	" 11
8.4.	Obblighi dell'installatore	" 11
9.	Requisiti degli impianti	" 11
9.1.	Qualità e movimento dell'aria	" 12
9.2.	Condizioni termiche e condizioni igrometriche	" 20
Appendice A (informativa) - Indici di affollamento		" 23
Appendice B (informativa) - Parametri di qualità accettabile dell'aria esterna		" 25
Appendice C (informativa) - Velocità dell'aria nel volume convenzionale occupato		" 26
Appendice D (normativa) - Condizioni termigrometriche esterne estive di progetto		" 27
Appendice E (informativa) - Riferimenti legislativi		" 31

Impianti aeraulici per la climatizzazione. Classificazione, prescrizioni e requisiti prestazionali per la progettazione e la fornitura

La norma specifica la classificazione degli impianti, la definizione dei requisiti minimi degli stessi e i valori delle grandezze di riferimento per il loro funzionamento.

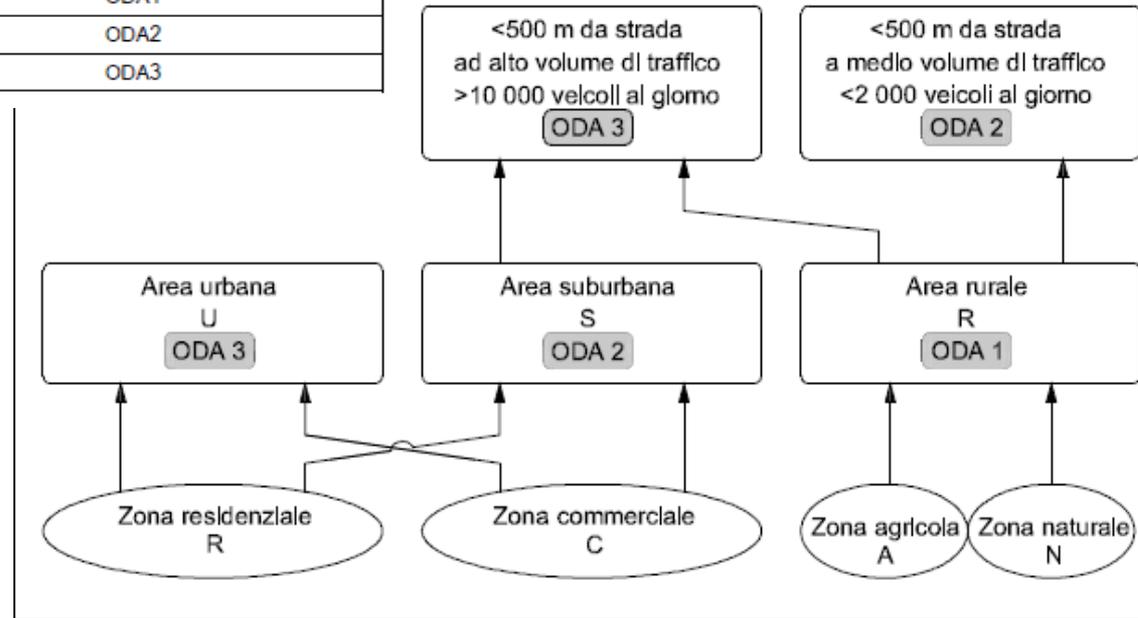
Scopo della norma è la corretta individuazione dei requisiti ambientali e delle caratteristiche impiantistiche atti a consentire gli auspicati livelli di benessere delle persone e, al tempo stesso, di efficienza energetica del sistema edificio-impianto.

CLASSIFICAZIONE DELL'ARIA ESTERNA

Classe di qualità dell'aria esterna	Corrispondenza con la UNI EN 13779
Elevata	ODA1
Media	ODA2
Bassa	ODA3

Per l'attribuzione della classe della qualità dell'aria esterna si ricorre alle **mappe del territorio** che riportano la suddivisione in zone a **elevata qualità dell'aria** (zone di mantenimento), a **media qualità dell'aria** (zone di risanamento) o a **bassa qualità dell'aria** (zone di azione) oppure si fa riferimento al metodo descritto in Appendice A (informativa) al paragrafo A.2.

Schema per la determinazione della qualità dell'aria esterna



I VALORI LIMITE DI ODA SECONDO WHO

AQG annuali	AQG annuali		AQG 24h (breve termine)	
	PM10	PM2,5	PM10	PM2,5
ODA1	20	10	50	25
ODA2	30	15	75	37,5
ODA3	>30	>15	>75	>37,5

I valori limite secondo WHO



In Italia i valori ODA per zona, possono essere ricavati dai vari **siti dell'ARPA** competenti per ogni regione.

Si dovrà valutare la concentrazione media annuale dell'aria esterna (ODA) per calcolare l'esposizione media annuale .

Considerare anche eventuali periodi di superamento dei limiti per le esposizioni giornaliere



CLASSIFICAZIONE DELL'ARIA INTERNA (IDA)

Prospetto 6 – Classificazione della qualità dell'aria interna adottata nella presente norma e corrispondenza con quella della **UNI EN 13779**

Classe di qualità dell'aria interna	Corrispondenza con la UNI EN 13779
Elevata	IDA1
Media	IDA2
Bassa	IDA3
-*	IDA4

*nella presente norma si raccomanda il raggiungimento di una delle categorie di qualità dell'aria interna comprese tra elevata e bassa. La classe IDA 4, pur prevista nella UNI EN 13779, non viene considerata accettabile per il raggiungimento degli scopi previsti dalla presente norma.

**Superata dalle
EN 16798**

DUE METODI PER IL CONTROLLO DEI CONTAMINANTI

Il soddisfacimento delle esigenze di tutela della salute delle persone in riferimento alla qualità dell'aria interna si basa sull'adozione di opportune **portate di diluizione** e sull'utilizzo di idonei **sistemi di filtrazione**. E può essere perseguito attraverso l'applicazione a **due metodi alternativi**:

**METODO
PRESTAZIONALE**

PIU' RARO E SPECIFICO

o

**METODO
PRESCRITTIVO**

PIU' FREQUENTE E GENERALIZZATO



IL METODO PRESTAZIONALE

La scelta del metodo prestazionale può essere motivata da:

- **condizioni di contaminazione** (tipo di sorgenti, tasso delle emissioni di contaminanti, esigenze di protezione delle persone) che si discostano da quelle utilizzate come riferimento per fissare nel metodo prescrittivo i valori della portata di aria esterna e la tipologia e le prestazioni del sistema di filtrazione da adottare.
- **esigenze di efficienza energetica** che portano ad adottare sensori o altri sistemi di valutazione della qualità dell'aria interna in base ai quali viene regolato il funzionamento dell'impianto.

LA PORTATA DI ARIA ESTERNA TRAMITE IL BILANCIO DELLA CO₂

$$Q_v = \frac{N \cdot g_{CO_2}}{(C_i - C_o)}$$

Dove:

C_i	concentrazione di anidride carbonica in ambiente indoor (e nell'aria estratta)	$[\mu\text{g m}^{-3}]$;
C_o	concentrazione di anidride carbonica nell'aria esterna utilizzata per il rinnovo	$[\mu\text{g m}^{-3}]$;
N	numero di persone presenti;	
g_{CO_2}	tasso volumico di produzione di anidride carbonica per persona	$[\mu\text{g s}^{-1} \text{ persona}^{-1}]$;
V	portata volumica di rinnovo	$[\text{m}^3 \text{ s}^{-1}]$.



A Group Company of



ARIA INTERNA E ANIDRIDE CARBONICA

Prospetto A.1 – Classificazione della qualità dell'aria interna sulla base del valore della differenza di concentrazione di CO₂ tra aria interna e aria esterna

Classe di qualità dell'aria	Corrispondenza UNI EN 13779:2008	Differenza di concentrazione di CO ₂ tra aria interna e aria esterna [ppm]
Elevata	IDA 1	≤ 400
Media	IDA 2	400 – 600
Bassa	IDA 3	601 – 1000
-	IDA 4	> 1000

La classificazione è utilizzabile solo quando **non vi siano** nei locali, oltre alle persone, **altre sorgenti di anidride carbonica** (ad esempio fiamme libere, combustione di tabacco).

VALORI GUIDA DEI CONTAMINANTI

Prospetto A.9 – Valori guida della qualità dell'aria indicati dall'OMS

Sostanza	Valore guida	Tempo di mediazione
Inquinanti "convenzionali"		
NO₂	200 µg/m ³	1 ora
	40 µg/m ³	Annuale
SO₂	500 µg/m ³	10 minuti
	20 µg/m ³	24 ore
CO	100 mg/m ³	15 min
	60 mg/m ³	30 min
	30 mg/m ³	1 ora
	10 mg/m ³	8 ore
O₃	100 µg/m ³	8 ore
PM 2.5	10 µg/m ³	Annuale
	25 µg/m ³	24 ore
PM 10	20 µg/m ³	Annuale
	50 µg/m ³	24 ore
Inquinanti organici		
Toluene	260 µg/m ³	Settimana
Xileni	4800 µg/m ³	24 ore

I valori limite secondo WHO



Quello più largamente usato, definisce i valori da calcolare od adottare per:

- ✓ **la portata minima di aria esterna**
- ✓ **il livello di filtrazione dell'aria**

LE PORTATE DI ARIA ESTERNA

Il metodo prescrittivo stabilisce che il valore di portata di aria esterna deve essere **pari o maggiore** rispetto ai **valori minimi** determinati in funzione di:

- ✓ **classe di qualità dell'aria interna desiderata**
- ✓ **destinazione d'uso**
- ✓ **affollamento previsto dei locali**
- ✓ **superficie in pianta di questi ultimi.**

Le portate minime devono tenere anche conto dell'efficienza di ventilazione.



IL CALCOLO DELLE PORTATE DELL'ARIA ESTERNA

La portata di aria esterna nominale ($Q_{v,o,n}$ espressa in $10^{-3} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ o L/s) da immettere in ambiente deve essere calcolata in base alla seguente formula:

$$Q_{v,o,n} = n \cdot q_{v,o,p} + A \cdot q_{v,o,s}$$

Dove:

n affollamento di riferimento, ovvero numero di persone **previste a progetto o calcolate** mediante l'indice di affollamento per unità di superficie, n_s espressa in m^2 , con l'equazione $n = (n_s A)$

$q_{v,o,p}$ portata volumica di aria esterna minima per persona, espressa in $10^{-3} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ persona}^{-1}$;

A area della superficie del locale in pianta, espressa in m^2 ;

$q_{v,o,s}$ portata volumica di aria esterna minima per unità di superficie espressa in $\text{m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ m}^{-2}$.

INDICI DI AFFOLLAMENTO PER DESTINAZIONE D'USO

Destinazione d'uso dell'edificio e dell'ambiente	Indice di affollamento per unità di superficie, n_s [m ⁻²]
RESIDENZA E ASSIMILABILI	
<ul style="list-style-type: none"> Residenze a carattere continuativo 	
<ul style="list-style-type: none"> Abitazioni civili: (valore riferito alla superficie dell'intero alloggio) 	A
<ul style="list-style-type: none"> Collegi, luoghi di ricovero, case di pena, caserme, conventi: 	
<ul style="list-style-type: none"> <ul style="list-style-type: none"> sale riunioni 	0,6
<ul style="list-style-type: none"> <ul style="list-style-type: none"> dormitori/camere 	0,1
RESIDENZE OCCUPATE SALTUARIAMENTE	
<ul style="list-style-type: none"> Vale quanto prescritto per le residenze a carattere continuativo 	
ALBERGHI E PENSIONI ecc	
<ul style="list-style-type: none"> ingresso, soggiorni 	0,2
<ul style="list-style-type: none"> sale conferenze/auditori (piccole) 	0,6
<ul style="list-style-type: none"> sale da pranzo 	0,6
<ul style="list-style-type: none"> camere da letto 	0,1
UFFICI E ASSIMILABILI	
<ul style="list-style-type: none"> Uffici singoli 	0,1
<ul style="list-style-type: none"> Uffici open space 	0,12
<ul style="list-style-type: none"> Call-Center/Centro inserimento 	0,4
<ul style="list-style-type: none"> Locali riunione 	0,6
ETC ETC...	

PORTATE DI ARIA ESTERNA PER DESTINAZIONE D'USO

Prospetto 14 – Valori di portata di aria volumica di aria esterna nominale

Destinazione d'uso dell'edificio e dell'ambiente	Portata per persona			Portata per superficie			Portata di estrazione		Nota
	$q_{v,o,p}$						$Q_{v,e}$		
	[10 ⁻³ m ³ s ⁻¹ per persona]						[10 ⁻³ m ³ s ⁻¹ m ⁻²]		
	Elevata	Media	Bassa	Elevata	Media	Bassa		[h ⁻¹]	
RESIDENZA E ASSIMILABILI ^{1,2,3} <i>residenze a carattere continuativo</i>									
• abitazioni civili.									
• soggiorni camere da letto e ogni altro locale esclusi cucine, bagni e locali di servizio	4,5	3,0	2,0	0,14	0,14	0,14			
• cucina	Estrazioni valori in funzionamento continuo: nel caso di impianto centralizzato, se la portata da estrarre calcolata per bilanciare, assieme alle altre estrazioni le portate totali immesse è inferiore al valore specificato qui accanto si raccomanda di installare un dispositivo (variatore di velocità del ventilatore, bocchette a doppia portata o simili) che consenta di mantenere il valore specificato per tutto il periodo di utilizzazione dell'ambiente e per un successivo periodo non inferiore a 20 minuti						13		a
	Estrazioni valori in funzionamento discontinuo: il valore indicato deve essere assicurato durante il periodo di utilizzo e per un periodo successivo non inferiore a: 20 minuti						30		a
• Bagni	Estrazioni valori in funzionamento continuo: nel caso di impianto centralizzato, se la portata da estrarre calcolata per bilanciare, assieme alle altre estrazioni le portate totali immesse è inferiore al valore specificato qui accanto si raccomanda di installare un dispositivo (variatore di velocità del ventilatore, bocchette a doppia portata o simili) che consenta di mantenere il valore specificato per tutto il periodo di utilizzazione dell'ambiente e per un successivo periodo non inferiore a 20 minuti						8		b
	Estrazioni valori in funzionamento discontinuo: il valore indicato deve essere assicurato durante il periodo di utilizzo e per un periodo successivo non inferiore a: 20 minuti						15		b



PORTATE DI ARIA ESTERNA PER DESTINAZIONE D'USO

Destinazione d'uso dell'edificio e dell'ambiente	Portata per persona			Portata per superficie			Portata di estrazione		Nota
	$q_{v,o,p}$ [10 ⁻³ m ³ s ⁻¹ per persona]			$q_{v,o,s}$ [10 ⁻³ m ³ s ⁻¹ m ⁻²]			$Q_{v,e}$ [10 ⁻³ m ³ s ⁻¹]	[h ⁻¹]	
	Elevata	Media	Bassa	Elevata	Media	Bassa			
ALBERGHI E PENSIONI									
• ingresso, soggiorni	8,75	7	5,25	1	0,8	0,6			
• sale conferenze/auditori (piccole)	8,75	7	5,25	0,38	0,3	0,23			
• sale da pranzo	8,75	7	5,25	1,25	1,0	0,75			
• camere da letto	8	6,5	4,75	0,7	0,6	0,4			
• cucine	Estrazioni in funzionamento continuo							8	a
	Estrazioni in funzionamento discontinuo							16	a
• bagni/servizi	Estrazioni in funzionamento continuo							8	b
	Estrazioni in funzionamento discontinuo							16	b
UFFICI E ASSIMILABILI									
• uffici	8,5	7,5	5,5	0,5	0,4	0,3			
• uffici collettivi/multipli tipo open space	8,5	7	5	0,7	0,6	0,4			
• call-Center/Centro inserimento dati	8,5	7	5	0,8	0,7	0,5			
• locali riunione	8,5	7	5	0,7	0,6	0,4			
• locali stampanti/fotocopiatrici	Estrazione							5	
	Estrazioni in funzionamento continuo							8	b
	Estrazioni valori in funzionamento discontinuo							16	b
ETC ETC...									

UNI 10339
(in revisione) **Impianti aereaulici a fini del benessere - Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e al fornitura**

EN 16798-3
(ex EN 13779) **Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 3: Per gli edifici non residenziali - Requisiti prestazionali per i sistemi di ventilazione e di condizionamento degli ambienti (Moduli M5-1, M5-4)**

REG UE
N.1253/2014 Specifiche per la progettazione ecocompatibile delle unità di ventilazione

EN ISO 16890-1
(ex UNI EN 779) **Filtri d'aria per ventilazione generale – Parte 1: Specifiche tecniche, requisiti e sistema di classificazione dell'efficienza basato sul particolato (ePM)**

LA NORMA EN 16798-3

BS EN 16798-3:2017

EUROPEAN STANDARD

EN 16798-3

NORME EUROPÉENNE

EUROPÄISCHE NORM

August 2017

ICS 91.120.10; 91.140.30

Supersedes EN 13779:2007

English Version

Energy performance of buildings - Ventilation for buildings - Part 3: For non-residential buildings - Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems (Modules M5-1, M5-4)

Performance énergétique des bâtiments - Ventilation
des bâtiments - Partie 3: Pour bâtiments non
résidentiels - Exigences de performances pour les
systèmes de ventilation et de climatisation (Modules
M5-1, M5-4)

Energetische Bewertung von Gebäuden - Lüftung von
Gebäuden - Teil 3: Lüftung von Nichtwohngebäuden -
Leistungsanforderungen an Lüftungs- und
Klimaanlagen und Raumkühlssysteme (Module M5-1,
M5-4)

This European Standard was approved by CEN on 11 May 2017.

CEN members are bound to comply with the CEN/CENELEC Internal Regulations which stipulate the conditions for giving this European Standard the status of a national standard without any alteration. Up-to-date lists and bibliographical references concerning such national standards may be obtained on application to the CEN-CENELEC Management Centre or to any CEN member.

This European Standard exists in three official versions (English, French, German). A version in any other language made by translation under the responsibility of a CEN member into its own language and notified to the CEN-CENELEC Management Centre has the same status as the official versions.

CEN members are the national standards bodies of Austria, Belgium, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, Former Yugoslav Republic of Macedonia, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Romania, Serbia, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey and United Kingdom.



Table 9 — Classification of supply air

Category	Description
SUP 1	Supply air with very low concentration of particulate matter and/or gases
SUP 2	Supply air with low concentrations of particulate matter and/or gases
SUP 3	Supply air with medium concentrations of particulate matter and/or gases matter
SUP 4	Supply air with high concentrations of particulate matter and/or gases matter
SUP 5	Supply air with very high concentrations of particulate matter and/or gases matter

Application of such a classification depend on defining the criteria according to Annex B.



DEFINIZIONE SI SFP – SPECIFIC FAN POWER

9.5 Specific fan power

9.5.1 General

The specific fan power is a simple value to determine the efficiency of the air transportation in a given system. There are several ways to calculate depending on the individual needs of the system or product.

Generally the specific fan power is defined as:

$$P_{SFP} = \frac{P}{q_v} = \frac{\Delta p_{tot}}{\eta_{tot}} = \frac{\Delta p_{stat}}{\eta_{stat}} \quad [W/m^3s] \quad (1)$$

where

P_{SFP} is the specific fan power in $W \cdot m^{-3} \cdot s$

P is the input power of the motor for the fan in W

q_v is the design air-volume-flow through the fan in $m^3 \cdot s^{-1}$

Δp_{tot} is the total pressure difference across the fan

η_{tot} is the overall efficiency of the fan based on total pressure

Δp_{stat} is the static pressure difference across the fan

η_{stat} is the overall efficiency of the fan based on static pressure

The coefficient is related to an air density of $1,2 \text{ kg} \cdot m^{-3}$.



IL REGOLAMENTO EUROPEO N.1253/2014

UNI 10339
(in revisione) Impianti aereaulici a fini del benessere - Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e al fornitura

EN 16798-3
(ex EN 13779) Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 3: Per gli edifici non residenziali - Requisiti prestazionali per i sistemi di ventilazione e di condizionamento degli ambienti (Moduli M5-1, M5-4)

**REG UE
N.1253/2014** **Specifiche per la progettazione ecocompatibile delle unità di ventilazione**

EN ISO 16890-1
(ex UNI EN 779) Filtri d'aria per ventilazione generale – Parte 1: Specifiche tecniche, requisiti e sistema di classificazione dell'efficienza basato sul particolato (ePM)

REGOLAMENTO (UE) PER I PRODOTTI DI VENTILAZIONE

L 285/10

IT

Gazzetta ufficiale dell'Unione europea

31.10.2009

DIRETTIVE

DIRETTIVA 2009/125/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO

del 21 ottobre 2009

**relativa all'istituzione di un quadro per l'elaborazione di specifiche per la progettazione
ecocompatibile dei prodotti connessi all'energia**

(rifusione)



L 337/8

IT

Gazzetta ufficiale dell'Unione europea

25.11.2014

REGOLAMENTO (UE) N. 1253/2014 DELLA COMMISSIONE

del 7 luglio 2014

**recante attuazione della direttiva 2009/125/CE del Parlamento europeo e del Consiglio per quanto
riguarda le specifiche per la progettazione ecocompatibile delle unità di ventilazione**

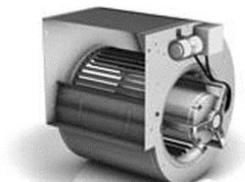
(Testo rilevante ai fini del SEE)



EFFICIENZA MINIMA DEI VENTILATORI

A partire da 01/01/2018

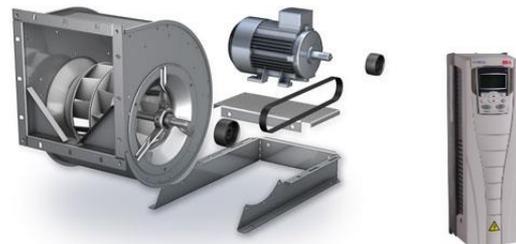
- UV (eccetto doppio uso) devono essere dotate di azionamento velocità multiple o variatore
- l'efficienza minima del ventilatore deve essere pari a:
 - $6,2 \% * \ln(P) + 42,0 \%$ se $P \leq 30$ [kW]
 - $63,1\%$ se $P > 30$ [kW]



Ventilatore centrifugo con motore senza spazzole a controllo elettronico (EC), ad accoppiamento diretto



Plug fan con motore senza spazzole a controllo elettronico (EC), ad accoppiamento diretto

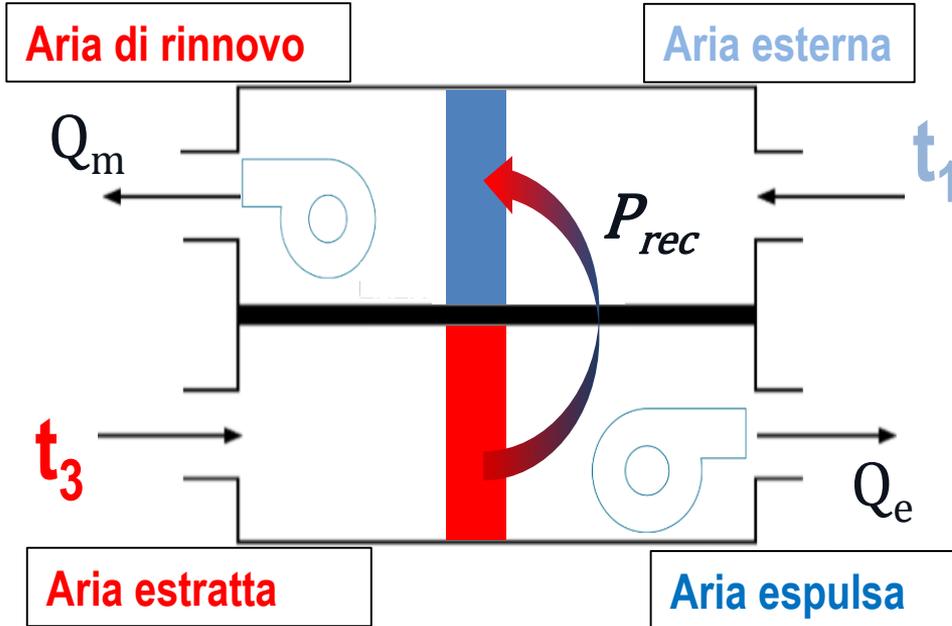


Ventilatore centrifugo con motore asincrono trifase, trasmissione cinghia e puleggia, azionato da inverter.



Ventilatore centrifugo con motore asincrono trifase, trasmissione cinghia e puleggia, azionato da inverter.

EFFICIENZA DEL RECUPERO DI CALORE PASSIVO



$$\varepsilon_s = \frac{P_{rec}}{\rho_e Q_e C_p (t_3 - t_1)}$$

P_{rec} = potenza termica recuperata

ρ_e = densità aria estratta

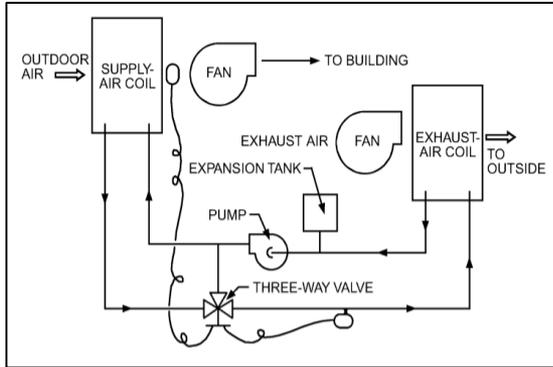
Q_e = portata volumetrica aria estratta

C_p = calore specifico dell'aria

t_3 = temperatura dell'aria estratta

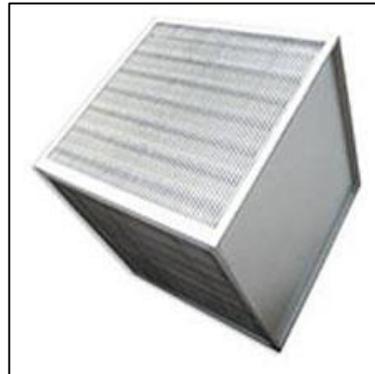
t_1 = temperatura dell'aria esterna

I PRINCIPALI RECUPERATORI PASSIVI



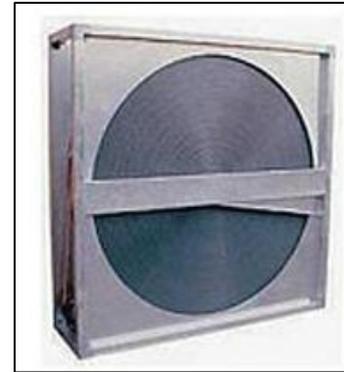
Fluido termovettore

$$\epsilon_{\min} = 68\%$$



Flussi incrociati

$$\epsilon_{\min} = 73\%$$



Ruota entalpica

$$\epsilon_{\min} = 73\%$$

Tutte le unità UVB devono essere dotate di by-pass del recuperatore



LE PERDITE DI CARICO TIPICHE DEI RECUPERATORI

Table 11 — Examples for pressure drops for specific components in air handling systems

Component	Pressure losses in Pa		
	Low	Normal	High
Ductwork supply	200	300	600
Ductwork exhaust	100	200	300
Heating coil	40	80	100
Cooling coil	100	140	200
Heat recovery unit H3 ^a	100	150	250
Heat recovery unit H2-H1 ^a	150	200	300
Humidifier	50	100	150
Air washer	100	200	300
Air filter F5-F7 per section ^b	100	150	250
Air filter F8-F9 per section ^b	150	250	400
HEPA Filter	400	500	700
Gas Filter	100	150	250
Silencer	30	50	80
Terminal device	30	50	100
Air inlet and outlet	20	50	70

^a Class H1 – H3 according to [EN 13053](#).

^b Final pressure drop before replacement.

LA UNI EN 16890-1 – FILTRI ARIA

UNI 10339
(in revisione) Impianti aereaulici a fini del benessere - Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e al fornitura

EN 16798-3
(ex EN 13779) Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 3: Per gli edifici non residenziali - Requisiti prestazionali per i sistemi di ventilazione e di condizionamento degli ambienti (Moduli M5-1, M5-4)

REG UE
N.1253/2014 Specifiche per la progettazione ecocompatibile delle unità di ventilazione

EN ISO 16890-1 Filtri d'aria per ventilazione generale – Parte 1: Specifiche tecniche, requisiti e sistema di classificazione dell'efficienza basato sul particolato (ePM)
(ex UNI EN 779)

LA NUOVA NORMA PER I FILTRI

EUROPEAN STANDARD

EN ISO 16890-1

NORME EUROPÉENNE

EUROPÄISCHE NORM

December 2016

ICS 91.140.30

Supersedes [EN 779:2012](#)

English Version

Air filters for general ventilation - Part 1: Technical specifications, requirements and classification system based upon particulate matter efficiency (ePM) (ISO 16890-1:2016)

Filtres à air de ventilation générale - Partie 1: Spécifications techniques, exigences et système de classification fondé sur l'efficacité des particules en suspension (ePM) (ISO 16890-1:2016)

Luftfilter für die allgemeine Raumluftechnik - Teil 1: Technische Bestimmungen, Anforderungen und Effizienzklassifizierungssystem basierend auf Feinstaub (PM) (ISO 16890-1:2016)



PREMESSA SULLA ISO EN 16890

L'introduzione del nuovo standard globale **UNI EN ISO16890**, che classifica i filtri per l'aria sulla base della loro capacità di trattenere il particolato aereo disperso (PM10, PM2,5 e PM1), ha introdotto un forte cambiamento nel settore della filtrazione dell'aria. Sostituisce la precedente la **EN 779:2012** (F7,F8,F9), filtri d'aria antipolvere per ventilazione generale.



- ✓ Aggiorna uno standard vecchio di più di 20 anni.
- ✓ L'efficienza fa riferimento alla granulometria delle polveri sottili da 0,3 μm a 10 μm
- ✓ I valori di efficienza vengono espressi rispetto a $e\text{PM}_1$, $e\text{PM}_{2,5}$, $E\text{pm}_{10}$
- ✓ La classificazione in un gruppo $e\text{PM}_x$ si basa sul corrispondente valore minimo di efficienza

DEFINIZIONE DI EFFICIENZA ePM_x SECONSO ISO 16890

Table 1 — Optical particle diameter size ranges for the definition of the efficiencies, ePM_x

Efficiency	Size range, μm
ePM_{10}	$0,3 \leq x \leq 10$
$ePM_{2,5}$	$0,3 \leq x \leq 2,5$
ePM_1	$0,3 \leq x \leq 1$

Table 4 — Filter groups

Group designation	Requirement			Class reporting value
	$ePM_{1, \text{min}}$	$ePM_{2,5, \text{min}}$	ePM_{10}	
ISO Coarse	—	—	<50 %	Initial grav. arrestance
ISO ePM_{10}	—	—	≥ 50 %	ePM_{10}
ISO $ePM_{2,5}$	—	≥ 50 %	—	$ePM_{2,5}$
ISO ePM_1	≥ 50 %	—	—	ePM_1

Esempi di classificazione

Coarse 60% / ePM_{10} 60% / $ePM_{2,5}$ 80% / ePM_1 >95%

CALCOLO DELL'EFFICIENZA DI FILTRAZIONE

The combined filtration efficiency shall be calculated according to (11):

$$E_t = 100 * \left(1 - \left(\left(1 - \frac{E_{s1}}{100} \right) * \left(1 - \frac{E_{s2}}{100} \right) * \dots * \left(1 - \frac{E_{sn+1}}{100} \right) \right) \right)$$

where

E_t is the total filter efficiency

E_{sn+1} is the efficiency of each filter step

Default filter classes are given in Annex A or Annex B.



CALCOLO DELL'EFFICIENZA DI FILTRAZIONE

La UNI EN ISO 16890:2017 rispetto a quanto si faceva prima con la EN779:2012, permette con la formula qui sopra di **calcolare matematicamente l'efficienza** di filtrazione di un sistema combinato di filtri.

$$E_t = 100 * \left(1 - \left(\left(1 - \frac{E_{s1}}{100} \right) * \left(1 - \frac{E_{s2}}{100} \right) * \dots * \left(1 - \frac{E_{sn+1}}{100} \right) \right) \right)$$

Esempio1: con filtrazione richiesta del 99% : un solo stadio al 99% oppure in cascata 2 stadi di filtrazione ciascuno con almeno il 90% d'efficienza.

Esempio2: con filtrazione richiesta del 80%: un solo stadio con efficienza $\geq 80\%$ oppure in cascata uno stadio al 50% + uno stadio al 60%



FILTRAZIONE SECONDO EN13779

LA EN 13779 E' STATA SUPERATA

Table A.5 — Recommended minimum filter classes per filter section (definition of filter classes according to EN 779)

Outdoor Air Quality (see 6.2.3)	Indoor Air Quality (see 6.2.5)			
	IDA 1 (High)	IDA 2 (Medium)	IDA 3 (Moderate)	IDA 4 (Low)
ODA 1 (pure air)	F9	F8	F7	F5
ODA 2 (dust)	F7+F9	F6+F8	F5+F7	F5+F6
ODA 3 (very high concentrations of dust or gases)	F7+GF+F9*)	F7+GF+F9*)	F5+F7	F5+F6

*) GF = Gas filter (carbon filter) and/or chemical filter.

LIVELLI DI FILTRAZIONE SECONDO PrEN13779

Prospetto 15 - Filtrazione minima prevista

Destinazione d'uso dell'edificio e dell'ambiente	Classe di qualità dell'aria esterna	Classe dei filtri finali		
		Classe di qualità dell'aria interna		
		Elevata	Media	Bassa
RESIDENZA E ASSIMILABILI				
abitazioni civili	Elevata	M6	M5	G4
	Media	F7	M6	M5
	Bassa	F8*	M6*	M5*
collegi e luoghi di ricovero, case di pena, caserme, conventi strutture alberghiere: - alberghi - pensioni e residence	Elevata	F7	M6	M5
	Media	F8	F7	M6
	Bassa	F8*	F7*	M6*
UFFICI E ASSIMILABILI				
uffici in genere locali riunione centri elaborazione dati	Elevata	F7	M6	M5
	Media	F8	F7	M6
	Bassa	F9*	F7*	M8*
OSPEDALI, CLINICHE E ASSIMILABILI				
degenze, corsie, visite mediche, soggiorni, terapie fisiche	Elevata	F7	M6	M5
	Media	F8	F7	M6
	Bassa	F9*	F7*	M6*
camere sterili e infettivi, maternità, anestesia, radiazioni prematuri	Elevata	H14	H13	E12
	Media	H14	H13	E12
	Bassa	H14*	H13*	E12*
ETC ETC...				

Classi dei filtri da rivedere in base alla nuova **EN 16890**

CONFRONTO EN 779 VS. ISO EN 16890

EN 779:2012

EN ISO 16890 – RANGE OF ACTUAL MEASURED AVERAGE EFFICIENCIES

FILTER CLASS

	ePM ₁	ePM _{2,5}	ePM ₁₀
M 5	5 - 35 %	10 - 45 %	40 - 70 %
M 6	10 - 40 %	20 - 50 %	60 - 80 %
F 7	40 - 65 %	65 - 75 %	80 - 90 %
F 8	65 - 90 %	75 - 95 %	90 - 100 %
F 9	80 - 90 %	85 - 95 %	90 - 100 %

ESEMPIO DI FILTRAZIONE FILTRAZIONE DA ODA3

Da CLASSE [ODA]	A CLASSE [SUP]	Filtrazione richiesta [%]	Max PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Max PM2,5 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Livello SUP PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Livello SUP PM2,5 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
ODA3	SUP1	99	1000	500	10	5
	SUP2	96	500	250	20	10
	SUP3	92	250	125	30	15
	SUP4	80	200	100	40	20
	SUP5	80	300	150	60	30

Dati validi per livelli inquinamento $>60\mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM10 e $>30\mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM2,5

Per ciascuna classe di qualità dell'aria interna secondo i metodi prescrittivo e prestazionale, **i valori minimi di portata di aria esterna vanno garantiti anche nelle condizioni più gravose**, ovvero quando sono **massime le perdite di carico previste nei filtri in relazione con il loro intasamento...**

Al fine di evitare inefficienze energetiche e insoddisfazione nei confronti della qualità dell'aria e delle condizioni termoigrometriche, ove possibile **si raccomanda l'adozione di sistemi automatici di regolazione della portata al variare delle perdite di carico del circuito aeraulico.**

I PARTE

IEQ (Indoor Environment Quality) e IAQ (Indoor Air Quality) : inquinanti, patologie, salute e produttività negli edifici

Recenti sviluppi delle norme nazionali ed internazionali sull'IAQ

Le tecnologie e i sistemi convenzionali per l'IAQ

COVID-19 e ventilazione degli ambienti confinati

II PARTE

Il recupero di calore termodinamico attivo dall'aria espulsa

La filtrazione elettronica dell'aria

La ventilazione meccanica controllata con unità a recupero termodinamico

Le unità dedicate (DOAS) per il trattamento dell'aria primaria

I sistemi di climatizzazione di tipo evoluto per il residenziale

I sistemi di climatizzazione di tipo evoluto per gli edifici del terziario

I - I principi della ventilazione

II - Il recupero di calore passivo dall'aria espulsa

III - La filtrazione

IV - La ventilazione meccanica nel residenziale

V - L'aria primaria nel terziario e nel commerciale

I - I principi della ventilazione

II - Il recupero di calore pasivo dall'aria espulsa

III - La filtrazione

IV - La ventilazione meccanica nel residenziale

V - L'aria primaria nel terziario e nel commerciale

I RUOLI DELLA VMC E DELL'ARIA PRIMARIA

- **Diluire** l'aria interna con aria esterna di rinnovo pulita
- **Estrarre ed espellere** l'aria interna esausta
- **Umidificare e deumidificare** l'ambiente

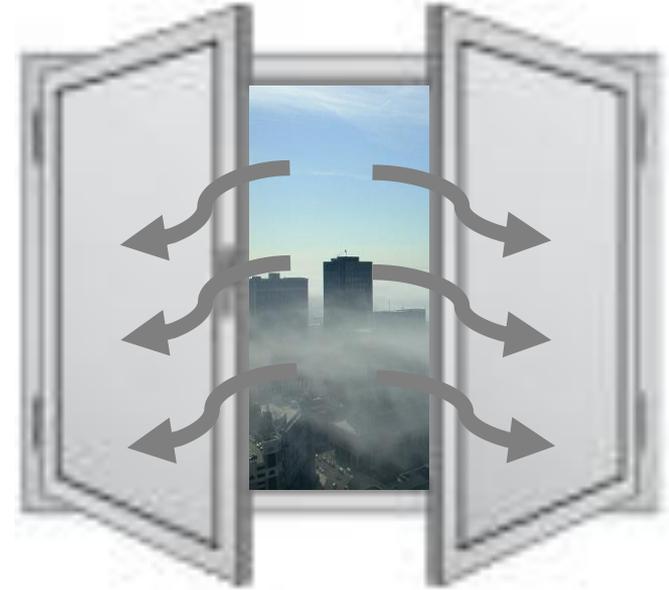
LA VENTILAZIONE NATURALE

E' IL METODO PIU' SEMPLICE E DIFFUSO, MA...

Il rinnovo dell'aria è discontinuo e può determinare fenomeni di **scarso comfort**, soprattutto durante le stagioni invernali

L'aria di rinnovo può essere a sua volta inquinata e il suo ingresso può determinare il **peggioramento** anziché il miglioramento delle condizioni IAQ

L'energia ceduta all'esterno durante l'apertura delle finestre che rappresenta un valore importante **viene totalmente sprecata**.



Apertura finestre

LA VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA VMC

Ventilazione: processo di ricambio dell'aria interna esausta con aria esterna nuova

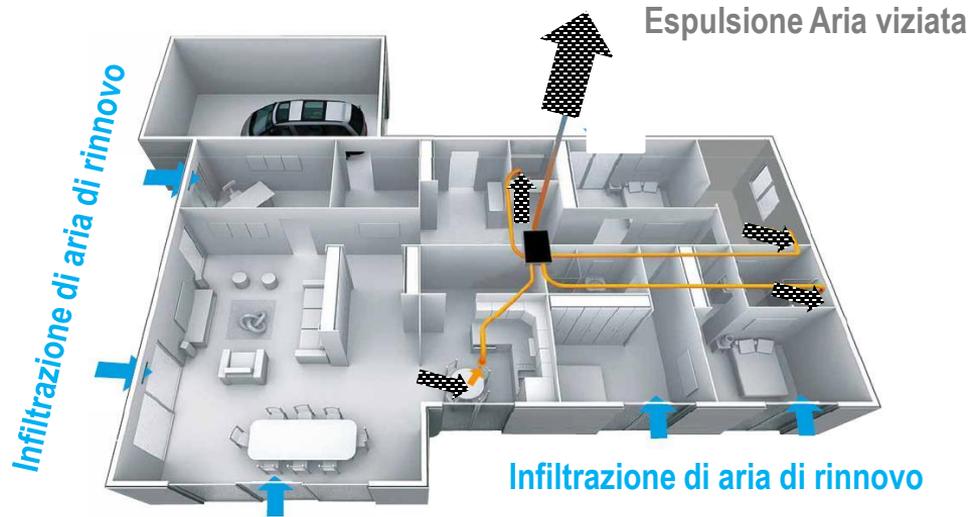
Meccanica: dotata di ventilatori e di distribuzione ed estrazione dell'aria

Controllata: con portate dell'aria prestabilite e con aria esterna e aria ambiente filtrate



VENTILAZIONE MECCANICA A SINGOLO FLUSSO

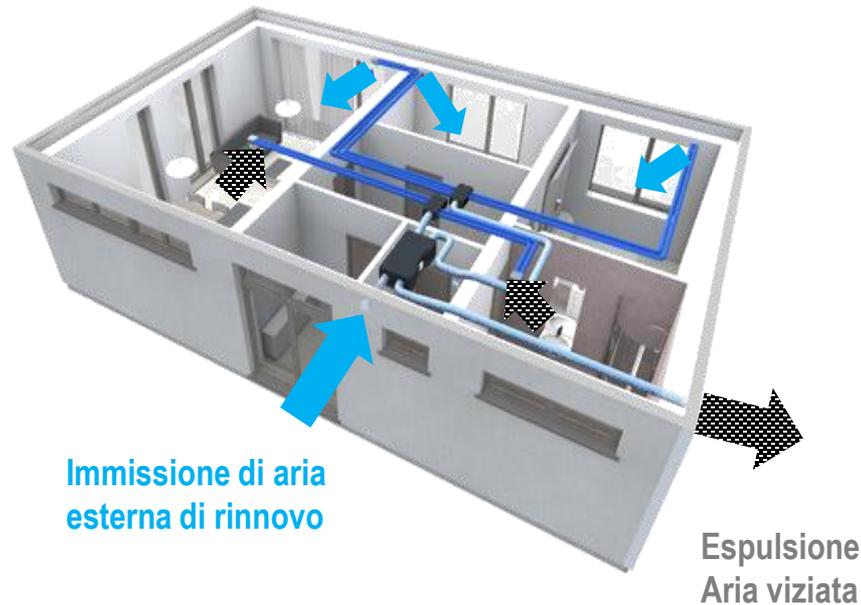
Solo estrazione dell'aria viziata e conseguente immissione di aria esterna per differenza di pressione fra l'ambiente esterno e l'interno



NO RECUPERO DEL CALORE – **NO** FILTRAZIONE ARIA DI RINNOVO

VENTILAZIONE MECCANICA A DOPPIO FLUSSO

Estrazione dell'aria interna esausta ed immissione di aria nuova



SI RECUPERO DEL CALORE – **SI** FILTRAZIONE DELL'ARIA DI RINNOVO

I - I principi della ventilazione

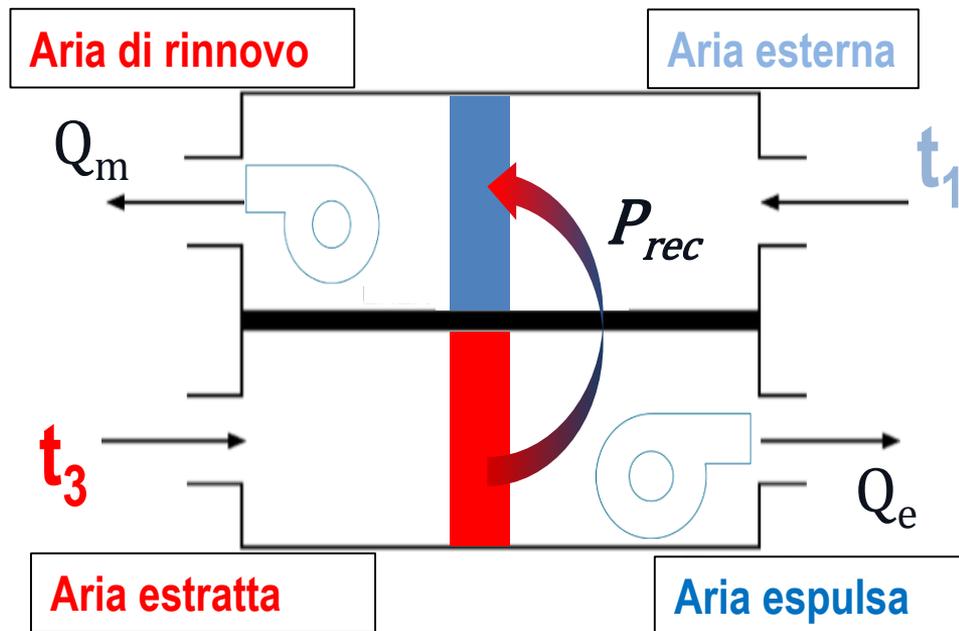
II - Il recupero di calore passivo dall'aria espulsa

III - La filtrazione

IV - La ventilazione meccanica nel residenziale

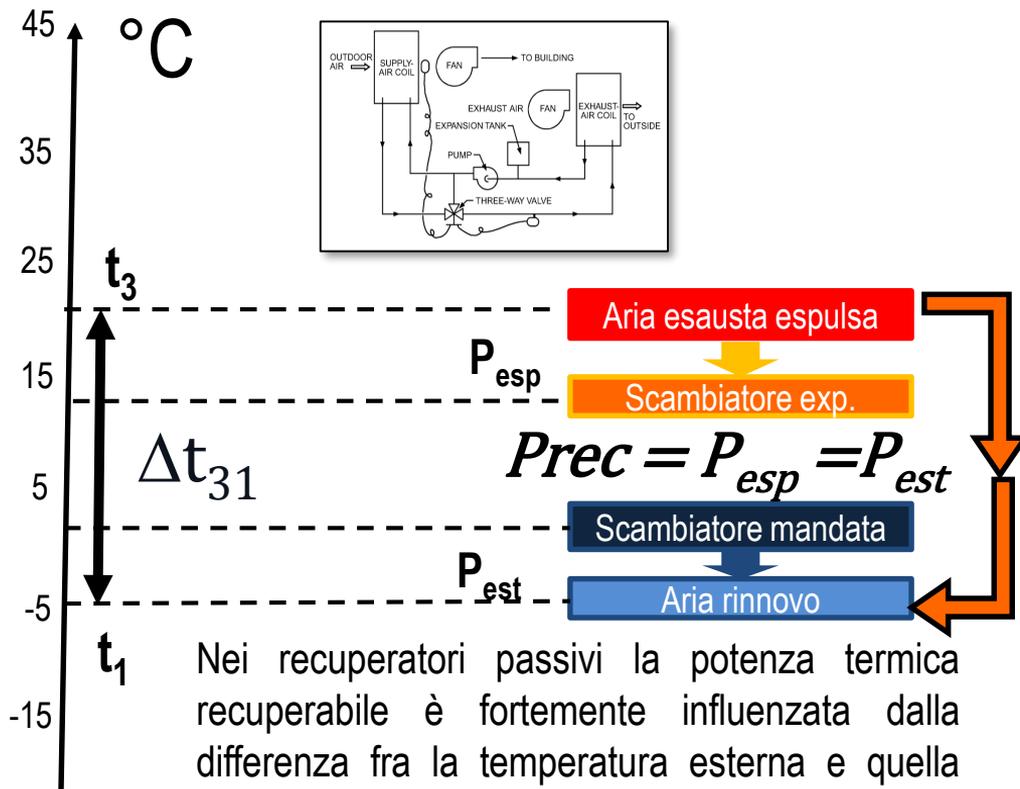
V - L'aria primaria nel terziario e nel commerciale

IL PRINCIPIO DEL RECUPERO DI CALORE PASSIVO



$$P_{rec} = \varepsilon_s \rho_e Q_e C_p (t_3 - t_1) = \alpha (\Delta t_{31})$$

IL RECUPERO AL VARIARE DELLA TEMPERATURA ESTERNA



Nei recuperatori passivi la potenza termica recuperabile è fortemente influenzata dalla differenza fra la temperatura esterna e quella dell'ambiente.

Poiché

$$P_{rec} \propto \Delta t_{31}$$

se Δt_{31} diminuisce

$$\Delta t_{31} \rightarrow 0$$

allora

$$P_{rec} \rightarrow 0$$

P_{rec} diminuisce

I - I principi della ventilazione

II - Il recupero di calore passivo dall'aria espulsa

III - La filtrazione

IV - La ventilazione meccanica nel residenziale

V - L'aria primaria nel terziario e nel commerciale

FILTRI PIANI ED ONDULATI - CLASSE G2/G4



Filtri piani metallici G2, utilizzati per il trattenimento delle particelle più grossolane. Il media filtrante è in maglia metallica zincata e viene disposto con andamento piano. Idonei per le prese di aria esterna



Filtri piani in fibra sintetica G2-G3, adatti per generatori di aria calda e unità ventilanti



Filtri ondulati in fibra sintetica G3-G4, normalmente utilizzati come primo stadio di filtrazione nelle Unità di Trattamento Aria

FILTRI A TASCHE - CLASSE M5/F9



Filtri a tasca morbida in fibra di vetro. Classe M5-M6-F7-F8.
Applicazioni in UTA



Filtri a tasche rigide con superficie filtrante maggiorata. Classe M6-F7-F8-F9.
Applicazioni in UTA come sopra

FILTRI SEMIASSOLUTI F9/E11 ED ASSOLUTI H14-H14



Filtri semiassoluti per applicazioni in ambienti a contaminazione controllata installabili nelle griglie di ripresa per ambienti ospedalieri-farmaceutici e in terminali filtranti

Classe EN 779:2012 – **F9**

Classe EN 1822:2009 – **E10 e E11**



Filtri assoluti per flussi canalizzati a pieghe profonde per laboratori, industria elettronica, alimentare, farmaceutica, settore ospedaliero e per l'abbattimento di polveri nocive in espulsione.

Classe EN1822/2009 **HEPA H13-H14**

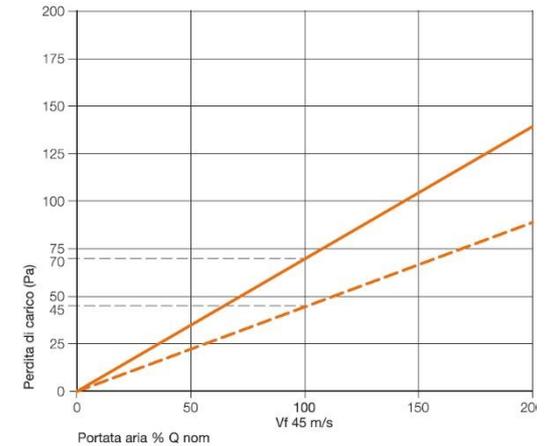
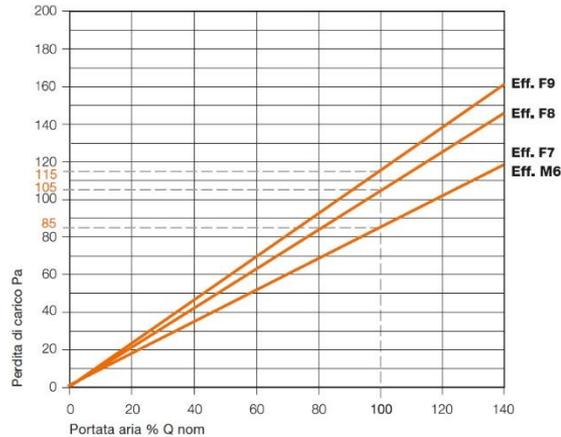
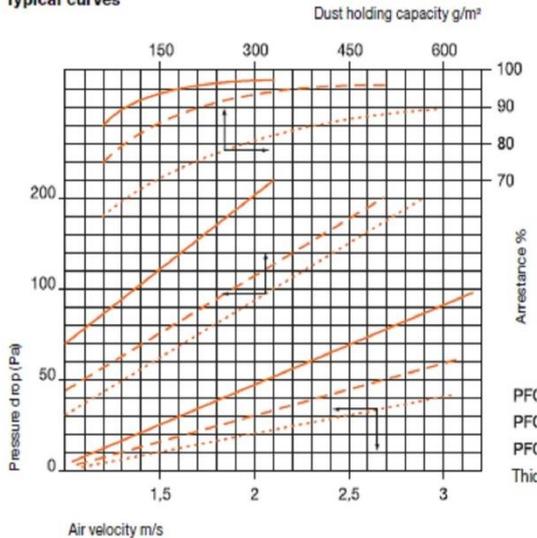
LE PERDITE DI CARICO TIPICHE DEI FILTRI

G2-G4
 ΔP_{max} (filtri sporchi)
300 Pa

M5-F9
 ΔP_{max} (filtri sporchi)
500 Pa

H13-H14
 ΔP_{max} (filtri sporchi)
700Pa

Typical curves



IMPATTO DELLE PERDITE DI CARICO SUI VENTILATORI

HVAC Component	Estimated use of fan power as a percentage of total available (approx.)
Supply grille or register	3%
Return grilles or registers	13-20%
Dampers	6%
Flexible duct	3%
Solid wall duct	6%
Elbows or turns	13-20%
Cooling or heating coil	8-12%
Heat exchanger	10% to 16% (clean filters)
Single stage filters (MERV 13)	10% to 16% (clean filters)
Second stage filters (MERV 14)	16% to 33% (clean filters)

Actual values will vary based upon design velocity, component selection and the intricacy of the entire system. Values are shown for example purposes.

ASHRAE Handbook
Fundamentals



A Group Company of



ALCUNE NOTE SUI FILTRI

- Il filtro è generalmente nascosto all'interno degli impianti trattamento aria/condotti, per questo spesso si tende a dimenticarlo e a non prestarci la dovuta attenzione
- Una scelta errata o l'installazione di filtri con bassa efficienza, se magari anche associata a cattiva manutenzione, può causare l'accumulo di polvere, polline e la presenza di batteri e altri organismi biologici pericoloso per la salute
- Per soddisfare le efficienze d'abbattimento richieste dall'elevato inquinamento atmosferico servono filtri con alta efficienza che introducono però maggiori perdite di carico nell'impianto.
- Sono necessarie frequenti sostituzioni per mantenere efficienti i filtri e contenere le perdite di carico che portano a maggior consumo energetico.
- Si creano maggiori quantità di rifiuti da incenerire che incrementano l'inquinamento ambientale peggiorando l'Outdoor Air Quality (ODA).

LO SPORCAMENTO E LA MANUTENZIONE DEI FILTRI



I filtri vanno periodicamente puliti e sostituiti.
I filtri esausti devono essere obbligatoriamente smaltiti da **Centri Autorizzati per rifiuti speciali** e tramite **incenerimento**.



I - I principi della ventilazione

II - Il recupero di calore passivo dall'aria espulsa

III - La filtrazione

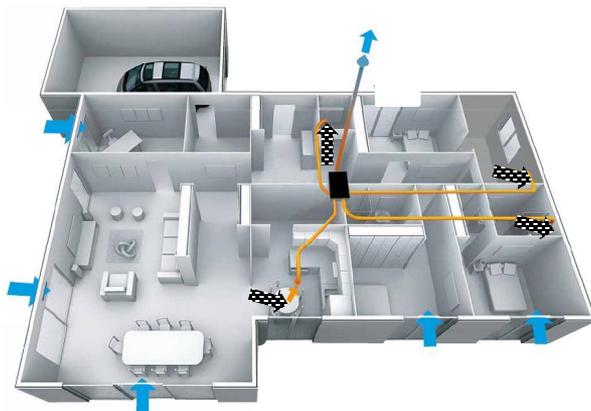
IV - La ventilazione meccanica nel residenziale

V - L'aria primaria nel terziario e nel commerciale

I TIPI DI VENTILAZIONE NEL RESIDENZIALE

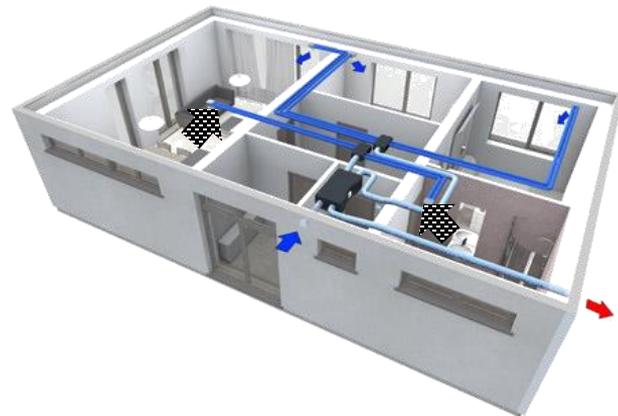


Ventilazione naturale

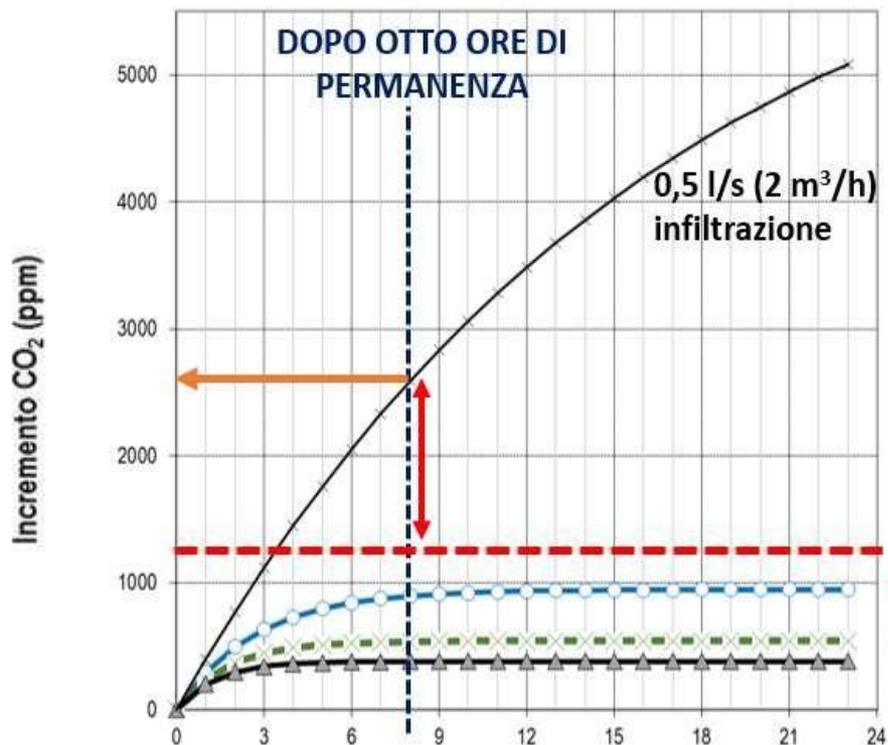


**Solo estrazione aria
(bagni e cucine)**

**VMC
Doppio flusso**



DI NOTTE IN UNA CAMERA DA LETTO SENZA RINNOVO



Corrispondenza UNIEN 13779:2008	Differenza di concentrazione di CO ₂ tra aria interna e aria esterna [ppm]
IDA 1	≤ 400
IDA 2	400 – 600
IDA 3	601 – 1000
IDA 4	> 1000

Esempio: stanza da letto singola di 12 m² e 2,7m di altezza.
1 persona dormiente.

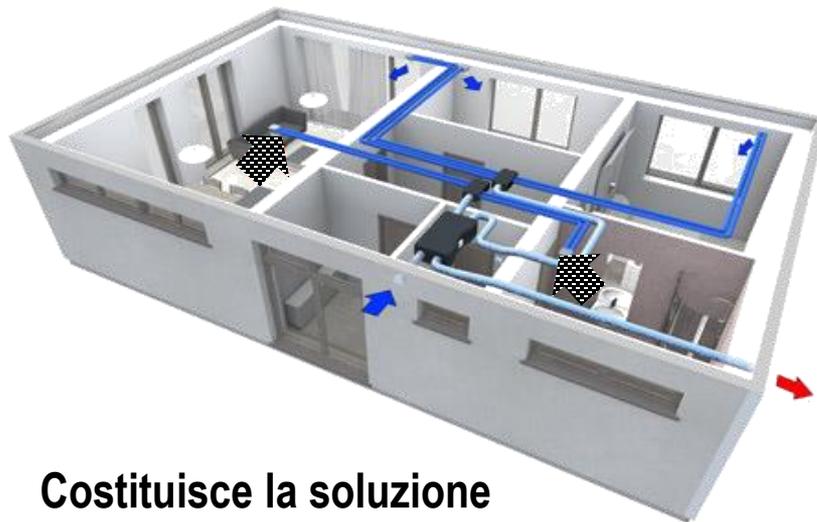
4 l/s per persona
7 l/s per persona
10 l/s per persona

IDA 4
IDA 3
IDA 2
IDA 1

LA VENTILAZIONE NEL RESIDENZIALE



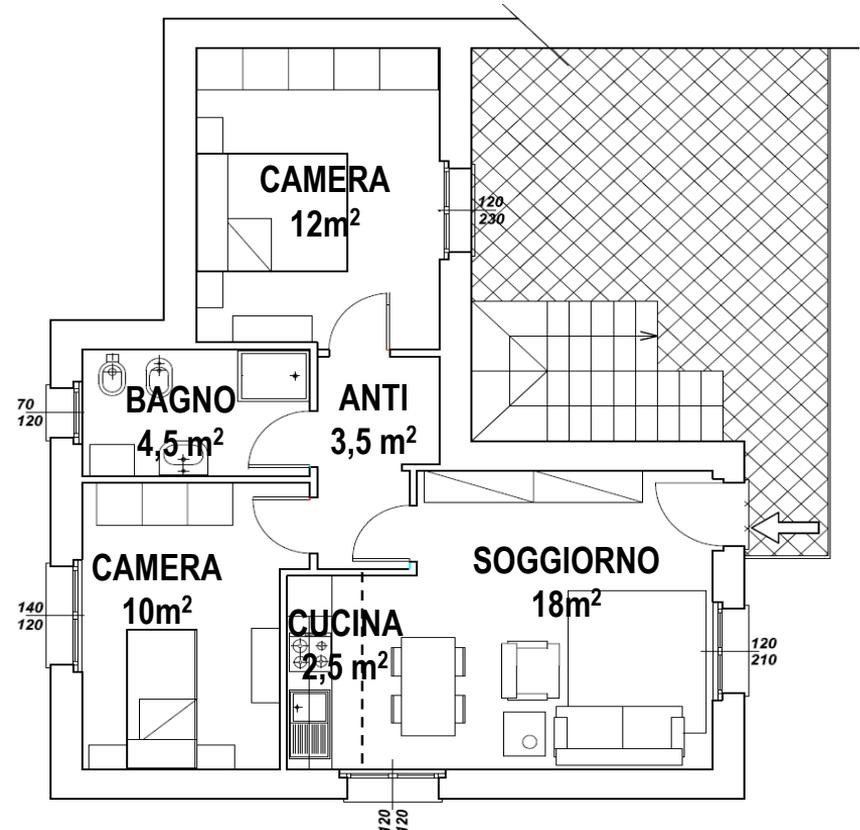
VMC
A doppio flusso



**Costituisce la soluzione
più efficiente e in taluni casi obbligatoria**

ESEMPIO DI UN APPARTAMENTO

SUPERFICIE NETTA DI 50m²



PORTATE DI ARIA ESTERNA PR NORMA EX 10339

Prospetto 14 – Valori di portata di aria volumica di aria esterna nominale

Destinazione d'uso dell'edificio e dell'ambiente	Portata per persona $q_{v,o,p}$ [10 ⁻³ m ³ s ⁻¹ per persona]			Portata per superficie $q_{v,o,s}$ [10 ⁻³ m ³ s ⁻¹ m ⁻²]			Portata di estrazione $Q_{v,e}$ [10 ⁻³ m ³ s ⁻¹] [h ⁻¹]		Nota
	Elevata	Media	Bassa	Elevata	Media	Bassa			
	RESIDENZA E ASSIMILABILI ^{1,2,3}								
<i>Residenze a carattere continuativo</i>									
• abitazioni civili:									
• soggiorni camere da letto e ogni altro locale esclusi cucine, bagni e locali di servizio	4,5	3,0	2,0	0,14	0,14	0,14			
• cucina								13	a
								30	a
• Bagni								8	b
								15	b

MOLTO IMPORTANTE PER LE PICCOLE RESIDENZE

La **portata minima estratta** negli impianti a funzionamento continuo **non deve essere inferiore a $8 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ nelle cucine e a $4 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ nei bagni.**

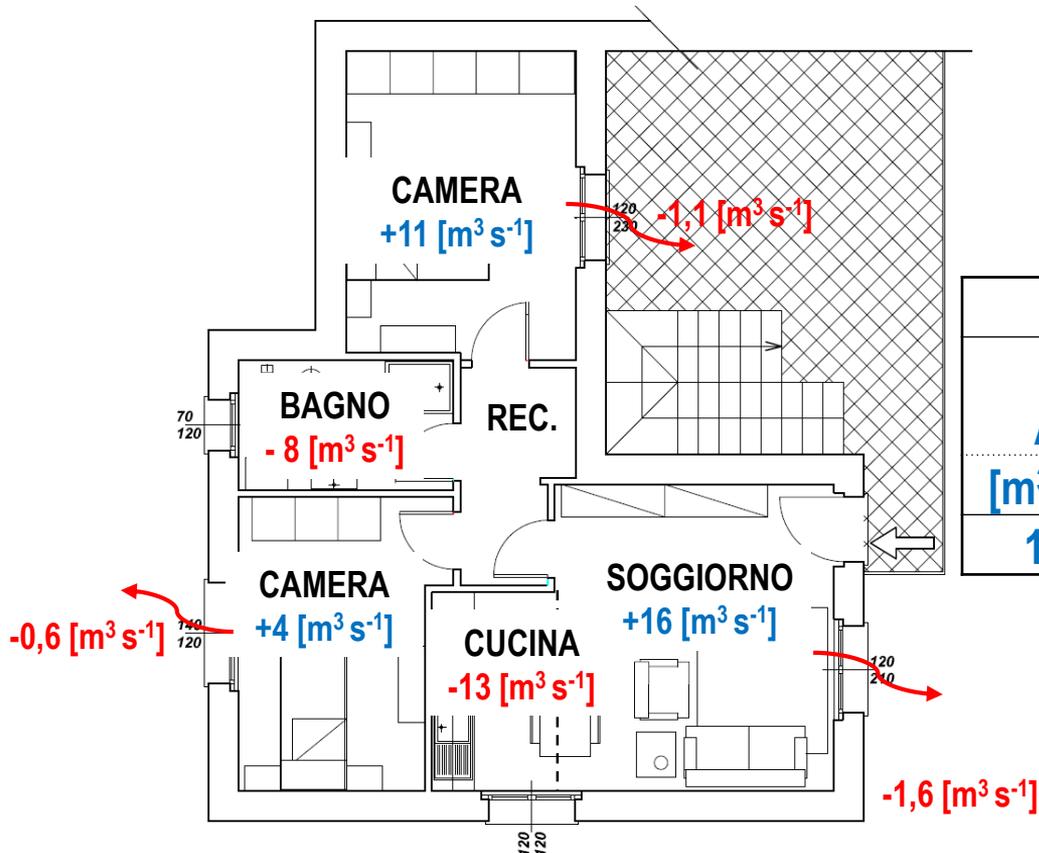
Nel caso che la **portata di aria esterna calcolata risulti inferiore alla somma delle portate continue di estrazione** si adotta come portata di aria esterna **almeno il valore della somma delle portate continue di estrazione e comunque con un valore tale da garantire i requisiti di sovrappressione di cui al paragrafo ...**

CALCOLO DELLE PORTATE DI VENTILAZIONE

LOCALE	Sup. [m ²]	Vol. [m ³]	Persone [n.]	Portata per pers.		Portata per sup.		Estrazione continua	
				Elevata	Media	Elevata	Media	Nominale	Minima
				[10 ⁻³ m ³ s ⁻¹]	[10 ⁻³ m ³ s ⁻¹]	[10 ⁻³ m ³ s ⁻¹ m ⁻²]	[10 ⁻³ m ³ s ⁻¹ m ⁻²]	[10 ⁻³ m ³ s ⁻¹]	[10 ⁻³ m ³ s ⁻¹]
Soggiorno	18,0	48,6	3	4,5	3,0	0,14	0,14	0,0	0,0
Cucina	2,5	6,8	0	0,0	0,0	0,00	0,00	13,0	8,0
Camera matrimoniale	12,0	32,4	2	4,5	3,0	0,14	0,14	0,0	0,0
Camera singola	10,0	27,0	1	4,5	3,0	0,14	0,14	0,0	0,0
Bagno	4,5	12,2	0	0,0	0,0	0,00	0,00	8,0	4,0
Antibagno	3,2	8,6	0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,0	0,0
TOTALI	50	136	3						

LOCALE	ELEVATA QUALITA' DELL'ARIA				MEDIA QUALITA' DELL'ARIA			
	Aria esterna	Estraz. Nomin.	Estiltr. (10%)	Al Recupero.	Aria esterna	Estraz. Minima	Estiltr. (10%)	Al Recupero
	[10 ⁻³ m ³ s ⁻¹]							
Soggiorno	16,0	0,0	1,6	8,3	11,5	0,0	1,2	9,2
Cucina	0,0	13,0	0,0	0,0	0,0	8,0	0,0	0,0
Camera matrimoniale	10,7	0,0	1,1	0,0	7,7	0,0	0,8	0,0
Camera singola	5,9	0,0	0,6	0,0	4,4	0,0	0,4	0,0
Bagno	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0
Antibagno	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTALI	32,6	21,0	3,3	8,3	23,6	12,0	2,4	

CON IDA 1 – ELEVATA QUALITA' ARIA AMBIENTE



ELEVATA QUALITA' DELL'ARIA				
Aria esterna		Estraz. Nomin.	Esfiltr. (10%)	Al Recupero.
$[\text{m}^3 \text{ h}^{-1}]$	$[\text{h}^{-1}]$	$[\text{m}^3 \text{ h}^{-1}]$	$[\text{m}^3 \text{ h}^{-1}]$	$[\text{m}^3 \text{ h}^{-1}]$
117	0,9	76	12	64

TIPICA UNITA' VMC PER IL RESIDENZIALE

UNITA' DI VENTILAZIONE MECCANICA CON RECUPERATORE PASSIVO



Unità di ventilazione per mandata aria di innovo ed estrazione aria viziata con recuperatore di calore passivo a flussi incrociati.

Grandezze (m³/h) D200 D300 D400 D500 D800 D1000 D1500 D2000

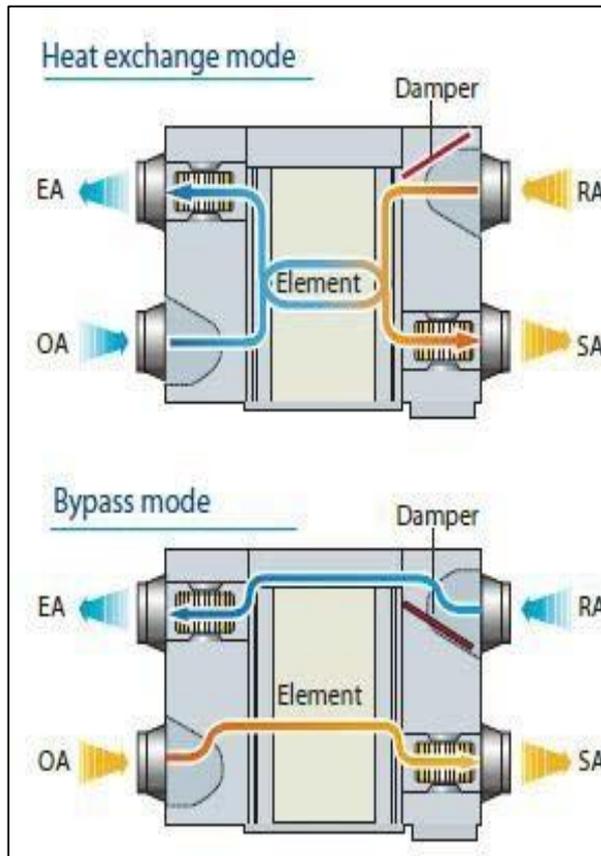
DIVERSE MODALITA' DI FUNZIONAMENTO

Modalità automatica

Il regolatore sceglie la modalità di funzionamento senza o con by-pass in base alla differenza di temperatura tra l'ambiente interno ed esterno.

Modalità di mandata aria

La portata aria in mandata è superiore a quella estratta



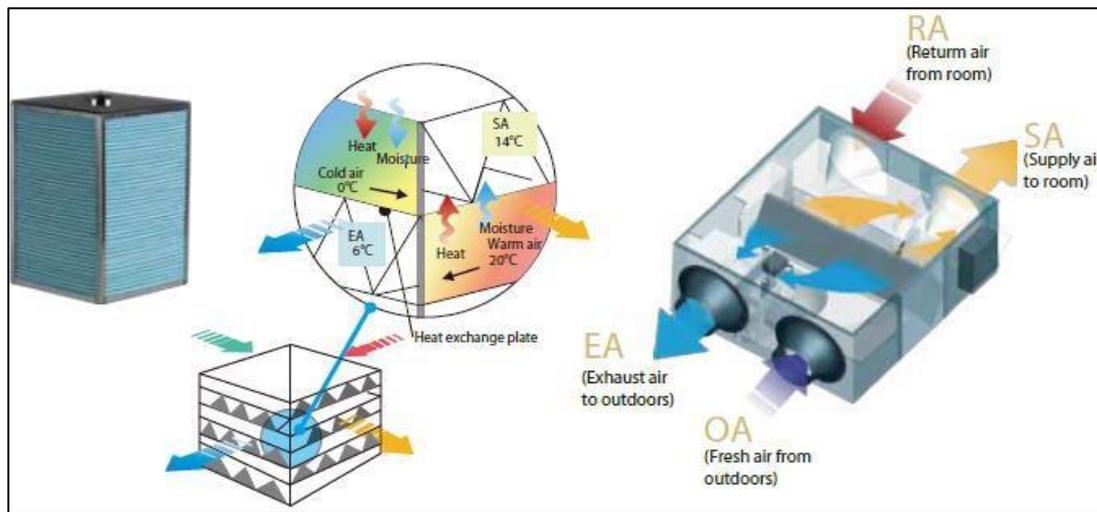
Modalità di espulsione aria

La portata aria in estrazione è superiore a quella in mandata

Modalità di bypass

In stagioni o climi miti lo scambiatore non viene attraversato.

RECUPERATORE DI CALORE A FLUSSI INCROCIATI



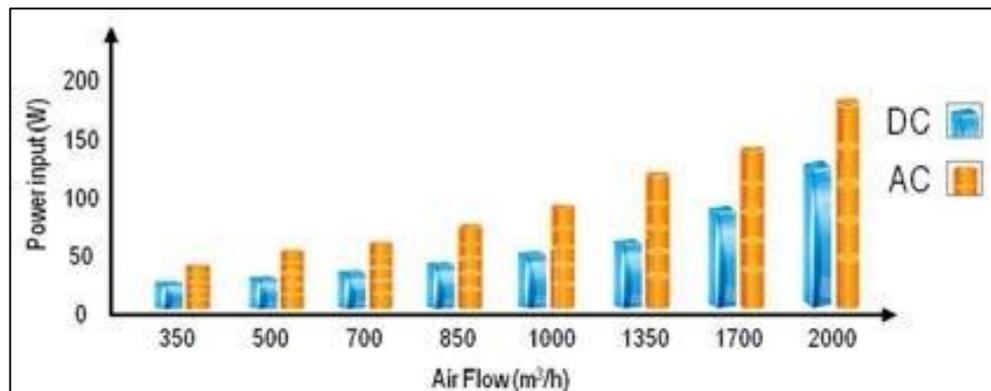
Lo scambiatore di calore è realizzato con carta trattata che consente di ottenere sia recupero di calore sensibile che latente

L'efficienza di scambio termico sensibile è oltre il 76% e l'efficienza di scambio termico entalpico è del 77%.

VENTILATORI A PORTATA VARIABILE

I ventilatori sono mossi da motori DC brushless ad alta efficienza, silenziosi ed in grado di garantire una regolazione della portata molto precisa.

Il motore assicura una riduzione del 30% di assorbimento elettrico rispetto ad un'unità con motore asincrono.



ESEMPIO DI DISTRIBUZIONE DELL'ARIA

La mandata e l'estrazione dell'aria avvengono tramite normali sistemi di canalizzazioni, bocchette, diffusori e griglie di ripresa.

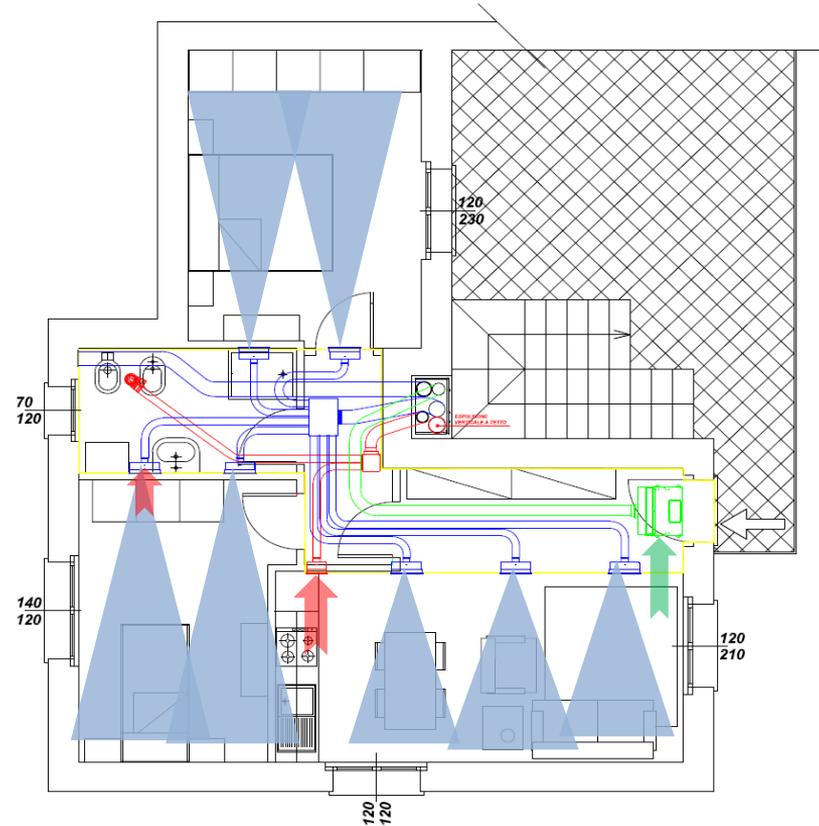
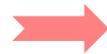
Mandata aria di rinnovo



Estrazione aria ripresa



Estrazione aria viziata



I - I principi della ventilazione

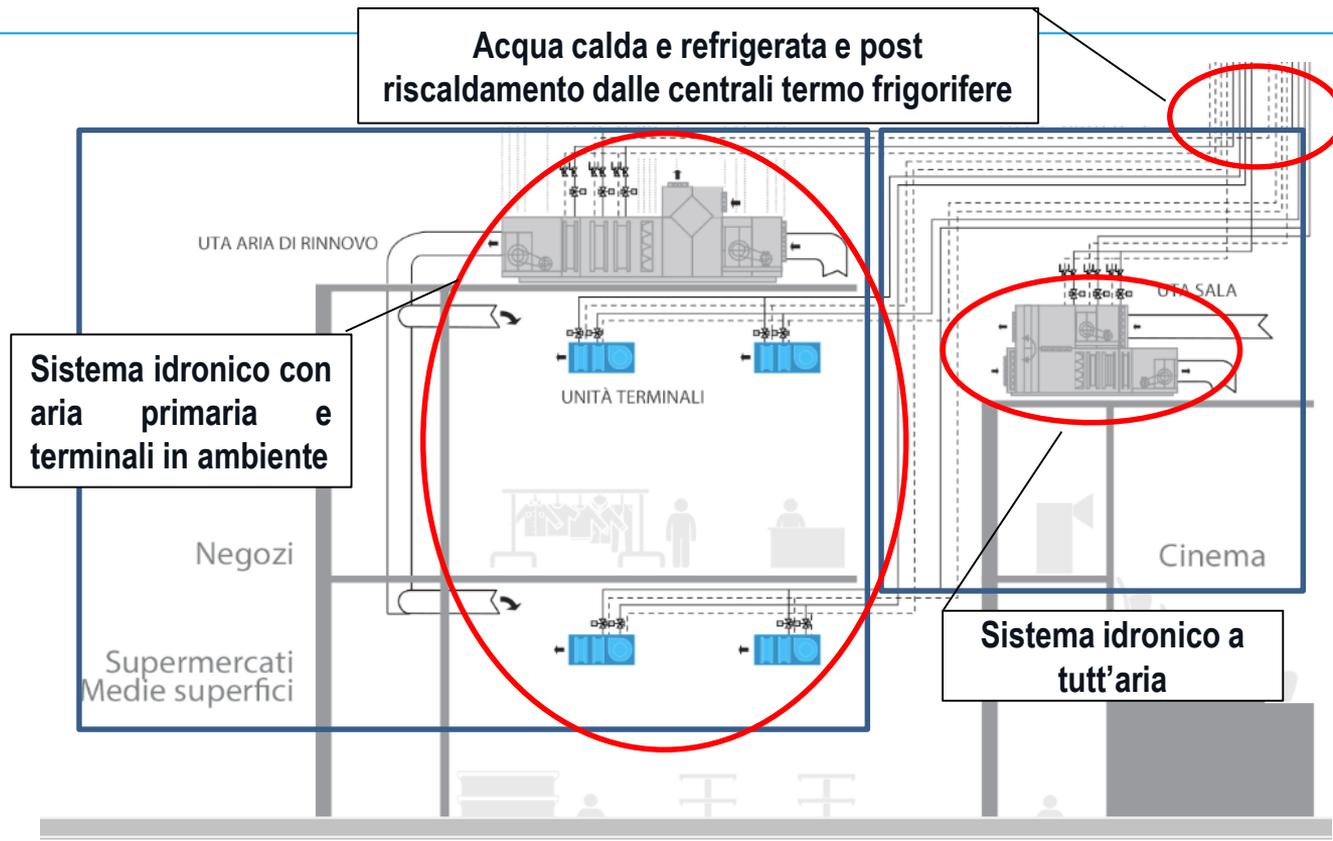
II - Il recupero di calore passivo dall'aria espulsa

III - La filtrazione

IV - La ventilazione meccanica nel residenziale

V - L'aria primaria nel terziario e nel commerciale

SCHEMA TIPICO PER CENTRO COMMERCIALE E CINEMA



UNITA' DI TRATTAMENTO ARIA

Tipica unità a sezioni componibili



Unità partecipanti su
www.eurovent-certification.com



Conforme ErP

- Sono sviluppate su base modulare.
- Il telaio è in lega di alluminio o acciaio inox
- I pannelli di tamponamento sono sandwich a taglio termico
- Filtri: celle filtranti sintetiche ondulate G2, a tasche rigide, filtri assoluti, filtri automatici, elettrostatici, a carboni attivi ed altissima efficienza;
- Recuperatori di calore statici, rotativi e run-around
- Batterie di scambio termico ad acqua, espansione diretta, vapore, olio diatermico, elettriche
- Sistemi di umidificazione ad acqua a gravità su pacco o con pompa, acqua aria compressa, vapore, lavatore;
- Ventilatori a pala avanti, rovescia o profilo alare e ventilatori di tipo plug fan.

LA CERTIFICAZIONE EUROVENT

EUROVENT certifica

- ✓ il modulo costruttivo secondo la direttiva EN 1886 'Ventilazione degli edifici - Unità di trattamento aria - Prestazione meccanica'
- ✓ il software di selezione e le prestazioni energetiche in accordo alla direttiva EN 13053 «Ventilazione degli edifici - Unità di trattamento aria - Classificazione e prestazioni per le unità».

Le certificazioni sono periodicamente verificate da EUROVENT per assicurare in modo continuo le prestazioni

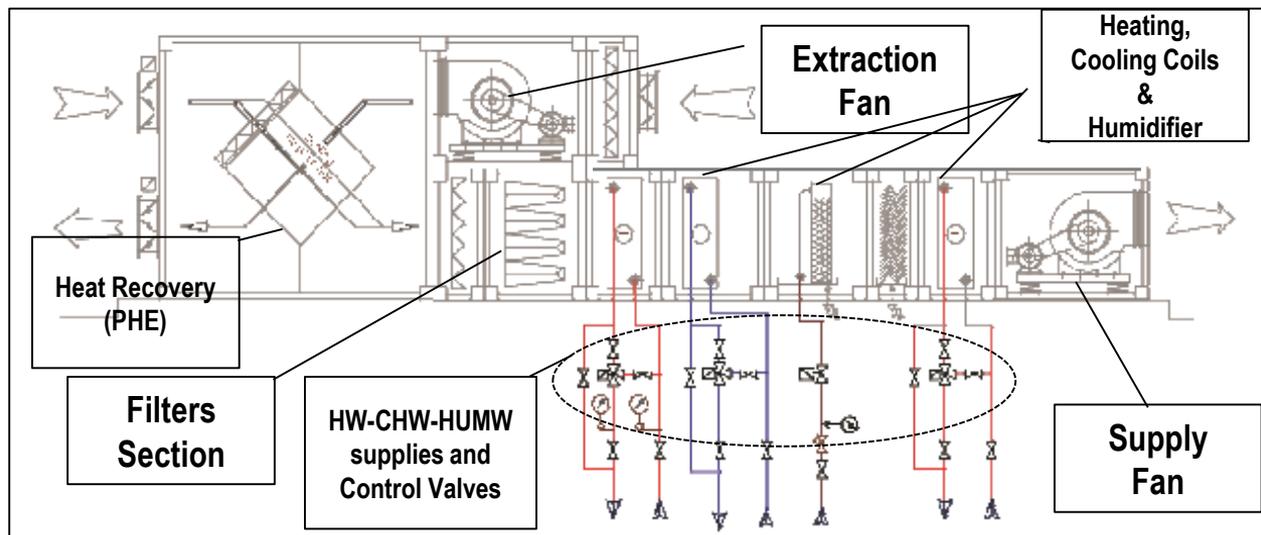


Le unità AQX possono essere selezionate in classe A Eurovent

Certificazione Eurovent in conformità EN 1886							
Caratteristiche meccaniche	PU50	RW50					
Resistenza dell'involucro Massima flessione relativa mm x m ⁻¹	D1 4.00	D1 4.00					
Perdite dell'involucro a -400 Pa Massima perdita (f _{up}) l x s ⁻¹ x m ²	L1 0.15	L2 0.44					
Perdite dell'involucro a +700Pa Massima perdita (f _{up}) l x s ⁻¹ x m ²	L1 0.22	L2 0.63					
Perdite bypass filtri Massima perdita per bypass filtri: k in % sulla portata aria	F9 0.50	F9 0.50					
Trasmittanza termica dell'involucro Trasmittanza termica (U) W/m ² x K	T2 0.5 < U <= 1	T3 1 < U <= 1.4					
Fattore di ponte termico dell'involucro Fattore di ponte termico (k _e) W/m ² x K	TB3 0.45 < k _e <= 0.6	TB3 0.45 < k _e <= 0.6					
Isolamento acustico [dB]							
Frequenza	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz	8000Hz
PU50	6	11	12	14	13	29	36
RW50	11	14	15	20	20	28	36

TIPICA UNITA' DI TRATTAMENTO DELL'ARIA PRIMARIA

- I tradizionali sistemi di aria primaria sono basati sulle unità di trattamento dell'aria modulari che richiedono acqua calda e refrigerata, tubazioni idrauliche, pompe, sistemi di controllo etc.
- Tutti questi componenti devono essere selezionati individualmente e quindi assemblati, commissionati e testati in loco.



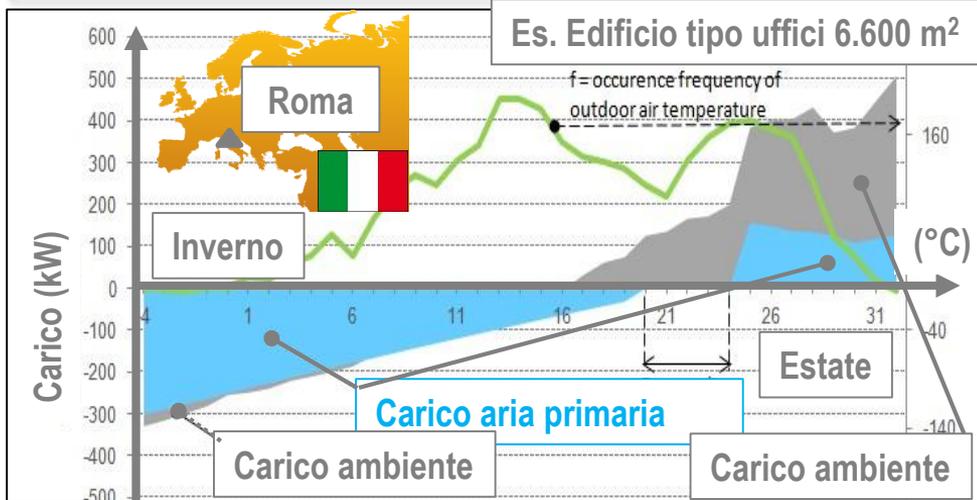
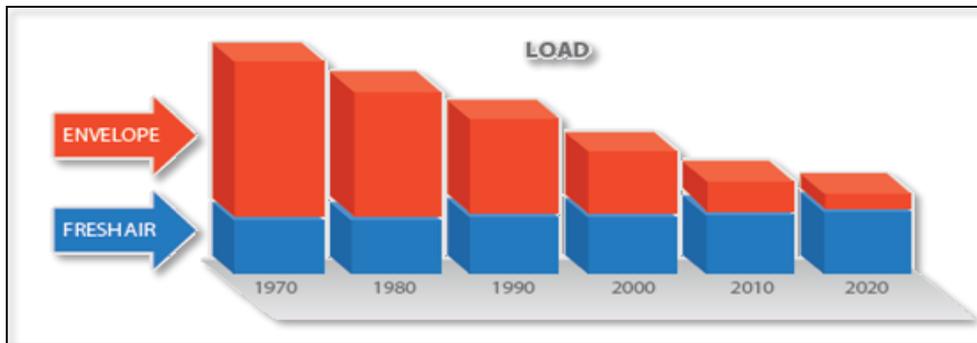
CONSUMI E COSTI ENERGETICI DELL'ARIA DI RINNOVO

Il rinnovo dell'aria costituiscono e costituiranno sempre di più un fattore predominante per i consumi di energia negli edifici.

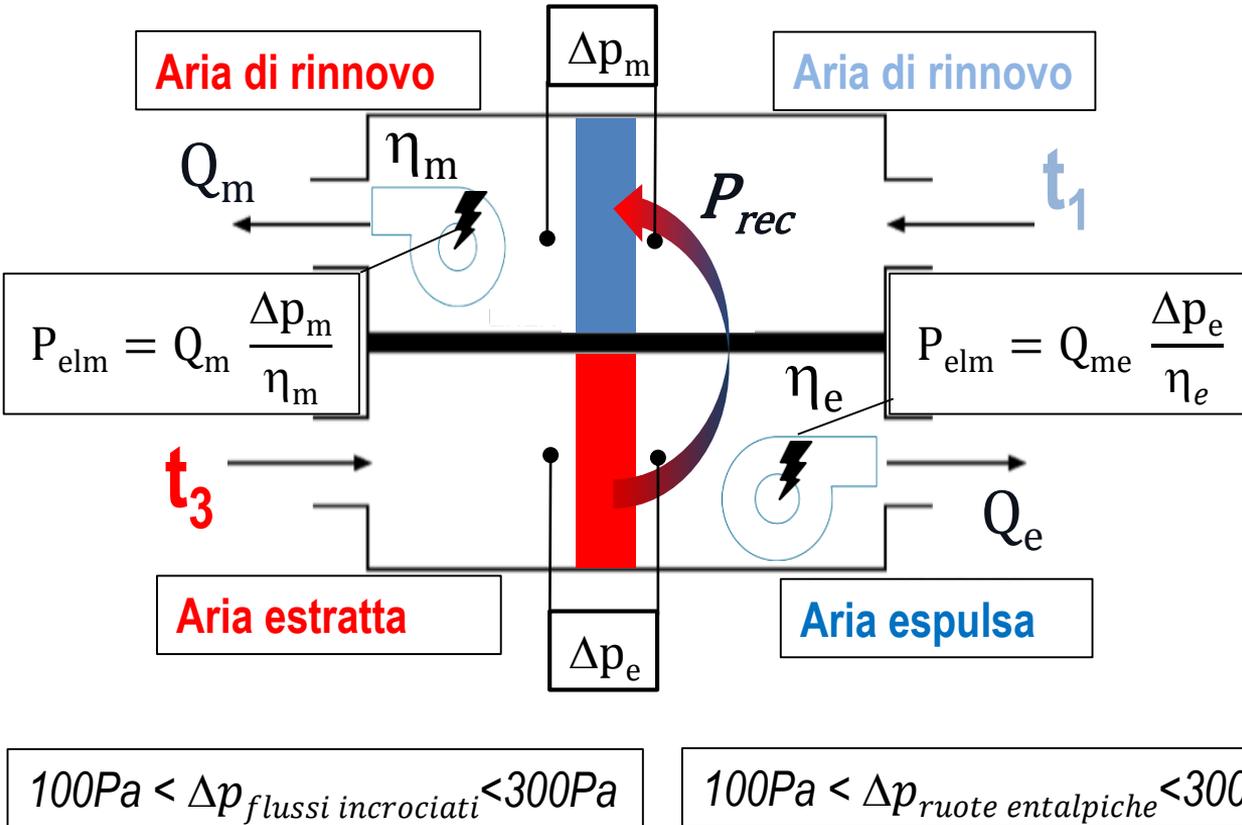
Costruzioni virtualmente sigillate ed involucri fortemente isolati determinano un sensibile incremento del peso percentuale del carico per aria di rinnovo.

Il ricambio dell'aria, è stabilito normativamente e il suo carico spesso **supera il 60%-70% del totale**

Un efficiente recupero di calore dall'aria espulsa è obbligatorio e quanto mai opportuno



L'EFFICIENZA DEL RECUPERO CALORE PASSIVO



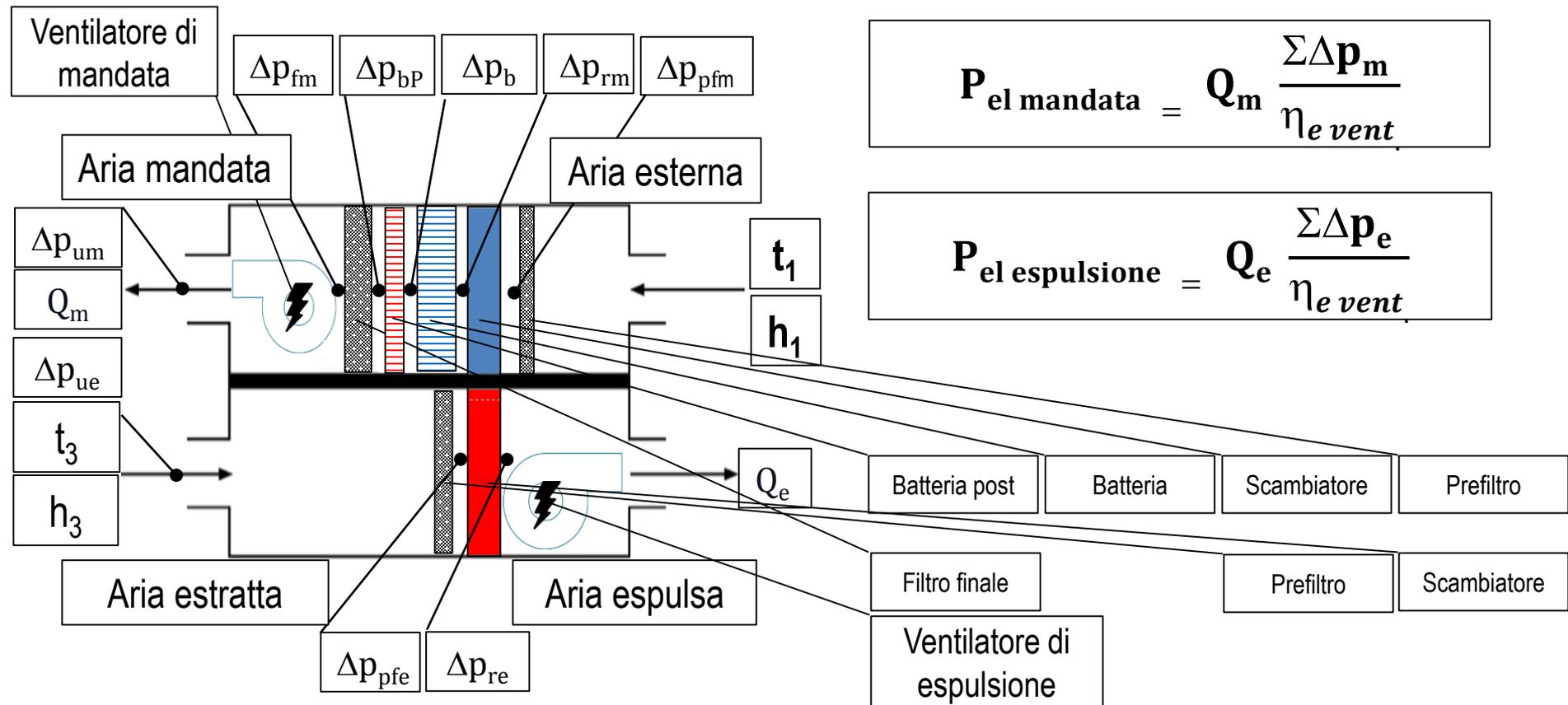
$$RER = \frac{P_{rec}}{P_{el}}$$

$$RER = \frac{k\Delta t_{31}}{Q_m \frac{\Delta p_m}{\eta_m} + Q_e \frac{\Delta p_e}{\eta_e}}$$

Se $\Delta t_{31} \rightarrow 0$

$RER \rightarrow 0$

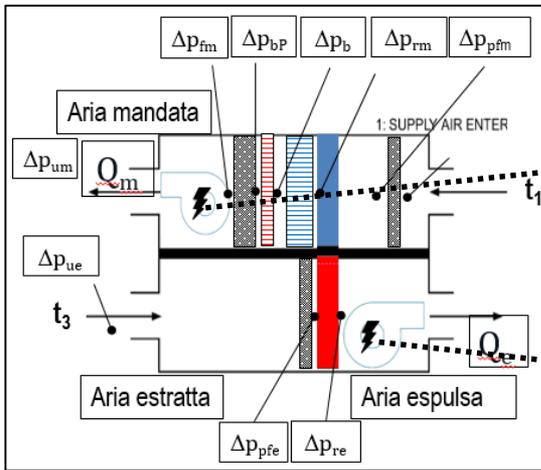
TIPICA UNITÀ ARIA PRIMARIA CON RECUPERO



POTENZE TIPICHE VENTILATORI UNITÀ AP CON RECUPERO

DATI PER IL CALCOLO DELLA POTENZA DEL VENTILATORE DI MANDATA

Condizione filtri	Δp_{fm} (Pa)	Δp_{bpm} (Pa)	Δp_{bm} (Pa)	Δp_{rm} (Pa)	Δp_{pfm} (Pa)	Δp_{um} (Pa)	Δp_m (Pa)	Q_m (m ³ /h)	η (%)	P_m (kW)
Filtri puliti	150	50	100	250	50	150	750	10.000	45%	4,6
Filtri sporchi	500	50	100	250	150	150	1.200	10.000	45%	7,4



UNITÀ DA 10.000 m³/h

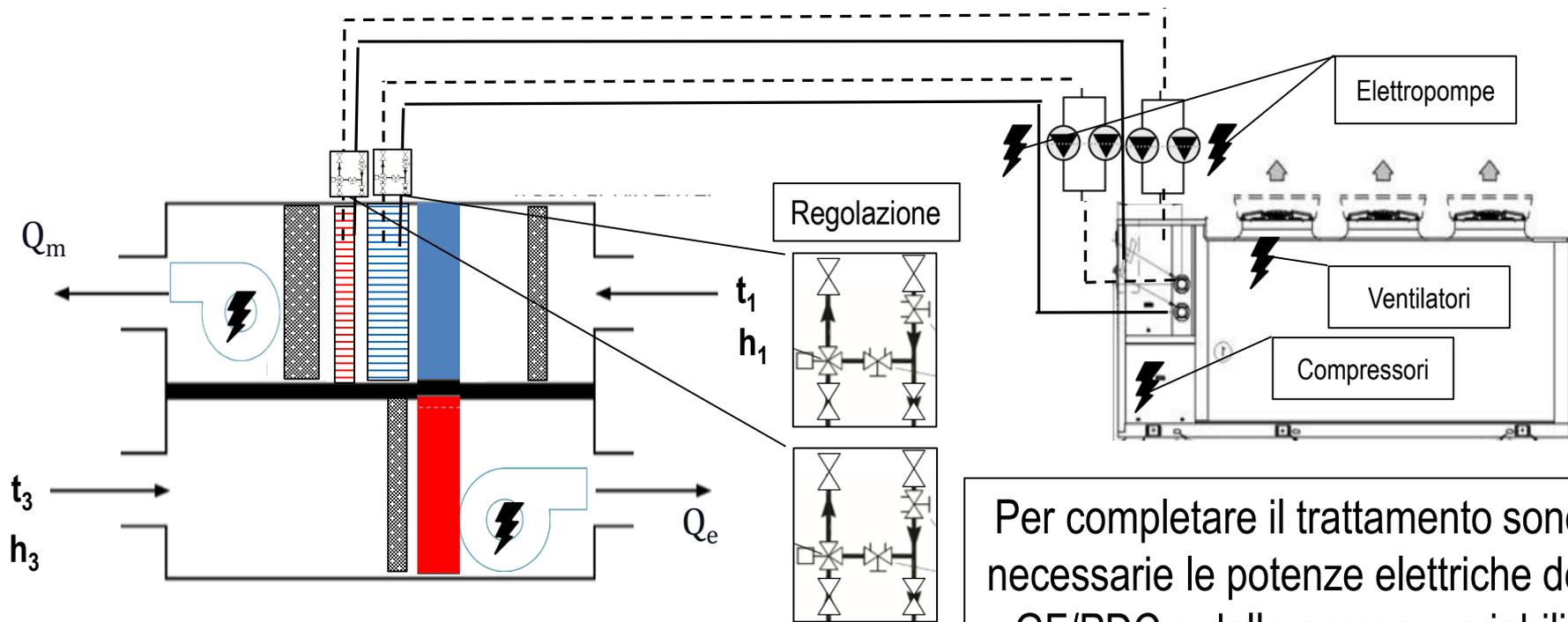
Le potenze sono sempre al 100% per tutto il tempo di funzionamento

Aumentano progressivamente con lo sporcamento dei filtri

DATI PER IL CALCOLO DELLA POTENZA DEL VENTILATORE DI ESPULSIONE

Condizione filtri	Δp_{ue} (Pa)	Δp_{pfe} (Pa)	Δp_{re} (Pa)	ΔP_e (Pa)	Q_e (m ³ /h)	η (%)	P_e (kW)
Filtri puliti	100	50	250	400	10.000	43%	2,6
Filtri sporchi	100	150	250	500	10.000	43%	3,2

POTENZE TERMICHE E FRIGORIFERE



Per completare il trattamento sono necessarie le potenze elettriche del GF/PDC e delle pompe, variabili con il variare di $|t_1 - t_3|$ e $|h_1 - h_3|$

I PARTE

IEQ (Indoor Environment Quality) e IAQ (Indoor Air Quality) : inquinanti, patologie, salute e produttività negli edifici

Recenti sviluppi delle norme nazionali ed internazionali sull'IAQ

Le tecnologie e i sistemi convenzionali per l'IAQ

COVID-19 e ventilazione degli ambienti confinati

II PARTE

Il recupero di calore termodinamico attivo dall'aria espulsa

La filtrazione elettronica dell'aria

La ventilazione meccanica controllata con unità a recupero termodinamico

Le unità dedicate (DOAS) per il trattamento dell'aria primaria

I sistemi di climatizzazione di tipo evoluto per il residenziale

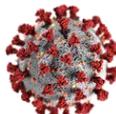
I sistemi di climatizzazione di tipo evoluto per gli edifici del terziario



Come ridurre il rischio da diffusione del Sars-CoV2-19 grazie agli impianti di climatizzazione e ventilazione.

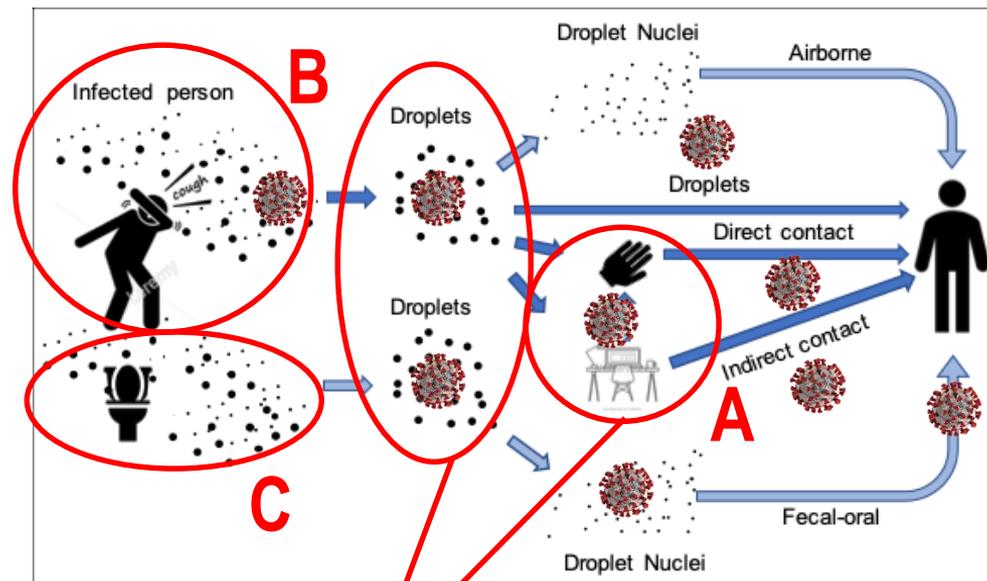
COME SI DIFFONDE IL VIRUS

https://www.rehva.eu/fileadmin/user_upload/REHVA_covid_guidance_document_2020-03-17.pdf

$80 \times 10^{-3} \mu\text{m}$  $160 \times 10^{-3} \mu\text{m}$

Sars-CoV2-19

- A** Attraverso le mucose orali, nasali e oculari con le mani entrate in contatto con una persona infetta o superfici contaminate
- B** Per inalazione di goccioline liquide prodotte dalla persona infetta con tosse, starnuti e il parlato
- C** Per inalazione di goccioline contenute in pennacchi di origine fecale



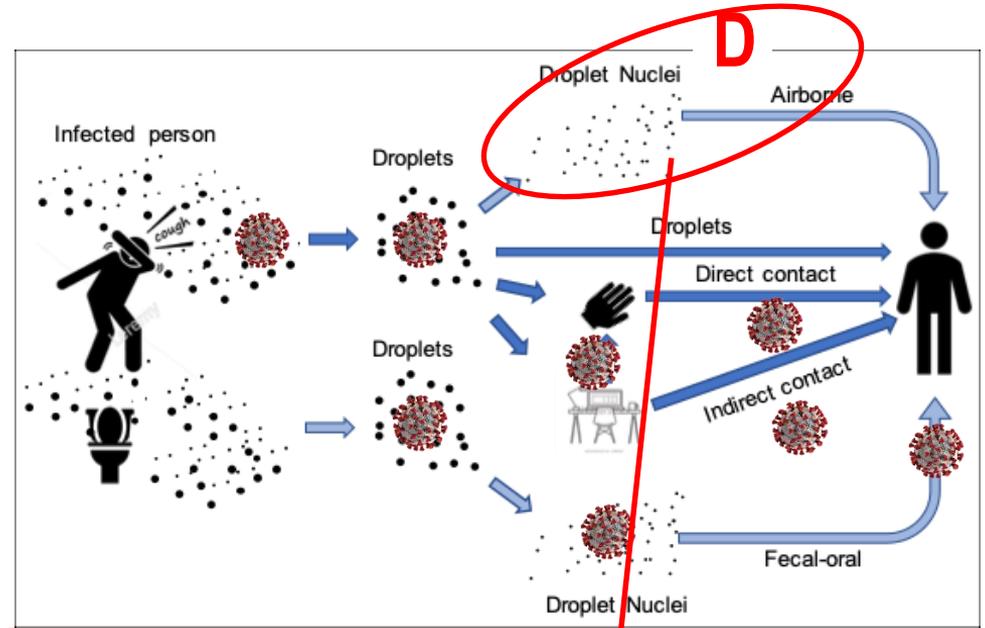
**Goccioline $\phi < 10 \mu\text{m}$
Persistenza 3h**

**Superfici
Persistenza 3gg**

REHVA
BE Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations

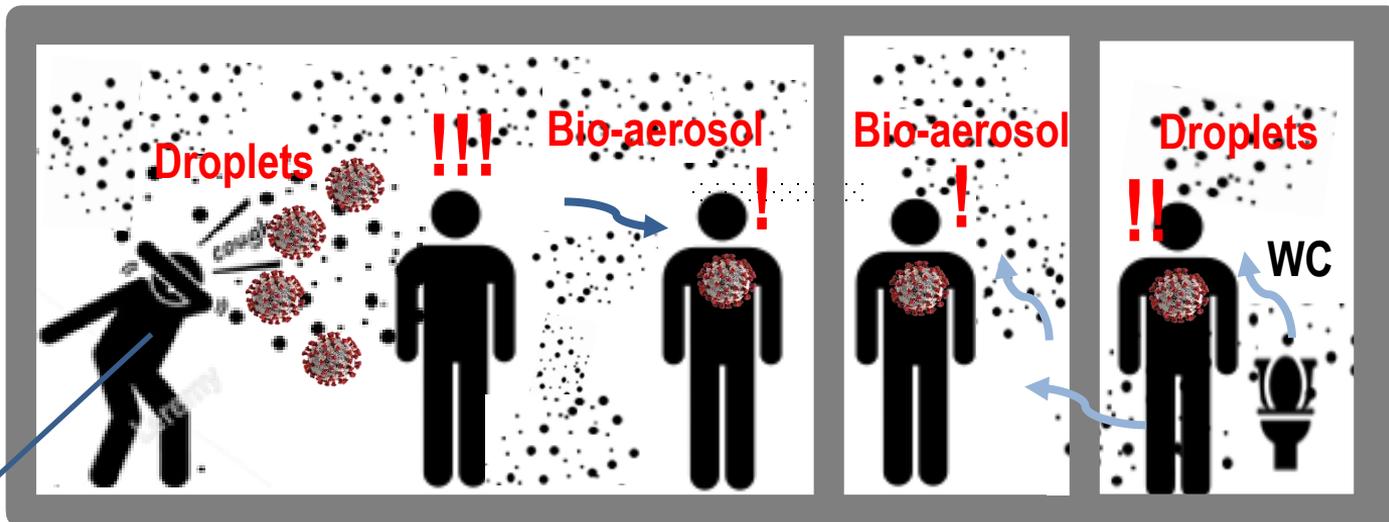
LA DIFFUSIONE TRAMITE BIO-AEROSOL

Le goccioline più piccole che sono prodotte dall'evaporazione dei droplets contengono una carica virale minore, costituiscono il bio-aerosol e possono rimanere sospese nell'aria per ore ed essere trasportate su lunghe distanze da eventuali flussi d'aria presenti nell'ambiente (maggiori di 2 metri), sia naturali sia generati meccanicamente da ventilatori, estrattori d'aria e impianti di climatizzazione. Tali micro-goccioline sono in genere.



**Bio -aerosol $\phi < 5 \mu\text{m}$
Distanza (>2m) e persistenza
elevata (molte ore)**

IPOSTESI DI DIFFUSIONE AEREA DEL VIRUS NEGLI AMBIENTI



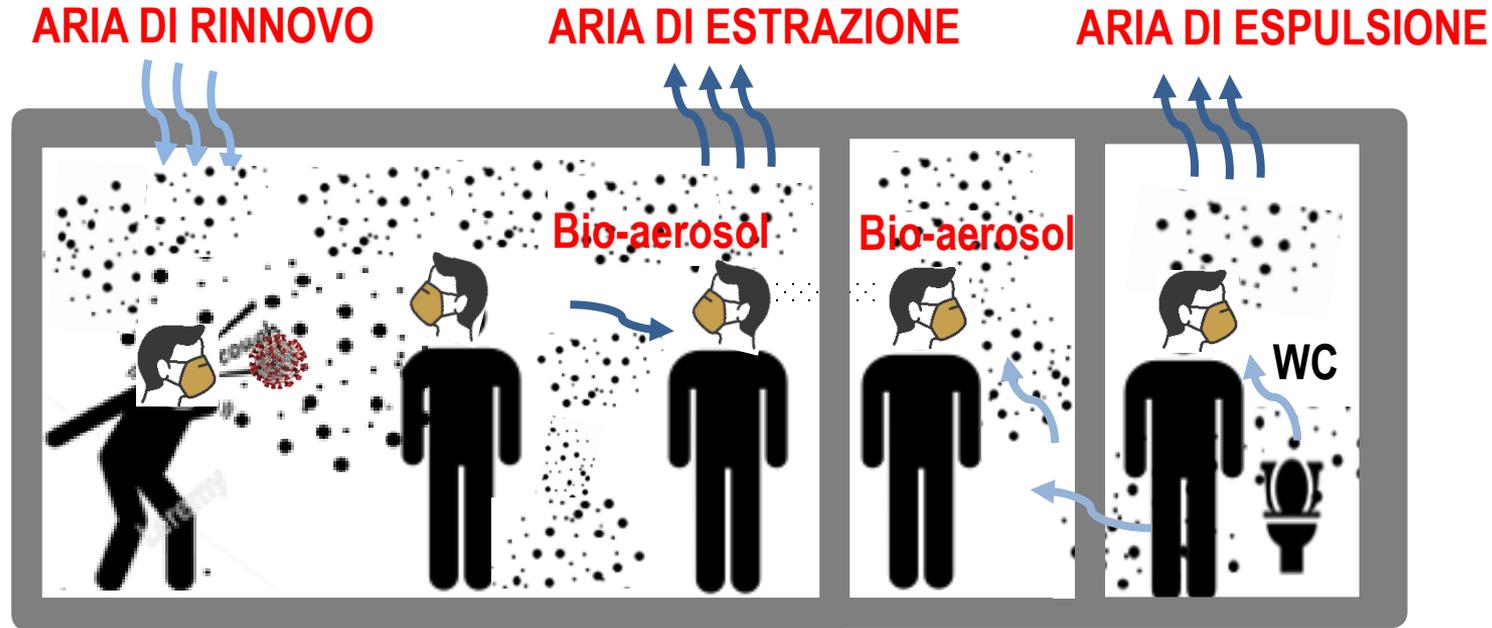
Persona infetta asintomatica

LA PROTEZIONE DAI DROPLETS



LA PROTEZIONE DAI BIO AEROSOL

ADEGUATO SISTEMA DI VENTILAZIONE ED ESTRAZIONE DELL'ARIA



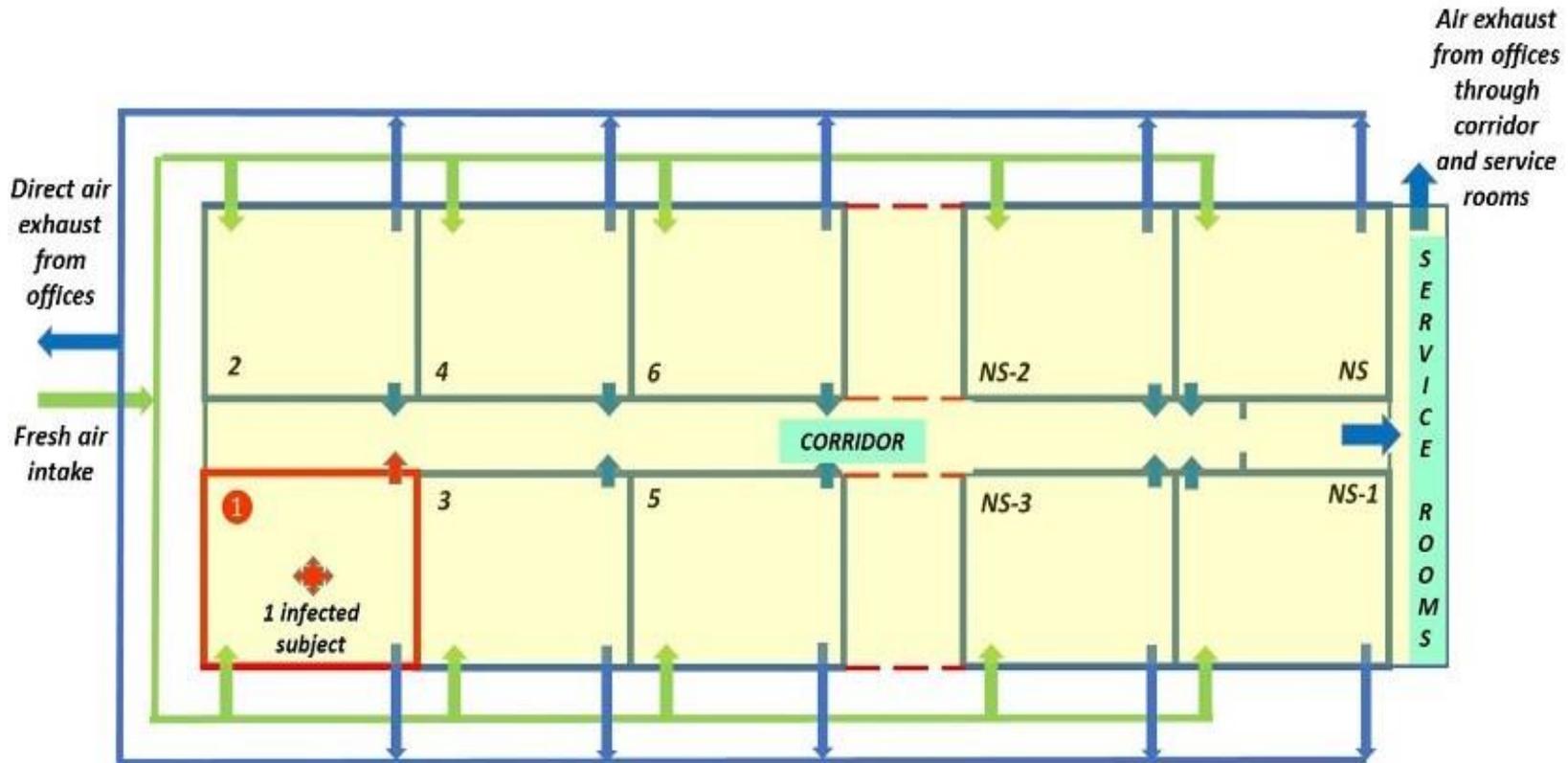
RECENTE LAVORO PUBBLICATO DA AICARR

- C*: concentrazione di dosi infettanti [quanta m^{-3}]
l: numero di individui infetti asintomatici
k: fattore di rimozione per deposizione nell'ambiente [h^{-1}]
 λ : fattore di rimozione per inattivazione del virus in ambiente [h^{-1}]
m: tasso di ventilazione con aria esterna [h^{-1}]
N: fattore complessivo di rimozione nell'ambiente, $N = \lambda + k + m$ [h^{-1}]
NS: numero totale di soggetti coinvolti (asintomatici infetti e suscettibili)
 n_0 : numero iniziale di dosi infettanti nel volume V ($t=0$) [quanta]
P: probabilità di infezione riferita al singolo individuo suscettibile
p: tasso di respirazione polmonare dell'individuo suscettibile [$m^3 h^{-1}$]
Q: portata d'aria [$m^3 h^{-1}$]
q: emissione di dosi infettanti da parte di un soggetto asintomatico [quanta h^{-1}]
*R**: numero medio di soggetti suscettibili potenzialmente infettati da una persona contagiosa (indice di riproduzione dello scenario specifico)
rc: tasso di ricircolo [h^{-1}]
T, t: tempo [h]
V: volume [m^3]
 η : efficienza di rimozione/inattivazione nel ricircolo

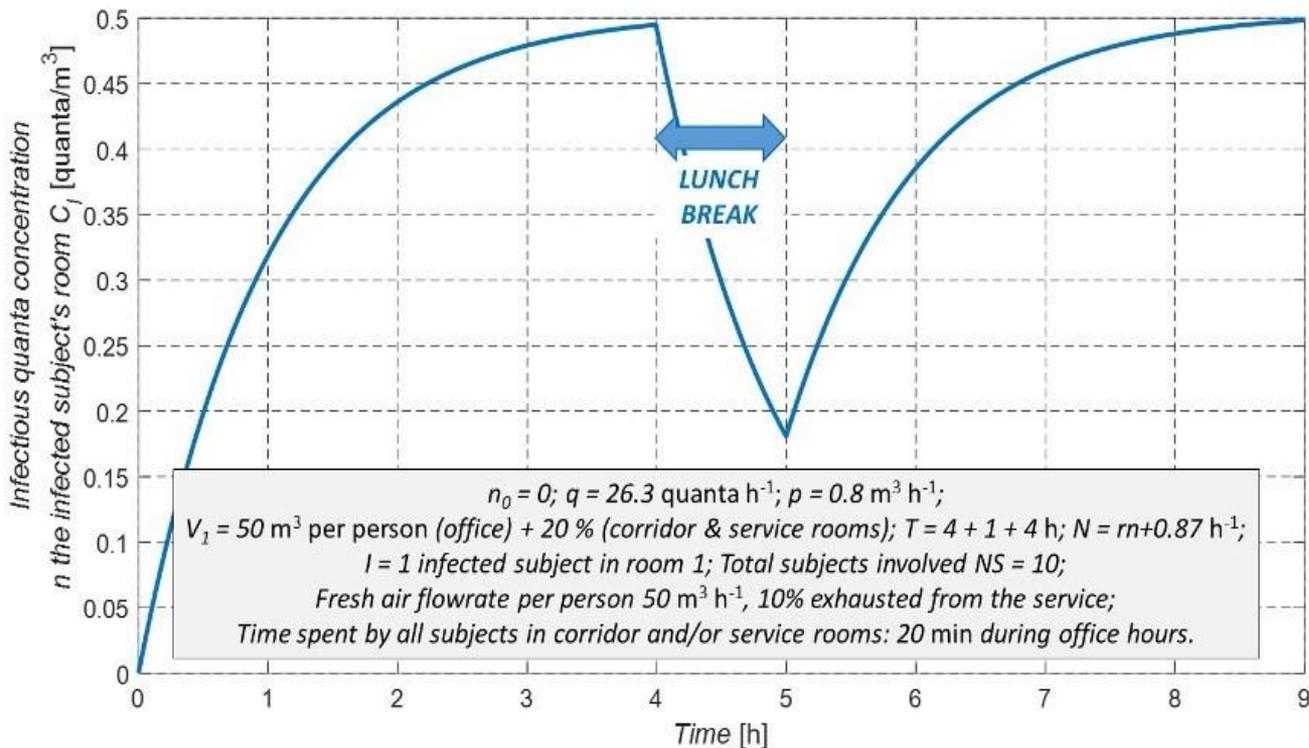
**MOLTE VARIABILI SONO
FORTEMENTE INCERTE!**

Alberto Cavallini, University of Padova, Manens-TiFS SpA, Padova
Filippo Busato, Telematic University Mercatorum
Fabrizio Pregliasco, University of Milan

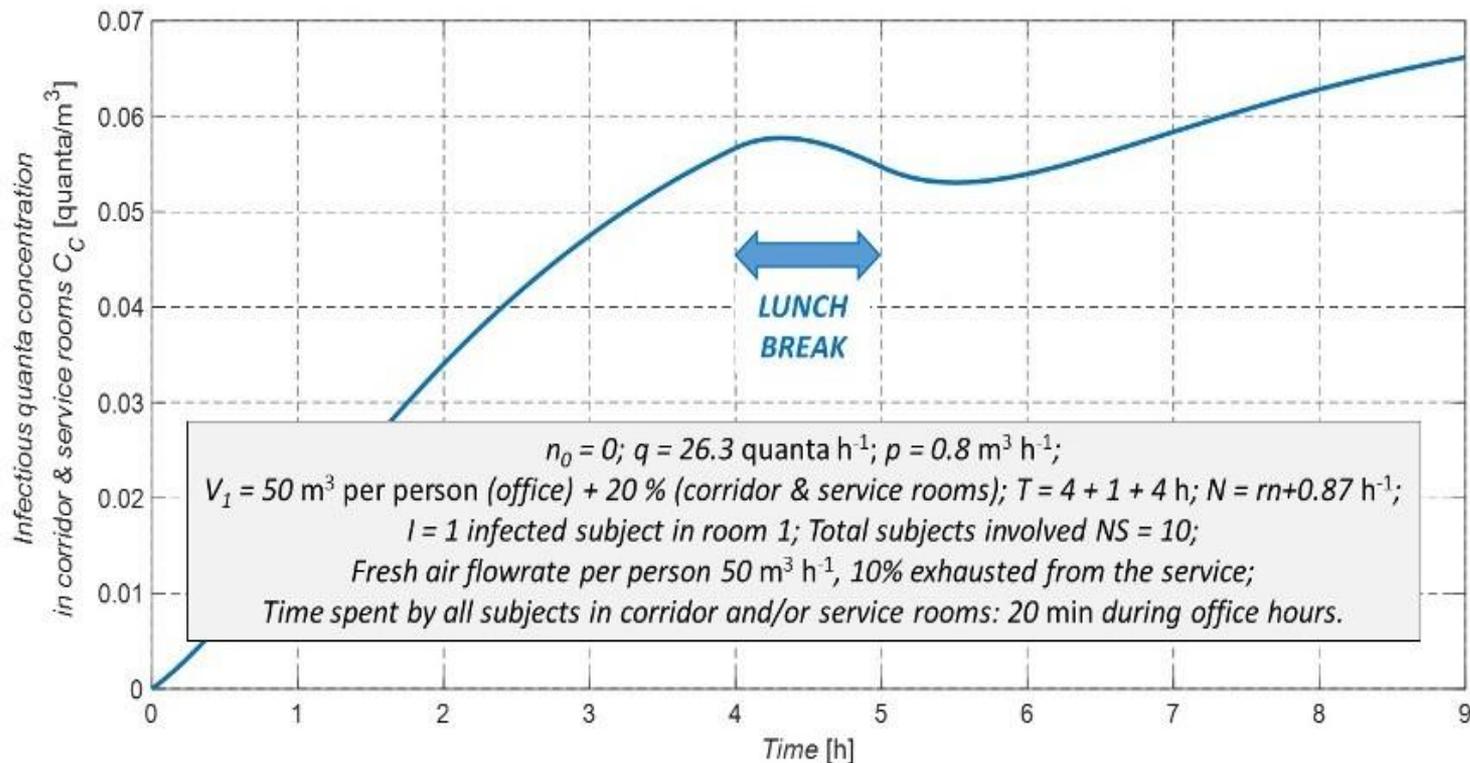
UNO DEI MODELLI ADOTTATI DALLO STUDIO



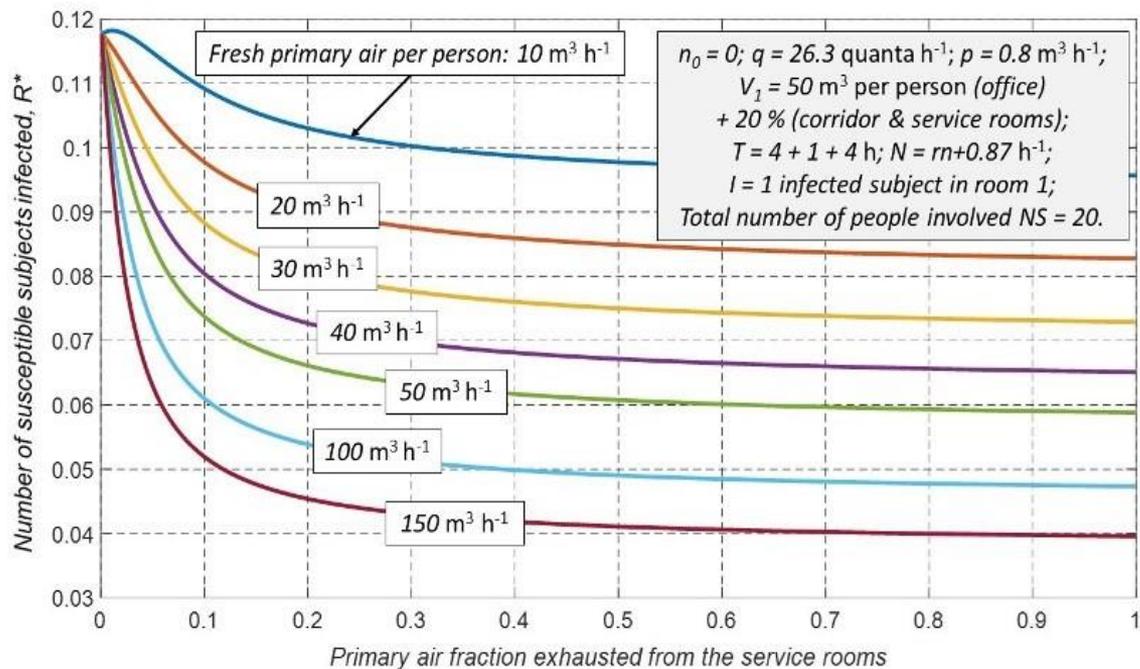
LE CARICHE VIRALI NEL LOCALE DELL'INFETTO



LE CARICHE VIRALI NELLE AREE COMUNI



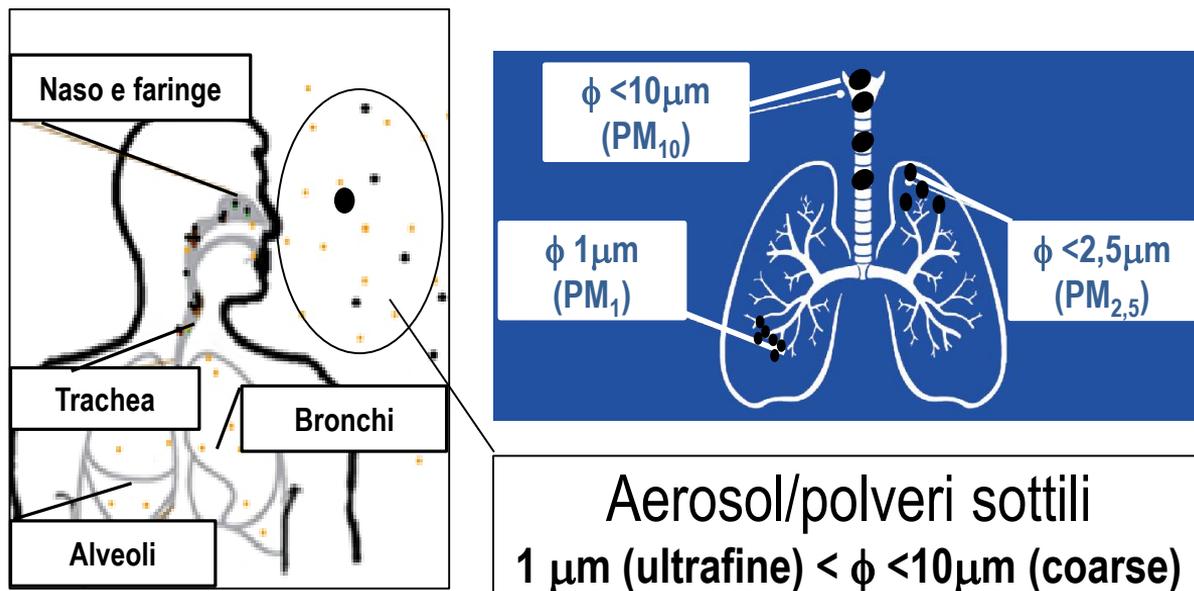
IL NUMERO DI INFETTI



Numero di persone potenzialmente infettate
in funzione del tasso di rinnovo e della frazione di portata estratta dalle aree comuni.

PARTICOLATI, AEROSOL, BIO-AEROSOL E GAS NELL'ARIA

Nell'aria si trovano dispersi vari tipi di gas e particolati che vengono respirati: particelle solide (polveri), liquide (nebbie e smog) e altre costituite da un nucleo solido ricoperto da liquidi (aerosol). I bio-aerosol sono particelle contenenti virus, batteri, funghi, spore etc.



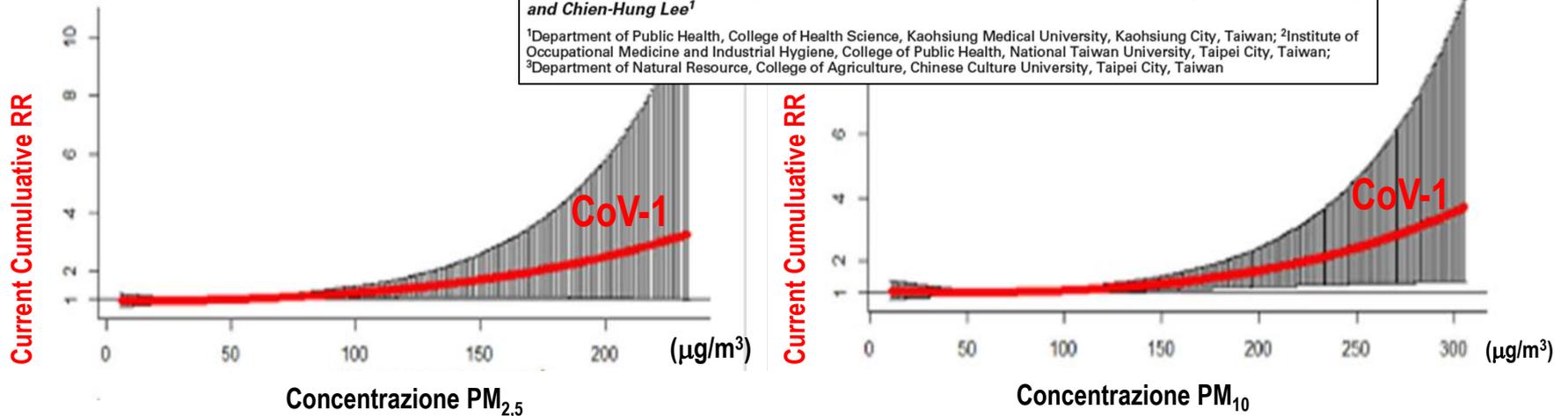
I PARTICOLATI E LA DIFFUSIONE DEI VIRUS

Attualmente non ci sono ancora prove segnalate specificamente per l'infezione da malattia di COVID-19 attraverso questo percorso. La trasmissione aerea ha però certamente causato infezioni della SARS-CoV-1 (aviaria) nel 2010

Ambient Influenza and Avian Influenza Virus during Dust Storm Days and Background Days

Pei-Shih Chen,¹ Feng Ta Tsai,¹ Chien Kun Lin,¹ Chun-Yuh Yang,¹ Chang-Chuan Chan,² Chea-Yuan Young,³ and Chien-Hung Lee¹

¹Department of Public Health, College of Health Science, Kaohsiung Medical University, Kaohsiung City, Taiwan; ²Institute of Occupational Medicine and Industrial Hygiene, College of Public Health, National Taiwan University, Taipei City, Taiwan; ³Department of Natural Resource, College of Agriculture, Chinese Culture University, Taipei City, Taiwan

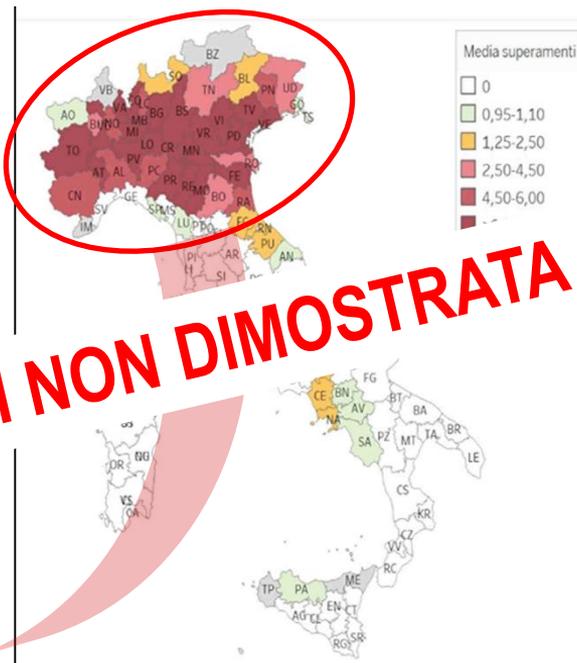
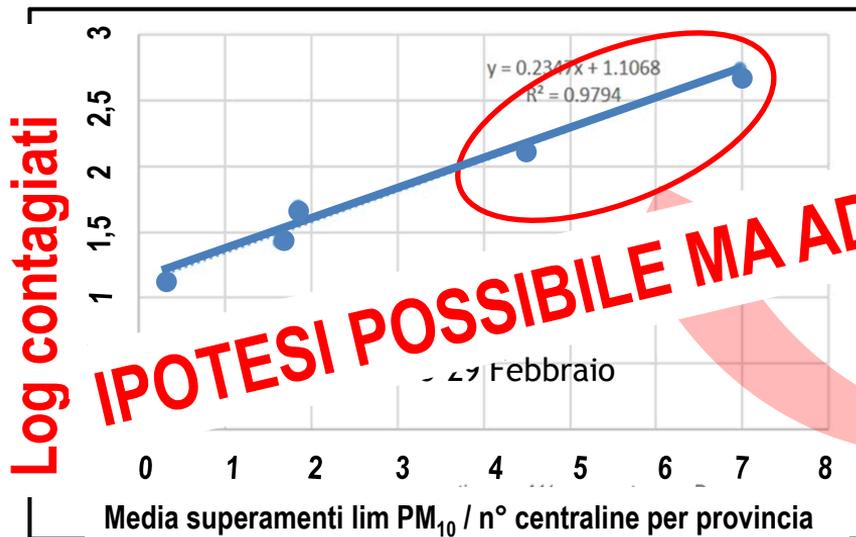


I bio-aerosol possono infatti fungere da mezzo di trasporto a lunga distanza e da substrato che permette al virus di rimanere nell'aria in condizioni vitali per ore o giorni

L'IPOTESI: EPIDEMIA LEGATA ANCHE A POLVERI SOTTILI

La diffusione del COVID_19 e l'elevata concentrazione di polveri sottili e NOx nella Pianura Padana.

Media superamenti lim PM₁₀ / n° centraline per provincia



IPOTESI POSSIBILE MA AD OGGI NON DIMOSTRATA

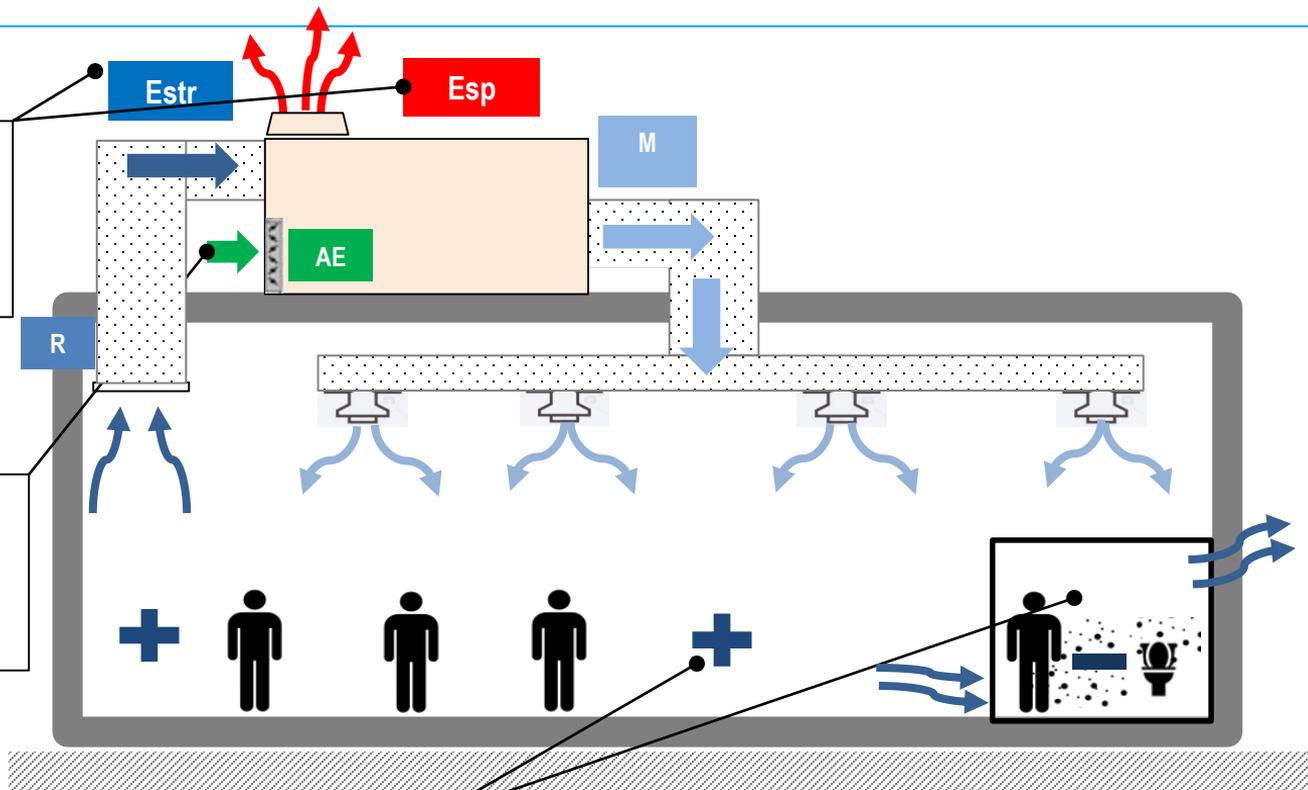
https://www.tpi.it/app/uploads/2020/03/COVID19_Position-Paper_Relazione-circa-l%E2%80%99effetto-dell%E2%80%99inquinamento-da-particolato-atmosferico-e-la-diffusione-di-virus-nella-popolazione.pdf



AUMENTO DELLE PORTATE D'ARIA DI RINNOVO

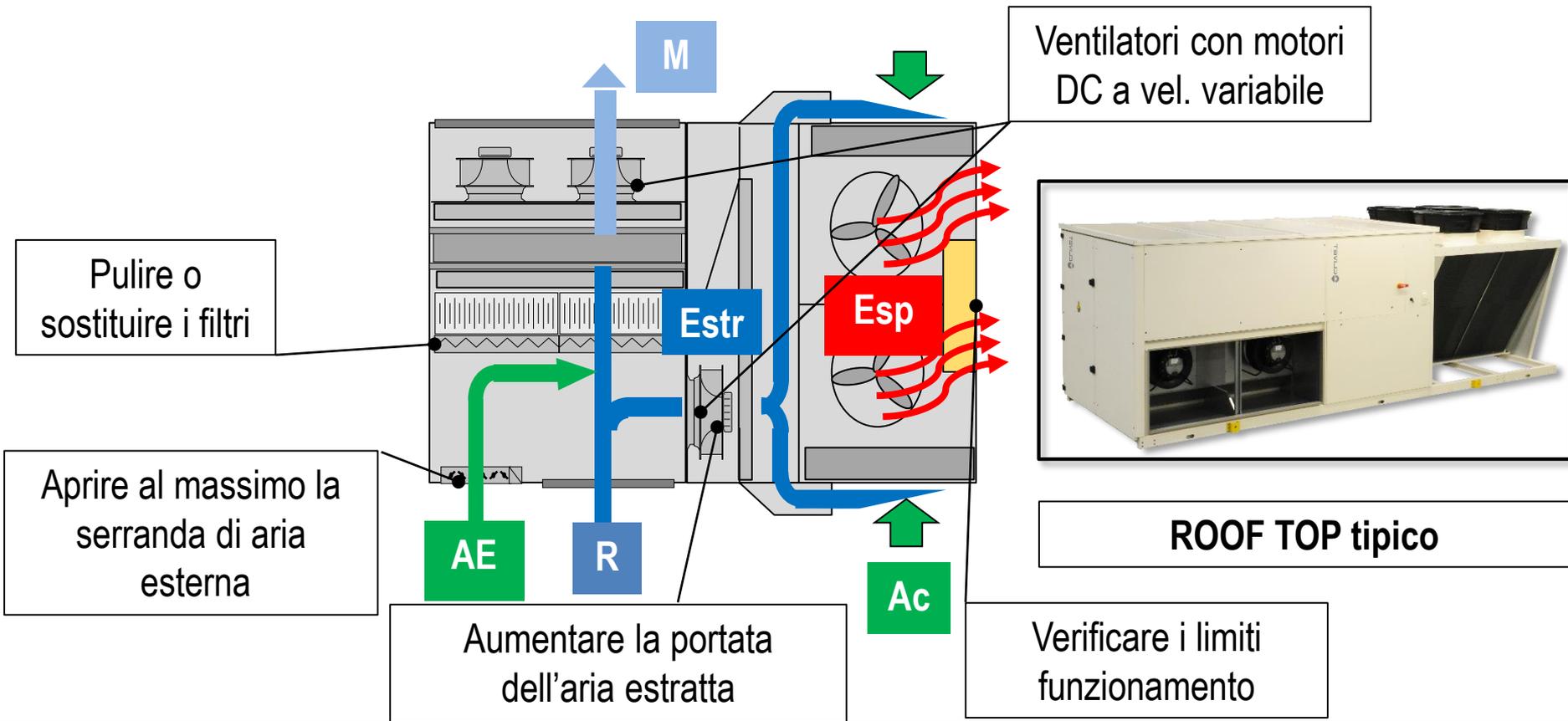
Aumentare la portata dell'aria estratta ed espulsa

Portare al massimo la portata di aria esterna

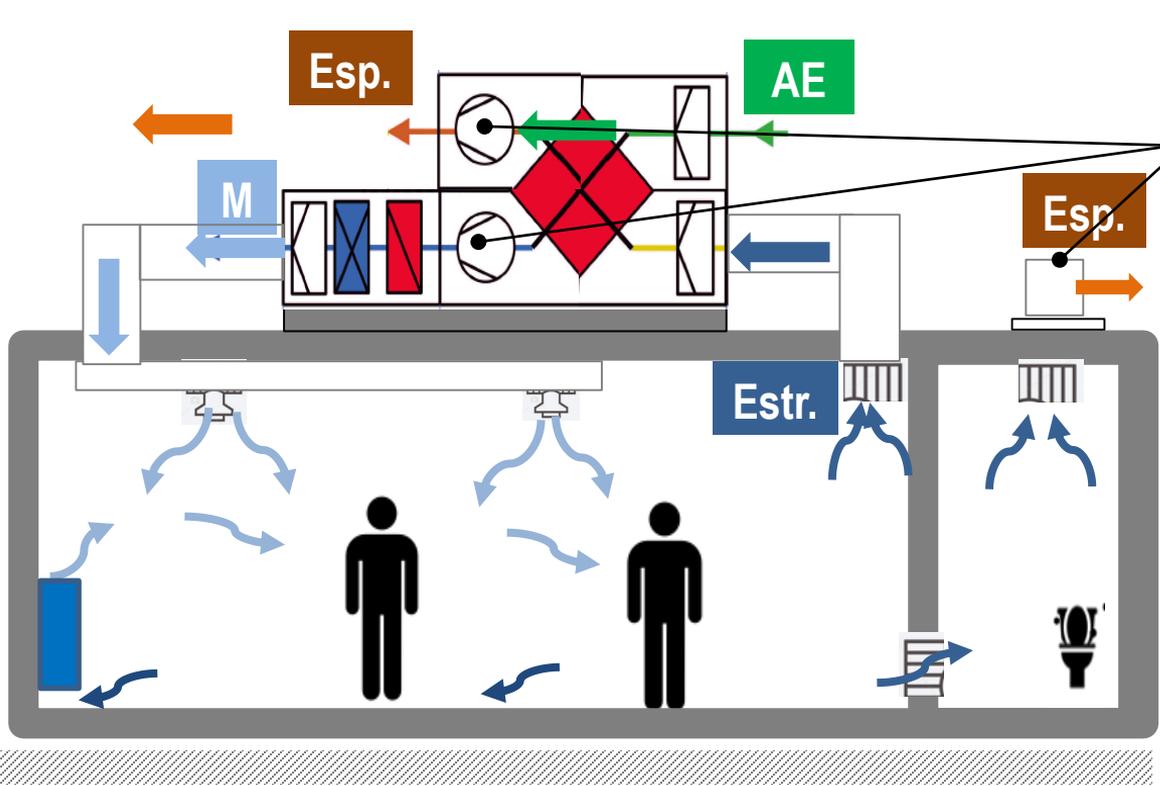


Garantire le pressioni relative

AUMENTO DELLE PORTATE D'ARIA DI RINNOVO



FUNZIONAMENTO CONTINUO DELL'ARIA PRIMARIA

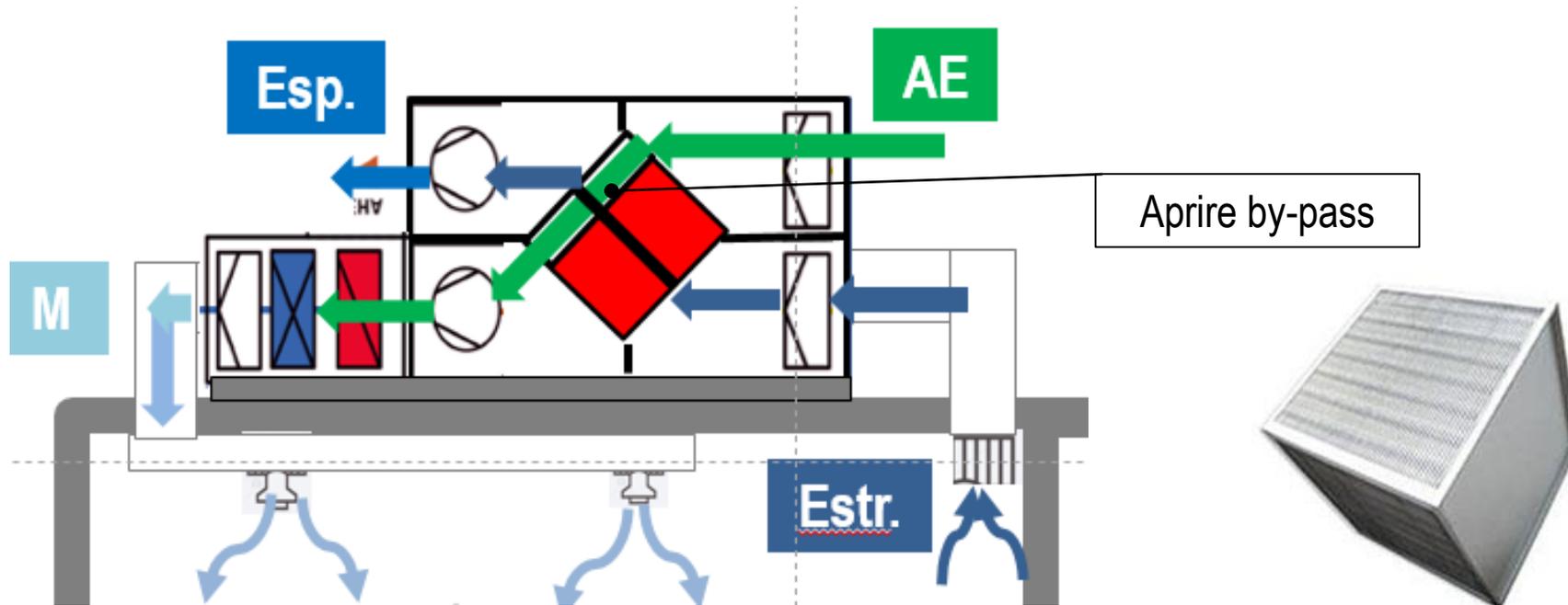


Funzionamento continuo 24h/giorno



UTA tipica per aria primaria con recupero di calore

GESTIONE RECUPERATORI DI CALORE



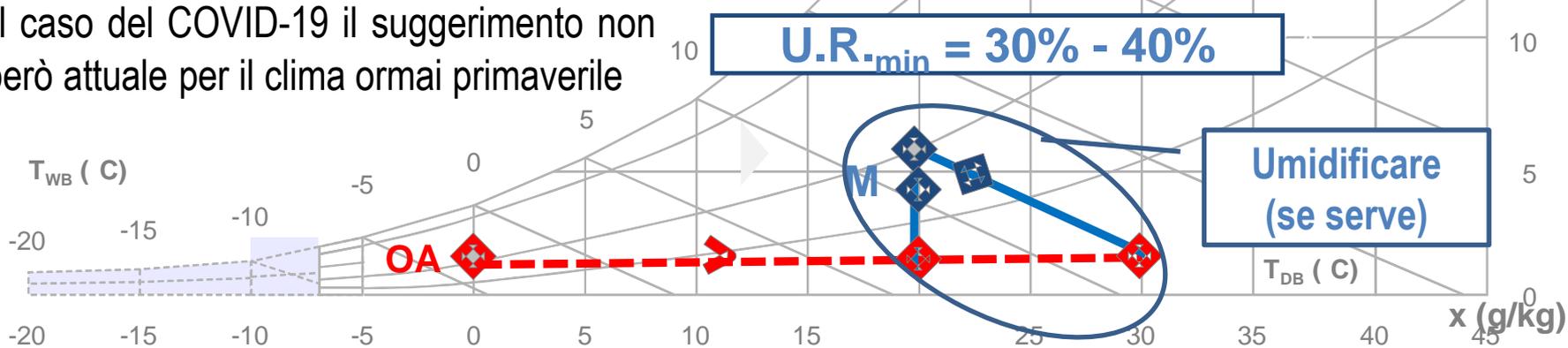
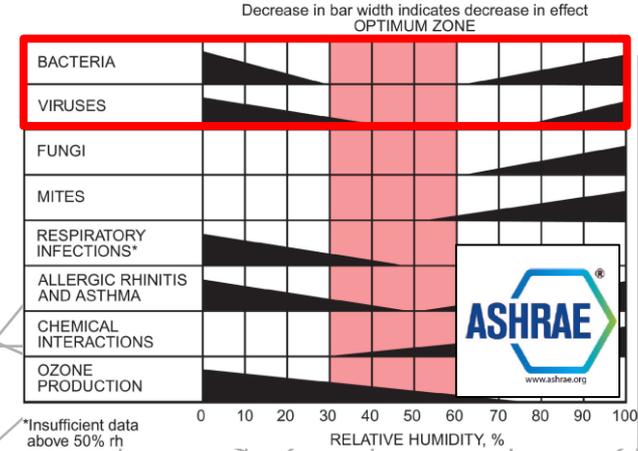
GARANTIRE LA MINIMA UMIDITÀ RELATIVA

Le goccioline che trasportano il virus evaporano rapidamente indipendentemente dall'umidità relativa (UR).

Le mucose umane sono però più sensibili alle infezioni a bassissima umidità (10-20%).

Per questo bisogna garantire a un livello minimo di UR del 30-40%.

Nel caso del COVID-19 il suggerimento non è però attuale per il clima ormai primaverile





Verifiche e operazioni principali (tutti i parametri devono essere come da norme e da progetto):

- taratura sonde (t; U.R.; p)
- pressione della stanza (inferiore a quella degli ambienti circostanti e dell'esterno)
- portate d'aria immesse ed estratte con filtri HEPA verificati
- intervalli di temperatura e umidità
- tenuta ermetica delle porte
- corretta trasmissione dati al sistema BMS



FINE PRIMA PARTE

Seminario 4 CFP

SALUTE E QUALITA' DELL'ARIA IAQ:

sviluppi normativi ed impiantistici

