

ORDINE DEGLI INGEGNERI DI PALERMO

SEMINARIO DI APPROFONDIMENTO

GLI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE E LA COVID 19

MODULO B

CRITERI DI PROGETTO DEGLI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE PER LA COVID 19

Prof. Ing. Giuliano Cammarata



INTRODUZIONE E MOTIVAZIONI

Introduzione al Seminario e motivazioni

Si è detto in precedenza che gli impianti di climatizzazione e di ventilazione (caso particolare dei primi) sono stati erroneamente giudicati dai virologi come possibile veicolo di contagio per il virus **SARS-CoV-2**.

Non si desidera qui ripetere le motivazioni e i pregiudizi manifestati in più occasioni da medici virologi, dalla stessa **Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS)** e di riflesso dall'**Istituto Superiore di Sanità (ISS)** sull'asserita pericolosità degli impianti.

Oggi, dopo la conferma data dalla stessa **OMS** sulla possibilità della trasmissione aerea a **lunga distanza** tramite gli **aerosol**, possiamo e dobbiamo rivedere tutti gli atteggiamenti negativi fin ad ora espressi e cominciare a lavorare per **un utilizzo corretto e consapevole degli impianti di climatizzazione**.

Abbiamo visto le teorie di base che supportano le considerazioni positive sull'utilizzo, in special modo, della **ventilazione** con aria fresca degli ambienti per la **riduzione del contagio da corona virus**.

Si è dimostrato che il **rischio decresce maggiormente quanto maggiore è la portata di ventilazione (numero di ricambi orari) di aria fresca esterna**.

Tuttavia, da decenni gli impianti di climatizzazione e di ventilazione, nel caso specifico del **numero di ricambi orari**, sono stati progettati in base a norme (vedi la **UNI 10339**) che non hanno mai considerato la possibilità di utilizzare la ventilazione per abbattere il rischio da contagio. Molto spesso queste stesse norme sono state **disattese**, specialmente nel settore privato e nel Sud Italia.

Introduzione al Seminario e motivazioni

Da qualche decennio la Norma Europea **EN 1752** cerca di cambiare il criterio progettuale dal tipo **prescrittivo** al tipo **prestazionale** introdotto da **O. Fanger** con il suo criterio per la **Qualità dell'Aria (IAQ)**, detto metodo **olfattivo**, ma in Italia questa norma non è ancora operativa.

Le motivazioni sono molte e quasi tutte legate all'incremento (anche notevole) delle portate di ventilazione calcolate con il metodo olfattivo rispetto al metodo prescrittivo dell'attuale **UNI 10339** e le ricadute negative in termini di maggior consumo di energia, maggior costo di installazione e di esercizio degli impianti.

Il noto **D.P.C.M 23/12/2003**, detto **Decreto Fumatori**, comporta una portata di ventilazione in presenza di fumatori di 120-150 m³/h per persona contro i **42 m³/h** per persona indicati dalla **UNI 10339**. Il costo di installazione e di esercizio di un tale impianto risultano molto elevati, tanto che la maggior parte degli esercizi pubblici preferisce non applicarlo.

Il numero di ricambi orari varia, con le attuali norme, da **0.5 Vol/h** per usi residenziali, a **1-2 Vol/h** per usi civili (solitamente si calcola ipotizzando **10 L/s** per persona).

Volendo utilizzare la ventilazione per ridurre il rischio di contagio da corona virus occorrerebbero **5-6 Vol/h** di ricambi orari, cioè un valore 2-4 volte superiore ai valori che gli attuali impianti possono fornire.

Pertanto, sul parco di impianti esistenti possiamo solo fare verifiche di rischio di contagio per le varie tipologie di destinazione d'uso degli edifici. Difficilmente si progetteranno (tranne per le degenze ospedaliere) impianti con **6 Vol/h** di ricambi orari, anche perché tutti noi speriamo in una rapida scomparsa dell'emergenza **COVID-19**.

Introduzione al Seminario e motivazioni

Abbiamo visto che se consideriamo un ambiente completamente chiuso nel quale la concentrazione di inquinanti è uniforme, data una fonte inquinante, q , l'equazione per la variazione temporale **concentrazione** può essere scritta come:

$$c = (c_0 + c_G)(1 - e^{-nt}) + c_I e^{-nt}$$

dove:

- $V =$ volume di spazio (m^3)
- $c =$ concentrazione (% o kg/m^3)
- $q =$ portata di ventilazione (m^3/s)
- $c_0 =$ concentrazione dell'aria di mandata (% o kg / m^3)
- $c_I =$ concentrazione iniziale al tempo $t=0$
- $c_G =$ concentrazione della sorgente (% o kg/m^3)
- $n =$ numero di ricambi orari, (Vol/h)

Nel caso della concentrazione dei **quanta/m³** si può scrivere:

$$c(t) = \frac{q}{nV} (1 - e^{-nt})$$

Il **valore medio** nell'intervallo ΔT è:

$$c_{medio} = \frac{q}{nV} \left[1 - \frac{1}{n \cdot \Delta t} (1 - e^{-n \cdot \Delta t}) \right]$$

Introduzione al Seminario e motivazioni

Pertanto:

- **Maggiore è il flusso di ventilazione tanto minore è la concentrazione interna;**
- **Maggiore è l'intensità della sorgente interna tanto maggiore è la concentrazione interna.**

Potremmo allora applicare questa relazione precedente anche al caso in cui l'inquinante non sia fisico o chimico, come nel caso della **Qualità dell'aria**, bensì una **carica virale** (o **quanta** di produzione virale) o un qualunque **agente patogeno**.

La concentrazione dei **quanta/m³**, **C(t)**, nota la produzione oraria dei **q=quanta/h**, è data dalla relazione:

$$C(t) = \frac{q}{nV} (1 - e^{-nt})$$

Con **n** numero di ricambi orari. Così facendo potremmo calcolare le concentrazioni di inquinanti, **quanta/m³** (se ne vedranno alcune applicazioni nel prosieguo), o le portate d'aria esterna necessaria per avere una prestabilita **concentrazione di patogeno**.

Infine, la relazione che lega la *concentrazione media* dei **quanta/m³** e la *produzione oraria* dei **quanta/h/m³** è:

$$q = nVc_{medio} \left[1 - \frac{1}{n \cdot \Delta t} (1 - e^{-n \cdot \Delta t}) \right]^{-1}$$

Noti i **quanta/h** si può calcolare la probabilità di contagio individuale e generale.

Introduzione al Seminario e motivazioni

Quel che manca, ai fini virologici, è il **passaggio fra le concentrazioni di patogeni e il rischio di contagio**.

Wells osservò, nel **1978** studiando un caso di epidemia da morbillo in una scuola di New York, che il numero di suscettibili infetti segue una **distribuzione di Poisson** e che la probabilità di avere un infetto è data dalla relazione:

$$P = 1 - e^{-\bar{\mu}}$$

ove $\bar{\mu}$ è il valore medio dei **quanta** prodotti per respirazione.

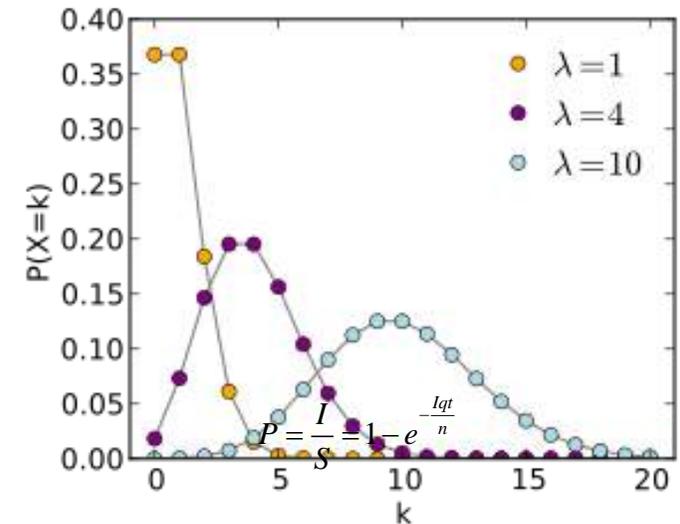
La relazione di **Walls-Riley** è, infatti, di questo tipo, cioè:

$$P = \frac{I}{S} = 1 - e^{-\left(\frac{Iqpt_{\text{exp}}}{Q}\right)}$$

Con **Q=nV** portata di ventilazione e **t_{exp}** il tempo di esposizione.

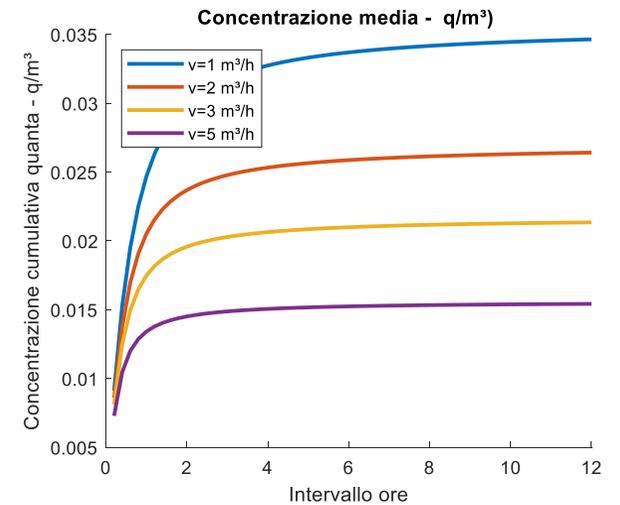
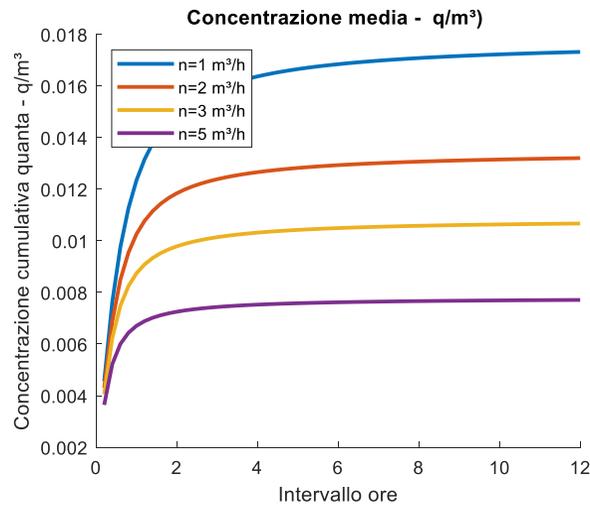
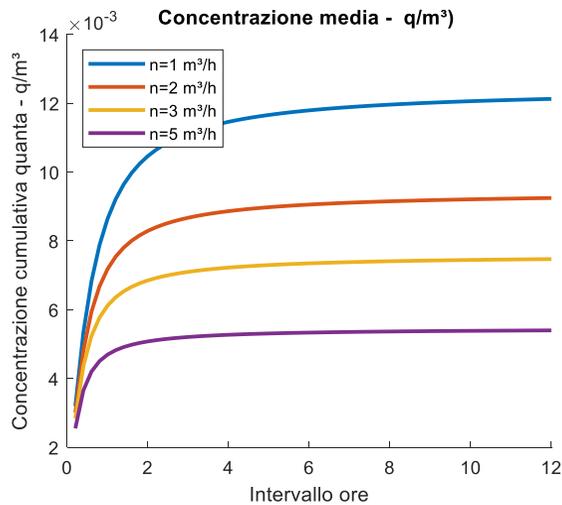
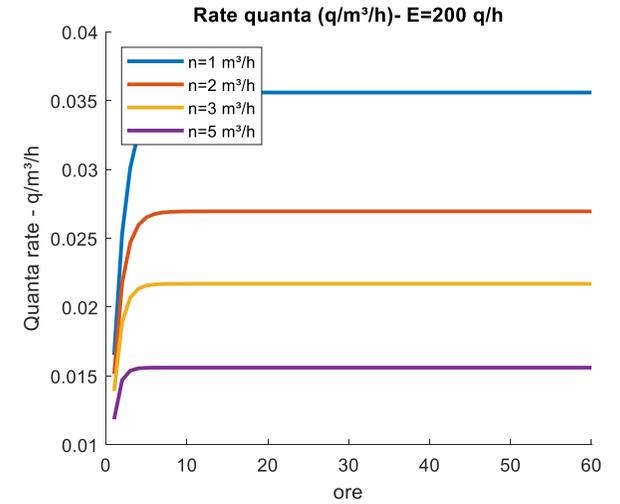
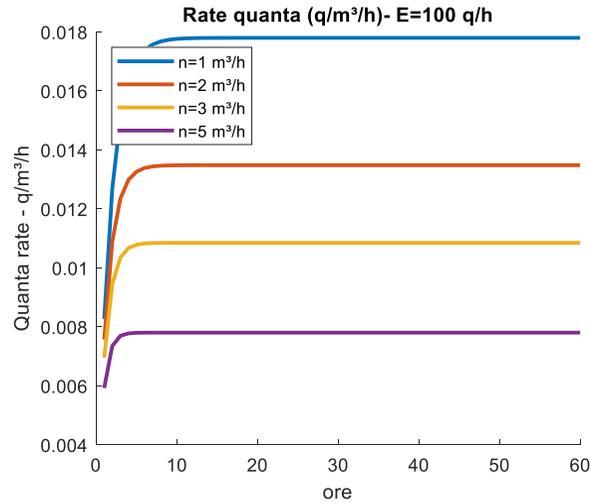
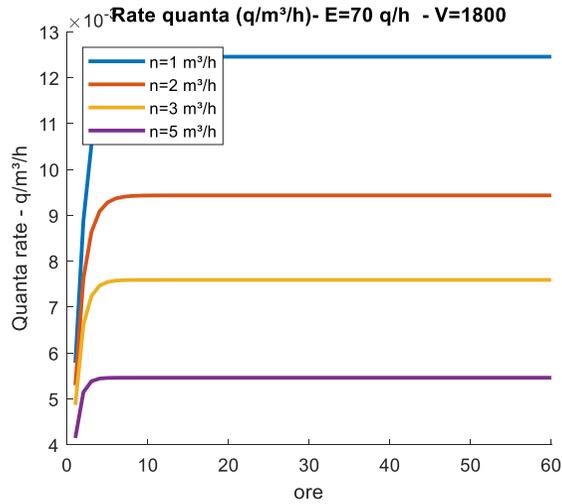
E' questa la relazione di passaggio fra **il problema della ventilazione funzionale e il calcolo del rischio di contagio**.

Vedremo nei prossimi capitoli le conseguenze di quest'osservazione.



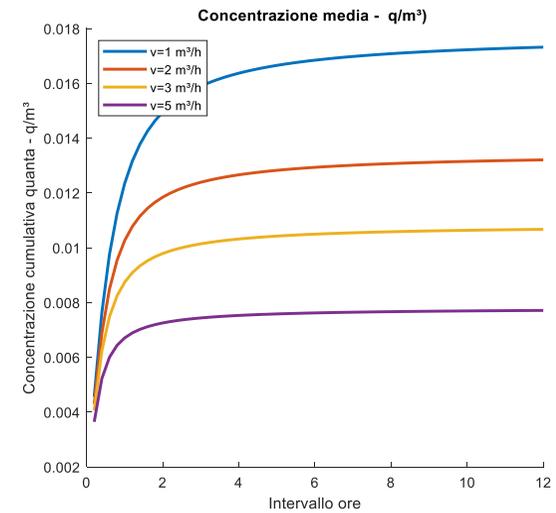
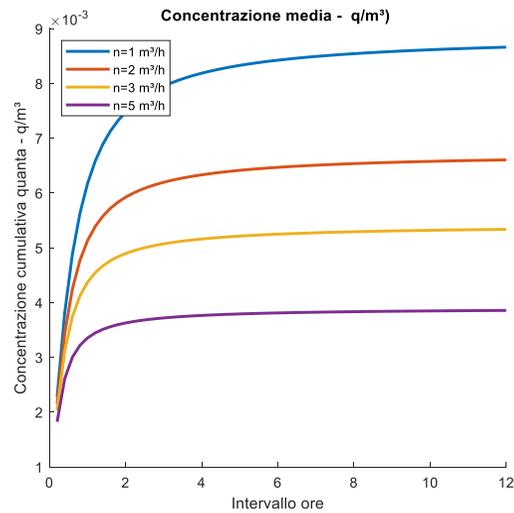
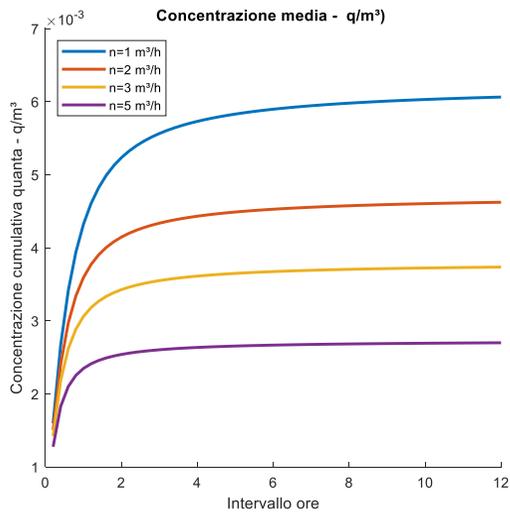
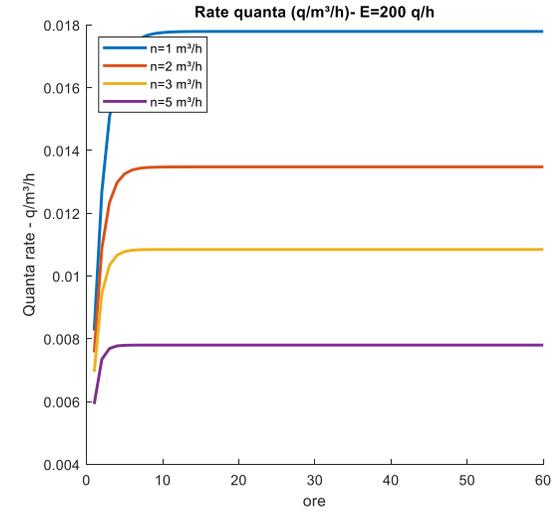
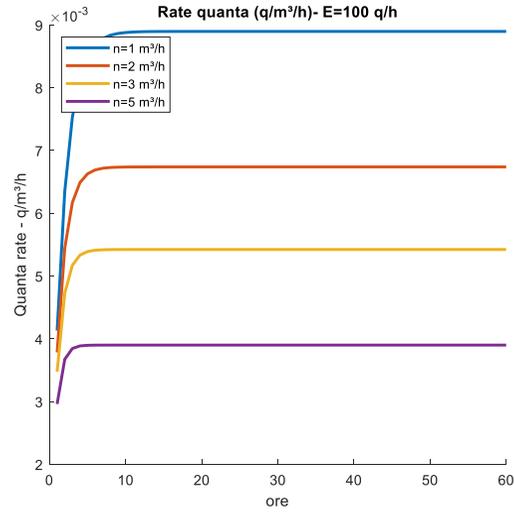
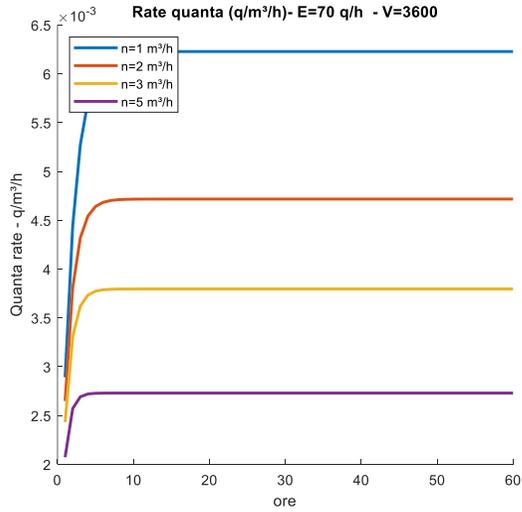
Introduzione al Seminario e motivazioni

Ambiente con $V=1800 \text{ m}^3$



Introduzione al Seminario e motivazioni

Ambiente con $V= 3600 \text{ m}^3$



Introduzione al Seminario e motivazioni

Negli esempi precedenti si osserva come raddoppiando di volume si dimezza sia la concentrazione dei **quanta/m³** che la produzione dell'infezione, **quanta/h**.

Se si hanno più ambienti in serie il passaggio dell'aria di ventilazione dal primo ambiente verso l'ultimo porta con sé i quanta di infezione ma si abbassa la concentrazione per unità di volume e la produzione oraria.

Di conseguenza anche la probabilità di rischio personale diminuisce.

Analogo fenomeno si ha se si utilizza il ricircolo dell'aria: la portata d'aria immessa negli ambienti aumenta e la concentrazione dei quanta/m³ diminuisce. Tuttavia, se il ricircolo non viene attuato utilizzando filtri ad alta efficienza e sistemi di abbattimento batterico e virale, si rischia di portare cariche virali anche in ambienti nei quali non è presente.

Pur tuttavia l'idea che in ambienti di passaggio il rischio locale aumenti mentre quello complessivo diminuisce non è bene accetta all'**ISS** e pertanto **il ricircolo dell'aria attraverso ambienti multipli non è consentito**.

Questo concetto, sottolineato da **AICARR** (con *Michele Vio*), è stato segnalato all'**ISS** per sottolineare che, anche nei casi di ventilazione comune a più ambienti, l'aumento del volume comporta la riduzione della concentrazione dei **quanta** porta ad una minore probabilità di rischio complessiva.

GLI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE

Le problematiche degli impianti di climatizzazione

Gli impianti di climatizzazione sono stati progettati e costruiti, almeno fino all'inizio del 2020, per gli scopi indicati nelle norme vigenti, cioè per creare all'interno degli ambienti le migliori condizioni di **comfort** (***termo – igrometrico, acustico, illuminotecnico e di qualità dell'aria***) per gli occupanti.

Nessuno poteva mai pensare allo scompiglio che avrebbe prodotto la diffusione della **COVID-19** e alla nascita di tutta una serie di problematiche per la **riduzione del rischio di contagio** e per la **riduzione della propagazione del virus SARS-CoV-2** negli ambienti e fra gli ambienti.

Impianti correttamente progettati ed installati possono oggi essere considerare **rischiosi** per la **COVID-19**, in base a quanto descritto dalle circolari dell'**Istituto Superiore di Sanità (ISS)**, del **Ministero della Salute**, dalle regioni, dalle province autonome e in qualche caso anche dai comuni.

Occorre **esaminare caso per caso la compatibilità degli attuali impianti**, attuare le azioni necessarie per renderli conformi alle nuove norme, per rendere possibile la ripresa delle attività produttive a tutti i livelli. Da quanto abbiamo visto nella prima parte del seminario, **la ventilazione meccanica è necessaria per la riduzione del rischio di contagio (per lunghe distanze) nei locali chiusi** e quindi occorre fare in modo che ci sia la **maggior ventilazione con aria esterna** incrementando, ove possibile il **numero di ricambi orari**, chiudendo (nei casi in cui è richiesto) il **ricircolo dell'aria** ed attuare un **programma di manutenzione adeguato**. Per i nuovi edifici le indicazioni ministeriali costituiscono i nuovi riferimenti normativi per la progettazione dei nuovi impianti di climatizzazione.

Impianti di climatizzazione – Ricambi orari

Le attuali norme, **UNI 10339**, prevedono ancora un approccio prescrittivo, come indicato nella tabella seguente:

Categoria edificio	Ambiente	Q_{op} (m ³ /h persona)	Q_{os} (m ³ /h m ²)
Residenze	Soggiorni, camere da letto	40	
	Cucina, bagni/servizi	estrazioni	
Uffici ed assimilabili	Uffici singoli ed open space	40	
	Sale riunioni	35	
	Centri elaborazione dati	25	
	Bagni/servizi	estrazioni	
Alberghi, pensioni	Ingressi, soggiorni	40	
	Sale conferenze, auditorium	20	
	Sale da pranzo	35	
	Camere da letto	40	
	Bagni/servizi	estrazioni	
Bar, ristoranti	Bar	40	
	Pasticcerie	21	
	Sale da pranzo ristoranti e self service	35	
	Cucine		60
	Bagni/servizi	estrazioni	
	Sale da ballo	60	

Impianti di climatizzazione in edifici costruiti

Non basta avere norme e decreti che impongano i valori di ventilazione più opportuni per le destinazioni d'uso degli edifici. **In moltissimi casi si hanno edifici con ventilazione ridotta o addirittura assente.**

Si pensi al parco di edifici pubblici costruiti prima del **1978**, anno di entrata in vigore della *L. 373/76*, del tutto privi di adeguata ventilazione. Del resto, il controllo della **Qualità dell'Aria (IAQ)** è di epoca recente ed ancora non bene accettata nella mentalità delle utenze civili e, spesso anche, dei progettisti.

I vecchi edifici storici, sia privati che pubblici, mancano anche delle condizioni di sicurezza antincendio e antisismiche.

Il parco di edifici scolastici è quasi sempre privo di ventilazione. Di certo le scuole di ogni ordine e grado costruite prima del 1975, anno di pubblicazione del D.M. sugli edifici scolastici, non hanno impianti di ventilazione e gli impianti di riscaldamento sono ancora realizzati con radiatori o rifatti con termo ventilconvettori.

In moltissimi casi la circolazione dell'aria esterna avviene per **ventilazione naturale** (apertura di porte e finestre) di difficile controllo, specialmente nelle regioni più fredde.

Gli impianti più diffusi di climatizzazione sono con **fan coil** idronici o con sistemi ad **espansione diretta (VRV, VRF)**.

L'aria di ventilazione primaria è considerata una spesa inutile, un lusso che è possibile evitare, lasciando la **ventilazione alle aperture spontanee e casuali di porte e finestre.**

Strategie per gli impianti di climatizzazione

Alla luce di quanto detto nella **parte prima** del seminario sulla trasmissione del **corona virus** e sulle tecniche di ventilazione necessarie per ridurre il rischio di contagio, si rende necessario seguire alcune regole che possiamo qui riassumere:

- *Ventilare con aria esterna fresca quanto più è possibile i locali;*
- *Nel caso di mancanza di impianti di ventilazione occorre predisporre uno con un numero di ricambi orari il più alto possibile (da 1 a 6 Vol/h);*
- *A seconda delle norme locali regionali **potrà non essere possibile utilizzare il ricircolo dell'aria e pertanto occorre chiudere i canali di ricircolo;***
- *Nel caso di chiusura del ricircolo occorre **incrementare al massimo la portata dell'aria di rinnovo** riducendo le perdite di pressione (ad esempio nei recuperatori di calore e nei filtri). Inoltre occorre cercare di ripristinare i bilanci termici ai generatori che potrebbero avere batterie di scambio termico non più sufficienti;*
- *Ove sia possibile utilizzare il ricircolo dell'aria occorre predisporre un **adeguato sistema di controllo per ridurre le sorgenti contaminanti** utilizzando, ad esempio, filtri ad alta efficienza, sistemi di inattivazione con lampade UV;*
- *Infine, è sempre utile utilizzare all'interno dei locali, di qualsiasi tipo, i dispositivi di protezione individuali quale le mascherine (sia chirurgiche che ad alta efficienza FFP2 e FFP3).*
- *Il distanziamento può richiedere modifiche ai locali con possibili riduzioni dell'affollamento e quindi dei carichi termici interni e della portata di rinnovo di aria fresca esterna*

DISTRIBUZIONE DELL'ARIA MEDIANTE LA VENTILAZIONE MECCANICA

Problematiche della distribuzione dell'aria negli ambienti

Si è già evidenziato che la distribuzione dell'aria negli ambienti è di difficile progettazione e verifica. Non si tratta di semplici bilanci termici ma di verificare **come l'aria si distribuisce negli ambienti** per effetto di numerosi parametri (o eventi):

- *Tipologia di impianto (a miscelazione, a dislocamento, direzionale);*
- *Topologia delle bocchette di mandata e di ripresa;*
- *Presenza di persone e oggetti che possono costituire **pennacchi termici**, cioè possono dar luogo a forze convettive per effetto delle differenze di temperatura fra gli strati;*
- *Portata e portata di mandata dell'aria, il lancio e la velocità di mandata dalle bocchette e loro dimensioni;*
- *Portata e velocità di ripresa dell'aria dalle bocchette e loro dimensioni.*

Tutte queste indicazioni sono le condizioni al contorno delle equazioni costitutive della **Computer Fluid Dynamics** e della conservazione dell'*Energia* che descrivono adeguatamente e compiutamente la *Fisica di base* (per questo sono definite **equazioni costitutive**).

A queste equazioni si aggiungono anche le **equazioni della diffusione** (Legge di **Fick**) ed eventuali **equazioni di reazione** se si hanno anche fenomeni chimici da considerare. In genere si ha un **sistema multifisico** oggi risolvibile con opportuni e complessi codici di calcolo. Nel caso di *aria umida* occorre anche considerare la **Psicrometria** per tenere conto delle variazioni *dell'umidità (specifico e relativo)*.

Problematiche della distribuzione dell'aria negli ambienti

Si vedranno nel prosieguo tre casi esempio tipici di calcolo e verifica della distribuzione dell'aria in :

- **Una stanza** (ad esempio, uno studio) con vari sistemi di distribuzione dell'aria (*fan coil e dislocamento*);
- **Una sala teatrale** con vari sistemi di distribuzione (dall'alto tramite diffusori e dal basso tramite collari a dislocamento sotto le poltrone);
- **Una sala operatoria** con il sistema di distribuzione tipico per questi ambienti particolari.

In tutti i casi si potranno osservare diverse rappresentazioni grafiche che sintetizzano il movimento dell'aria (*velocità e temperatura*) per i vari tipi di distribuzione, in alcuni casi sia per le condizioni invernali che estive.

Per quanto dettagliate possano essere (o apparire) queste immagini occorre sempre tenere in considerazione che **si tratta di simulazioni matematiche** che cercano di avvicinarsi il più possibile alla realtà ma **non sono la realtà**.

La complessità e la non linearità delle **equazioni costitutive** è tale da far dire, qualche decennio fa, a *Lorenz*:

«basta un battito d'ali di una farfalla in Brasile per far cambiare il clima a New York».

La *non linearità* può causare *errori di calcolo matematici* che non hanno corrispondenza nella realtà. E' bene analizzare i risultati con molta attenzione e spirito critico per evitare abbagli, anche in buona fede, generati da condizioni al contorno non corrette o criticità matematiche non evidenti.

La distribuzione dell'aria – Metodi avanzati di calcolo

L'aria si muove per effetto delle forze agenti di su essa, della variazione di quantità di moto e per effetto delle differenze di temperatura. Il flusso dell'aria può essere anche associato al ***trasporto di energia termica***, come avviene per il riscaldamento o il raffreddamento degli ambienti. Se si considera l'aria umida allora occorre tenere conto anche della *Psicrometria* e considerare i bilanci di *umidità associata*.

Infine, l'aria può dar luogo ad **effetti di diffusione** ed essere sede di **reazioni chimiche**.

In definitiva, abbiamo una serie di equazioni differenziali che descrivono le condizioni fisiche associate al moto dell'aria, e cioè:

- *Bilancio di massa;*
- *Bilancio di quantità di moto;*
- *Bilancio di energia;*
- *Bilancio di diffusione;*
- *Bilancio di umidità specifica;*
- *Bilancio di energia chimica per effetto di reazioni.*

Si trascurano altri fenomeni quale quelli *elettromagnetici, nucleari, quantistici ed elastici*.

In generale un problema così composto viene definito di tipo **multi fisico** e risulta molto **complesso da risolvere** perché le equazioni differenziali che lo definiscono sono quasi sempre non lineari e quindi fortemente dipendenti dalle condizioni spazio temporali al contorno.

Distribuzione dell'aria – Equazioni costitutive della CFD

Gli scambi di aria tra ambienti interni ed esterni e la sua distribuzione all'interno degli ambienti dipendono dalle leggi sulla **Trasmissione del Calore** che determinano il movimento di masse d'aria, in entrambe le direzioni di scambio. Si tratta comunque di fenomeni complessi che richiedono la soluzione delle **equazioni costitutive della convezione termica**:

- **Conservazione della massa:**

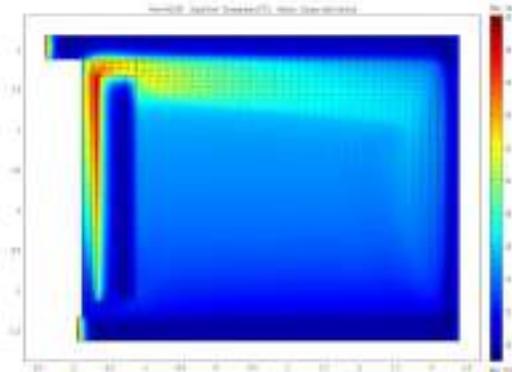
$$\frac{D\rho}{D\tau} + \rho \nabla \cdot \vec{V} = 0$$

- **Conservazione della quantità di moto:**

$$\rho \frac{D\vec{V}}{D\tau} = -\nabla p + \mu \nabla^2 \vec{V} + \vec{F}$$

- **Conservazione dell'energia:**

$$\rho c_p \frac{DT}{D\tau} = \nabla \cdot (\lambda \nabla T) + \mu \Phi + \dot{q}$$



Per conoscere le variabili in gioco occorre risolvere un sistema di **tre equazioni differenziali del secondo ordine** che pongono notevoli problemi di calcolo e richiedono strumenti software potenti e costosi.

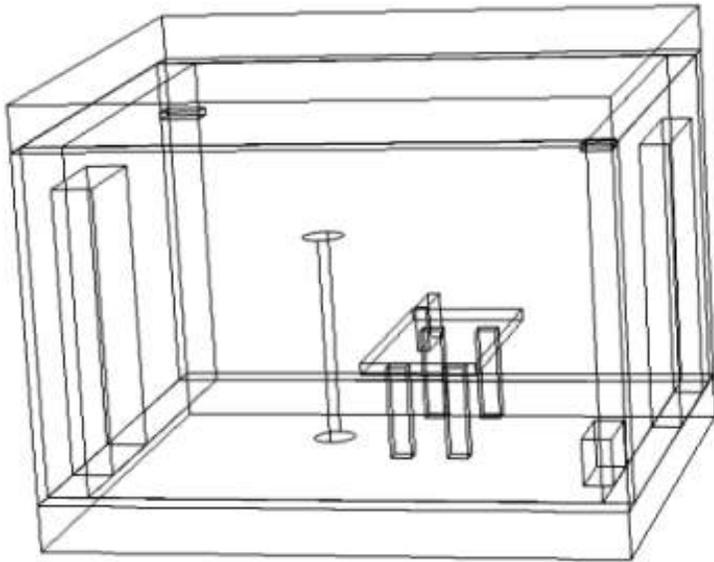
I fenomeni convettivi, se opportunamente sfruttati, permettono di raggiungere buoni risultati e per millenni sono stati gli unici sistemi di ventilazione possibili.

Mentre le perdite per ventilazione dovute a fessure o scarsa ermeticità dell'involucro (i classici “**spifferi**”) non possono essere controllati, altre strategie progettuali sono di più facile gestione.

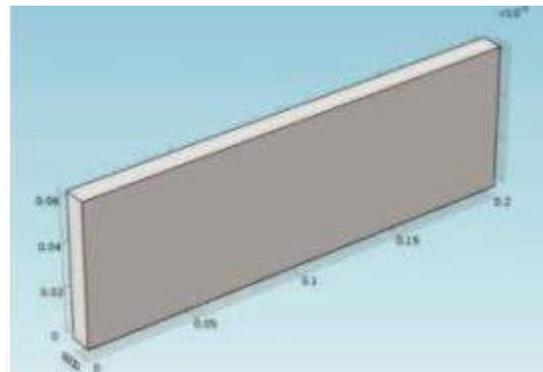
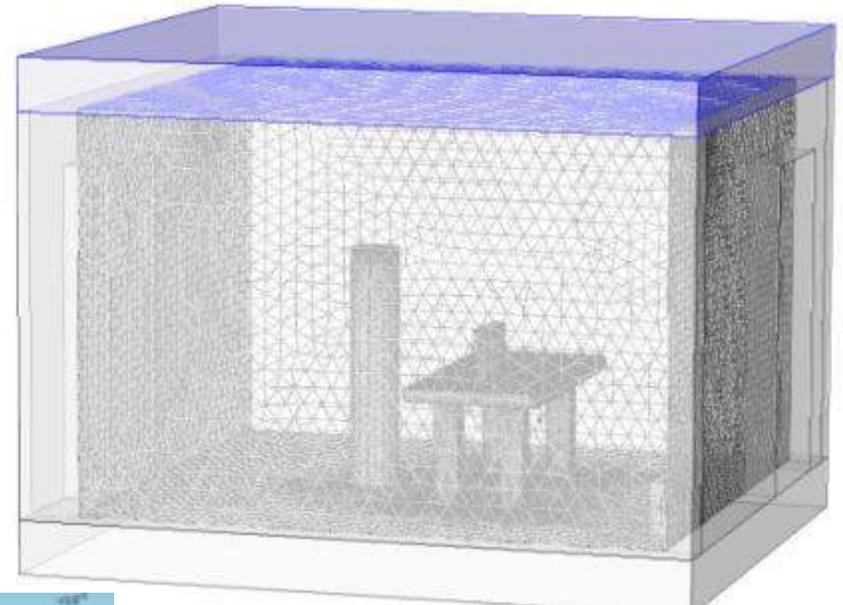
Distribuzione dell'aria in un ambiente - Ufficio

Per una stanza regolare e un impianto con **aria primaria e fan coil** si hanno le situazioni di figura: si crea il **modello geometrico** e poi la griglia per soluzione delle equazioni (**mesh**).

Geometria



Mesh



Distribuzione dell'aria in un ambiente chiuso - Ufficio

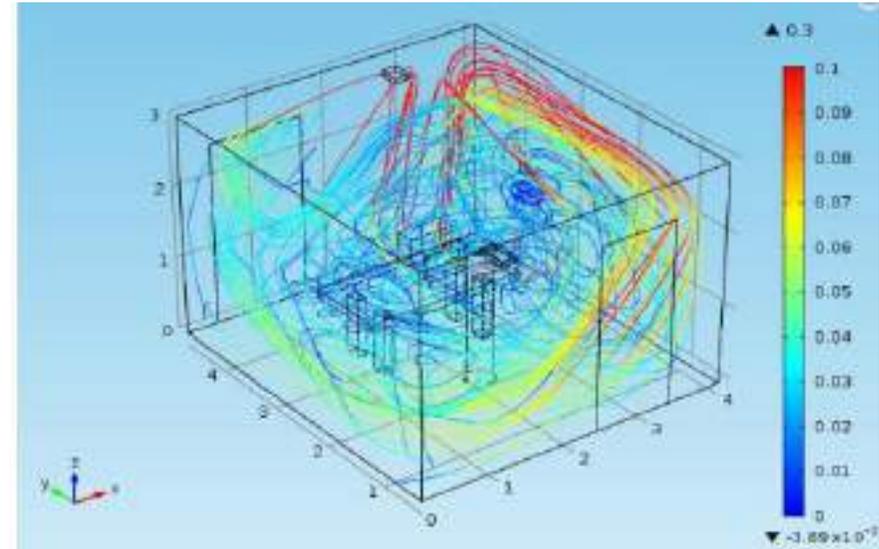
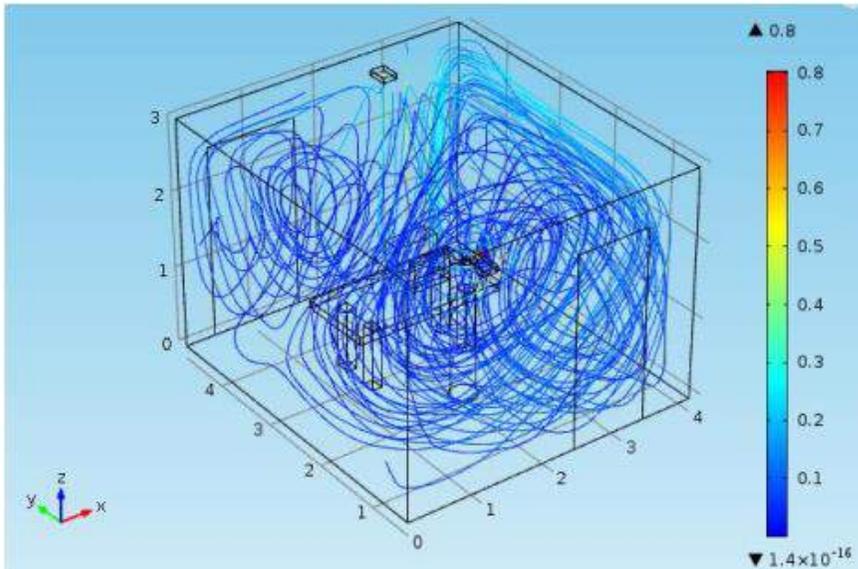
Con l'ipotesi di *fluido newtoniano* e *moto turbolento incompressibile* si debbono risolvere le **equazioni costitutive** per moto turbolento (qui scritte in *forma tridimensionale*):

$$\rho \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + \rho (\mathbf{u} \cdot \nabla) \mathbf{u} = \nabla \cdot \left[-p \mathbf{I} + \mu (\nabla \mathbf{u} + (\nabla \mathbf{u})^T) - \frac{2}{3} m (\nabla \cdot \mathbf{u}) \mathbf{I} \right] + \mathbf{F}$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{u}) = 0$$

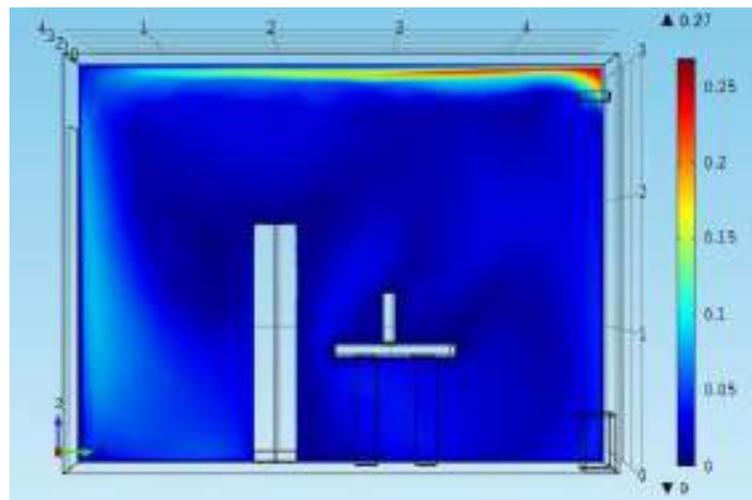
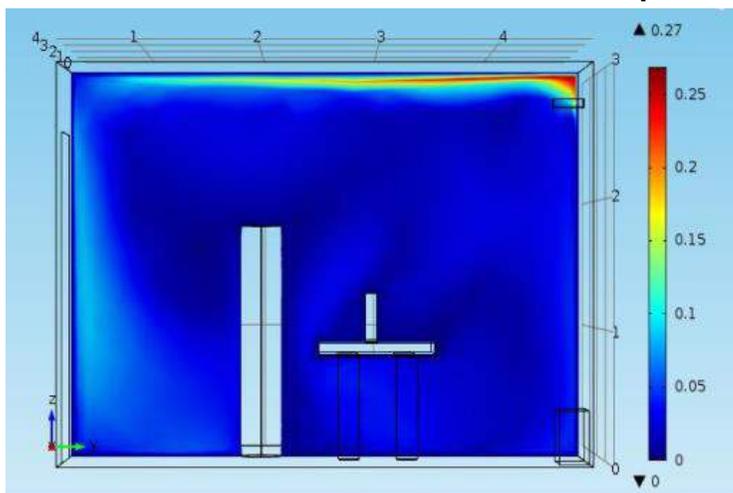
$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} + \rho C_p \mathbf{u} \cdot \nabla T = Q + k \nabla^2 T$$

Si ottengono i seguenti risultati, in forma grafica, per la **distribuzione della velocità** in *estate* e in *inverno*. Si osservi come la distribuzione della velocità sia non uniforme e legata alle condizioni di mandata e di ripresa. Si hanno, quindi, percorsi preferenziali, detti ***direzionali***.

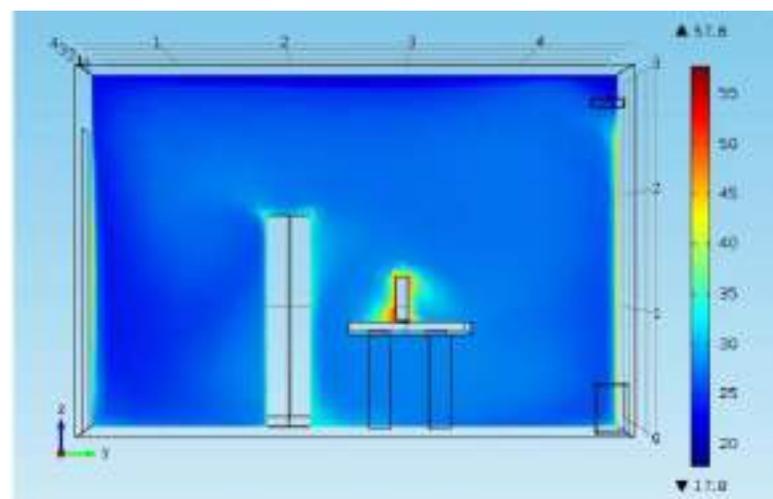
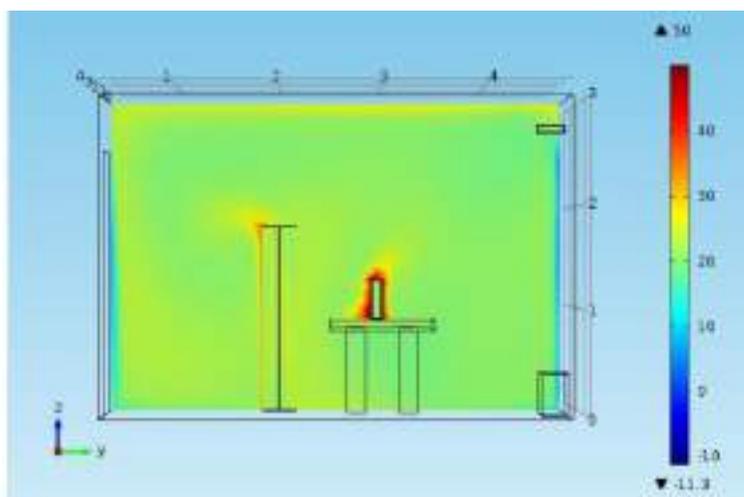


Distribuzione dell'aria in un ambiente chiuso - Ufficio

Analogamente si osserva la **distribuzione della velocità** dell'aria e della **temperatura** attorno al corpo umano (**effetto pennacchio termico**) in estate e in inverno. Qualunque corpo caldo è un **pennacchio termico**, ad esempio, **un computer**.

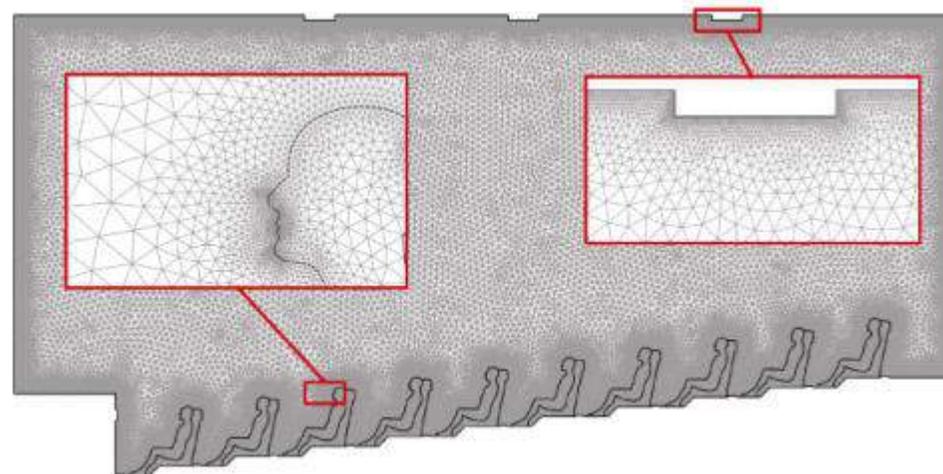
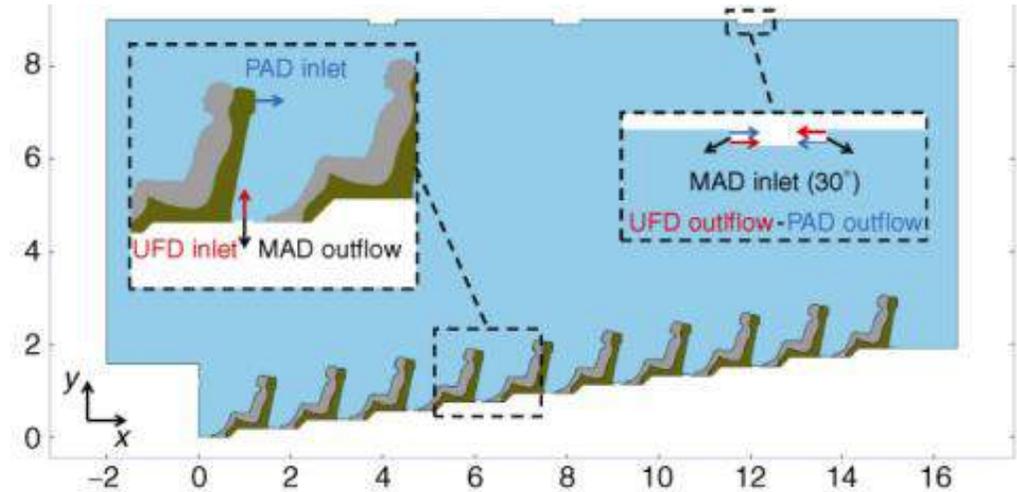
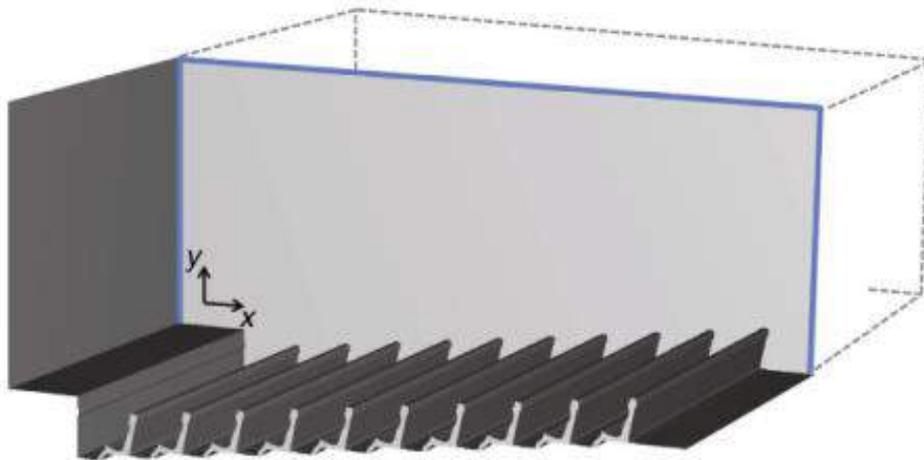


Per la distribuzione della **temperatura** in estate e in inverno si hanno le figure seguenti.



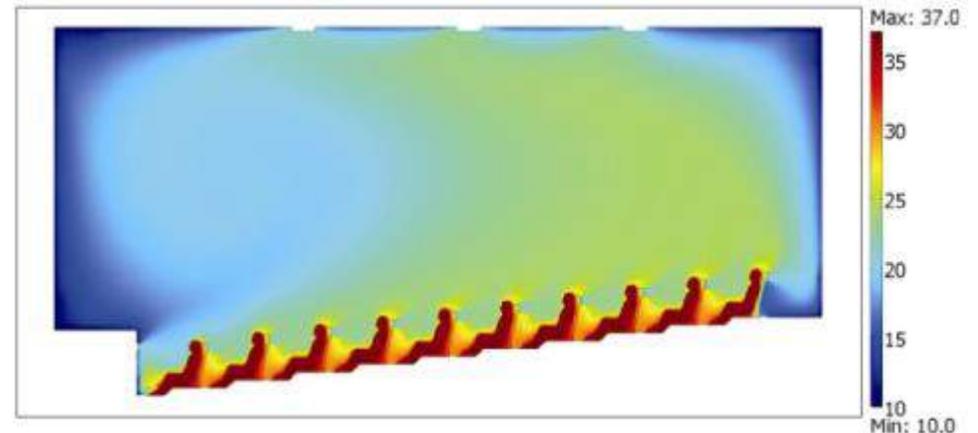
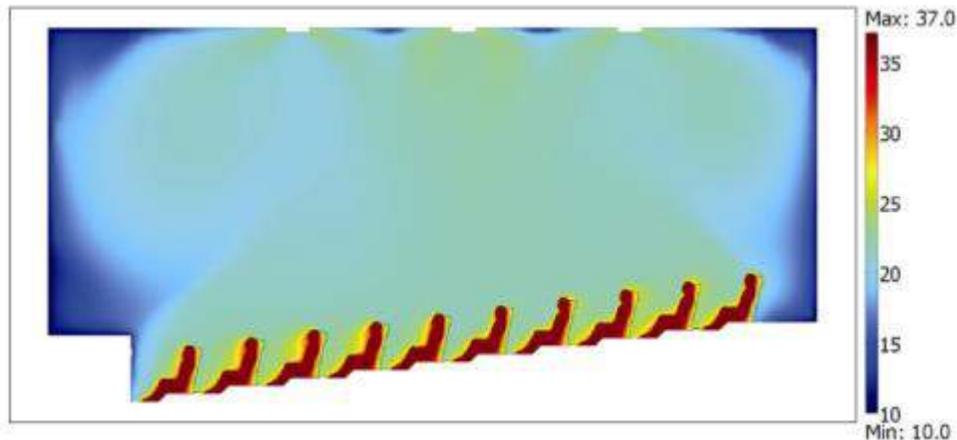
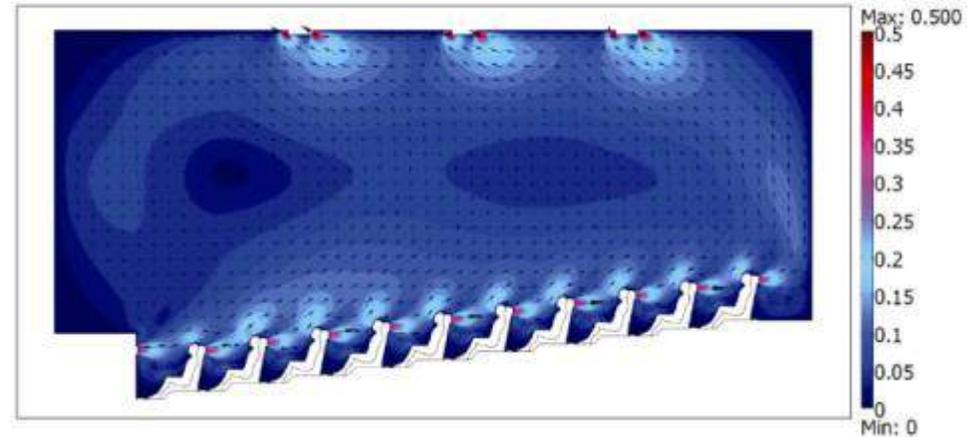
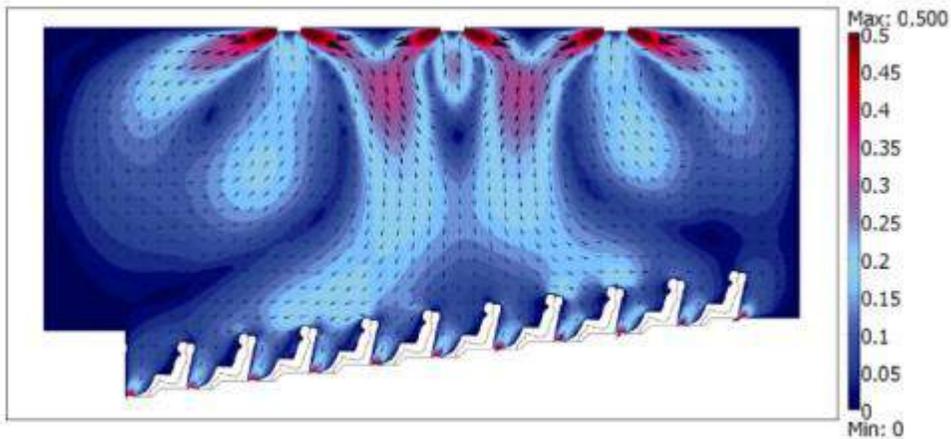
Distribuzione dell'aria in un Teatro

La soluzione delle equazioni costitutive consente di simulare sia la distribuzione di velocità che lo studio dell'**IAQ** e della ventilazione in edifici complessi come, ad esempio, un teatro con bocchette dall'alto.



Distribuzione dell'aria in un Teatro

Si possono simulare condizioni di **distribuzione dell'aria** (*velocità e temperatura*) con bocchette dall'alto o con **bocchette a dislocamento** sotto le poltrone. Nel primo caso si ha una miscelazione mentre nel secondo caso si ha una maggiore uniformità nella zona delle poltrone.



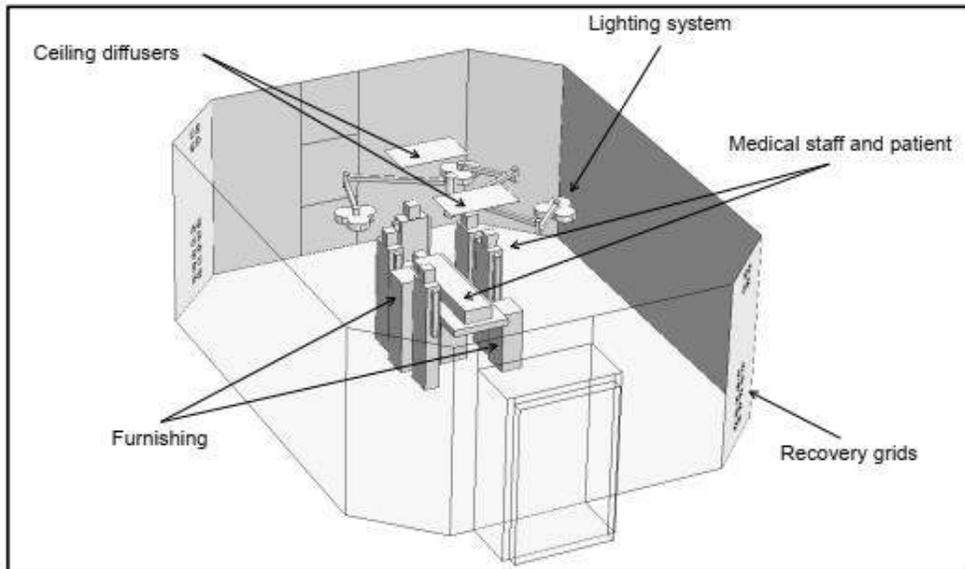
Distribuzione dell'aria in una Sala operatoria

La distribuzione dell'aria nelle **sale operatorie** deve soddisfare norme più stringenti rispetto alla distribuzione in ambienti civili e industriali. Si hanno norme specifiche sulla filtrazione e anticontaminazione interna ed esterna.

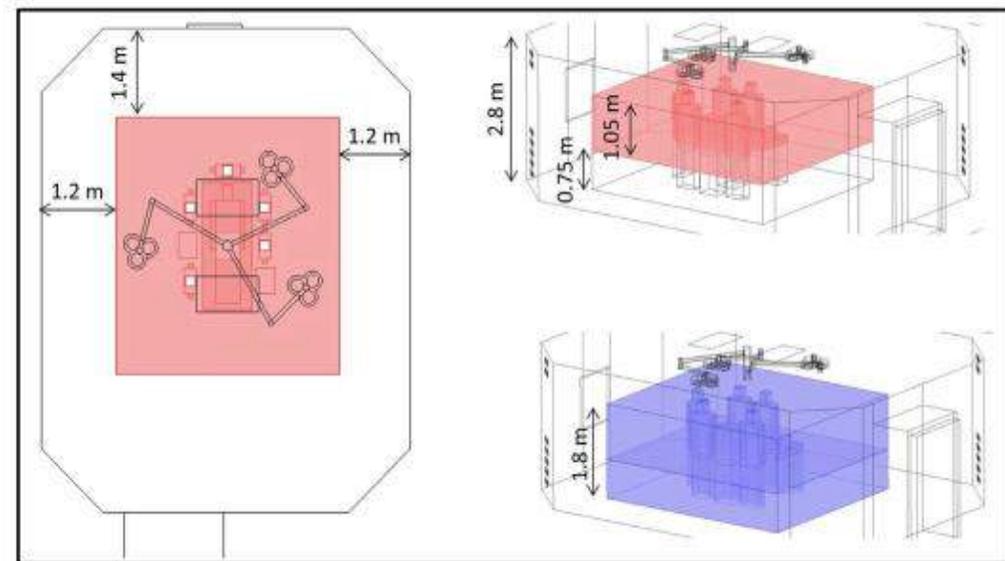
Per meglio comprendere il problema e cercare di risolverlo al meglio è necessario utilizzare la termo-fluidodinamica computerizzata in 3D.

Si riporta uno studio per una sala operatoria di un ospedale reale. Si applicano le norme **ASHRAE Standard 55-2004**. In figura le *OZ* sono le zone occupate (*Occupied Zone*) e le *BZ* sono le zone di respirazione (*Breathing Zone*), *PZ* sono le zone periferiche (*Peripheral Zone*).

Geometry of the numerical model.

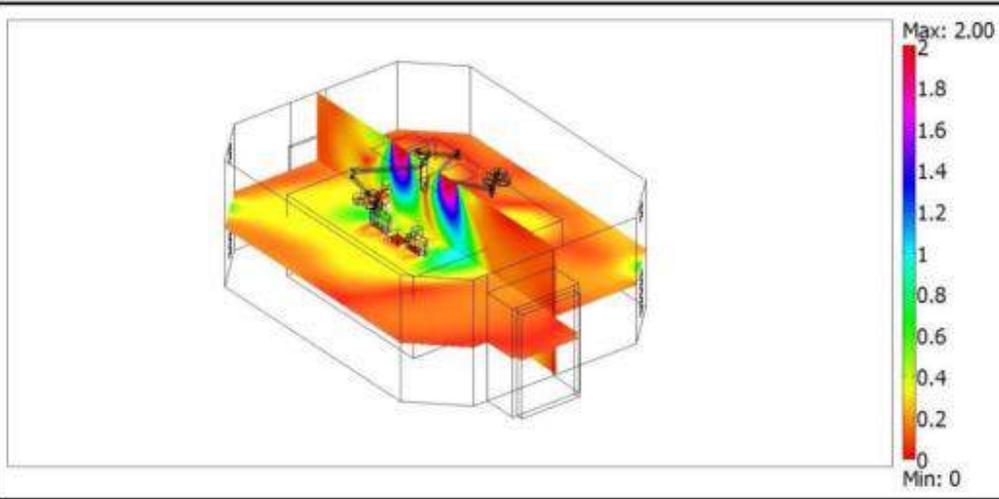


Indication of BZ (pink) and OZ (blue).

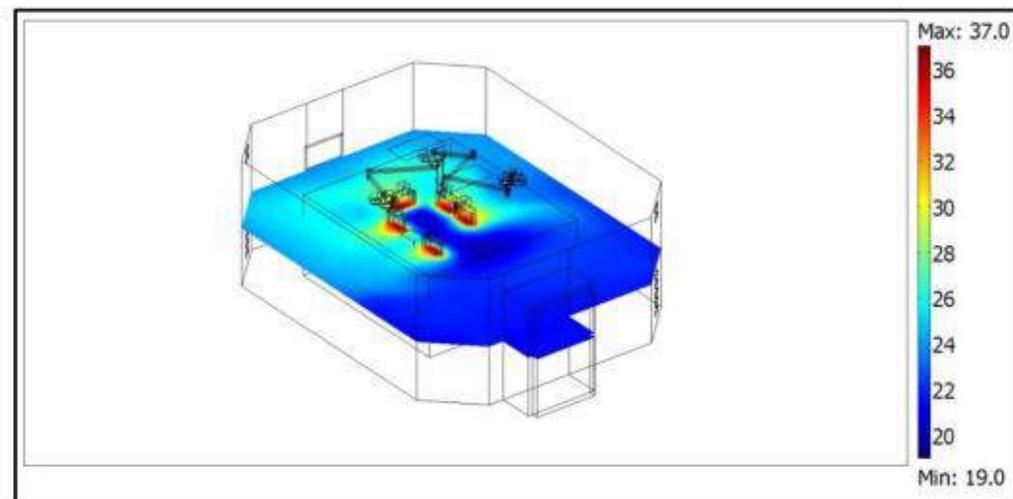


Distribuzione dell'aria in una Sala operatoria

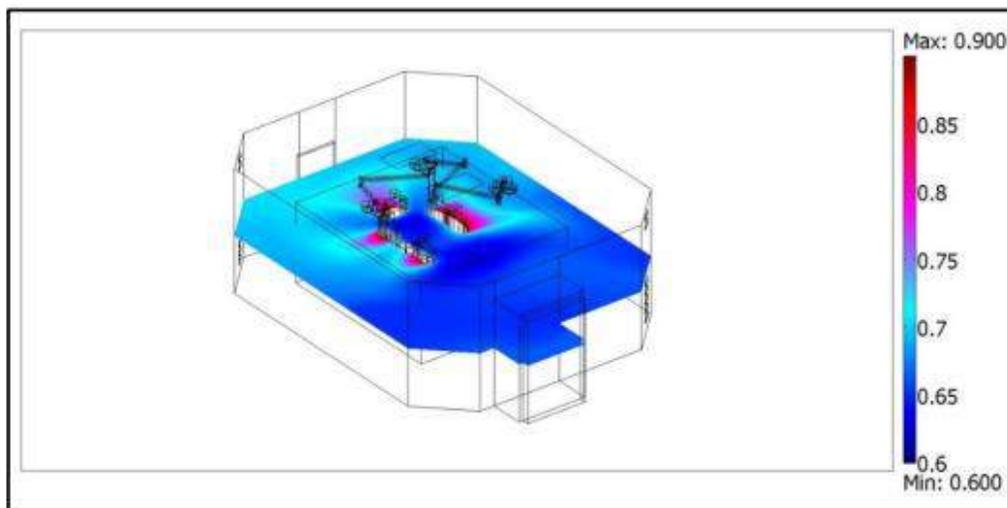
Air velocity field (m/s) on vertical slice ($x = 3.0$) and horizontal slice ($z = 1.2$).



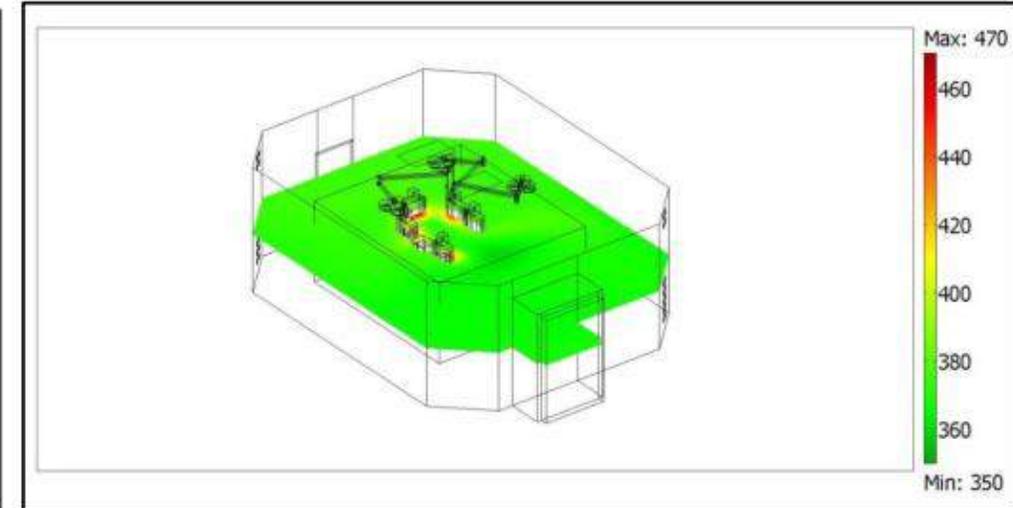
Air temperature distribution ($^{\circ}\text{C}$) on horizontal slice ($z = 1.2$).



Relative humidity (%) distribution on horizontal slice ($z = 1.2$).



CO_2 concentration (ppm) on horizontal slice ($z = 1.2$).

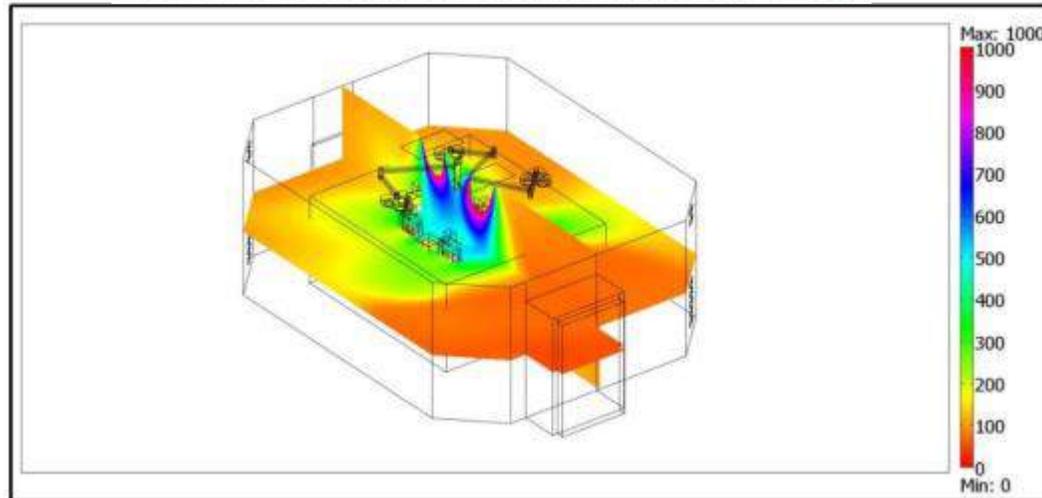


Distribuzione dell'aria in una Sala operatoria

Si definisce anche una *Local Air Change Efficiency (LACE)* data:

$$LACE = \frac{V_{TV} / \dot{V}_{vent}}{\tau} \times 100$$

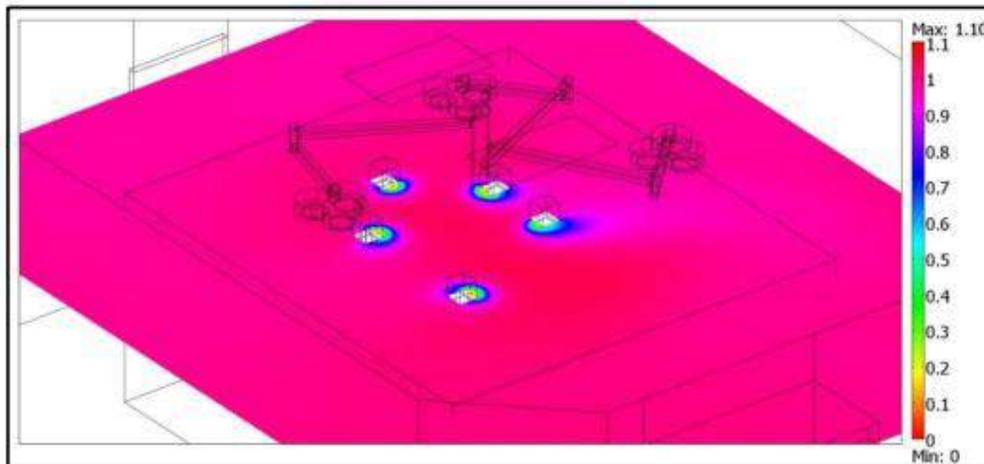
LACE index in horizontal ($z = 1.2$) and vertical slices ($x = 3.0$).



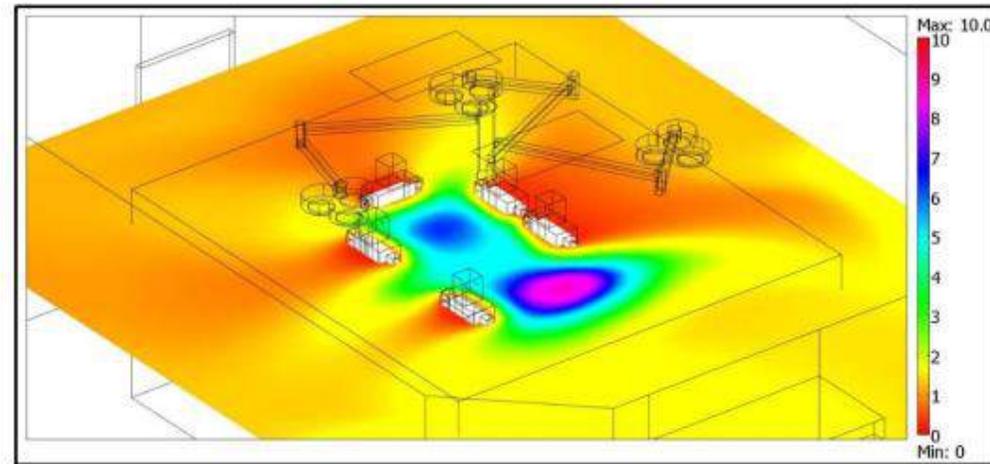
E ancora si ha il *Local Contaminant Removal Effectiveness (LCRE)*:

$$LCRE = \frac{C_E}{C}$$

LCRE for CO₂ in a horizontal slice ($z = 1.6$).

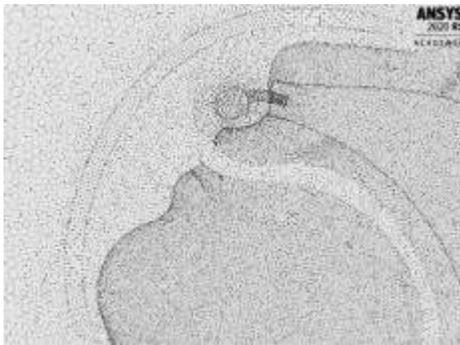
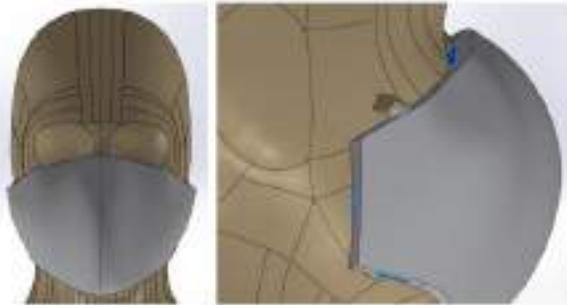


LCRE for particles concentration in a horizontal slice ($z = 1.4$).



Nuovi metodi avanzati di calcolo – Simulazione CFD

Anche per la dispersione dell'**aerosol** in flussi ad alta velocità si sono presentati nuovi studi che utilizzano tecniche avanzate di **CFD**, come ad, esempio, la seguente:



TITLE:

Reducing aerosol dispersion by High Flow Therapy in COVID-19: High Resolution Computational Fluid Dynamics Simulations of Particle Behavior during High Velocity Nasal Insufflation with a Simple Surgical Mask

SHORT TITLE:

CFD Particle Behavior during HVNI

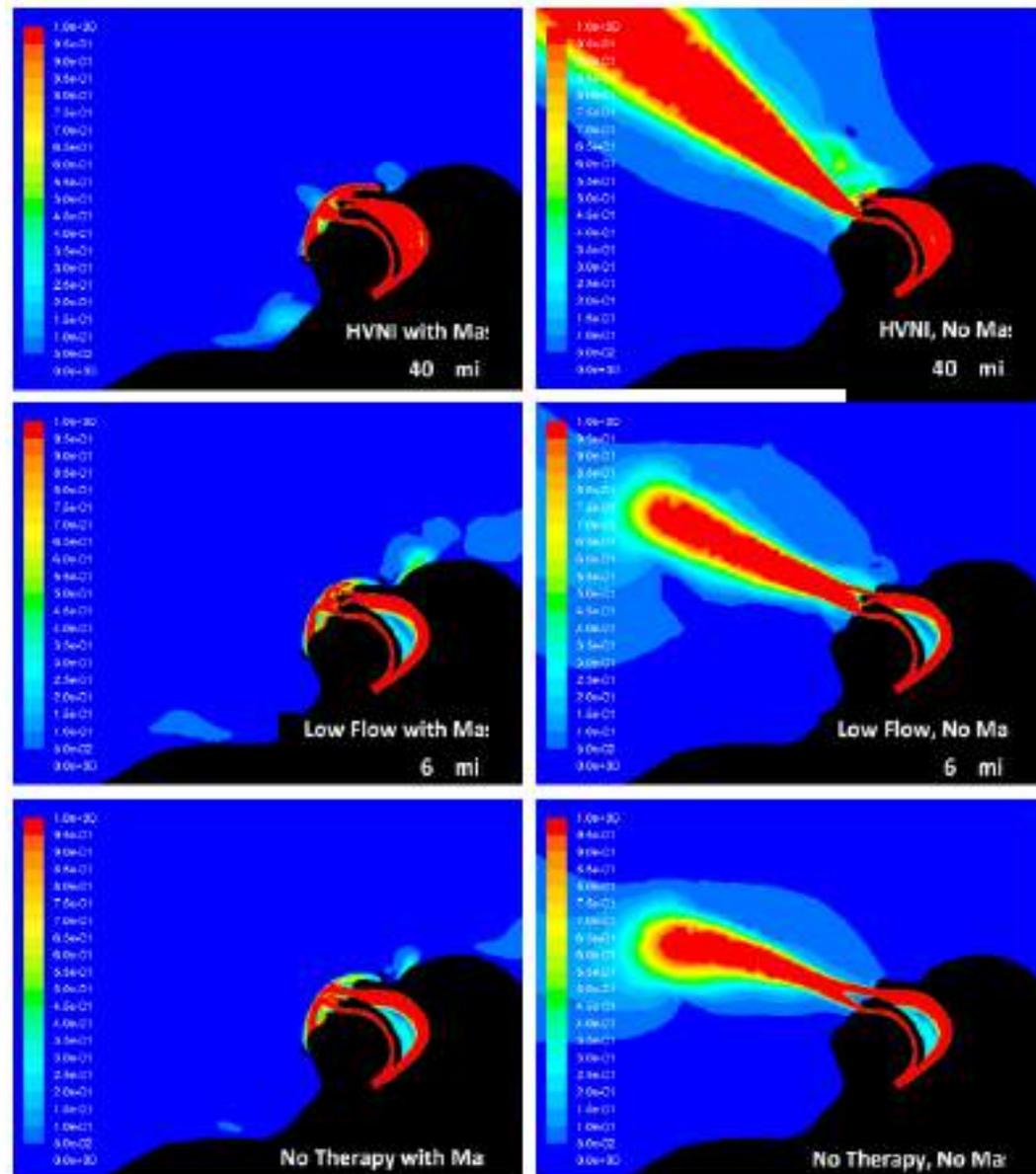
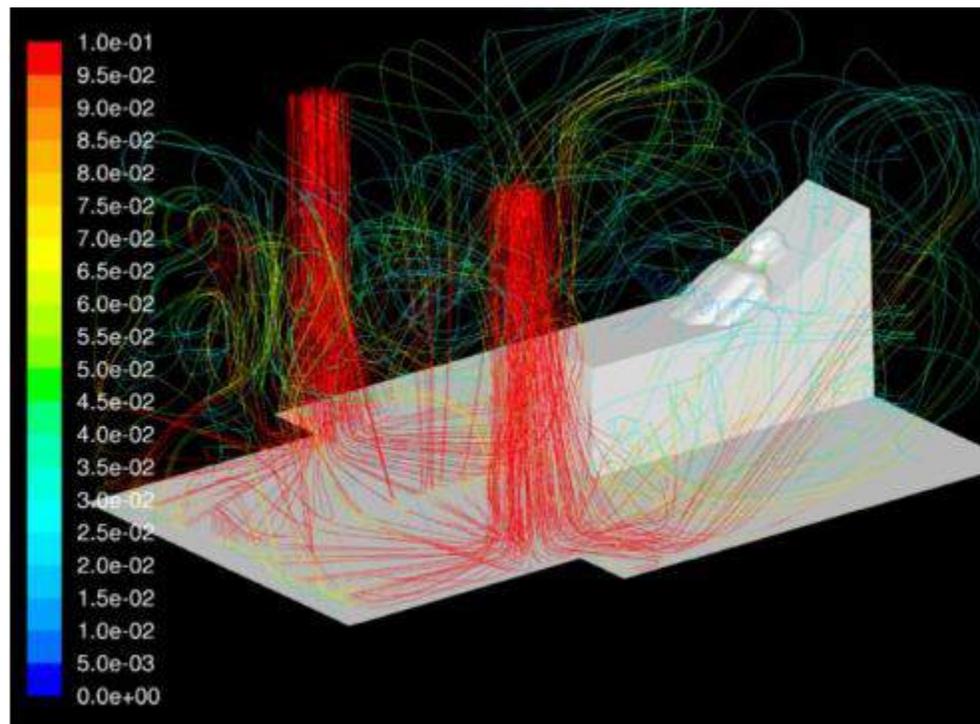
ABSTRACT

Objective: All respiratory care represents some risk of becoming an Aerosol Generating Procedure (AGP) during COVID-19 patient management. Personal Protective Equipment (PPE) and Environmental Control/Engineering is advised. High Velocity Nasal Insufflation (HVNI) and High Flow Nasal Cannula (HFNC) deliver High Flow Oxygen (HFO) therapy, established as a competent means of supporting oxygenation for acute respiratory distress patients, including that precipitated by COVID-19. Although unlikely to present a disproportionate particle dispersal risk, AGP from HFO continues to be a concern. Previously, we published a preliminary model. Here, we present a subsequent high-resolution simulation (higher complexity/reliability) to provide a more accurate and precise particle characterization on the effect of surgical masks on patients during HVNI, Low-Flow Oxygen therapy (LFO2), and tidal breathing.

Methods: This *in-silico* modeling study of HVNI, LFO2, and tidal breathing presents ANSYS Fluent Computational Fluid Dynamics simulations that evaluate the effect of Type I surgical mask use over patient face on particle/droplet behavior.

Results: This *in-silico* modeling simulation study of HVNI ($40\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$) with a simulated surgical mask suggests 88.8% capture of exhaled particulate mass in the mask, compared to 77.4% in LFO2 ($6\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$) capture, with particle distribution escaping to the room ($>1\text{m}$ from face) lower for HVNI+Mask versus LFO2+Mask (8.23% versus 17.2%). The overwhelming proportion of particulate escape was associated with mask-fit designed model gaps. Particle dispersion was associated with lower velocity.

Nuovi metodi avanzati di calcolo – Simulazione letto ospedale



La distribuzione dell'aria – Moto dei Droplet

Si è spesso affascinati dai risultati che si possono ottenere utilizzando metodo di calcolo **CFD** non solo per la distribuzione dell'aria ma anche per la soluzione di importanti problemi tecnico – scientifici. Questi metodi consentono di creare un vero **laboratorio virtuale** per lo studio e la progettazione di sistemi complessi prima ancora di averli costruiti. Così avviene per un ponte, un aereo, una navicella spaziale, un reattore nucleare, ...

Nel caso dello studio avanzato della **ventilazione dell'aria** si può certamente affermare che i risultati ottenibili con la **CFD** sono eccezionali e gratificanti.

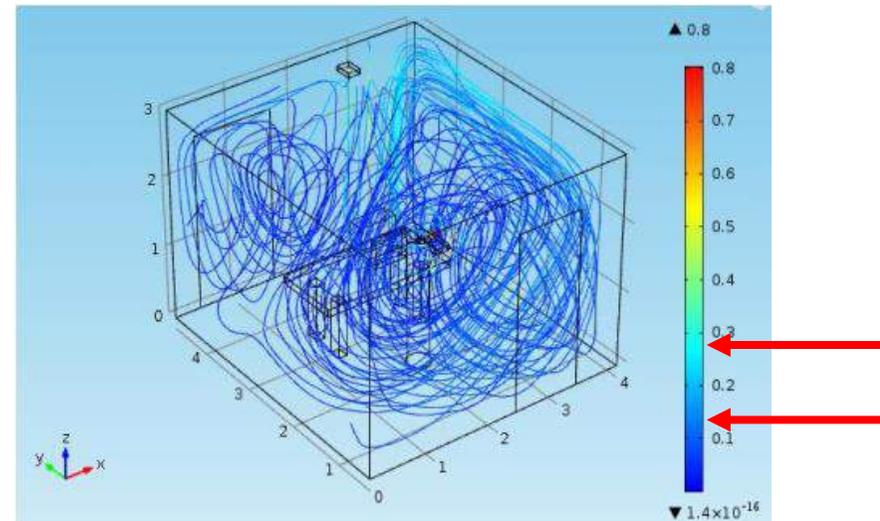
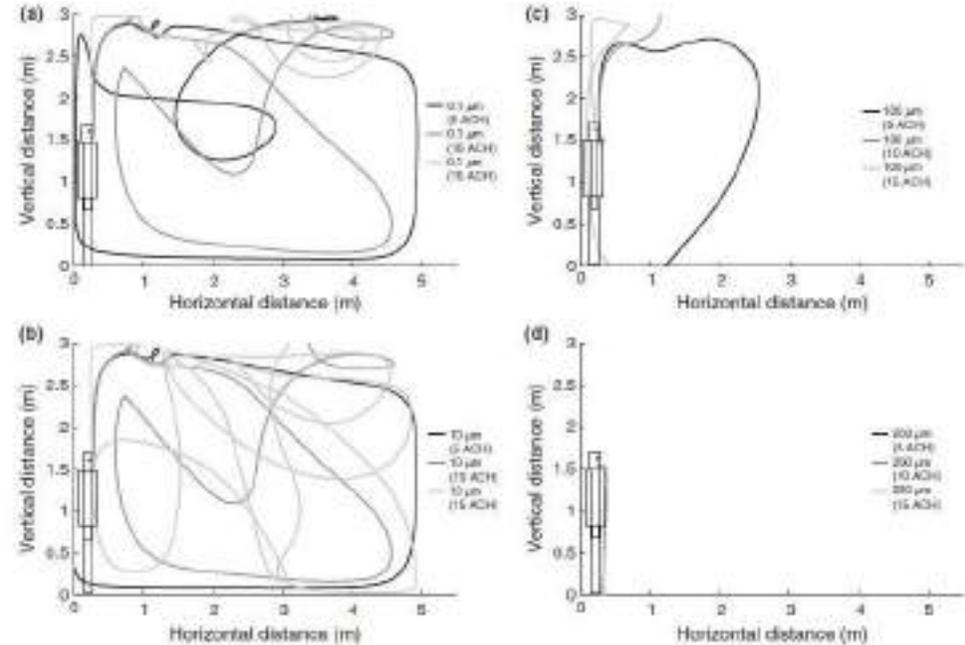
Nel caso dello studio della **ventilazione** in presenza di **droplet** occorre fare alcune precisazioni: è difficile studiare **sistemi eterogenei** sia fisicamente che chimicamente. Tanto più se consideriamo le dimensioni ridottissime dei **droplet** (da qualche μm ad una decina di μm) e la massa di alcuni *ng*. In queste condizioni le dimensioni dei **droplet** sono davvero trascurabili rispetto alle normali dimensioni delle *mesh di calcolo*.

Possiamo immaginare di considerare un **sistema omogeneo aria – goccioline** che si muove nell'ambiente per effetto delle forze e delle condizioni al contorno prima descritte.

E' solo illusorio pensare che i singoli **droplet** rispettino le linee di flusso dell'aria, così come visualizzate nelle precedenti figure. Le goccioline di liquido organico, e ancora di più i **nuclei di droplet**, sono talmente piccole e leggere che possono scostarsi di molto dalla linee di flusso calcolate per effetto delle azioni di forze deboli per la ventilazione dell'aria ma abbastanza intense per il movimento dei **droplet**.

La distribuzione dell'aria – Movimento dei Droplet

Se si osserva la figura vista nella prima parte sul moto dei **droplet**, riportata di lato per comodità, si osserva come le particelle di liquido compiano **movimenti elicoidali non correlati ai movimenti dell'aria**, imposti dall'azione dei ventilatori, dalle alette delle bocchette, dalle portate d'aria notevoli e dalle temperature di mandata. Analogamente nella figura in basso a destra si può osservare la distribuzione dell'aria in uno studio per effetto dell'immissione ottenuta tramite un termo ventilconvettore. Le portate d'aria in gioco sono talmente elevate da far svolazzare i **droplet** in modo non facilmente predicibile.



Distribuzione dell'aria – Regole pratiche in condizioni normali

La **distribuzione dell'aria** negli ambienti è quasi sempre affidata al **buon senso del progettista** e dell'installatore e all'applicazione di regole pratiche (*euristiche*) per il posizionamento delle bocchette (o dei diffusori).

Il sistema di diffusione dell'aria, oltre a garantire una velocità residua non superiore a **0,2 m/s** e non inferiori a **0,12 m/s**, deve ottenere una **temperatura ambiente uniforme, senza ristagni o correnti d'aria**. La scelta degli apparecchi da utilizzare per la diffusione dell'aria dipende dal tipo di impianto e dalle caratteristiche architettoniche dell'ambiente.

In ambienti privi di controsoffitto (**ristrutturazioni**) la soluzione consiste in genere nell'usare **bocchette rettangolari** nella parte alta delle pareti che dividono i locali dal corridoio, con distribuzione d'aria di tipo tangenziale al soffitto, alimentati da canali nel controsoffitto del corridoio. Questa soluzione sfrutta la massima altezza dei locali, ma risulta adatta soltanto per impianti a portata costante con aria immessa a una temperatura non inferiore a 20 °C per evitare cadute d'aria fredda.

Migliori prestazioni si ottengono utilizzando **diffusori lineari** a parete, adatti a essere installati direttamente nelle pareti divisorie e dotati di attenuatore acustico. Questi diffusori sono adatti alla diffusione di aria a portata variabile, a temperatura che può essere inferiore di **8 °C** rispetto all'ambiente.

In ambienti di *altezza fino a 4 m* e dotati di controsoffitto vengono utilizzati **diffusori a soffitto** di varia forma, nella versione tradizionale a **lancio tangenziale** (con **effetto Coanda**) oppure **flusso elicoidale**.

Distribuzione dell'aria – Regole pratiche in condizioni normali

È sempre consigliabile adottare **diffusori ad alta induzione**, in particolare per impianti **VAV**, che consentono una **rapida miscelazione dell'aria immessa** con quella ambiente: ciò permette, in regime di raffreddamento, di adottare differenziali elevati di temperatura (fino a **14 °C**). La ripresa dell'aria dall'ambiente viene solitamente effettuata mediante **griglie di estrazione** a parete, o con **griglie di transito** sulle porte verso il corridoio.

La **distribuzione dell'aria a pavimento** si basa su un principio semplice: mettere in pressione il plenum del pavimento sopraelevato con aria proveniente dall'impianto di trattamento, per poi immetterla in ambiente mediante diffusori installati a filo dei pannelli. Le riprese verranno effettuate nella **parte superiore dell'ambiente**, a parete oppure a soffitto attraverso i corpi illuminanti.

Dal punto di vista del comfort la diffusione con **sistemi a dislocamento** consente **elevati livelli di benessere e di qualità dell'aria**, in quanto il naturale movimento dell'aria dal basso verso l'alto trasporta il calore, i contaminanti e la polvere lontano dalla zona occupata, verso la parte superiore dell'ambiente. Nel caso della presenza di **droplet** questo sistema contribuisce ad una miscelazione uniforme dal basso verso l'alto.

In casi particolari, come **auditorium, teatri, cinema, sale conferenze**, può essere conveniente per il benessere degli spettatori considerare un "**microclima personale**" ottenuto tramite **diffusori a dislocamento a piede di poltrona**, efficaci allo scopo e opportuni anche per il risparmio energetico, evitando la necessità di raggiungere l'intero ambiente, di solito molto vasto e con zone (in alto e ai lati) meno significative per la climatizzazione.

Distribuzione dell'aria – Regole pratiche in condizioni normali

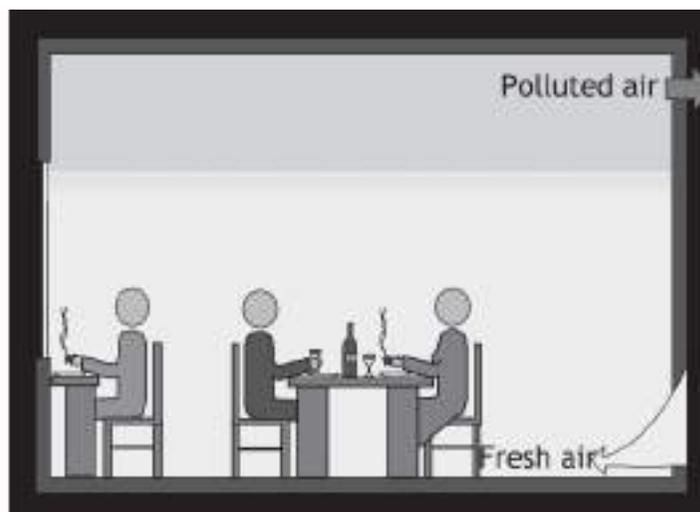
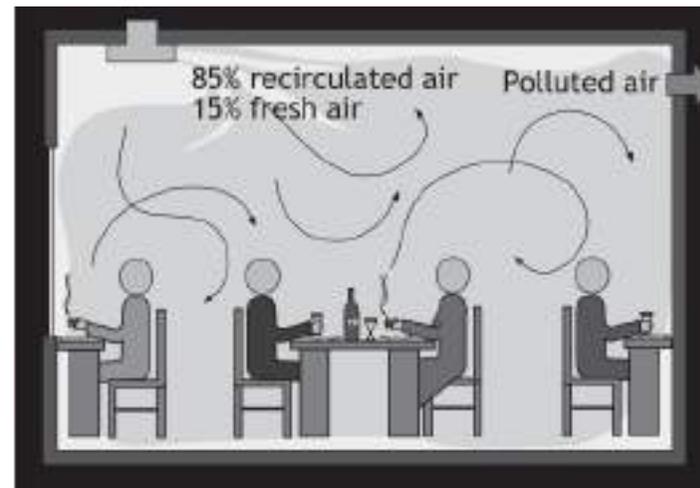
Nel caso dell'eventuale presenza di **droplet** può essere utile lo schema delle figure a lato.

La prima in alto è relativa alla distribuzione dell'aria nella distribuzione **ventilata miscelata**, la seconda in basso è relativa alla distribuzione dal basso per **dislocamento**.

La distribuzione a **dislocamento**, quando è possibile utilizzarla, consente di suddividere l'ambiente in **due zone**:

- in basso si **ha l'aria fresca esterna non inquinata**;
- in alto l'aria inquinata dai **droplet**.

Una situazione che si ricollega alla prima si ha con l'utilizzo di **fan coil** che, tuttavia, hanno una maggiore **direzionalità** rispetto alla ventilazione miscelata con bocchette o diffusori.



CONSIDERAZIONI SULLA VENTILAZIONE E LA TRASMISSIONE DEL VIRUS

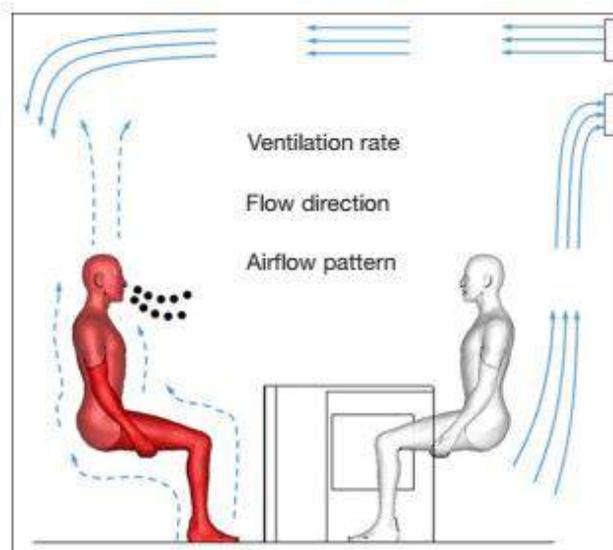
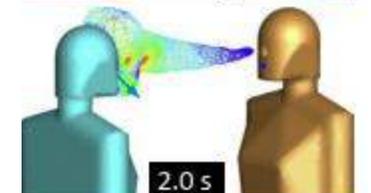
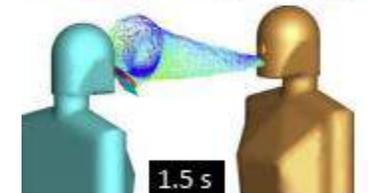
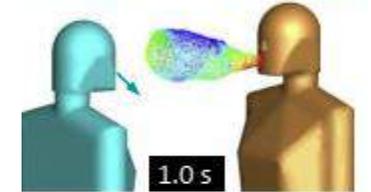
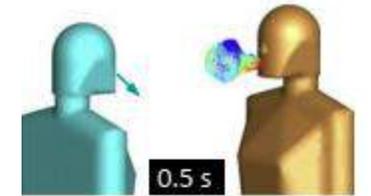
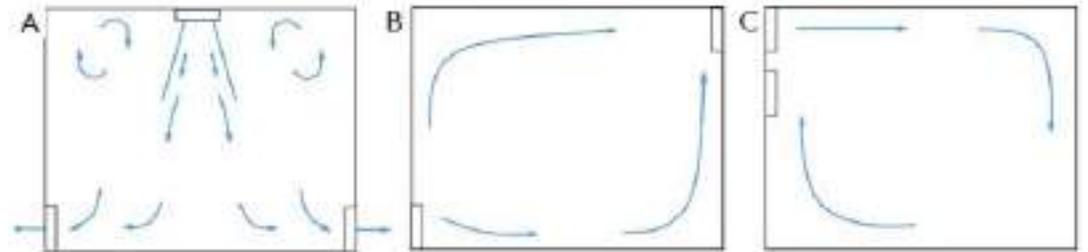
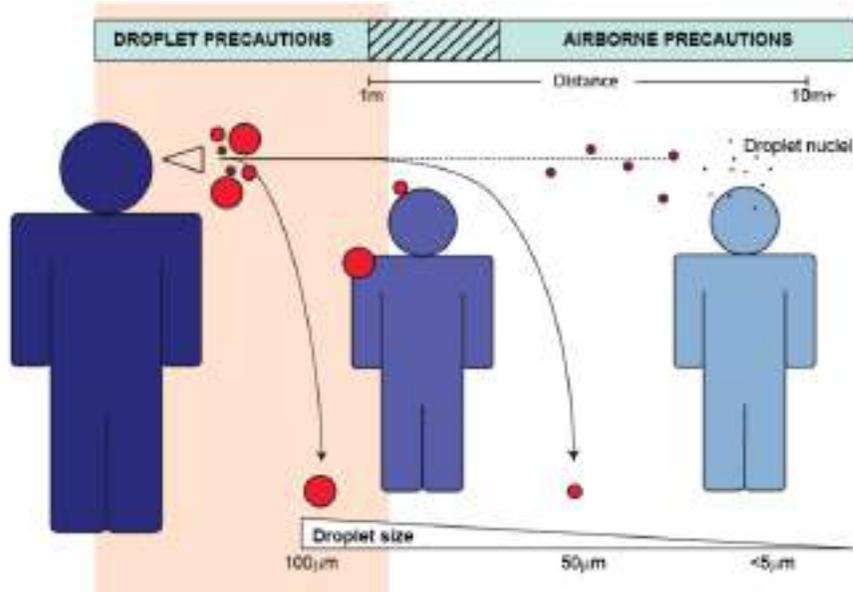
Considerazioni sui metodi di calcolo avanzati e il SARS-COV-2

Al di là dei brillanti risultati che il calcolo **CFD** riesce a fornirci con la visualizzazione delle linee di flusso per la velocità e per la temperatura, vanno sempre tenute in considerazione alcune ipotesi di calcolo per la validità pratica dei risultati:

- Tutti i calcoli si riferiscono a **fluidi omogenei non newtoniani** e pertanto si immagina che le particelle elementari (**droplet**) seguano le traiettorie dell'aria;
- Le **dimensioni ridottissime** (qualche μm) e il peso di qualche decina di *ng* rendono le particelle **estremamente mobili** per effetto di **qualunque fenomeno interno** agli ambienti quali, ad esempio, *le aperture e chiusure delle porte o delle finestre, il normale cammino degli occupanti, gli effetti termici (pennacchi) delle persone, le attività svolte (moto delle mani, parlato, ...)*;
- Oltre alla **ventilazione meccanica**, in qualche modo prevedibile nei tipi fondamentali anzidetti, si ha spesso la **sovrapposizione della ventilazione naturale** che risponde solo ai gradienti di pressione e di temperatura fra l'interno e l'esterno degli ambienti e che genera un distribuzione di velocità poco prevedibile;
- **La ventilazione naturale è sempre di tipo convettivo** ed è capace di trasportare i **droplet** e gli **aerosol** dispersi nell'aria secondo traiettorie variabili e imprevedibili di ora in ora;
- Per quanto si cerchi di evitare flussi di aria (e quindi di eventuali particelle disperse) in vicinanza delle persone, **l'attività respiratoria è capace di richiamare un flusso d'aria** di circa **0.48-0.6 m³/h** in condizioni sedentarie e molto di più se si attua un'attività fisica intensa.

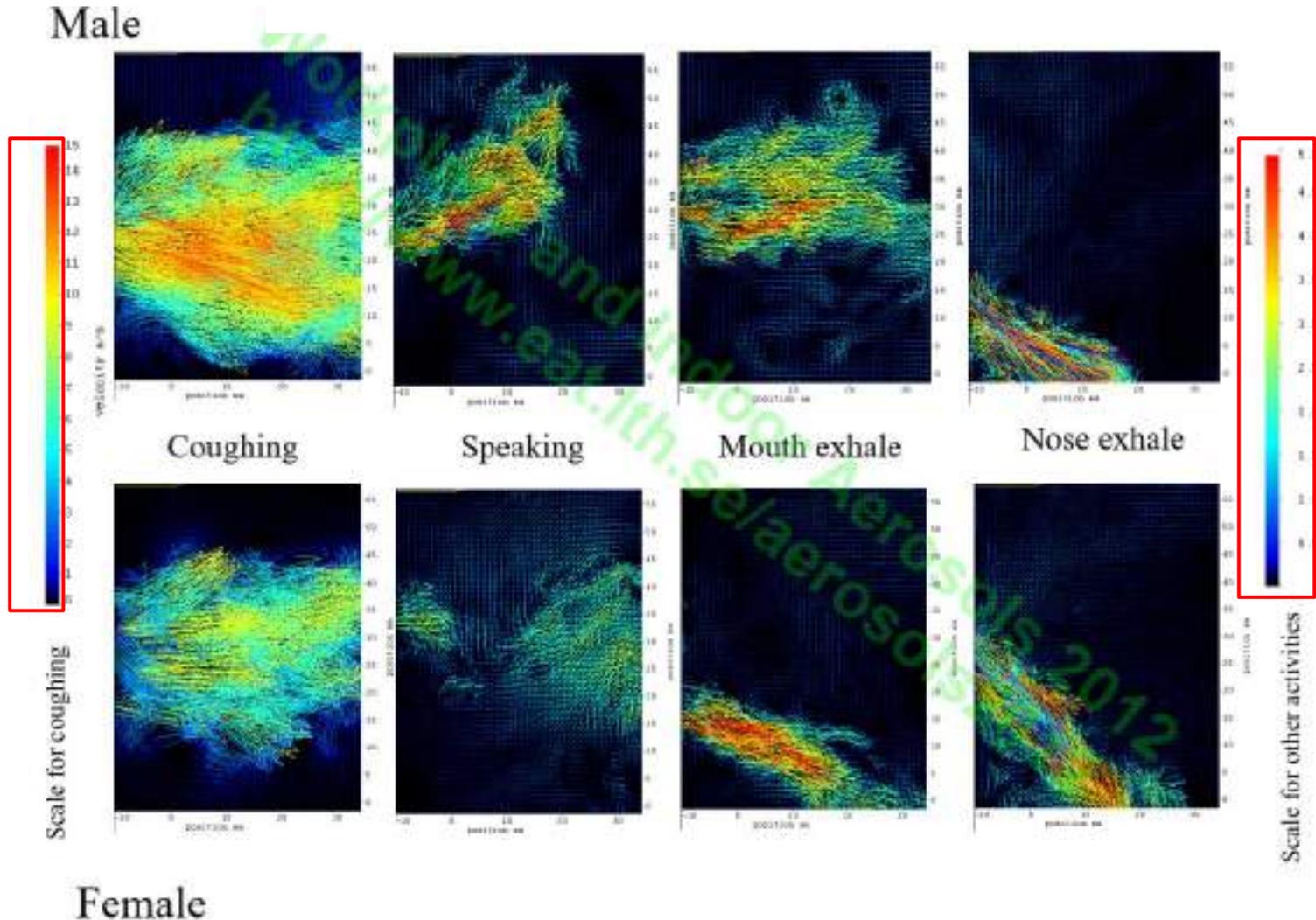
Considerazioni sui metodi di calcolo avanzati e il SARS-COV-2

Le modalità di diffusione dell'aria che prenderemo in considerazione sono qui rappresentate:



Considerazioni sui metodi di calcolo avanzati e il SARS-COV-2

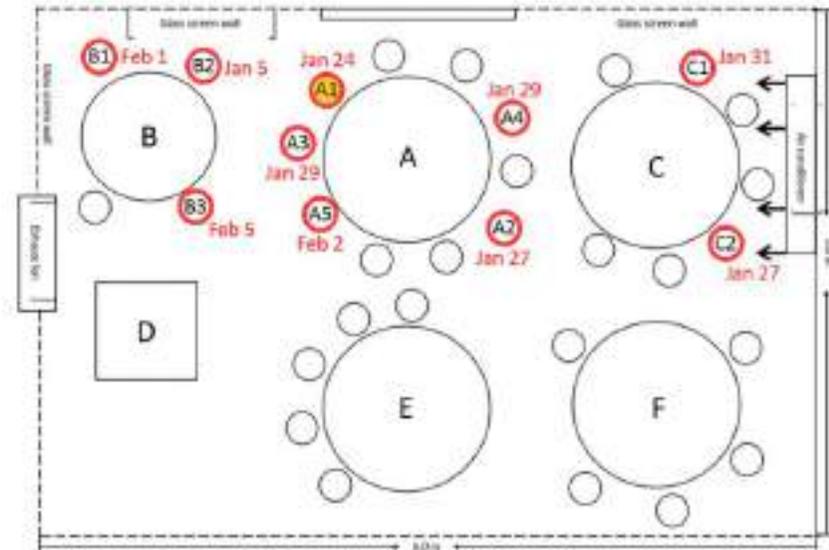
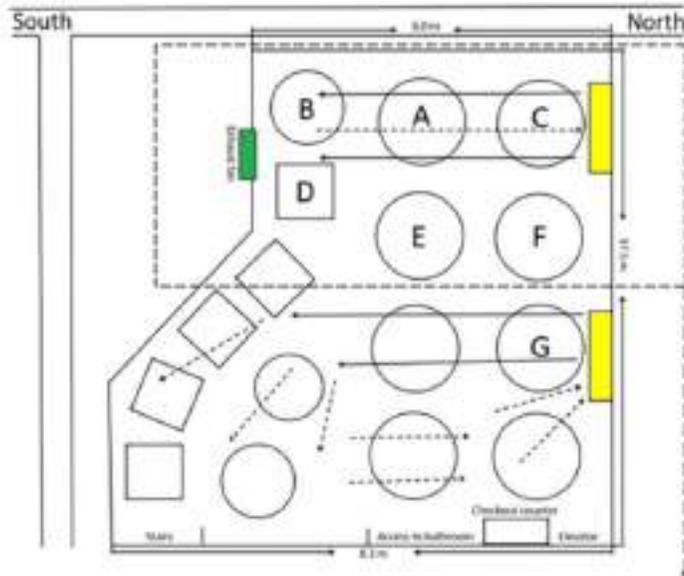
Le **velocità** delle particelle variano molto con il tipo di evento e sono **notevolmente superiori alle velocità dell'aria per effetto della ventilazione forzata** (variabile fra 0.1 e 0.3 m/s). Sappiamo, infatti, che secondo la teoria di *O. Fanger*, la velocità ottimale in corrispondenza della testa delle persone varia nell'intervallo **$0.15-0.20$ m/s**. In figura si hanno le velocità per alcuni eventi. Le velocità del parlato sono di *alcuni* m/s, ben superiori quelle per la tosse.



Considerazioni sui metodi di calcolo avanzati e il SARS-COV-2

Spesso l'ignoranza sui valori di velocità prodotti dagli impianti di ventilazione ha portato a sovrastimarne gli effetti, com'è avvenuto per lo studio del contagio nel ristorante di **Guangzhou** esaminato nella **prima parte** del seminario. Si è ritenuto, infatti, che il contagio sia stato causato dal trasporto di droplet nel flusso di ventilazione (**0.15 m/s**) trascurando il fatto che le velocità delle particelle emesse per il **parlato** o per i **colpi di tosse** erano **superiori di più ordini di grandezza (contagio di breve distanza)**.

Non solo il trasporto per l'aria di ventilazione è **piccolo** (*trascurabile* rispetto alle velocità di respirazione e parlato, come visto nelle pagine precedenti) ma anche il tempo di percorrenza delle distanze fra gli occupanti dei tavoli per effetto del **parlato** (**2-5 m/s**), e ancora di più per il **colpo di tosse** (di almeno **15 m/s**) era notevolmente piccolo rispetto ai **0.15 m/s** della **ventilazione meccanica**.



Considerazioni sui metodi di calcolo avanzati e il SARS-COV-2

Gli errori di interpretazione dei risultati di trasmissione dei contagi in presenza di impianti di climatizzazione (o anche di sola ventilazione) sono stati **recepiti** dagli organi di informazione, **amplificati** dalle emozioni dei momenti tragici trascorsi nel periodo di quarantena e **trasformati in norme tecniche**, emesse dagli organi ufficiali, che **penalizzano fortemente e inutilmente gli impianti di climatizzazione**, come si vedrà nel prosieguo.

Le attuali disposizioni prescrivono spesso di spegnere gli impianti a fancoil senza aria esterna e, se non fosse possibile, di evitare di avere ventilazione diretta sulle persone dimenticando che per la sola respirazione si ha una velocità di aspirazione e di espulsione notevolmente più elevata (*oltre 2 m/s*) di quella di ventilazione (*0.15-0.20 m/s*).

Si preferisce consigliare di utilizzare la **ventilazione naturale** dimenticando che con essa **non è possibile controllare la direzione del flusso, non si può controllarne la velocità** (che per forti gradienti di temperatura e pressione possono raggiungere valori anche elevati), si ha il passaggio dell'aria fra ambienti e che **l'attività di respirazione** (trascurando tosse e starnuti) **è prevalente rispetto agli altri flussi generati dagli impianti**.

Certo se direzioniamo un ventilatore sulla faccia delle persone si ha anche un trasporto di **droplet** verso quelle persone. Ma se si possono usare i **ventilatori interni** perché non si possono usare i **fan coil** in assenza di aria primaria? Nel caso di soli **fan coil** si usa la ventilazione naturale con l'apertura e la chiusura delle porte e delle finestre. Inoltre, è possibile avere un'azione di filtrazione e, nei modelli più recenti, di **inattivazione biologica con lampade UV poste all'interno dei mobiletti**.

Indicazione dell'AiCARR sulla ventilazione

Si riporta quanto suggerito dall'AiCARR per la ventilazione e la possibilità di infezione.



La ventilazione e la possibilità di infezione

In ogni caso, per minimizzare gli effetti della presenza di una persona infetta nel luogo di lavoro, AiCARR consiglia di ridurre il livello di occupazione degli ambienti passando, ad esempio, da una persona per 7 m² a una ogni 25 m², in modo da ridurre l'eventuale possibile contaminazione aerea.

Considerato che l'aria esterna non è normalmente contaminata dal virus, AiCARR consiglia di areare frequentemente gli ambienti non dotati di ventilazione meccanica; se negli ambienti sono presenti impianti di ventilazione che forniscono aria di rinnovo, AiCARR suggerisce di tenerli sempre accesi (24 ore su 24, 7 giorni su 7) e di farli funzionare alla velocità nominale o massima consentita dall'impianto per rimuovere le particelle sospese nell'aria (l'aerosol) e contenere la deposizione sulle superfici.

La ventilazione meccanica e la filtrazione dell'aria possono avvenire tramite impianti dedicati (di sola ventilazione), o tramite impianti di climatizzazione (impianti misti ad aria primaria e impianti a tutt'aria); la diluizione con aria esterna e i filtri ad elevata efficienza riducono la presenza di particolato e di bio-aerosol contribuendo in tale maniera alla riduzione dei rischi di contagio. AiCARR consiglia di valutare sempre l'opportunità o la necessità di chiudere le vie di ricircolo e di evitare che l'aria immessa sia contaminata da quella estratta o espulsa dagli ambienti.

L'igienizzazione straordinaria degli impianti e delle condotte aerauliche

Allo stato non ci sono evidenze in base alle quali risulti indispensabile provvedere in modo generalizzato a interventi straordinari di igienizzazione degli impianti. Si consiglia che gli interventi di manutenzione e igienizzazione, qualora effettuati, seguano sempre procedure ben definite e siano eseguiti da personale qualificato, dotato di idonei Dispositivi di Protezione Individuali. Qualunque intervento effettuato in modo scorretto e/o senza l'utilizzo di DPI potrebbe avere come risultato non la riduzione, ma l'incremento dei rischi.

***CASI ESEMPIO DI APPLICAZIONE DELLE
RELAZIONI PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO DA
CONTAGIO VIRALE PER VIA AEREA***

Le procedure di calcolo del rischio individuale - Progetto

Possiamo suddividere in due fasi le procedure di calcolo del rischio da contagio da COVID-19:

1. **Progetto: calcolo del rischio di contagio** note le caratteristiche dimensionale dell'ambiente, le tipologie di impianto, utilizzo di sistemi di protezione (filtri, lampade U.V., mascherine), numero di soggetti **Suscettibili (S)** e di **Infetti (I)**;
2. **Verifica: calcolo della produzione dei quanta di infezione (quanta/h)** noti che siano i **Suscettibili (S)** e gli **Infetti (I)** e la **produzione oraria dei quanta**.

La prima fase, *a priori*, è quella più diretta da un punto di vista ingegneristico perché consente di studiare, e quindi di progettare, le possibili protezioni atte a ridurre il rischio da contagio da **COVID-19**.

La seconda fase, *a posteriori*, consente di calcolare i **quanta/h effettivi** che si sono prodotti in un ambiente nel quale si sono avuti infetti. In questo modo si cercherà di comprendere quali sono stati i meccanismi che hanno attivato la malattia e in particolare:

- Se il contagio è avvenuto per **prossimità**, e quindi a breve distanza, per effetto dell'assorbimento diretto dei **droplet** o del contagio attraverso i depositi di **droplet**;
- Se il contagio è avvenuta per effetto dell'**aerosol** e quindi a lunga distanza, per effetto di mancanza di ventilazione adeguata e di sistemi di protezione aggiuntivi adeguati (filtri, lampade U.V., mascherine)

Le procedure di calcolo del rischio individuale

La relazione di **Wells-Riley** modificata da **Fisk e Nazaroff**, ricavate nell'ipotesi di *ventilazione pienamente miscelata*, consente di calcolare il rischio da contagio.

Le relazioni di **Walls-Riley** sono:

$$P = \frac{C}{S} = \left(1 - e^{\left(-\frac{R_{masc} I q p t_{exp}}{Q + \lambda_{UV} V + Q_r \eta_r} \right)} \right) 100$$
$$R_{masc} = \left[100 - \left(X - \frac{X \cdot Y}{100} \right) \right] \%$$

La relazione di **Gammaitoni – Nucci** modificata da **Fisk e Nazaroff**, ricavate nell'ipotesi di *ventilazione pienamente miscelata*, consente di calcolare il rischio da contagio.

Le relazioni di **Gammaitoni-Nucci** sono:

$$P = \left(1 - e^{-\frac{(p \cdot f_{masc}) q I}{V} C_d t + e^{-C_d t} - 1 - \left(\frac{C_d n_0}{q I} \right) e^{-C_d t} + \frac{C_d n_0}{q I}} \right) * 100$$
$$C_d = \lambda_{ventilazione} + \lambda_{filtrazione} \cdot \eta_{filtro} + \lambda_{UN} \cdot \eta_{UV} + \lambda_{deposito}$$
$$f_{masc} = \left[100 - \left(X - \frac{X \cdot Y}{100} \right) \right] \%$$

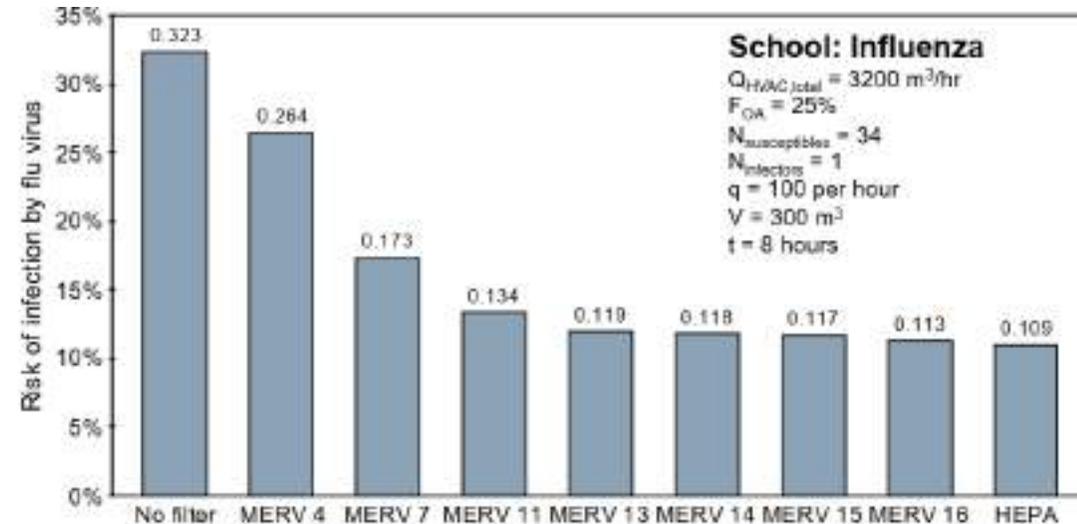
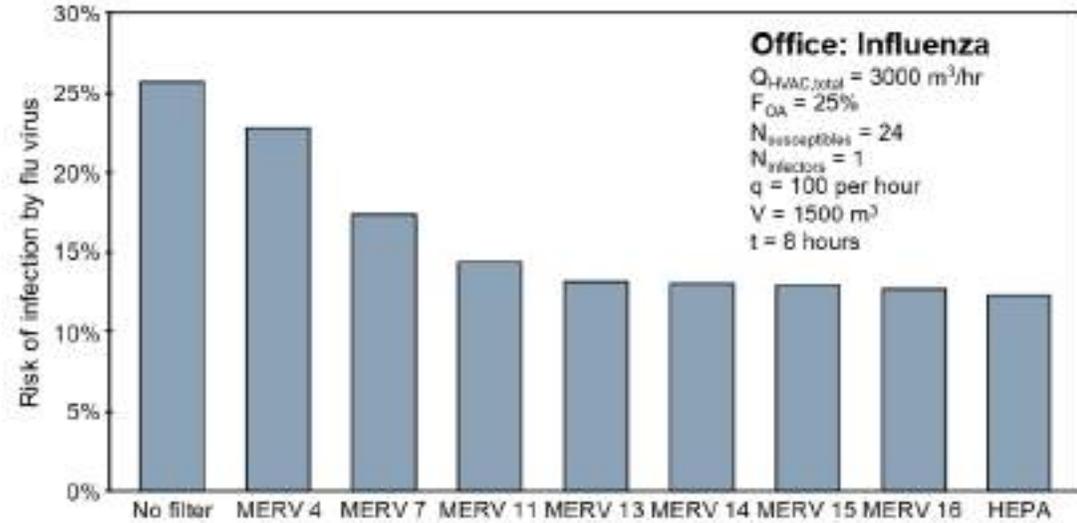
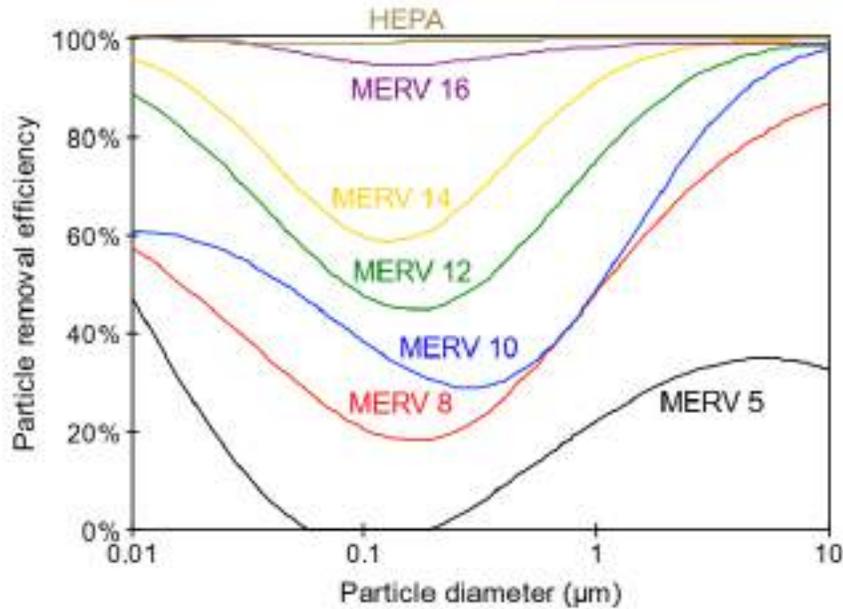
Si ricordi che C_d è il **fattore di rimozione del contagio** e tiene conto sia del **numero di ricambi orari (Vol/h)** che dei **numeri equivalenti di ricambi aggiuntivi** per effetto dell'azione di:

- Filtro dell'aria nei terminali di impianto;
- Lampade U.V. (di tipo UVC) da inserire nei terminali o nei canali dell'aria;
- Mascherine di protezione individuale.

C_d tiene conto anche del deposito di aerosol sul terreno che equivale ad una rimozione dal bilancio di aerosol di contagio.

Relazione di Gammaitoni – Nucci modificata fa Fisk e Nazaroff

Hecher e Hofacre, 2008, hanno valutato l'effetto dei filtri HEPA e propongono il seguente abaco:



MERV	Droplet nuclei removal efficiency (η_{filter})	Assumed filter removal rate ($\lambda_{recirculated} \times \eta_{filter}$, 1/hr)
4	11%	0.17
7	44%	0.67
11	72%	1.09
13	87%	1.32
14	89%	1.35
15	90%	1.37
16	95%	1.45
HEPA	99.9%	1.52

Relazione di Gammaitoni – Nucci modificata fa Fisk e Nazaroff

Per la **deposizione** dei droplet **Nicas (2005)** suggerisce la relazione:

$$\lambda_{deposito} = \frac{0.108 d_p^2 \left(1 + \frac{0.166}{d_p} \right)}{H}$$

con

d_p diametro aerodinamico della particella (μm);

H altezza dell'ambiente, (m).

Un valore medio per diametri dei **droplet** è pari a **1,7** (1/h).

Relazione di Gammaitoni – Effetti delle mascherine di protezione

Le mascherine di protezione, dalle chirurgiche in su, consentono di ridurre il rischio di contagio, come è possibile osservare nella figura seguente. Gammaitoni-Nucci indicano come tener conto del **fattore correttivo** per il flusso di ventilazione, p .

Le la mascherina ha un'efficienza di filtrazione $X\%$ e una fuoriuscita facciale di $Y\%$ allora l'**efficienza di filtrazione operativa** della maschera è:

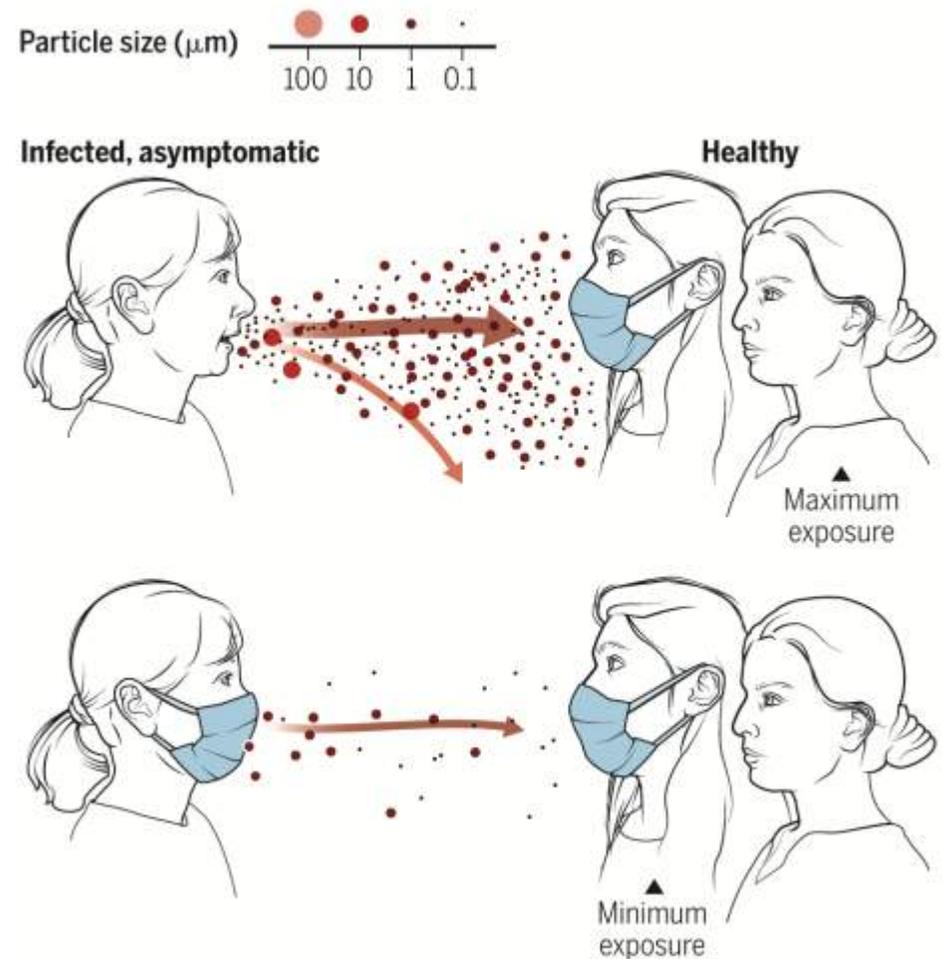
$$Z = X - \frac{X \cdot Y}{100}$$

e il **fattore correttivo** per p vale:

$$(100 - Z)\%$$

Ad esempio, se $X=90\%$, $y=10\%$ risulta $Z=85.5\%$ e il **fattore correttivo**, f , vale:

$$f_{masc} = (100 - 85.5) = 14.5 \%$$



Calcolo del rischio da contagio - Progetto

In fase di **Progetto** non conosciamo l'esatto valore dei **quanta/h** prodotti dall'**Infetto** all'interno dell'ambiente ma dobbiamo **stimarlo in via preliminare**. Si è visto, in base agli studi recenti (vedi citazione di **Buonanno et alii**) che possiamo adottare i valori di **q indicati** nella seguente tabella, considerando sempre le **condizioni peggiori possibili per lo scenario considerato** all'interno dei valori consigliati:

q = 20-50	quanta/h	per attività scolastiche;
q = 70-100	quanta/h	per i casi di attività commerciali;
q = 200 e oltre	quanta/h	per i casi di attività fisica moderata.

Si ricordi che, come visto nella prima parte del seminario, la produzione dei **quanta/h** dipende moltissimo dai seguenti fattori:

- **Attività svolta** (a letto, in piedi, attività fisica leggera, attività fisica pesante);
- **Tipo di parlato** (sussurrato, parlato normale, parlato ad alta voce, parlato urlato);
- **Tipo di emissione dei droplet** (respirazione, parlato, tosse, starnuto).

Infine, la **variabilità delle cariche virali** è notevole e dipende fortemente dalle **copie di RNA** presenti nelle goccioline organiche espulse. Il **numero di copie RNA** può variare da **10⁸** alla **10¹¹** e quindi con un ampio intervallo di indeterminazione.

Ai fini della verifica di progetto è opportuno considerare sempre le **condizioni considerate peggiori**, anche se più difficili da ottenere.

Casi esempio di calcolo del rischio di contagio

Si desidera qui presentare alcuni esempi di applicazione di quanto fin qui presentato considerando diversi edifici con **impianti di ventilazione ad aria** e per vari casi:

- *variare del numero di ricambi orari;*
- *presenza o non del ricircolo;*
- *presenza di filtri ad alta efficienza nel ricircolo;*
- *presenza o non di lampade UV;*
- *utilizzo di mascherine protettive.*

Nelle simulazioni che seguiranno si suppone anche di far variare il numero di **quanta/h** per il soggetto infetto.

La relazione di **Gammaitoni – Nucci**, nella forma più **completa**, consente di valutare le condizioni transitorie e il caso di sorgenti iniziali aggiuntive.

Le relazioni di **Buonanno- Stabile – Morawska** consentono di calcolare le **cariche virali** e i quanta prodotti in varie situazioni (vedi capitolo in precedenza).

Qui si desidera calcolare il rischio di contagio nelle ipotesi peggiori e cioè che l'infetto sia presente fin dall'inizio e il numero dei **quanta/h** sia il massimo possibile per l'attività svolta nell'edificio.

Casi esempio di calcolo del rischio di contagio

La relazione di **Gammaitoni-Nucci** utilizzata è in forma **semplificata** (non si tiene conto di quanta iniziali n_0 .)

$$P = \left(1 - e^{-\frac{p f_{masc} q I C_d t + e^{-C_d t} - 1}{V C_d^2}} \right) * 100$$

ove il **fattore di rimozione** vale:

$$C_d = \lambda_{ventilazione} + \lambda_{filtrazione} \cdot \eta_{filtro} + \lambda_{UN} \cdot \eta_{UV} + \lambda_{deposito}$$

$$f_{masc} = \left[100 - \left(X - \frac{X \cdot Y}{100} \right) \right] \%$$

I calcoli sono effettuati con un programma in **Matlab** personalizzato che consente il calcolo vettoriale in varie ipotesi di lavoro (*ventilazione, ricircolo, efficienza filtri, efficienza lampade U.V, efficienza mascherine*), dimensioni del locale, occupazione specifica degli occupanti.

Esempio del programma in Matlab utilizzato nei calcoli

```
I=1; % Numero di persone infette
N0= 0; % Quanta iniziali

p0=0.5; % attivita' respiratoria m3/h

hold on

A= 100*50; % Area di base
H= 5; % Altezza ambiente
V=A*H; % Volume ambiente, m3

PS= 10; % Metri quadri per persona
if PS==0
    PS=3;
end
NP=round(A/PS); % Numero di persone presenti

mas=1; % mas=0 niente mascherina, mas=1 con mascherina

WR=1; % Selezione Walls Riley, 1= Sa, 0=Mo
qnn=0; % Gammaitoni-Nucci Esteso= 1, semplificato =0,

IV=1; % =0 per ventilazione naturale, 1 per ventilazione forzata

iv=1.5; % Ricambi aria esterna fresca

fi=1; % Frazione accensione impianto HVAC
fr=1.5; % frazione di aria ricircolata per ventilazione meccanica
if IV==0
    fr=0
end

nfc=1.2; % Numero di ricambi orari per ricircolo dell'aria dai terminali
if IV==1
    nfc=0;
end

ef=0.99; % Efficienza filtrazione
euv=0.9; % Efficienza di rimozione UV
X= 0.90; % Efficienza filtraggio della mascherina
Y= 0.10; % Efficienza perdite facciali della mascherina
if mas==1
    Em=(100 - (X-X*Y)*100)/100; % Fattore correttivo per la portata di respirazione per effetto della mascherina
else
    Em=1; %fattore correttivo senza mascherine
end

qv=[70 110 220]; % Produzione di quanta/h all'interno edificio
strings = string(qv);
```

Esempio di programma in Matlab

```
subplot (2,3,1)
hold on

for x=1:length(qv)
    q=qv(x);
    Q=lv*V;
    if IV==0
        Qf = nfc*V;
    else
        Qf = fr*fi*Q;
    end
    kf=fi*(Qf*ef/V);
    p=Em*p0;
    kuv=euv*fi*Qf/V;
    kdep=1.7;
    C=lv+kf+kuv+kdep;
    if WR==0
        P=(1-(exp(-(p*q/V)*(C.*t+exp(-C.*t))-1-gnn*((C*N0/q)*exp(-C.*t)+C*N0/q))/(C^2)))*100;
    else
        P=(1-exp(-((p*q*I.*t)/(Q+C*V))))*100;
    end
    plot( t, P, 'linewidth',2 )
end
xlabel('ore')
ylabel('Percentuale di rischio (%) - WR='+string(WR))
title ('Nr='+string(fr) + ' Ef='+string(ef) ...
    + ' Fv='+string(fi) + ' Em='+string(Em) + ' Euv='+string(euv) + ' V='+string(round(V))+'m' n='+string(lv) + ' V/h')
legend(stringa + ' Q/h','location','northwest')
```

(Note: The code block above contains a red rectangular highlight around the conditional calculation of P when WR==0.)

Esempio di programma in Matlab

```
subplot (2,3,4)
hold on

for x=1:length(qv)
    q=qv(x);
    %*cos(2*pi/(2*48)*t);
    if WR==0
        P=(1-(exp(-(p*q/V)*(C.*t+exp(-C.*t)-1-gnn*((C*N0/q)*exp(-C.*t)+C*N0/q))/(C^2))))*100;
    else
        P=(1-exp(-((p*q*I.*t)/(Q+C*V))))*100;
    end
    plot( t, (NP-1)*P/100,'linewidth',2 )
end
xlabel('ore')
if WR==1
    ylabel('Percentuale di rischio (%) - WR='+string(WR))
else
    if NO*gnn>0
        ylabel('Rischio Globale R0 - NP='+string(NP)+ ' NO='+string(NO) + ' - WR='+string(WR))
    else
        ylabel('Rischio Globale R0 - NP='+string(NP)+ ' WR='+string(WR))
    end
end
title ('Nr='+string(fr) + ' Ef='+string(ef)...
    + ' Fv='+string(fi) + ' Em='+string(Em) + ' Euv='+string(euv) + ' V='+string(round(V))+ 'm^3 n='+string(lv) + ' V/h')
legend(stringa + ' Q/h', 'location', 'northwest')
```

CASO ESEMPIO N. 1
UFFICIO OPENSPACE DA 450 m³

Caso esempio 1 – Calcolo del rischio di contagio per un Ufficio

Si esamina il caso di un **openspace** aventi dimensioni di **15x10x3 = 450 m³**.

Si prevedono una produzione variabile di **70, 110, 220 quanta/h**, con **ricambi orari** pari a **0, 1 e 3 Vol/h**.

Si suppone che **ci sia già l'impianto di climatizzazione** e si simula il caso di **impianto spento (0 Vol/h)**, **impianto in uso normale (1 Vol/h)** e **impianto potenziato (3 Vol/h)**.

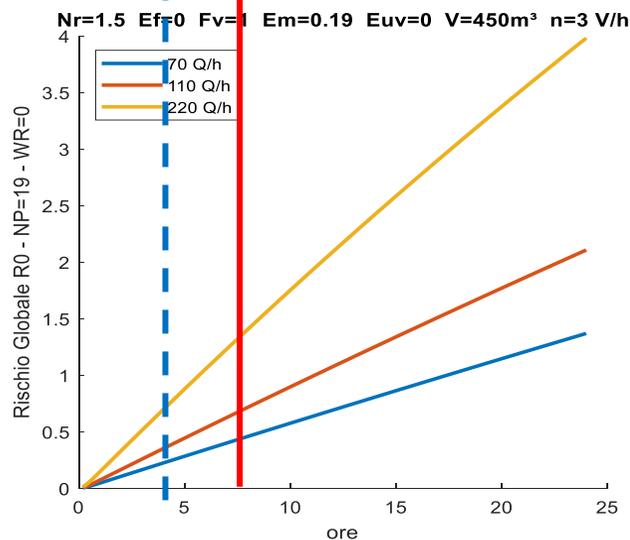
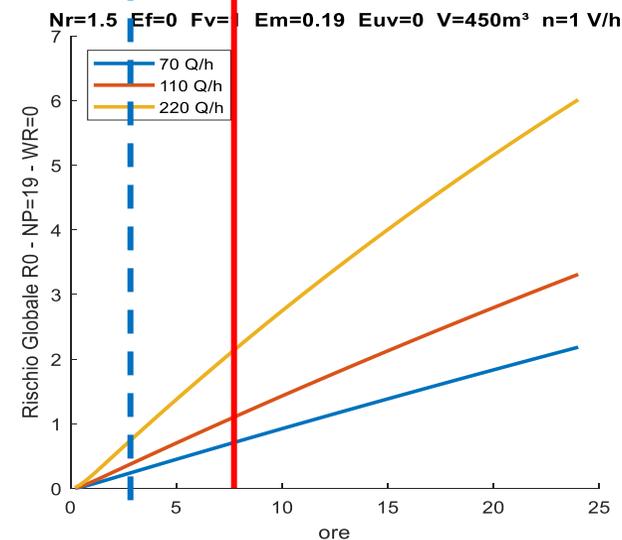
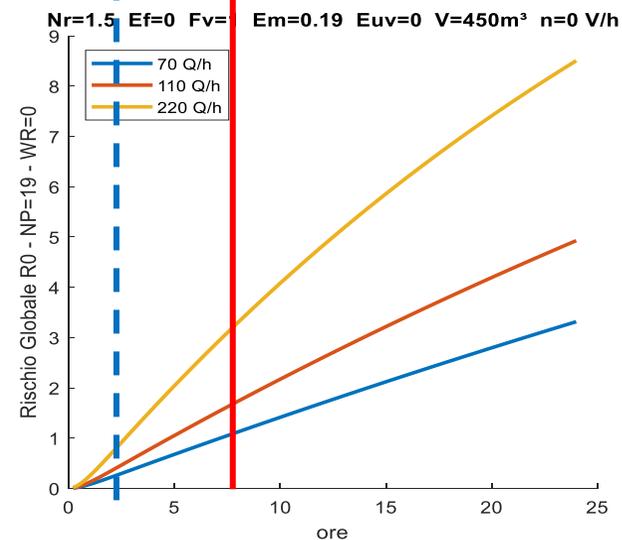
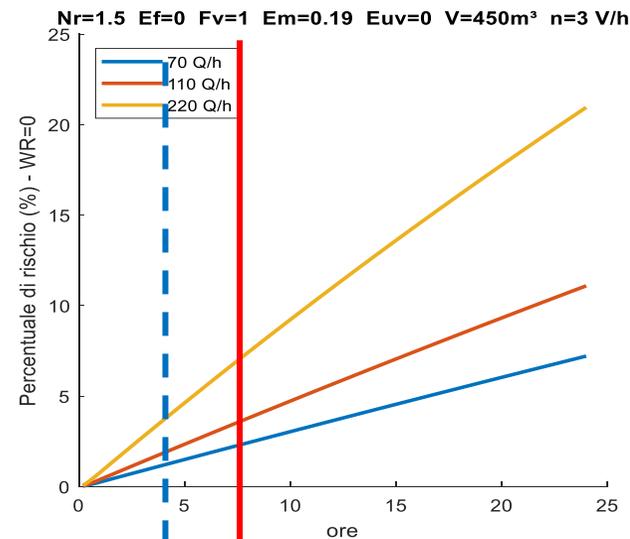
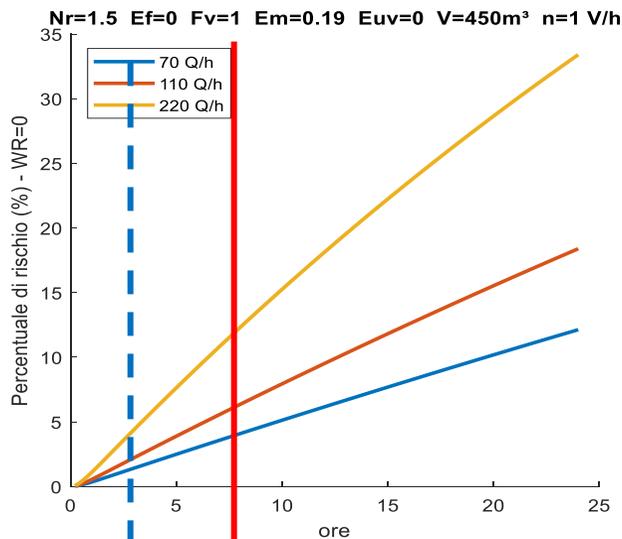
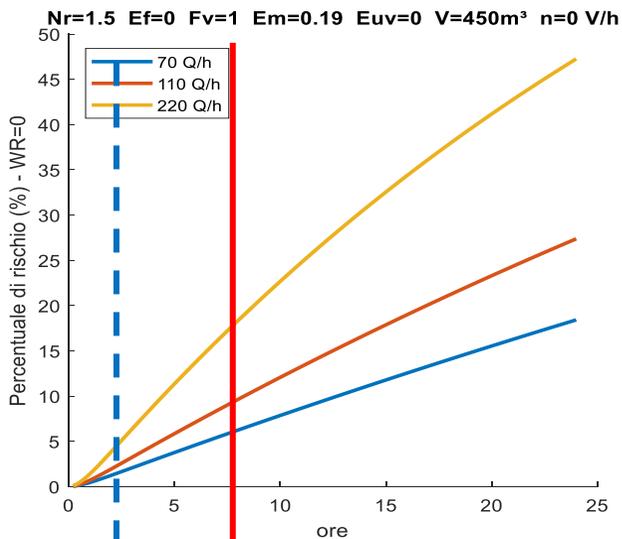
Si studieranno i seguenti casi:

- **Impianto normale senza strumenti di miglioramento per varie portate e quanta/h;**
- **Impianto normale con ricircolo del 50% e filtri con efficienza 0.85;**
- **Impianto normale con ricircolo del 50% e filtri con efficienza 0.85 e lampade U.V. (0.9);**
- **Impianto normale con ricircolo del 50% e filtri alta efficienza 0.995 e lampade U.V. (0.9);**
- **Impianto normale con ricircolo del 50% e filtri alta efficienza 0.995 e lampade U.V. (0.9) e utilizzo delle mascherine (0.85);;**
- **Esclusione dell'impianto ed utilizzo delle sole mascherine (0.85).**

Si ricordi che i calcoli del rischio di contagio personale qui esposti valgono per il rischio a **lunga distanza** e non tengono conto delle probabilità di contagio a **breve distanza** per contatto diretto con i **droplet**.

Caso esempio 1 – Calcolo del rischio di contagio per un Ufficio

Impianto normale senza strumenti di ausilio per la riduzione dei contagi e senza ricircolo.



Caso esempio 1 – Calcolo del rischio di contagio per un Ufficio

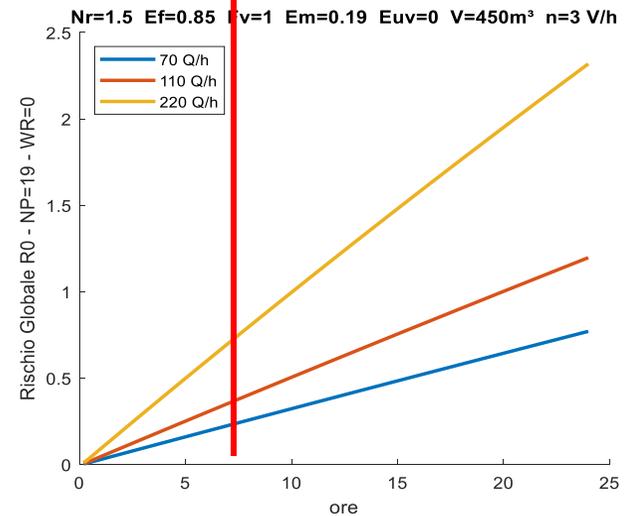
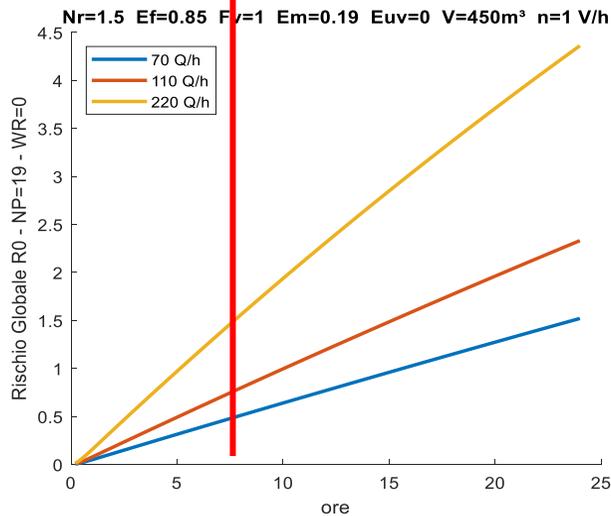
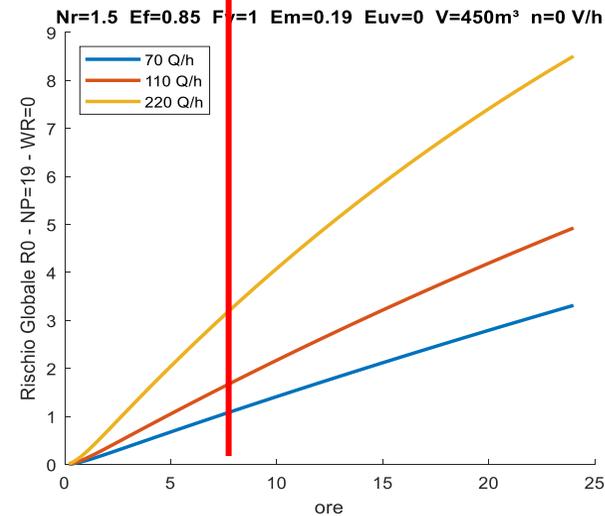
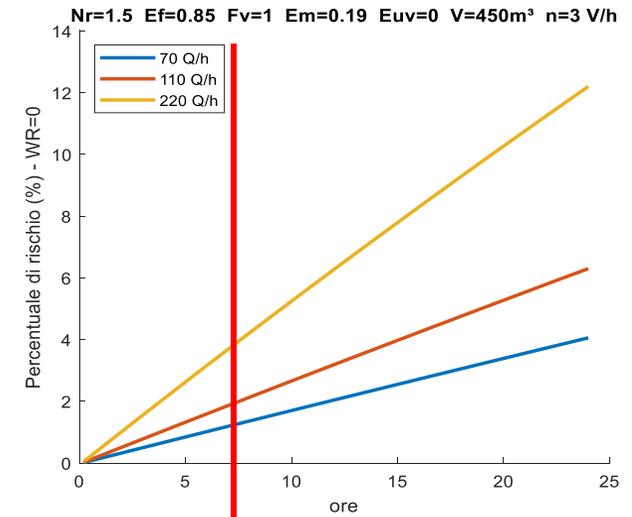
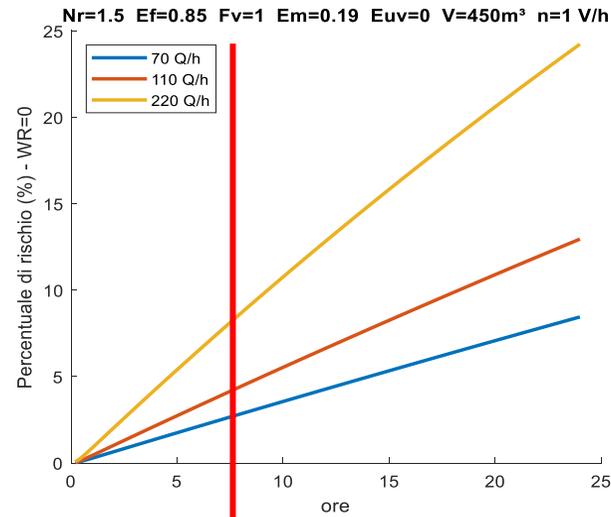
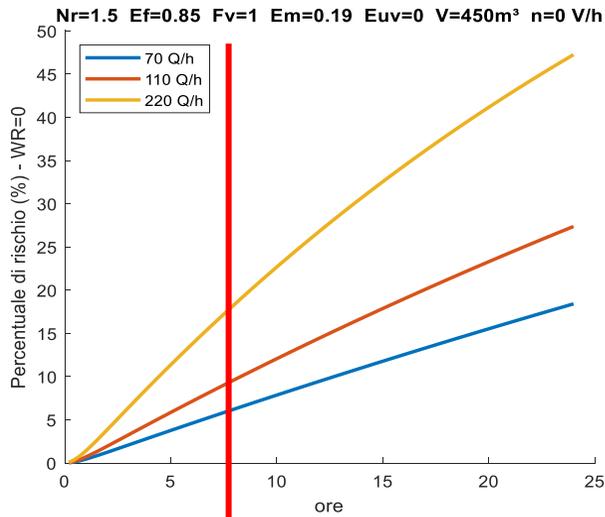
Possiamo subito osservare, considerando rispettate le regole di distanziamento e l'uso delle mascherine, che:

- Per una permanenza fino a **8 ore** al giorno la **probabilità di rischio a impianto spento (n=0)** è la maggiore rispetto a tutti gli altri casi. Per tutti i valori dei **quanta/h** il rischio può arrivare dal **7%** all'**18%**.
- Per una permanenza fino a **8 ore** al giorno la **probabilità di rischio a impianto acceso** con ricambio d'aria fresca di **progetto (n=1)**, per bassi valori dei **quanta/h (70 q/h)** il rischio varia fino al **4%** mentre per alti valori dei **quanta/h (220 q/h)** il rischio può arrivare al **12%**. Per ridurre la produzione dei **quanta** occorre mantenere una condotta di lavoro equilibrata, con parlato moderato, attività sedentaria con bassa attività fisica;
- Per una permanenza fino a **8 ore** al giorno la **probabilità di rischio a impianto acceso** con ricambio d'aria fresca **incrementata (n=3)**, per bassi valori dei **quanta/h (70 q/h)** il rischio varia fino al **3%** e per alti valori dei **quanta/h (220 q/h)** il rischio può arrivare al **7%**.

Quanto osservato consente di avvalorare l'efficacia della ventilazione al fine di ridurre il rischio da contagio, anche se non efficacemente senza ausili. L'impianto, se c'è, **deve essere sempre essere attivato** e, se è possibile, si dovrebbe **incrementare il numero di ricambi orari il più possibile**. Si è simulato il caso con **3 Vol/h** ma arrivare a valori di **5-6** sarebbe ancora meglio. Non sempre si possono effettuare lavori di miglioramento, sia per motivi impiantistici ma anche per effetto di vincoli architettonici. In questo caso occorre utilizzare le altre tecniche migliorative

Caso esempio 1 – Calcolo del rischio di contagio per un Ufficio

Se si mantengono le stesse condizioni del caso precedente ma si considera un ricircolo pari al **150%** dell'aria primaria l'utilizzo di **filtri con efficienza 0.85**, mascherine.



Caso esempio 1 – Calcolo del rischio di contagio per un Ufficio

Riprendendo le osservazioni per il caso precedente, si osserva che le probabilità di rischio di contagio sono:

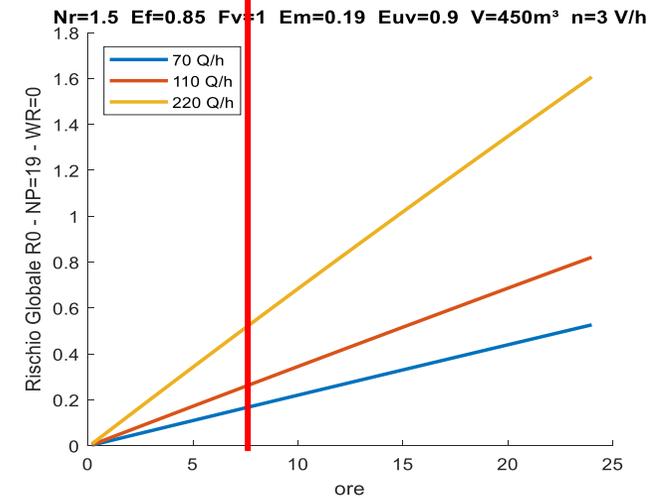
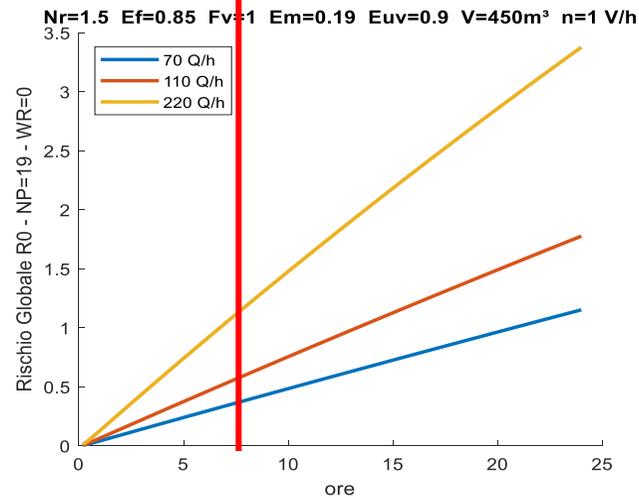
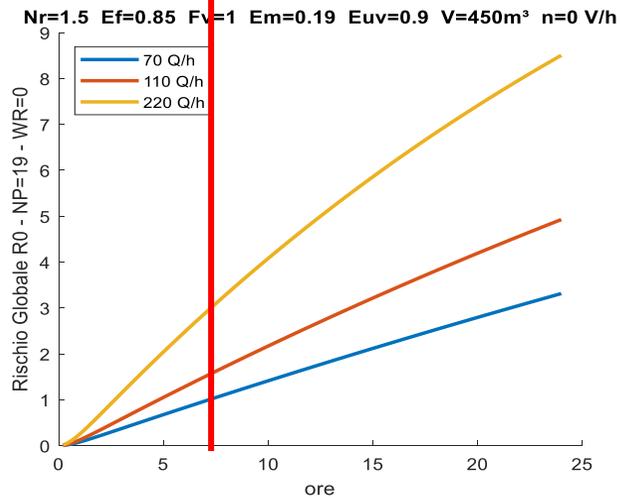
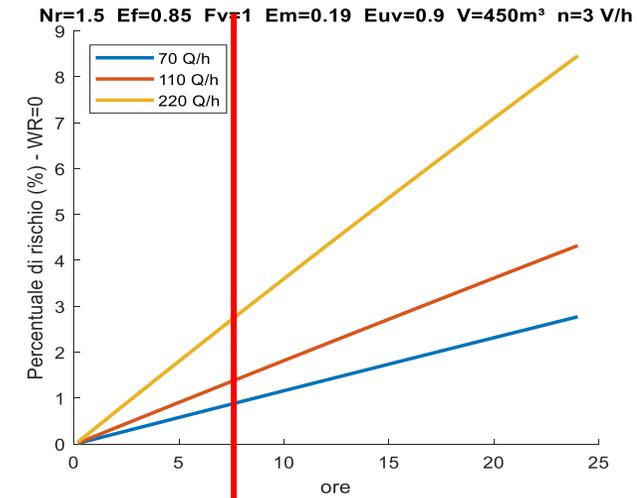
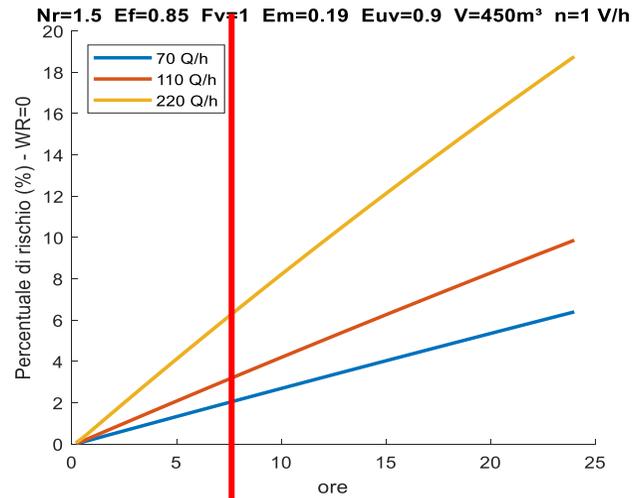
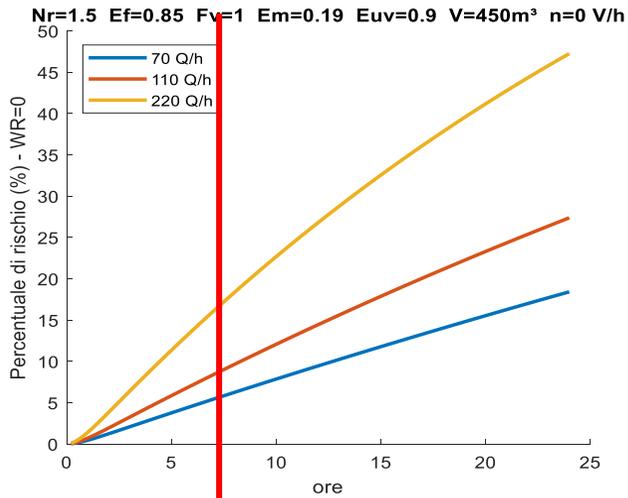
- Per una permanenza fino a **8 ore** al giorno la **probabilità di rischio a impianto spento (n=0)** è la maggiore rispetto a tutti gli altri casi. Per valori dei **quanta/h** bassi il rischio può arrivare al **6%** e **per 220 quanta/h** si ha l'**18%**. Sostanzialmente senza ventilazione i rischi sono gli stessi del caso precedente;
- Per una permanenza fino a **8 ore** al giorno la **probabilità di rischio a impianto acceso** con ricambio d'aria fresca di **progetto (n=1)**, per bassi valori dei **quanta/h (70 q/h)** il rischio arriva al **2,5%** mentre per alti valori dei **quanta/h (220 q/h)** il rischio può arrivare al **8,5%**;
- Per una permanenza fino a **8 ore** al giorno la **probabilità di rischio a impianto acceso** con ricambio d'aria fresca **incrementata (n=3)**, per bassi valori dei **quanta/h (70 q/h)** il rischio arriva all'**1%** e per alti valori dei **quanta/h (220 q/h)** il rischio può arrivare al **4%**.

Si vede bene come sia il **ricircolo** che l'utilizzo di **filtri a media efficienza (0.85)** apportano notevoli benefici **riducendo notevolmente il rischio da contagio personale e globale**.

Per questo motivo l'esclusione del ricircolo, se presente, deve essere motivato da gravi motivi e, in ogni caso, si debbono utilizzare filtri adeguati ed efficaci.

Caso esempio 1 – Calcolo del rischio di contagio per un Ufficio

Se si mantengono le stesse condizioni del primo caso ma non potendo attivare il ricircolo e utilizzare **filtri con efficienza 0.85** e **lampade U.V (0.9)**, **mascherine**.



Caso esempio 1 – Calcolo del rischio di contagio per un Ufficio

Ripetendo le osservazioni dell caso precedente, si osserva che le probabilità di rischio di contagio con **ricircolo 50%**, il solo utilizzo **filtri normali, lampade U.V e mascherine**:

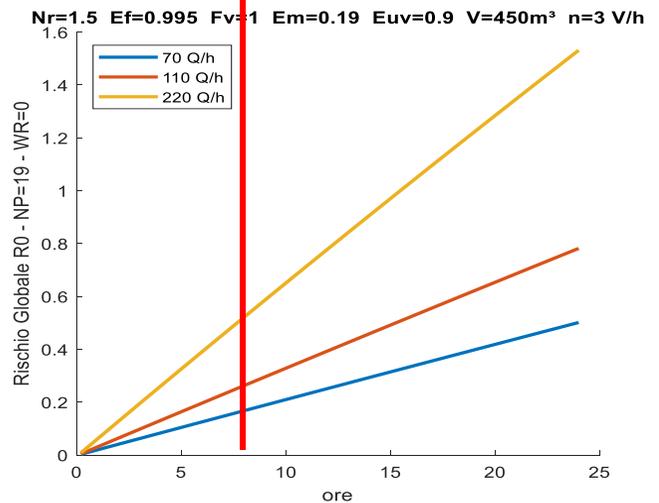
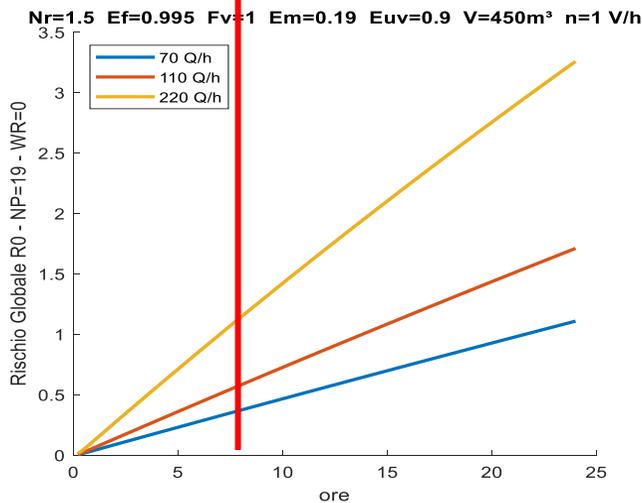
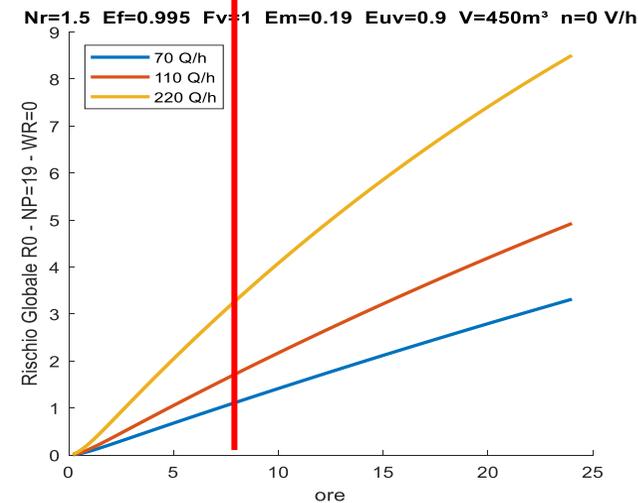
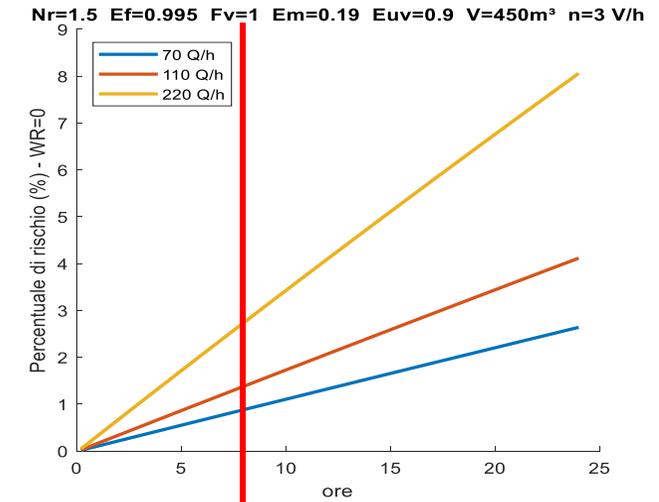
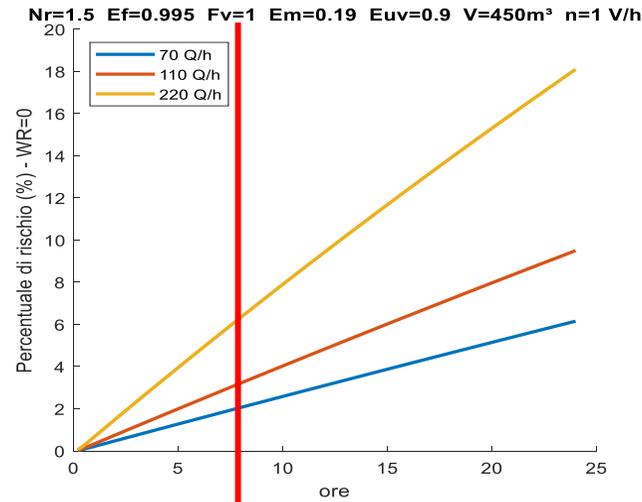
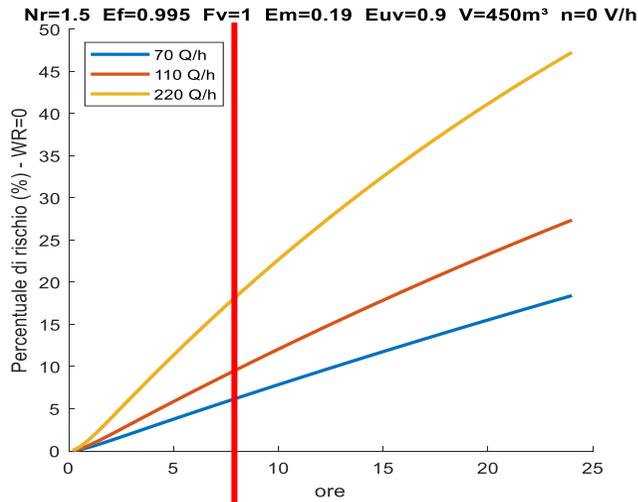
- Per una permanenza fino a **8 ore** al giorno la **probabilità di rischio a impianto spento (n=0)** è la maggiore rispetto a tutti gli altri casi. Per valori di **70 quanta/h** il rischio può arrivare dal **5.5%** e per **220 quanta/h** al **17%**. Sostanzialmente senza ventilazione i rischi sono gli stessi del caso precedente;
- Per una permanenza fino a **8 ore** al giorno la **probabilità di rischio a impianto acceso** con ricambio d'aria fresca di **progetto (n=1)**, per bassi valori dei **quanta/h (70 q/h)** il rischio arriva al **2,5%** mentre per alti valori dei **quanta/h (220 q/h)** il rischio può arrivare al **6,5%**;
- Per una permanenza fino a **8 ore** al giorno la **probabilità di rischio a impianto acceso** con ricambio d'aria fresca **incrementata (n=3)**, per bassi valori dei **quanta/h (70 q/h)** il rischio arriva allo **0,8%** mentre per alti valori dei **quanta/h (220 q/h)** il rischio arriva al **2,5%**.

Si vede bene come **l'utilizzo delle mascherine protettive riduca** il rischio da contagio di **molto** rispetto al caso iniziale di impianto attivo senza altre protezioni ma meno rispetto all'utilizzo del ricircolo con filtri ad media efficienza e lampade U.V.

Tuttavia il rischio di contagio personale e globale è ancora elevato. Occorrerebbe avere un numero di ricambi orari di aria fresca più elevati.

Caso esempio 1 – Calcolo del rischio di contagio per un Ufficio

Se si mantengono le stesse condizioni del primo caso ma potendo attivare il ricircolo e utilizzare **filtri ad alta efficienza (0.995)** e **lampade U.V. (0.9)**, **mascherine**.



Caso esempio 1 – Calcolo del rischio di contagio per un Ufficio

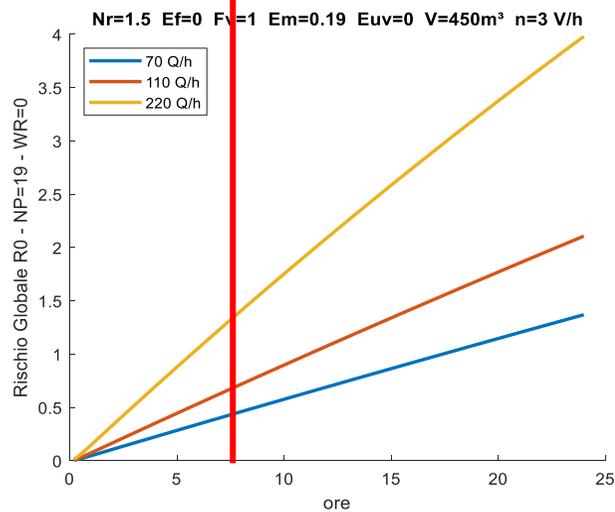
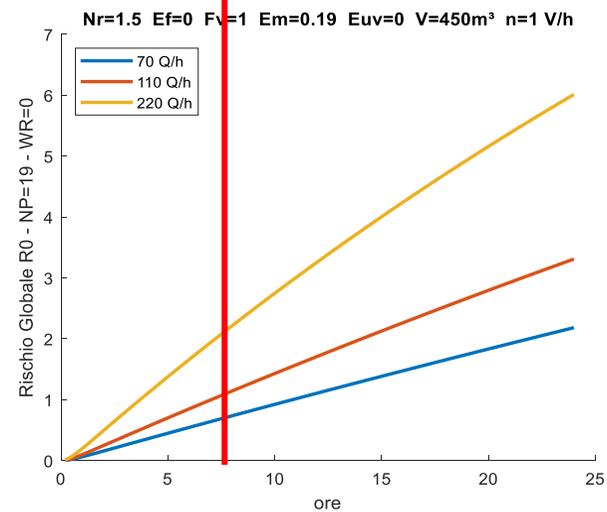
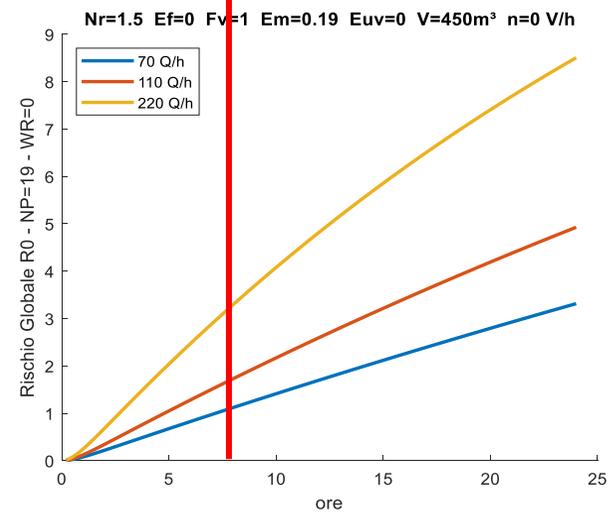
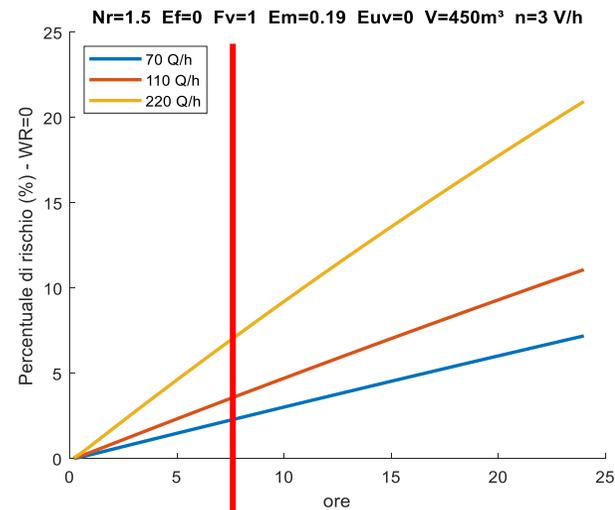
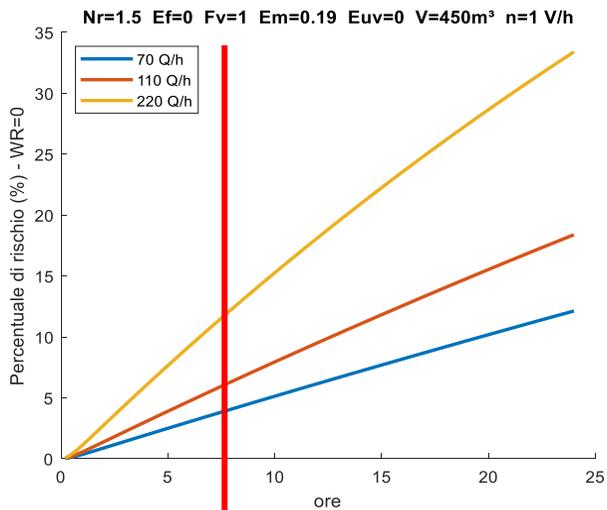
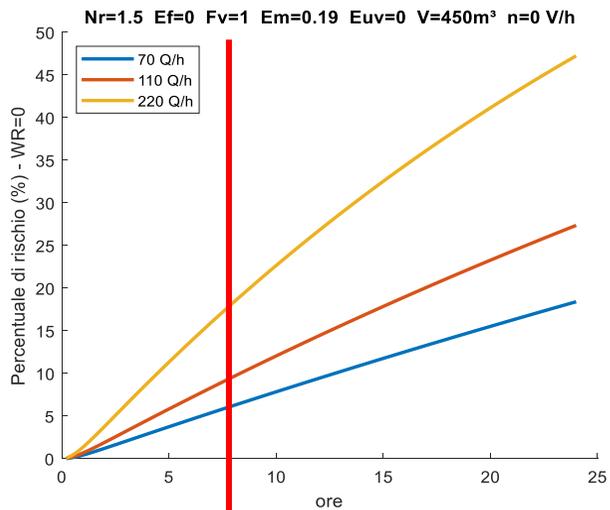
Ripetendo le osservazioni per il caso precedente si osserva che le probabilità di rischio di contagio con il solo utilizzo filtri ad alta efficienza e lampade U.V:

- Per una permanenza fino a **8 ore** al giorno la **probabilità di rischio a impianto spento (n=0)** è la maggiore rispetto a tutti gli altri casi. Per tutti bassi valori dei **quanta/h** il rischio può arrivare dal **6%** al **18%**. Sostanzialmente senza ventilazione i rischi sono gli stessi del caso precedente;
- Per una permanenza fino a **8 ore** al giorno la **probabilità di rischio a impianto acceso** con ricambio d'aria fresca di **progetto (n=1)**, per bassi valori dei **quanta/h (70 q/h)** il rischio arriva al **2,2%** mentre per alti valori dei **quanta/h (220 q/h)** il rischio può arrivare al **6,5%**;
- Per una permanenza fino a **8 ore** al giorno la **probabilità di rischio a impianto acceso** con ricambio d'aria fresca **incrementata (n=3)**, per bassi valori dei **quanta/h (70 q/h)** il rischio arriva all'**1,5%** e per alti valori dei **quanta/h (220 q/h)** il rischio può arrivare al **2,8%**.

Si vede bene come l'utilizzo dei filtri ad alta efficienza e lampade U.V. migliorino la situazione, pur restando non accettabile sia il rischio personale che quello globale.

Caso esempio 1 – Calcolo del rischio di contagio per un Ufficio

Ripetendo le osservazioni per il caso precedente si osserva che le probabilità di rischio di contagio con il **solo utilizzo delle mascherine** sono:



Caso esempio 1 – Calcolo del rischio di contagio per un Ufficio

Ripetendo le osservazioni per il caso precedente, si osserva che le probabilità di rischio di contagio **con il solo utilizzo di mascherine protettive**:

- Per una permanenza fino a **8 ore** al giorno la **probabilità di rischio a impianto spento (n=0)** è la maggiore rispetto a tutti gli altri casi. Per **70 quanta/h** il rischio è **6% con 220 quanta/h** è del al **17%**. Sostanzialmente senza ventilazione i rischi sono gli stessi del caso precedente;
- Per una permanenza fino a **8 ore** al giorno la **probabilità di rischio a impianto acceso** con ricambio d'aria fresca di **progetto (n=1)**, per bassi valori dei **quanta/h (70 q/h)** il rischio varia fino al **3.5%** mentre per alti valori dei **quanta/h (220 q/h)** il rischio può arrivare al **13.5%**;
- Per una permanenza fino a **8 ore** al giorno la **probabilità di rischio a impianto acceso** con ricambio d'aria fresca **incrementata (n=3)**, per bassi valori dei **quanta/h (70 q/h)** il rischio varia fino al **2%** mentre per alti valori dei **quanta/h (220 q/h)** il rischio può arrivare al **7.5%**.

Si vede bene come l'utilizzo corretto delle sole **mascherine protettive durante tutta la permanenza riduca il rischio da contagio** di rispetto al caso iniziale di impianto attivo senza altre protezioni ma meno rispetto all'utilizzo del ricircolo con filtri ad media efficienza e lampade U.V. In ogni caso, anche con l'utilizzo delle mascherine, si conferma l'effetto positivo della ventilazione meccanica e la riduzione del rischio tanto maggiore quanto maggiore è il numero di ricambi orari. Questa possibilità è utile allorquando non si può intervenire sull'impianto.

Caso esempio 1 – Calcolo del rischio di contagio per un Ufficio

Osservazioni

Nelle simulazioni effettuate per l'ufficio, ma le stesse considerazioni varranno per tutti i casi possibili, abbiamo visto che:

1. **Il rischio di contagio diminuisce con il crescere del numero di ricambi orari di aria fresca;**
2. **Il rischio di contagio diminuisce con il crescere del numero di ricambi orari attuati con il ricircolo dell'aria, adottando filtri adeguati e lampade U.V. (quando possibile);**
3. **Il rischio di contagio diminuisce sensibilmente con l'utilizzo delle mascherine anche senza l'utilizzo di filtri efficienti e lampade U.V. Tuttavia questa soluzione presenta alcune criticità:**
 1. **Le mascherine debbono essere *efficienti*, almeno di categoria chirurgica;**
 2. **Le mascherine debbono essere *sempre* indossate con cura evitando spifferi facciali laterali;**
 3. **Se per lavoro o altro motivo *si tolgono le mascherine*, specialmente quando sono le sole protezioni, si incorre in un *aumento sensibile del rischio di contagio* che vanifica quanto sopra detto.**

L'ipotesi di migliorare la ventilazione meccanica **incrementando il numero di ricambi orari di aria fresca** appare problematica per motivi contingenti e, soprattutto, per i numerosi vincoli di tipo architettonico e impiantistico.

E' allora opportuno cercare di migliorare l'impianto esistente con un **refurbishment** adeguato.

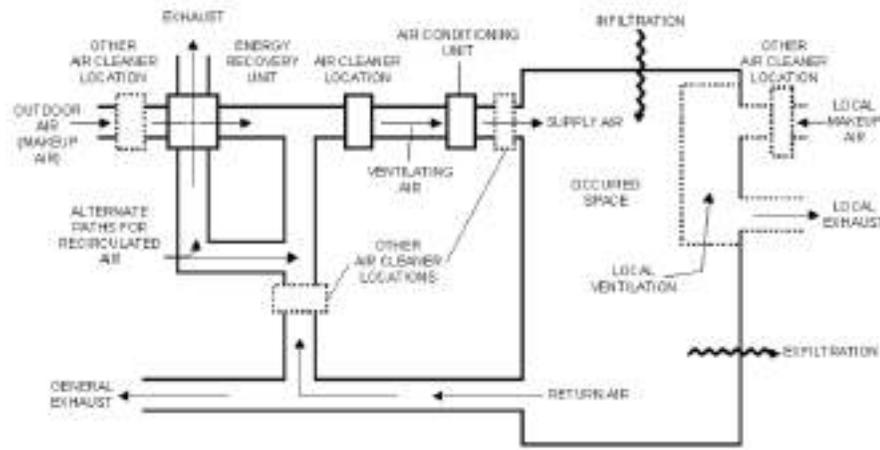
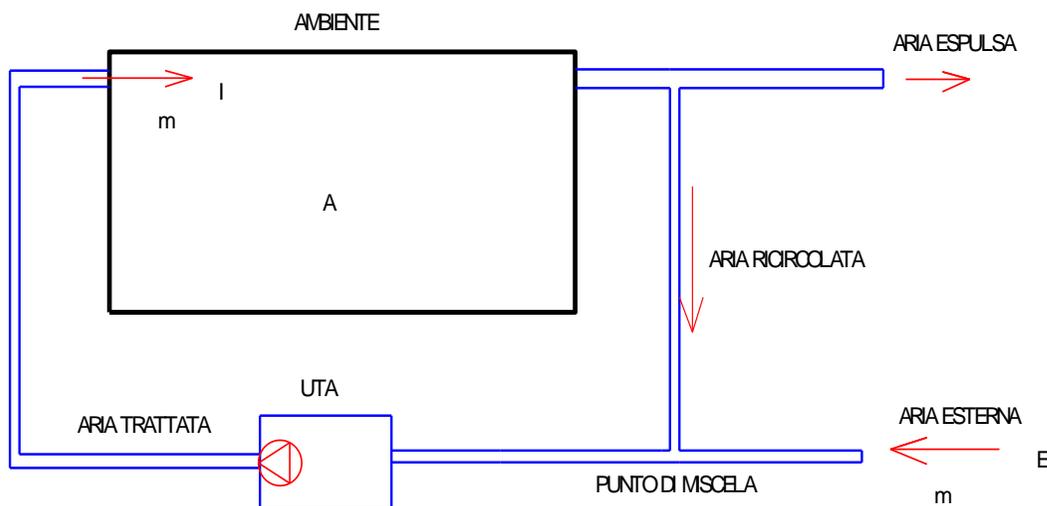
CASO ESEMPIO N. 2
SUPERMERCATO DA 1.200 m³

Caso 2 – Calcolo del rischio di contagio per un Supermercato

Si desidera calcolare il rischio di contagio personale per un supermercato di medie dimensioni avente una superficie in pianta di $50 \times 50 = 2500 \text{ m}^2$, un'altezza di $H=3 \text{ m}$ ed un volume di 7500 m^3 provvisto di impianto di climatizzazione con aria primaria.

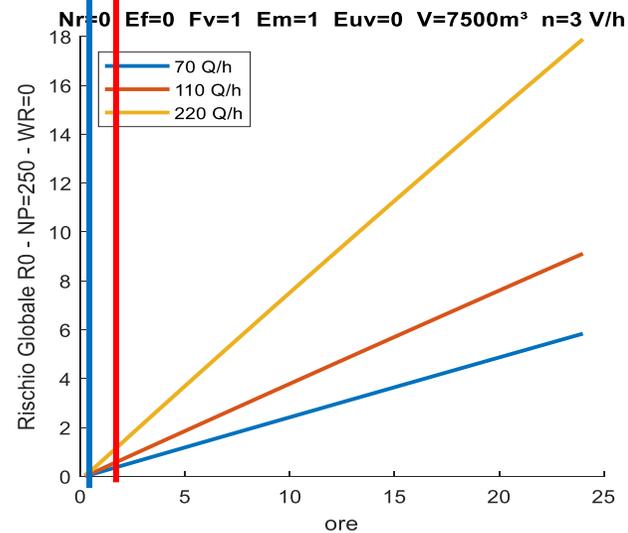
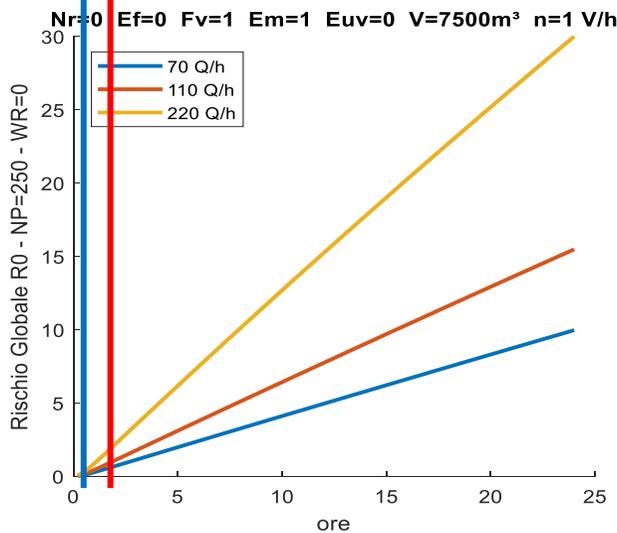
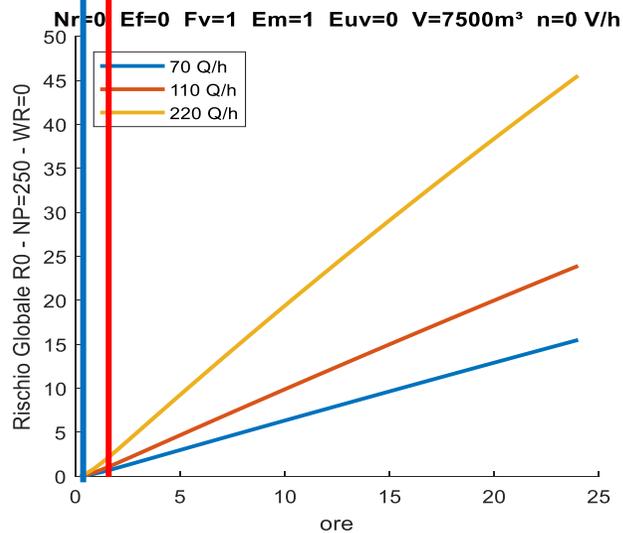
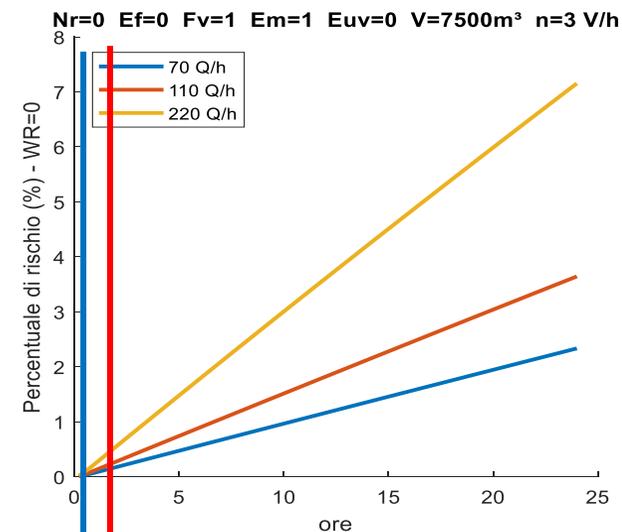
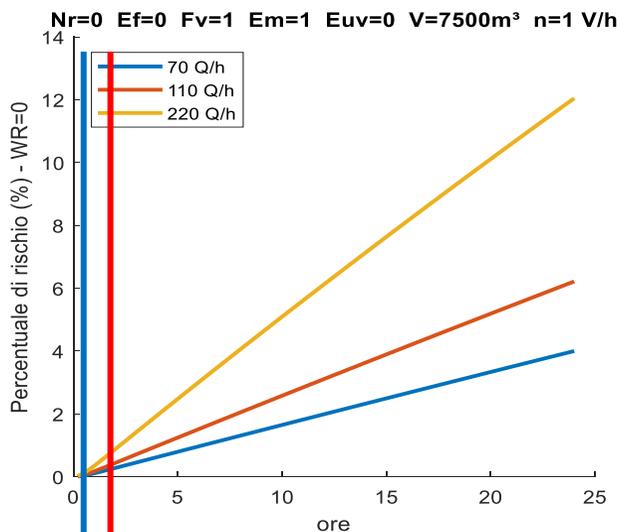
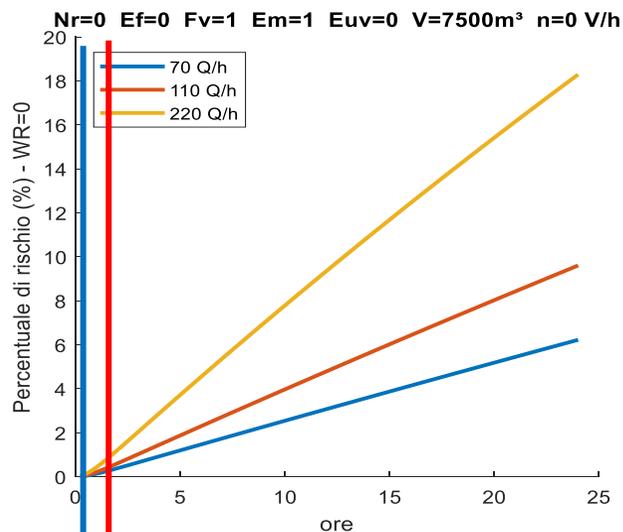
Si suppone che le divisioni interne **non creino compartimentazioni** tali da dover considerare volumi separati e che tutto il volume interno subisca gli stessi effetti della climatizzazione.

Si suppone un **impianto a tutt'aria con ricircolo**, come schematicamente indicato in figura. Si potrà chiudere il ricircolo se lo si ritiene necessario. Questa eventualità è presa in considerazione nei calcoli. Saranno analizzate le combinazioni impiantistiche indicate in premessa.



Caso 2 – Calcolo del rischio di contagio per un Supermercato

Funzionamento con solo impianto senza mezzi di riduzione del contagio.



Caso 2 – Calcolo del rischio di contagio per un Supermercato

Nel caso di funzionamento del solo impianto le ipotesi portano alle seguenti probabilità di rischio:

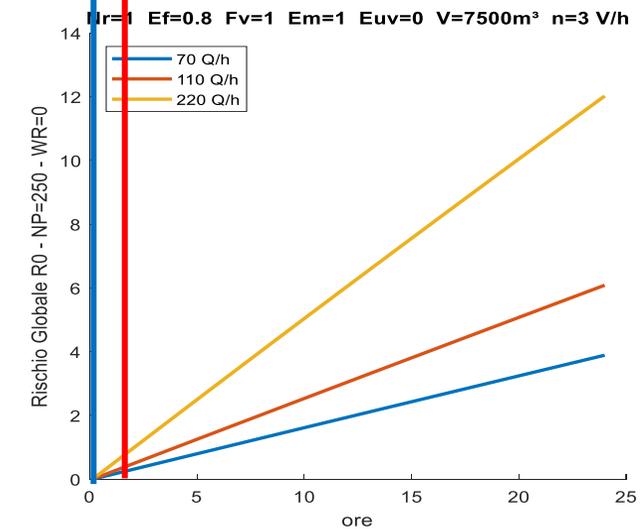
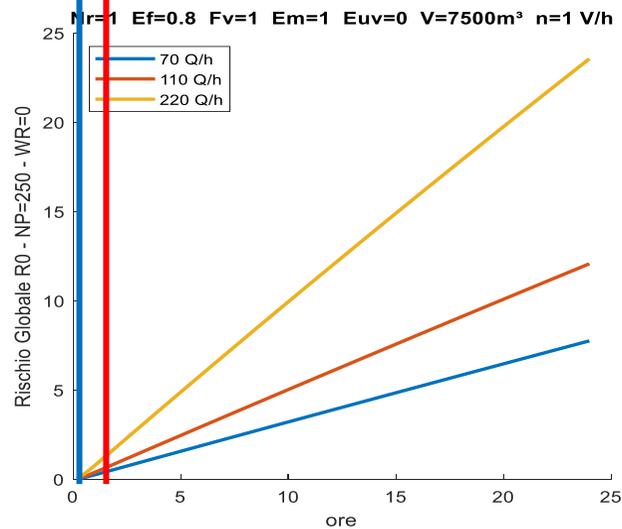
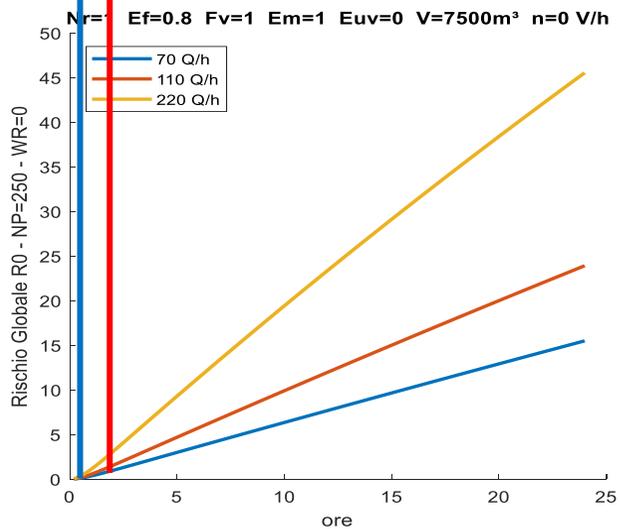
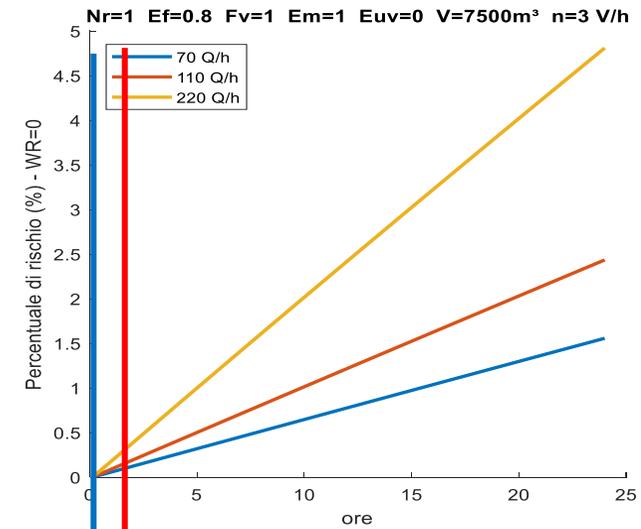
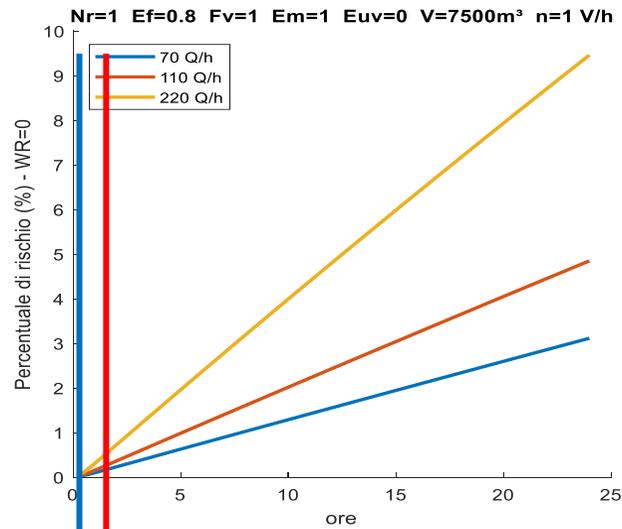
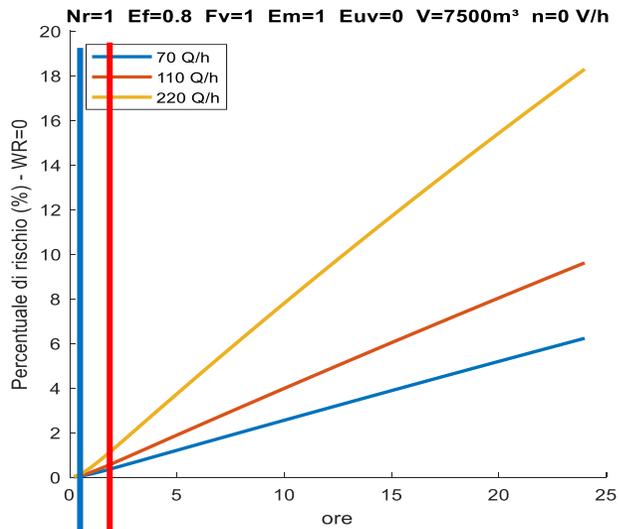
- Impianto spento: per bassi valori dei quanta si ha il **0.5%** per alti valori dei quanta si raggiunge l'**1,5%**;
- Nel caso di impianto acceso con 1 ricambio orario per bassi quanta si ha una probabilità del **0,8%** e per alti quanta del **1%**;
- Nel caso di impianto acceso con 3 ricambi orari, per bassi quanta si ha una probabilità del **0,2%** e per alti quanta del **0,8%**.

Si osserva immediatamente il beneficio di un numero elevato di ricambi orari, anche se con valori significativi.

Il volume elevato del supermercato incide positivamente sulla riduzione del rischio di contagio individuale.

Caso 2 – Calcolo del rischio di contagio per un Supermercato

Funzionamento con impianto acceso, ricircolo (100%) e filtri con efficienza 0.85.



Caso 2 – Calcolo del rischio di contagio per un Supermercato

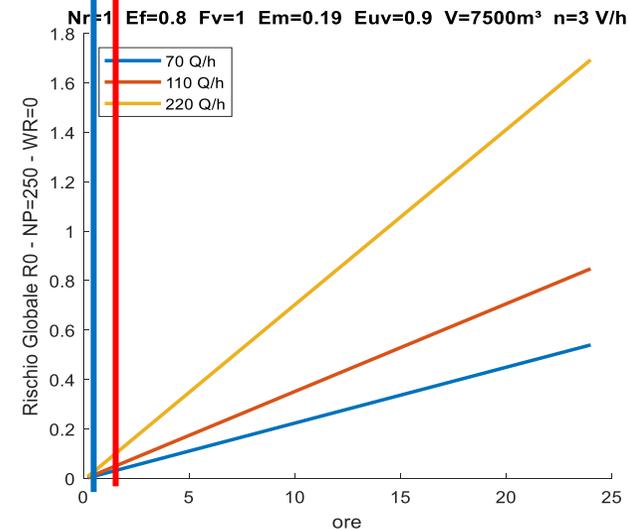
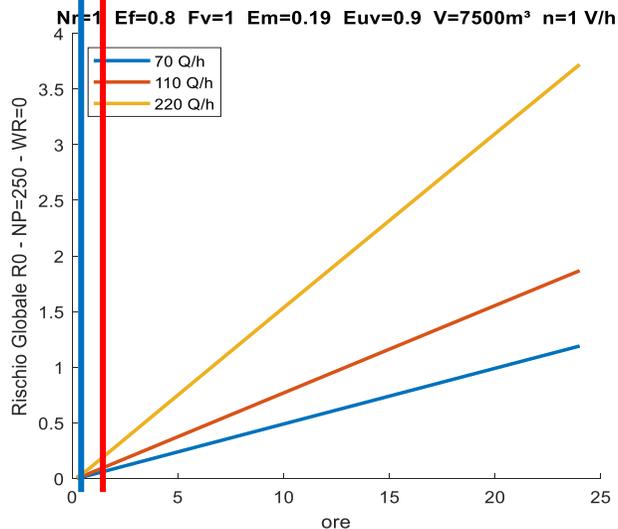
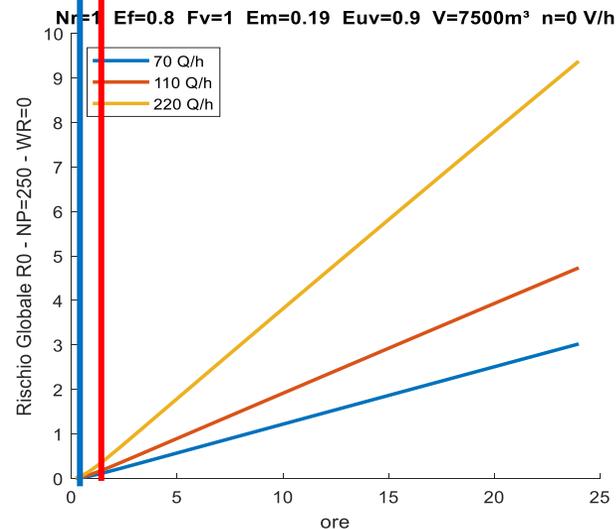
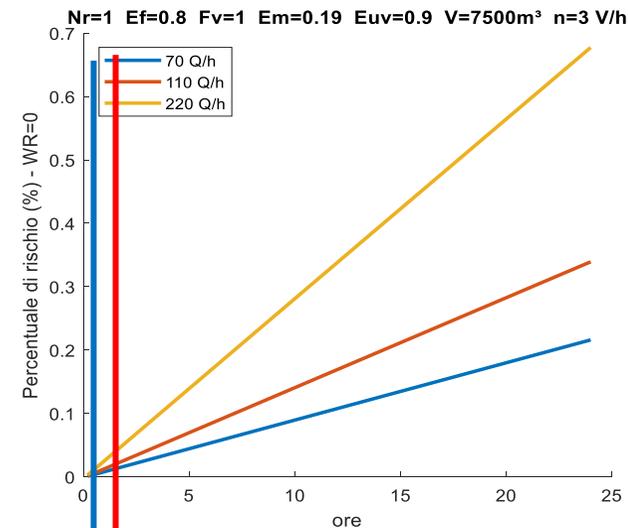
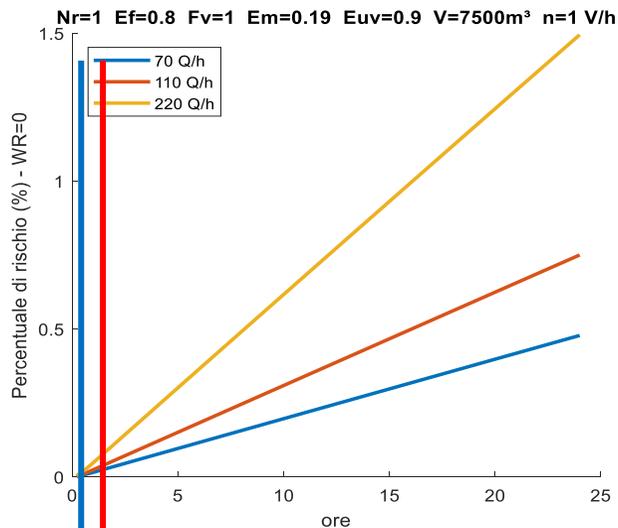
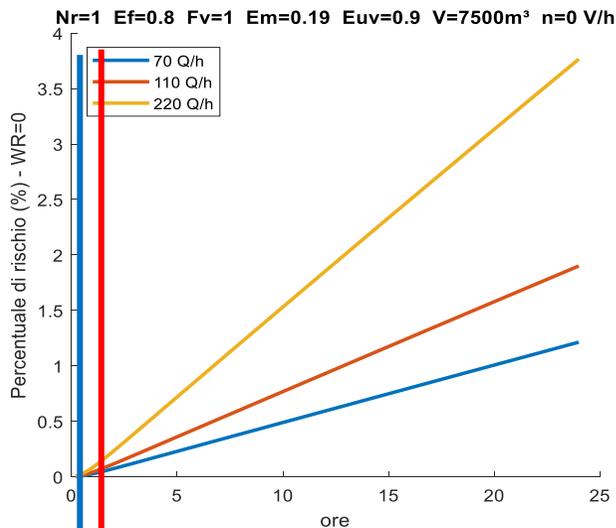
Nel caso di funzionamento dell'impianto con ricircolo al 100% e filtri normali (0.85) si hanno le seguenti probabilità di rischio:

- Impianto spento: per bassi valori dei quanta si ha il **0.5%** per alti valori dei quanta si raggiunge l'**1.5%**;
- Nel caso di impianto acceso con 1 ricambio orario per bassi quanta si ha una probabilità del **0.3%** e per alti quanta del **8.8%**;
- Nel caso di impianto acceso con 3 ricambi orari, per bassi quanta si ha una probabilità del **0.03%** e per alti quanta del **0.4%**.

Praticamente i filtri a bassa efficienza hanno poco o nessun effetto rispetto al caso precedente.

Caso 2 – Calcolo del rischio di contagio per un Supermercato

Funzionamento con impianto e ricircolo (100%) e filtri 0.85 e lampada U.V. (0.9), mascherina.



Caso 2 – Calcolo del rischio di contagio per un Supermercato

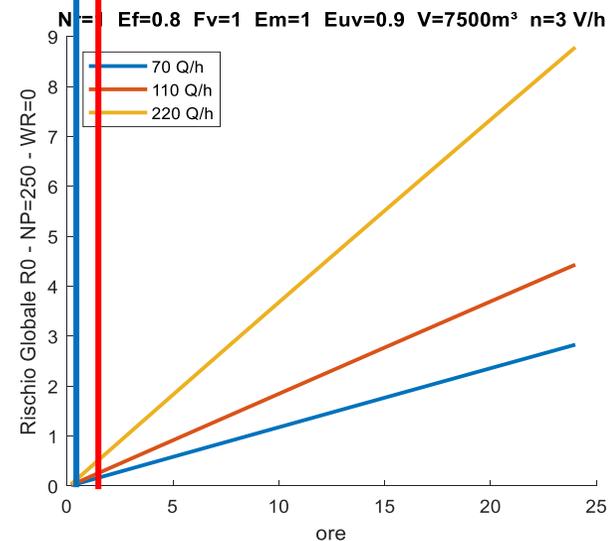
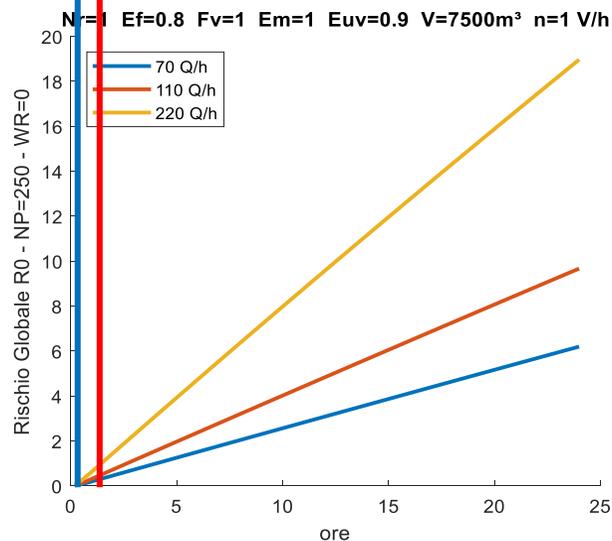
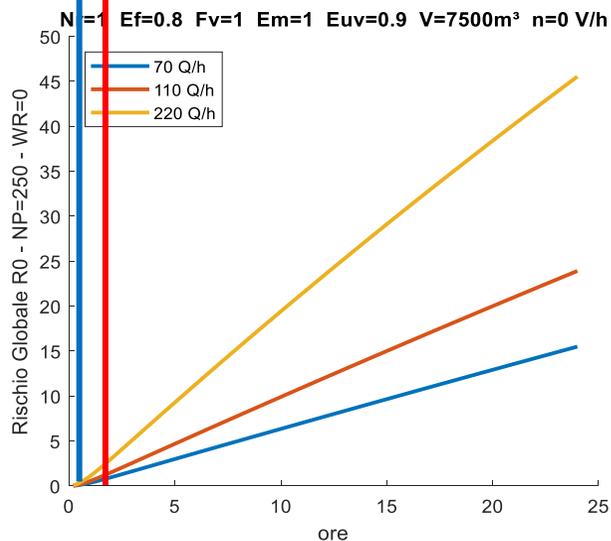
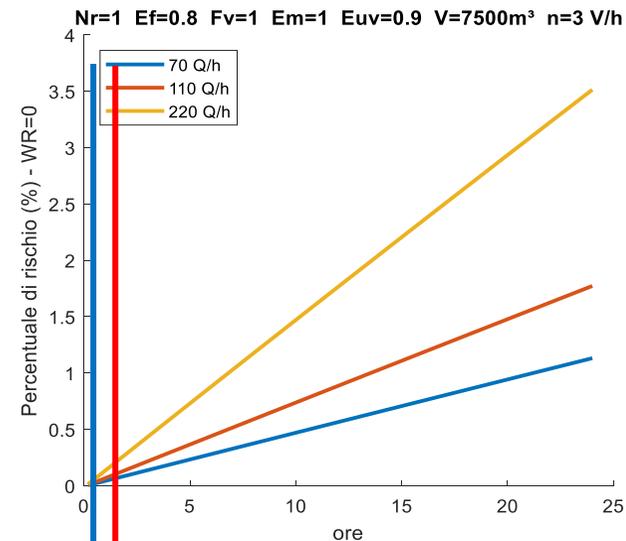
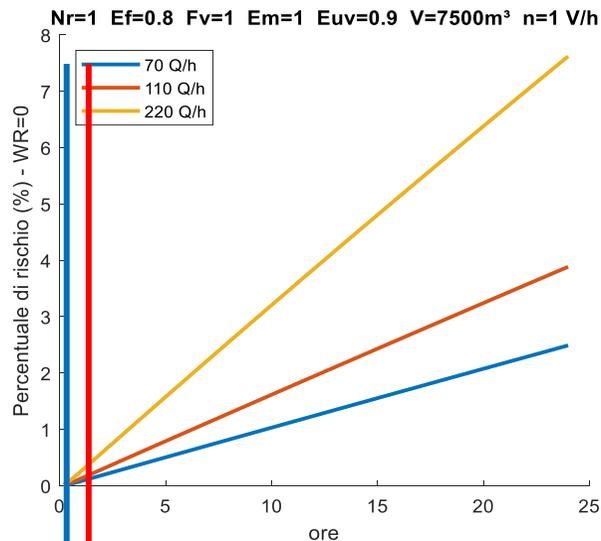
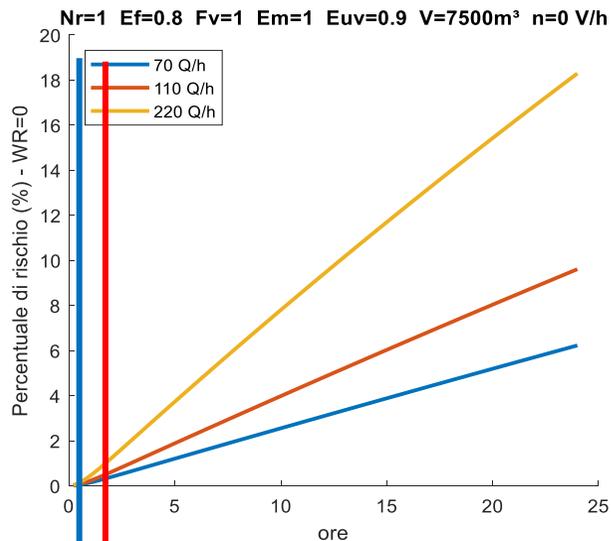
Nel caso di funzionamento dell'impianto con ricircolo al 100% e filtri normali (0.85) e lampade U.V. (0.9) si hanno le seguenti probabilità di rischio:

- Impianto spento: per bassi dei quanta si ha il **0.1 % di probabilità di rischio di contagio**, con alti valori si ha lo **0.25%**;
- Nel caso di impianto acceso con 1 ricambio orario per bassi quanta si ha una probabilità del **0.01%** e per alti quanta del **0.25%**;
- Nel caso di impianto acceso con 3 ricambi orari, per bassi quanta si ha una probabilità del **0.03%** e per alti quanta del **0.3%**.

Praticamente i filtri a bassa efficienza hanno poco o nessun effetto ma l'uso di lampade U.V. migliora di molto la situazione rispetto al caso precedente.

Caso 2 – Calcolo del rischio di contagio per un Supermercato

Funzionamento con ricircolo (100%), filtri efficienza 0.995, lampada UV (0.9).



Caso 2 – Calcolo del rischio di contagio per un Supermercato

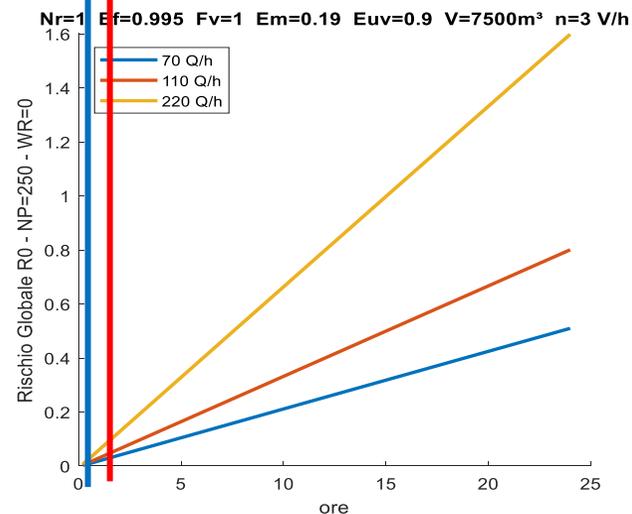
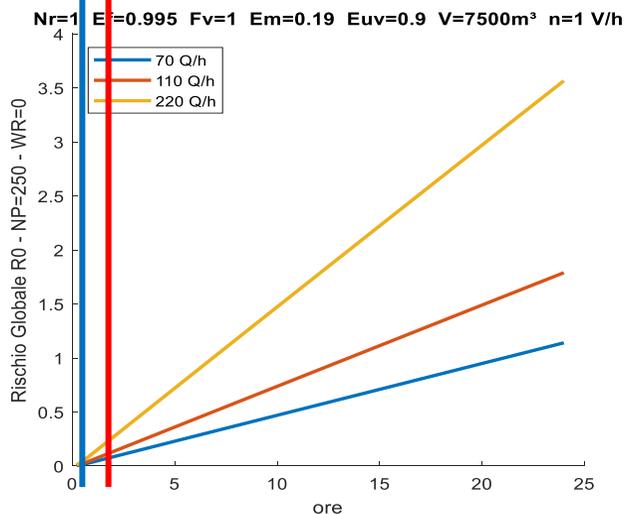
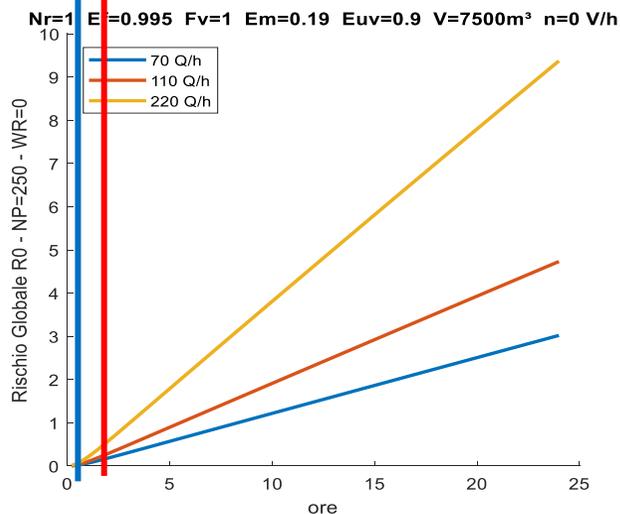
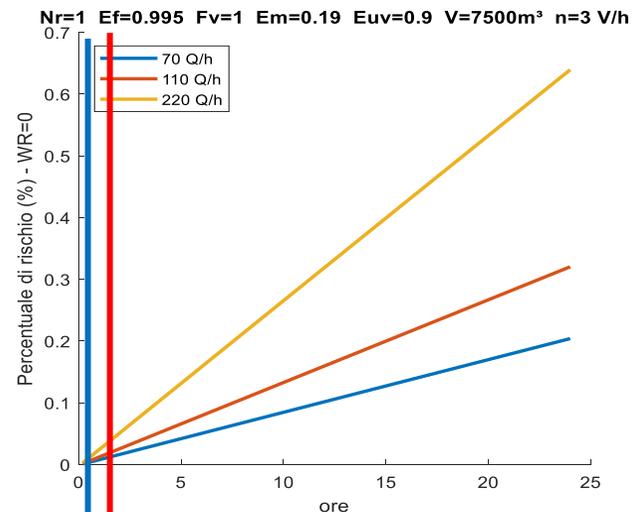
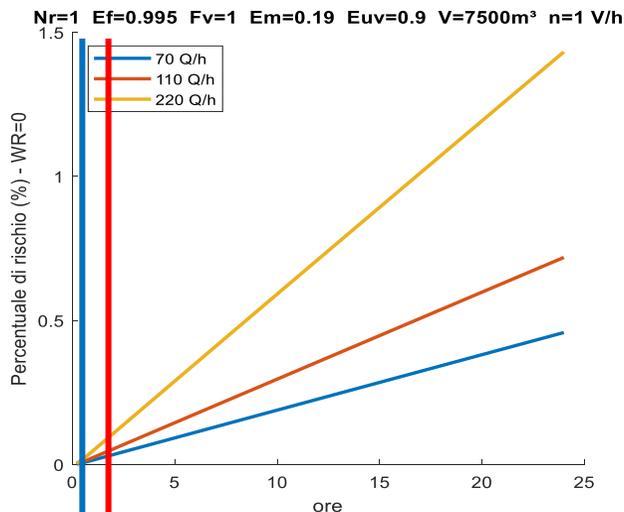
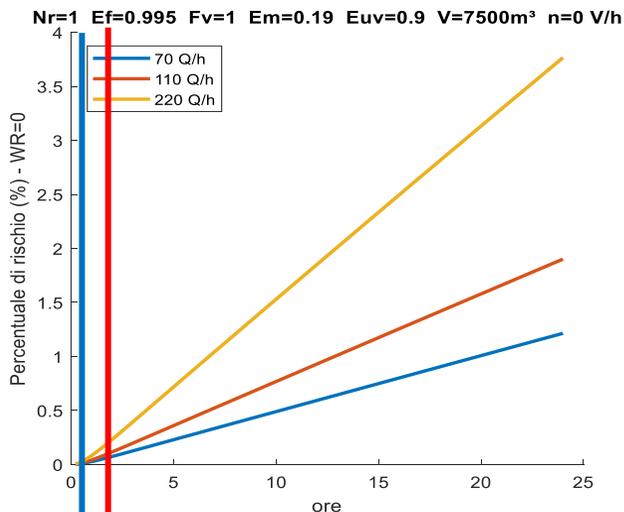
Nel caso di funzionamento dell'impianto con ricircolo al 100% e filtri ad alta efficienza (0.995) e lampade U.V. (0.9) si hanno le seguenti probabilità di rischio:

- Impianto spento: per bassi dei quanta si ha il **0,08% di probabilità di rischio di contagio**, per alti valori dei quanta si ha lo **1,5%**;
- Nel caso di impianto acceso con 1 ricambio orario per bassi quanta si ha una probabilità del **0.2%** e per alti quanta del **0.5%**;
- Nel caso di impianto acceso con 3 ricambi orari, per bassi quanta si ha una probabilità del **0.07%** e per alti quanta del **0.25%**.

Praticamente i filtri ad alta efficienza unitamente all'uso di lampade U.V migliora di molto la situazione del rischio da contagio ottenendo valori molto bassi.

Caso 2 – Calcolo del rischio di contagio per un Supermercato

Funzionamento con impianto e ricircolo (100%) e filtri 0.995 e lampada U.V. (0.9), mascherina.



Caso 2 – Calcolo del rischio di contagio per un Supermercato

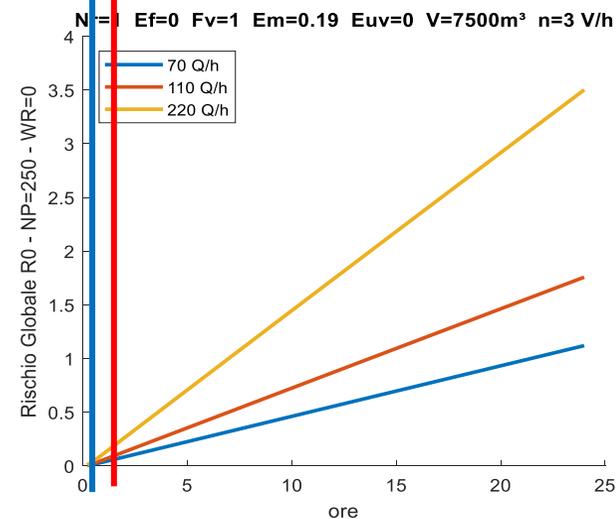
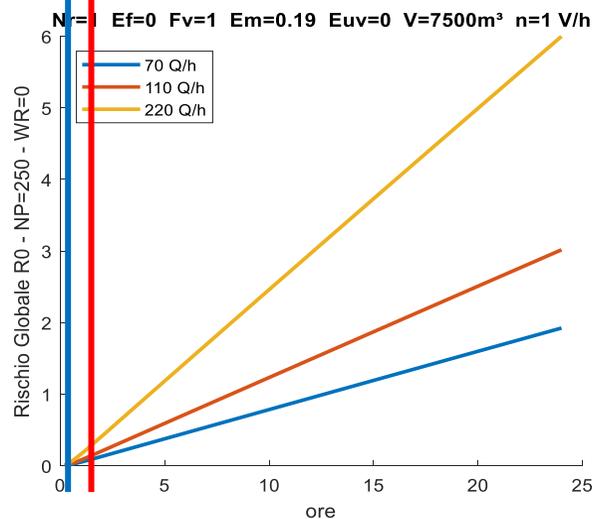
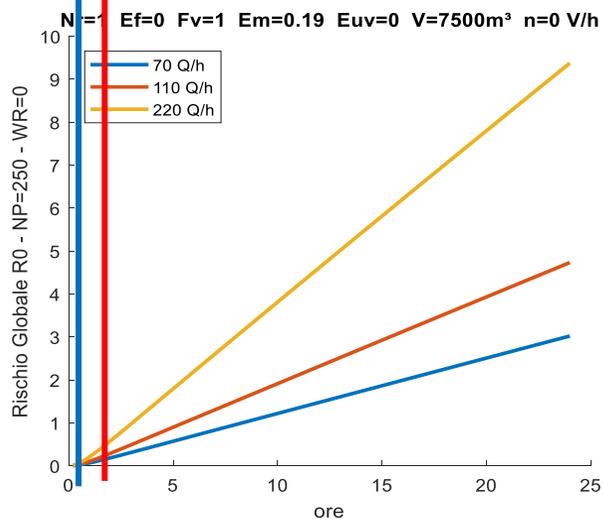
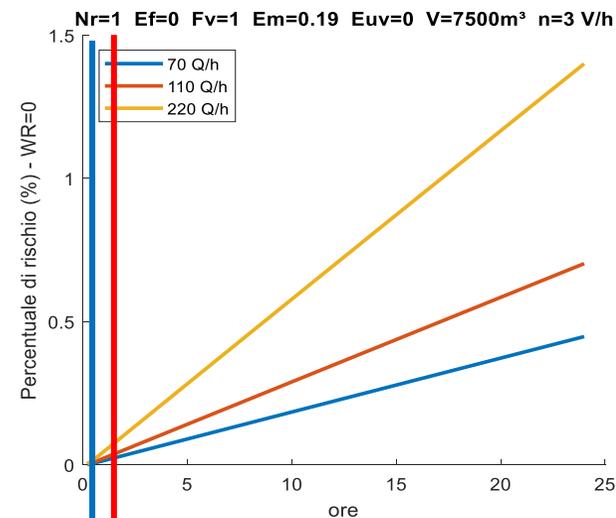
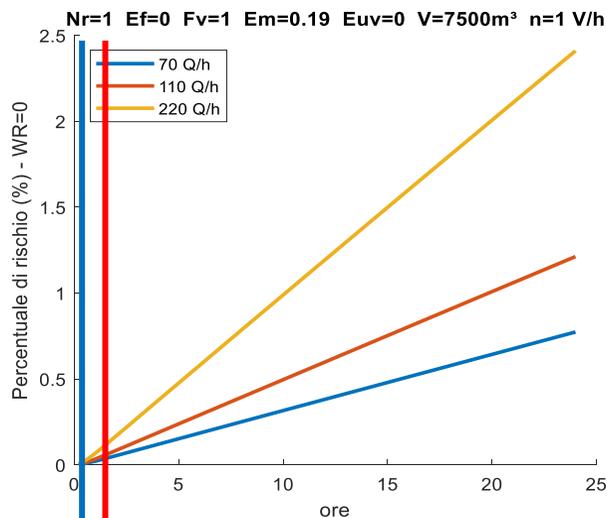
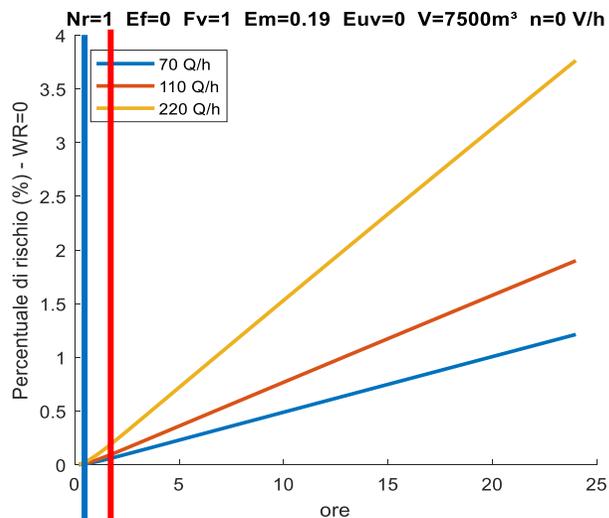
Nel caso di funzionamento dell'impianto con ricircolo al 100% e filtri ad alta efficienza (0.995) e lampade U.V. (0.9) e mascherina protettiva si hanno le seguenti probabilità di rischio:

- Impianto spento: per bassi valori dei quanta si ha il **0,02%** di probabilità di rischio di contagio, per alti valori dei quanta si ha il **0,3%** ;
- Nel caso di impianto acceso con 1 ricambio orario per bassi quanta si ha una probabilità del **0.01%** e per alti quanta del **0.2%**;
- Nel caso di impianto acceso con 3 ricambi orari, per bassi quanta si ha una probabilità del **0.009%** e per alti quanta del **0.4%**.

Praticamente i filtri ad alta efficienza unitamente all'uso di lampade U.V e alle mascherine migliora di molto la situazione, anche se non in modo significativo rispetto al caso precedente, ottenendo i valori più bassi.

Caso 2 – Calcolo del rischio di contagio per un Supermercato

Funzionamento con impianto senza mezzi di riduzione del contagio ma **solo la mascherina**.



Caso 2 – Calcolo del rischio di contagio per un Supermercato

Nel caso di funzionamento con solo impianto e mascherine protettive portano alle seguenti probabilità di rischio:

- Impianto spento: per bassi valori dei quanta si ha il **0.1%** per alti valori dei quanta si raggiunge lo **0.25%**;
- Nel caso di impianto acceso con 1 ricambio orario per bassi quanta si ha una probabilità del **0.08%** e per alti quanta del **0.25%**;
- Nel caso di impianto acceso con 3 ricambi orari, per bassi quanta si ha una probabilità del **0,05%** e per alti quanta del **0.15%**.

Si osserva immediatamente che nel caso non si possano avere sistemi di riduzione aggiuntivi (filtri, lampo U.V.) ma solo **l'utilizzo delle mascherina protettive**, il rischio di contagio si riduce molto rispetto al caso di solo impianto senza mascherine. Pertanto, l'utilizzo delle mascherine protettive risulta altamente consigliabile sempre.

In tutti gli abachi precedenti si sono tralguardati due tempi di permanenza all'interno del supermercato: **20 m** e **2 h**. Ovviamente nel primo caso si ha una riduzione sensibile del rischio di contagio personale e globale.

Valgono le considerazioni fatte sull'utilizzo corretto delle mascherine e sul valore elevato del volume del supermercato.

CASO ESEMPIO N. 3
SCUOLA POLIFUNZIONALE ESISTENTE

Caso 3 – Rischio contagio per una scuola polifunzionale

Esaminiamo il caso di una scuola polifunzionale (detto **Istituto Comprensivo**) di **Catania** costruita prima del **1975**. E' presente un impianto a fan coil, rifatto nel **1995** ma già obsoleto, manca un impianto di ventilazione (non richiesto **prima del 1975**) e presenta una tipologia costruttiva, tipica dell'epoca, con pareti a doppio strato e camera d'aria interna.

La scuola ha tutt'ora infissi a vetro singolo con bassa tenuta all'aria. Questo ha consentito di ottenere una ventilazione di aria fresca minima anche se non completa. L'aereazione dei locali era (ed è ancora) ottenuta con l'apertura degli infissi nelle belle giornate, fortunatamente frequenti in Sicilia.

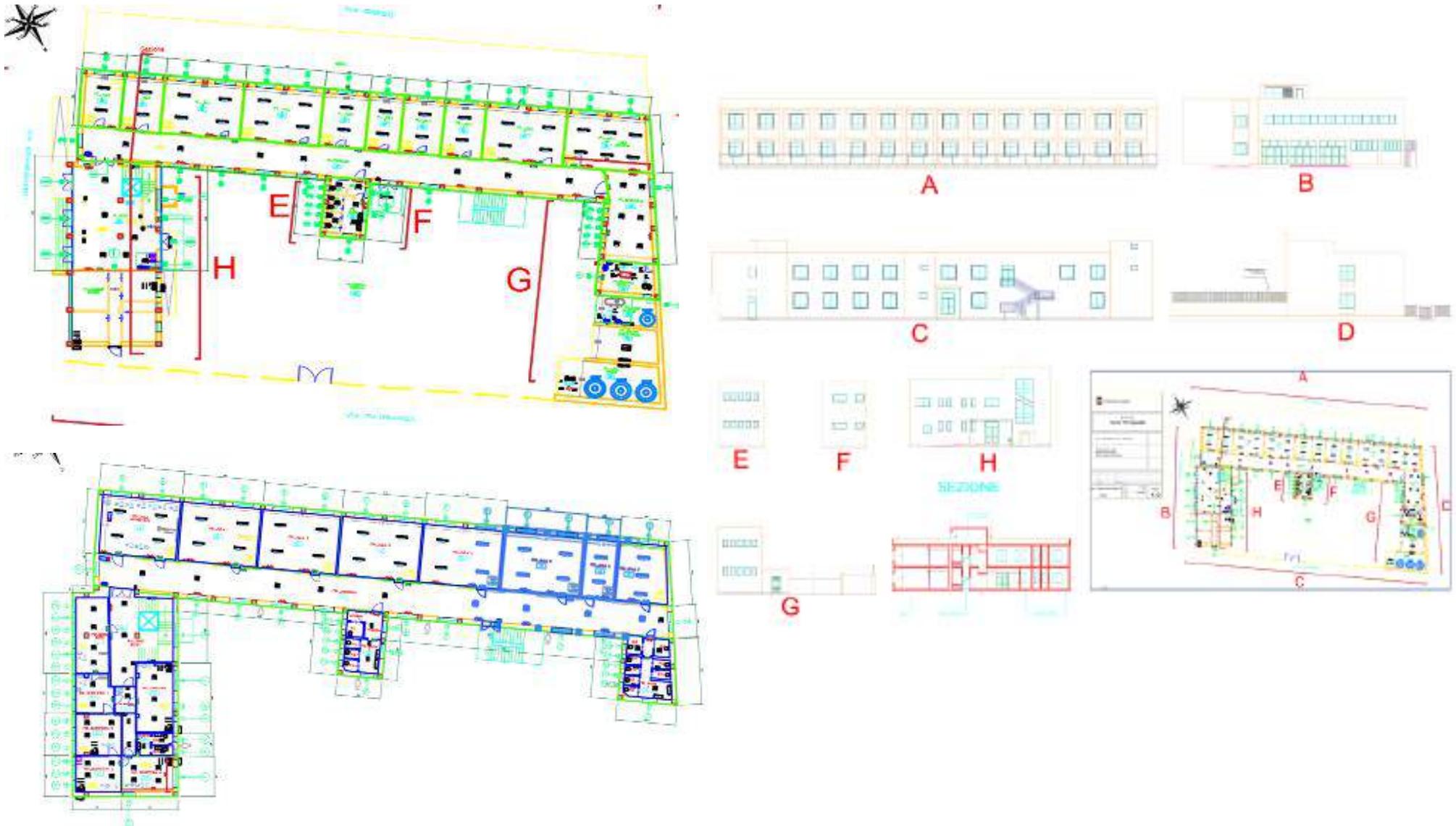
Nel 1916 è stato compiuto uno studio di riqualificazione energetica per conto di **ENEA**.

La scuola ha un'ampia terrazza e cortili interni.



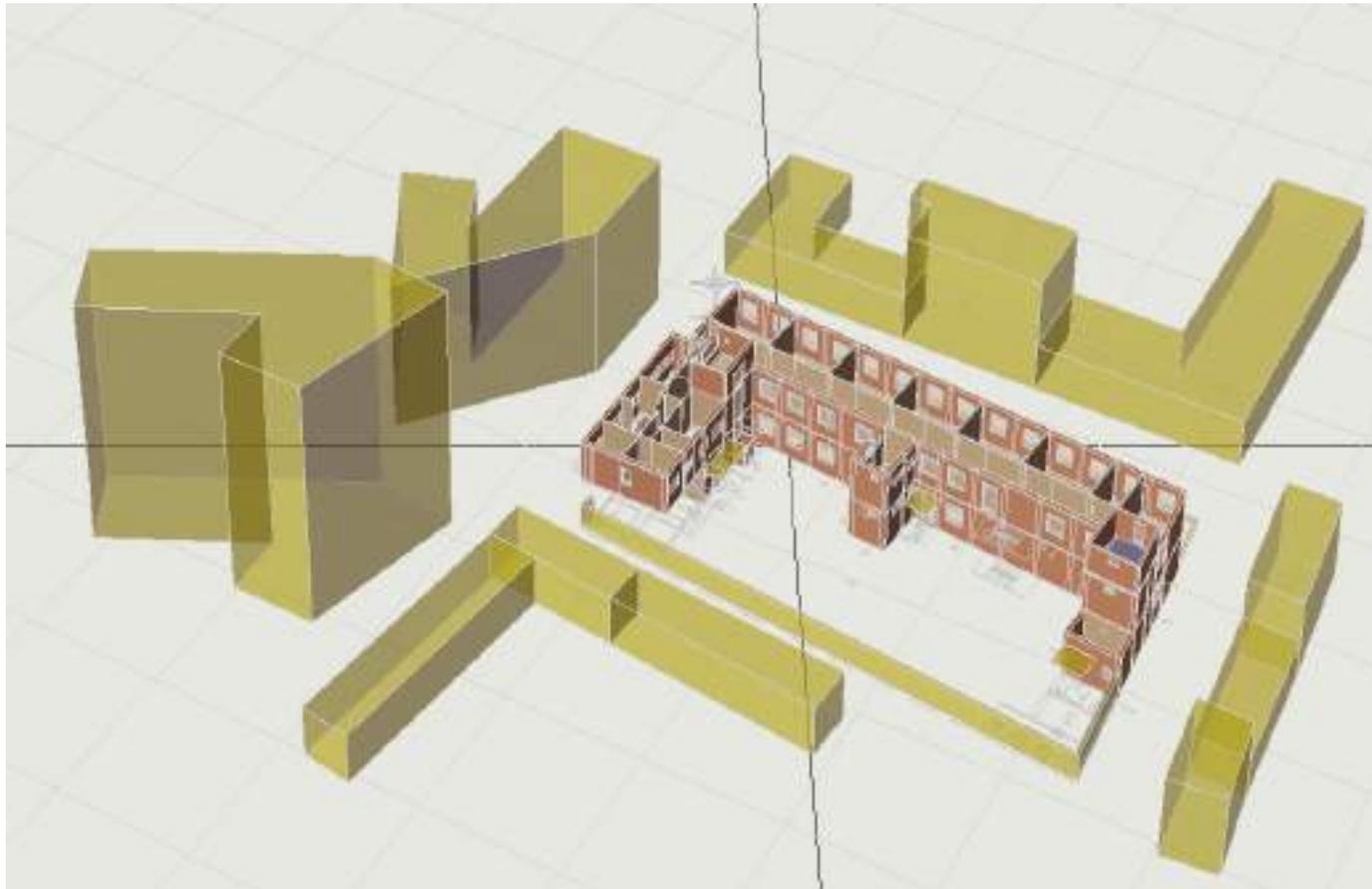
Caso 3 – Rischio contagio per una scuola polifunzionale

Le planimetrie e i prospetti dei due piani sono le seguenti



Caso 3 – Rischio contagio per una scuola polifunzionale

Vista tridimensionale della scuola e degli edifici circostanti



Caso 3 – Rischio contagio per una scuola polifunzionale

Una sezione tipo della planimetria ci indica le dimensioni tipiche delle aule: **7,75x5,80x3,5 m** con un volume di **158 m³**.



Ogni aula ha due finestre con dimensioni **2x2 m**, con infissi in legno e vetro semplice da 5 mm.

Caso 3 – Rischio contagio per una scuola polifunzionale

Impianti esistenti sono idronici con fan coil pensili o a pavimento, a seconda dei casi. Le finestre sono a **vetro semplice con infissi metallici**.



Caso 3 – Rischio contagio per una scuola polifunzionale

La portata d'aria di **ventilazione naturale** attraverso gli **spifferi e fessure delle finestre**, applicando quando detto a proposito della ventilazione naturale, è data dalla relazione:

$$V_v = L \cdot a \cdot (p_e - p_i)^{0.66}$$

Con i simbolismi e i valori di **a** e Δp date dalle tabelle prima riportate.

Assumendo 2 finestre con dimensioni 2x2 si ha una lunghezza di infiltrazione $L = 16$ m.

Per finestre in legna risulta $a = 0.54$ e Δp risulta pari a 22 Pa (*Condizioni normali, situazione libera, case isolate*).

Pertanto la ventilazione naturale di progetto è:

$$V_v = 16 \times 0,54 \times 22 = 190 \text{ m}^3/\text{h}$$

Pari ad numero di ricambi medio:

$$n = 190/158 = 1,2 \text{ Vol/h}$$

Per una scuola elementare il numero di ricambi orari indicato dal D.M. 1975 e pari a **2.5 Vol/h** e per le scuole medie **3.5 Vol/h**. Ne consegue che, in assenza di apertura delle finestre (quando è possibile) si ha un **ricambio orario equivalente** a meno di $\frac{1}{2}$ per le elementari e a **1/3** per le medie.

Assumeremo questi valori per i calcoli del rischio di contagio.

Caso 3 – Rischio contagio per una scuola polifunzionale

Le simulazioni saranno distinte per i due casi:

1. **Aule per scuola elementare;**
2. **Aule per scuola media.**

Per le aule di **scuola elementare** si considereranno le seguenti ipotesi per i ricambi orari:

1. $n=0$ *nessun ricambio orario;*
2. $n=1.2$ *ricambio orario per sole infiltrazioni da spifferi e fessure nelle finestre;*
3. $n=2.5$ *ricambi orari previsti dal D.M. 1975 per le scuole elementari;*

Per le aule di **scuola media** si considereranno le seguenti ipotesi per i ricambi orari:

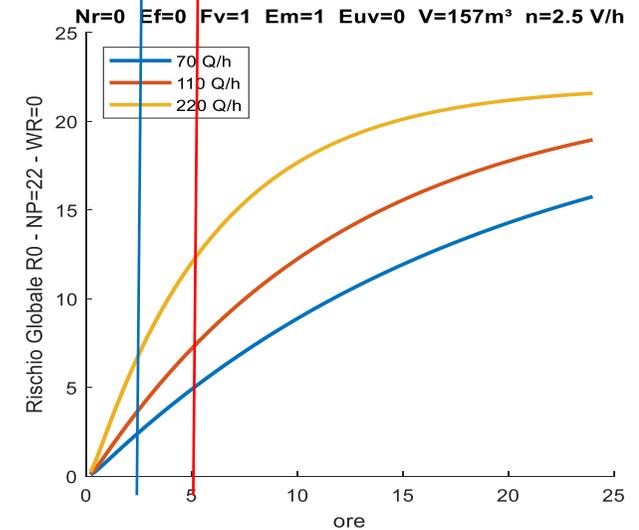
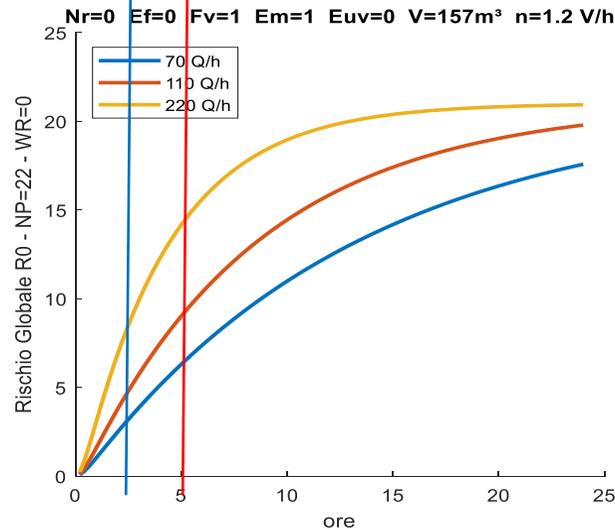
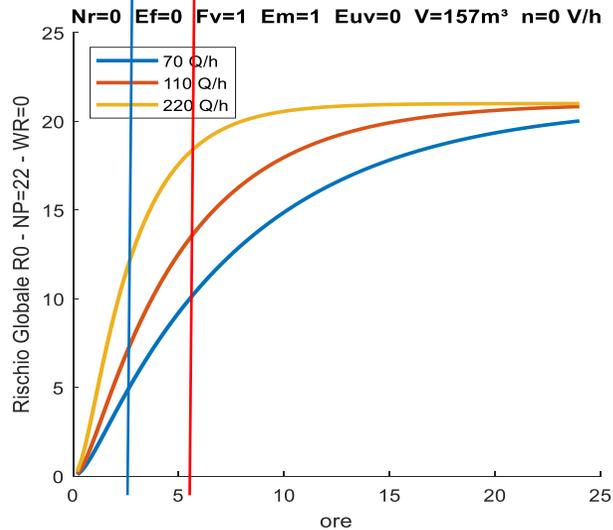
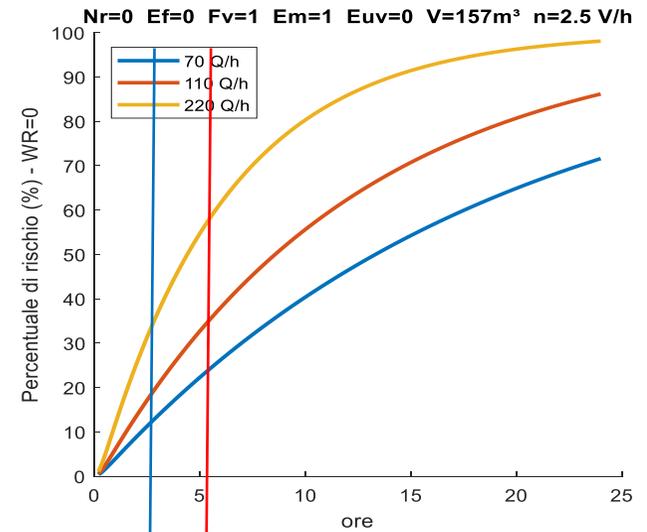
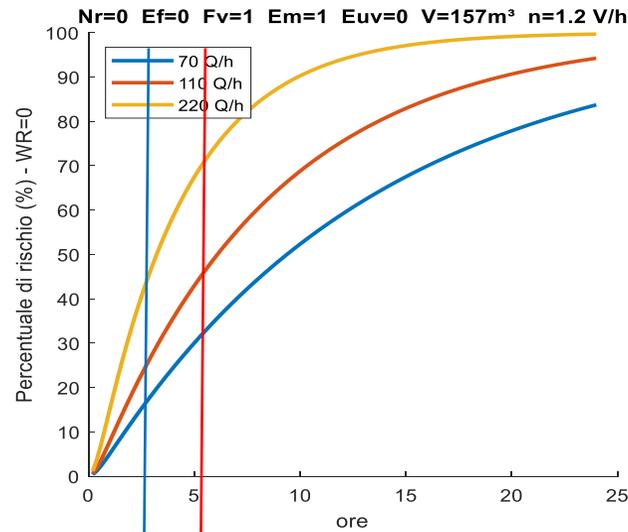
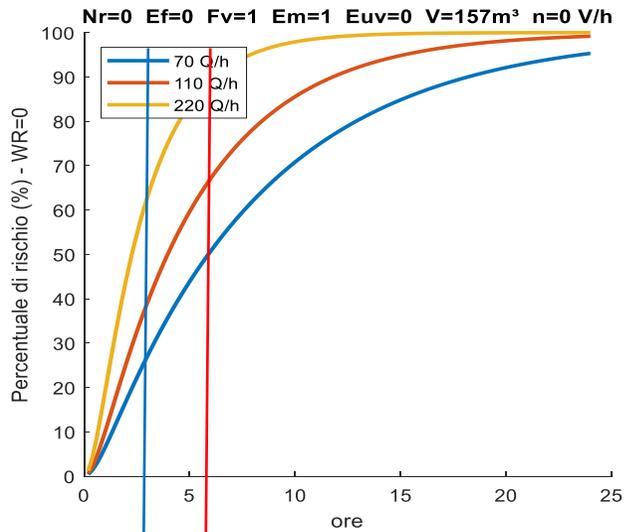
1. $n=0$ *nessun ricambio orario;*
2. $n=1.2$ *ricambio orario per sole infiltrazioni da spifferi e fessure nelle finestre;*
3. $n=3.5$ *ricambi orari previsti dal D.M. 1975 per le scuole medie.*

Nel caso di impianti a fan coil si ha solo ricircolo d'aria a **1 Vol/h**, in base ai dati di targa e le velocità delle ventole. In una prima fase si ipotizza un'occupazione di **2 m²/alunno**, 22 alunni per classe. La respirazione degli alunni delle elementari è posta pari a **0.48 m³/h**, per la media **0.5 m³/h** in considerazione dell'attività leggera svolta in classe.

Gli attuali fan coil non hanno un sistema di filtrazione efficiente e si considera scarsa la manutenzione. Si ipotizza che si possano cambiare i fan coil con nuovi modelli dotati di filtri efficienti e lampada U.V.

Caso 3 – Rischio contagio per una scuola polifunzionale

Sola ventilazione naturale senza e con fan coil senza filtro ($2 \text{ m}^2/\text{alunno}$)



Caso 3 – Rischio contagio per una scuola polifunzionale

Considerando le ipotesi prima enunciate per il caso di ventilazione naturale e fan coil vecchio tipi con **2 m²/alunno** di occupazione si hanno le seguenti considerazioni:

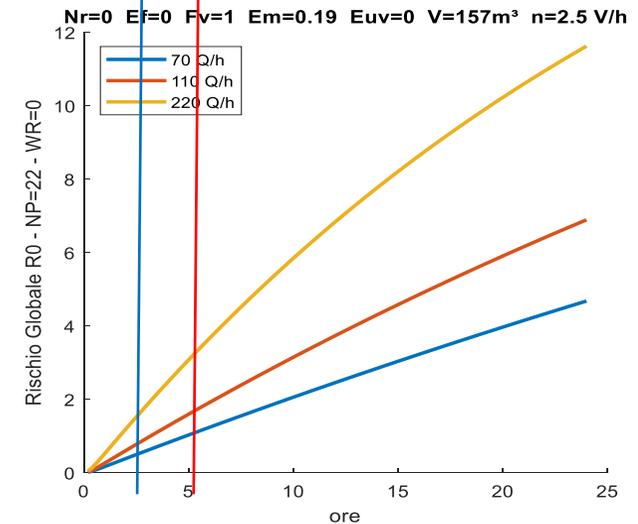
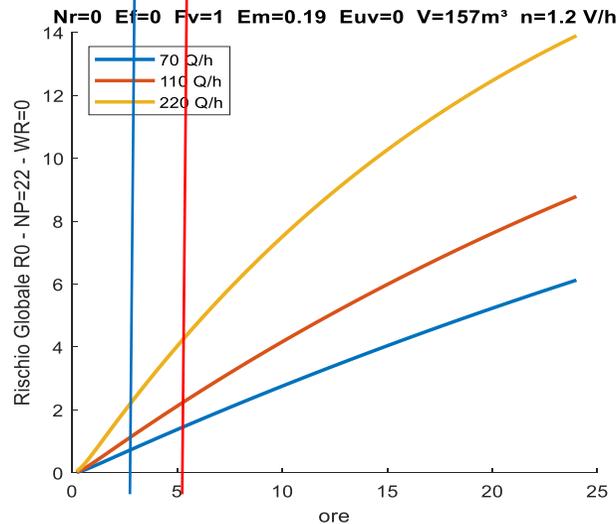
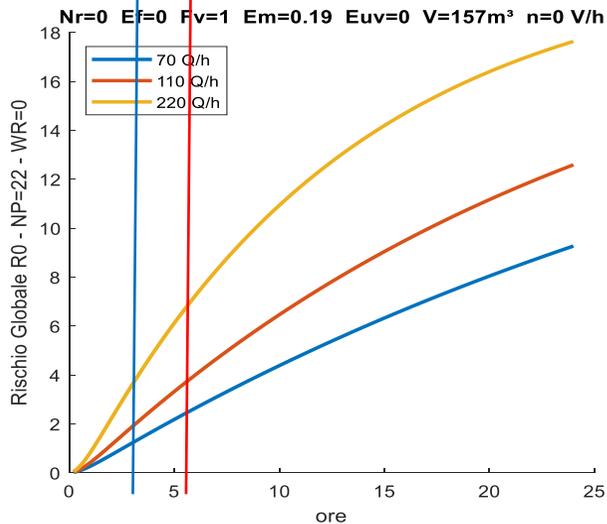
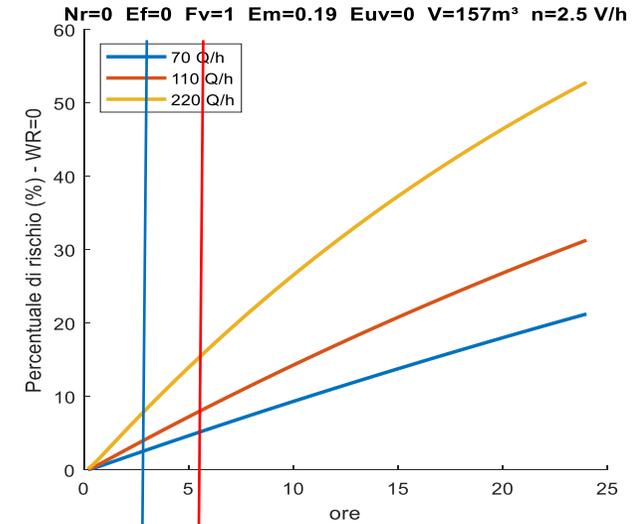
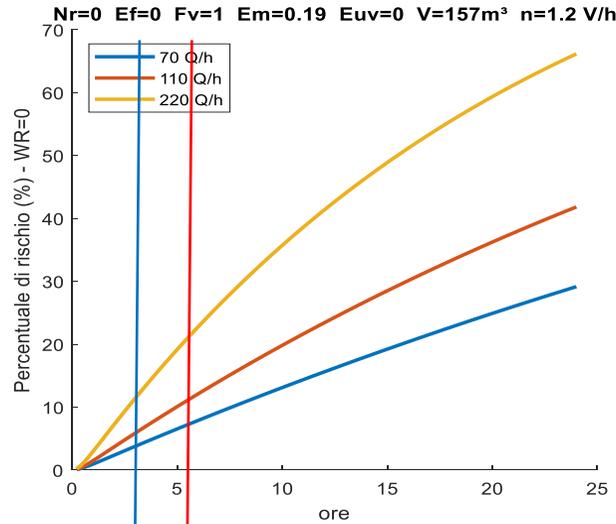
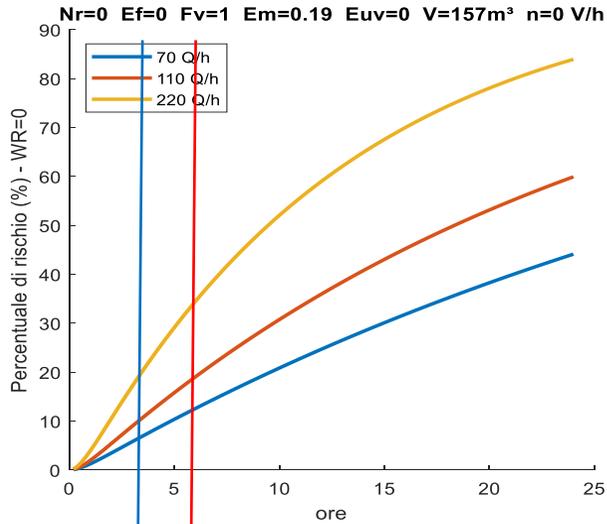
- Con impianto spento e sola ventilazione naturale ridotta si hanno probabilità di contagio dell'**50%** per bassa produzione di quanta e **92%** per alta produzione di quanta;
- Con impianto acceso con solo ricircolo, senza filtri e lampade U.V. e sola ventilazione naturale per bassa produzione di quanta si ha un rischio del **31%** e per alta produzione **72%**;
- Con impianto acceso con solo ricircolo, senza filtri e lampade U.V. e ventilazione naturale di **2.5 Vol/h** per bassa produzione di quanta si ha un rischio del **22%** e per alta produzione **57%**.

Quanto sopra rilevato conferma un **elevato rischio da contagio** per tutte e tre le ipotesi. Sia con ventilazione naturale ridotta (reale) che con ventilazione naturale migliorata e pari a quella di norma di **2.5 Vol/h**, senza filtri adeguati e senza mascherina si hanno rischi elevati per gli alunni.

In queste condizioni non è consigliabile utilizzare le aule scolastiche.

Caso 3 – Rischio contagio per una scuola polifunzionale

Sola ventilazione naturale e fan coil senza filtro e mascherine protettive, 22 alunni



Caso 3 – Rischio contagio per una scuola polifunzionale

Considerando le ipotesi prima enunciate per il caso di ventilazione naturale e fan coil vecchio tipo, **con mascherina**, con **2 m²/alunno** di occupazione si hanno le seguenti considerazioni:

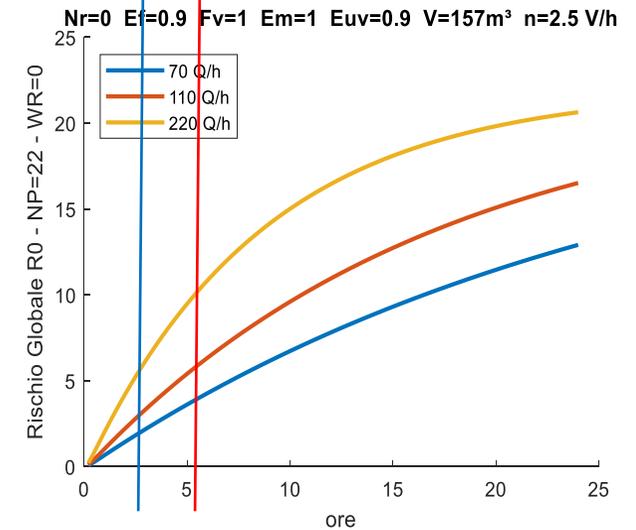
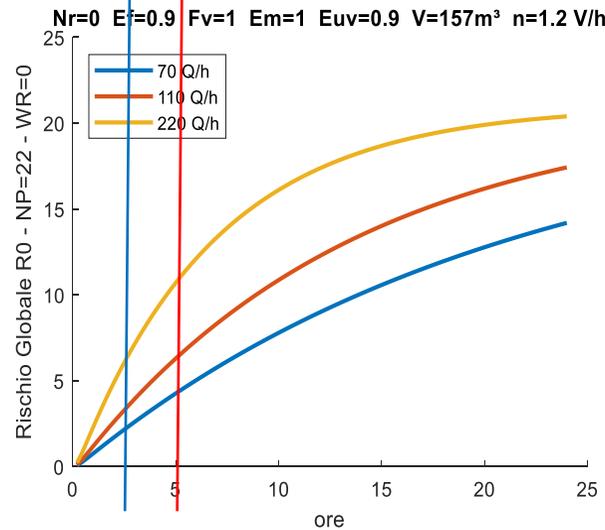
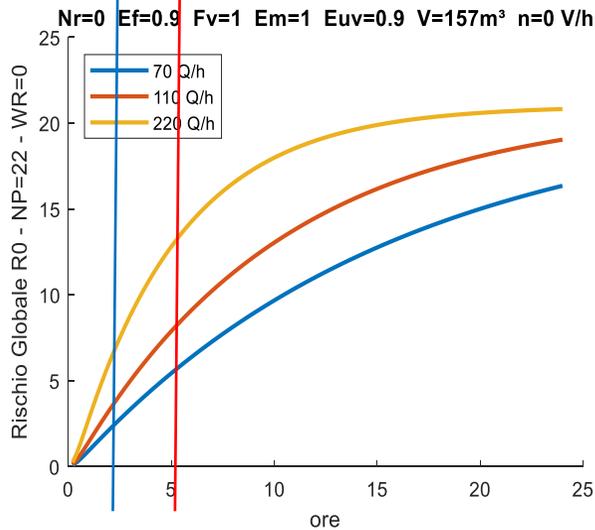
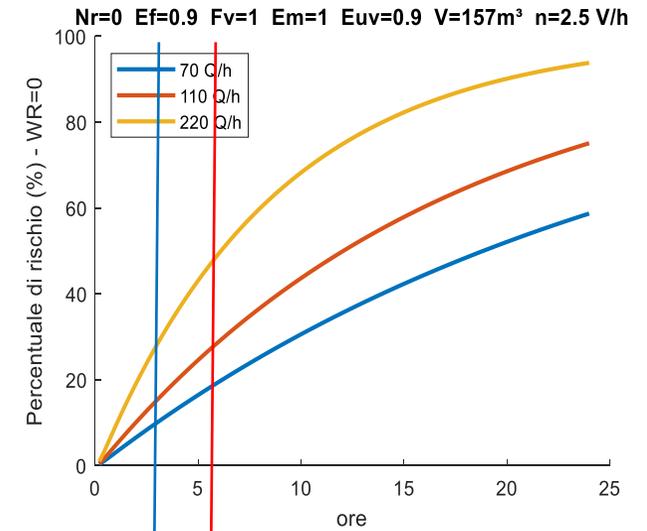
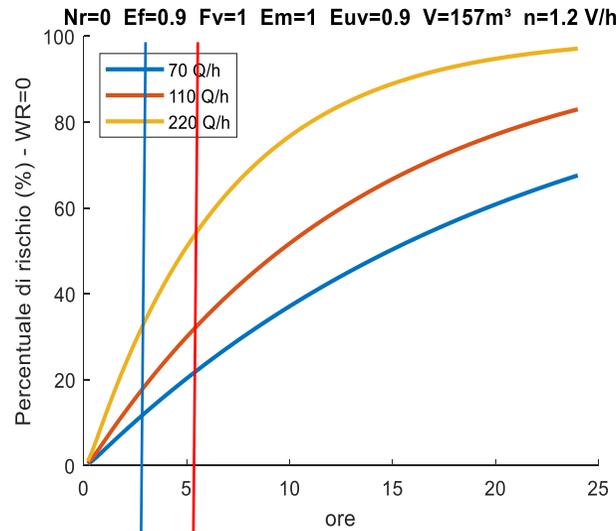
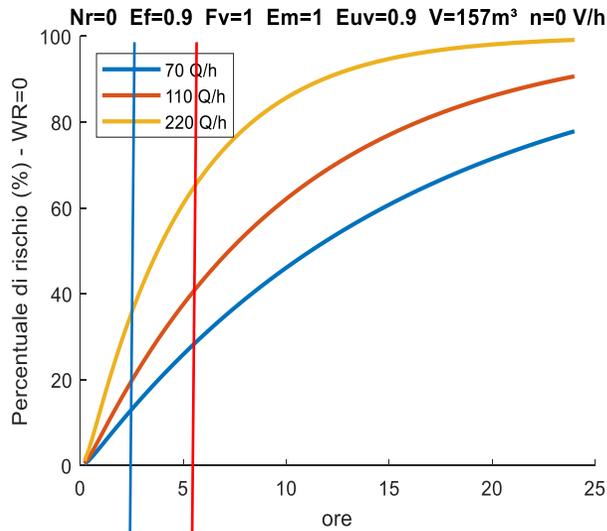
- Con impianto spento e sola ventilazione naturale ridotta si hanno probabilità di contagio del **11%** per bassa produzione di quanta e **32%** per alta produzione di quanta;
- Con impianto acceso con solo ricircolo, senza filtri e lampade U.V. e sola ventilazione naturale per bassa produzione di quanta si ha un rischio del **7%** e per alta produzione **22%**;
- Con impianto acceso con solo ricircolo, senza filtri e lampade U.V. e ventilazione naturale di **2.5 Vol/h** per bassa produzione di quanta si ha un rischio del **6%** e per alta produzione **14%**.

Quanto sopra rilevato conferma ancora un **sensibile rischio** da contagio per tutte e tre le ipotesi. Sia con ventilazione naturale ridotta (reale) che con ventilazione naturale migliorata e pari a quella di norma di **2.5 Vol/h**, senza filtri adeguati ma **con mascherina** si hanno ancora rischi sensibili per gli alunni, specialmente per elevata produzione di quanta.

In queste condizioni è consigliabile utilizzare le aule scolastiche con molta cautela.

Caso 3 – Rischio contagio per una scuola polifunzionale

Sola ventilazione naturale e fan coil di nuova generazione con filtri 0.9 e lampade U.V. (0.9)



Caso 3 – Rischio contagio per una scuola polifunzionale

Considerando le ipotesi prima enunciate per il caso di ventilazione naturale e fan coil di nuova generazione con filtro 0.9 e lampade U,V 0.9, senza **mascherina**, con **2 m²/alunno** di occupazione si hanno le seguenti considerazioni:

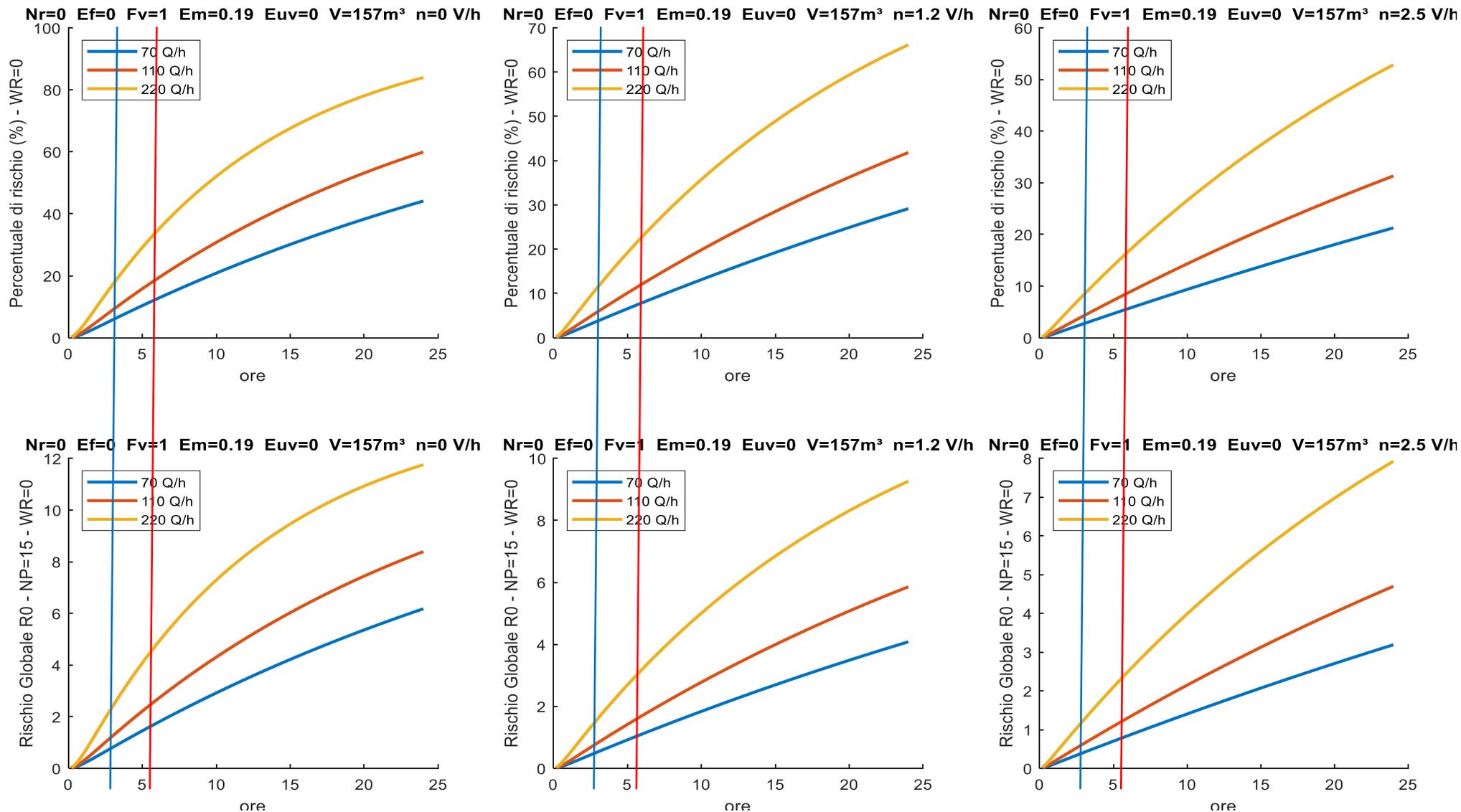
- Con impianto spento e sola ventilazione naturale ridotta si hanno probabilità di contagio del **30%** e **65%** per bassi e alti valori dei quanta;
- Con impianto acceso con solo ricircolo, filtri e lampade U.V. e sola ventilazione naturale per bassa produzione di quanta si ha un rischio del **21%** e per alta produzione **53%**;
- Con impianto acceso con solo ricircolo, senza filtri e lampade U.V. e ventilazione naturale di **2.5 Vol/h** per bassa produzione di quanta si ha un rischio dello **19%** e per alta produzione **49%**.

Sia con ventilazione naturale ridotta (reale) che con ventilazione naturale migliorata e pari a quella di norma di **2.5 Vol/h**, utilizzando fan coil di nuova costruzione con filtri adeguati, lampade U.V. ma **senza mascherina** si hanno rischi ancora **sensibili** per gli alunni, specialmente per elevata produzione di quanta.

In queste condizioni non possono essere utilizzare le aule scolastiche.

Caso 3 – Rischio contagio per una scuola polifunzionale

Ventilazione naturale, impianti fan coil esistenti, $3 \text{ m}^2/\text{alunno}$, con mascherina



Caso 3 – Rischio contagio per una scuola polifunzionale

Considerando le ipotesi prima enunciate per il caso di ventilazione naturale e fan coil esistenti, **con mascherina**, con 3 **m²/alunno** di occupazione si hanno le seguenti considerazioni:

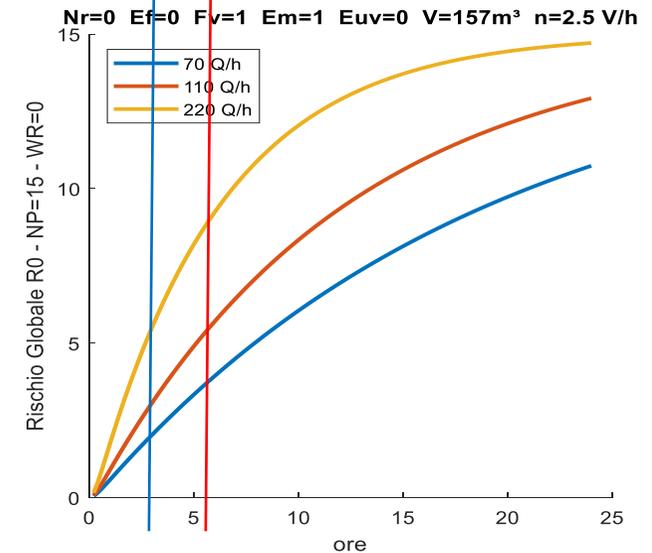
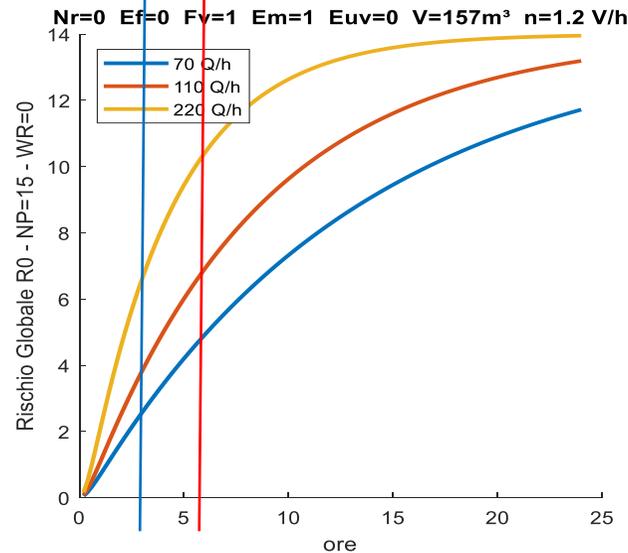
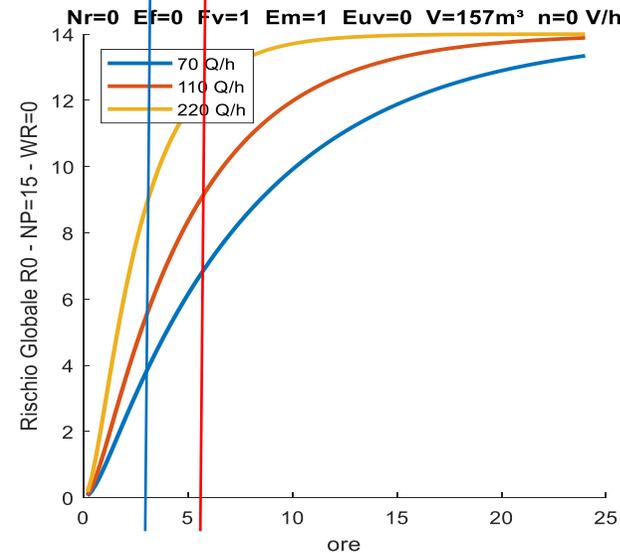
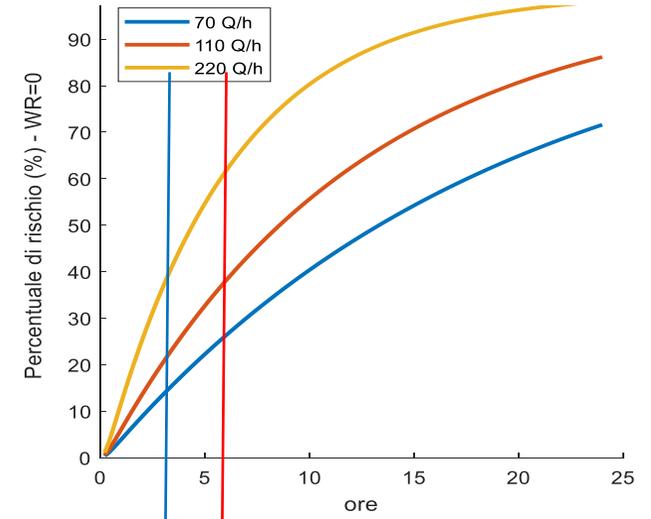
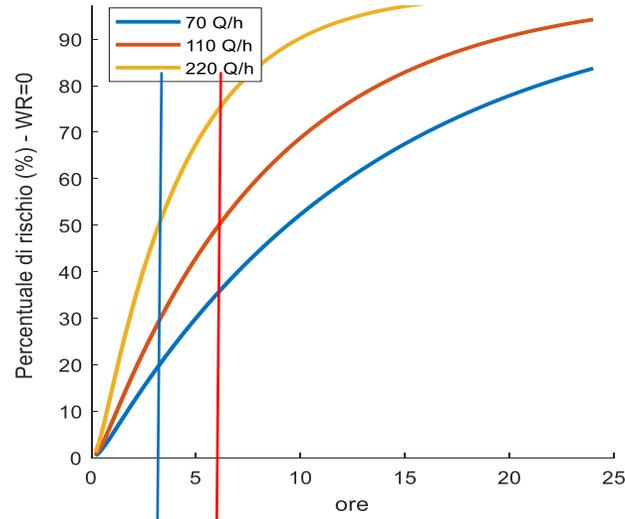
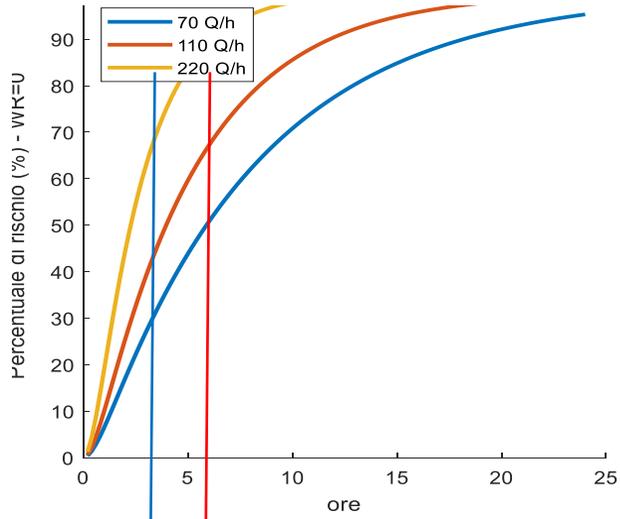
- Con impianto spento e sola ventilazione naturale ridotta si hanno probabilità di contagio del **11%** per bassi valori dei quanta e **37%** per alti valori dei quanta;
- Con impianto acceso con solo ricircolo, senza filtri e lampade U.V. e sola ventilazione naturale ed uso della **mascherina** per bassa produzione di quanta si ha un rischio del **7%** e per alta produzione **24%**;
- Con impianto acceso con solo ricircolo, senza filtri e lampade U.V. e ventilazione naturale di **2.5 Vol/h** per bassa produzione di quanta si ha un rischio dello **5%** e per alta produzione **14%**.

Sia con ventilazione naturale ridotta (reale) che con ventilazione naturale migliorata e pari a quella di norma di 2.5 Vol/h, utilizzando fan coil di vecchia costruzione e **con mascherina** si hanno rischi bassi ma che destano attenzione per gli alunni, specialmente per elevata produzione di quanta.

In queste condizioni possono essere utilizzare con molta attenzione le aule scolastiche.

Caso 3 – Rischio contagio per una scuola polifunzionale

Ventilazione naturale e fan coil vecchio tipo con $3 \text{ m}^2/\text{alunno}$ senza ricircolo.



Caso 3 – Rischio contagio per una scuola polifunzionale

Considerando le ipotesi prima enunciate per il caso di ventilazione naturale e fan coil vecchio tipi con **3 m²/alunno** di occupazione si hanno le seguenti considerazioni:

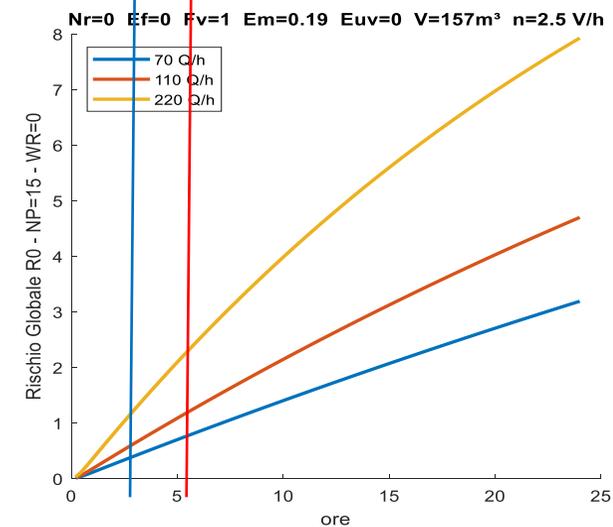
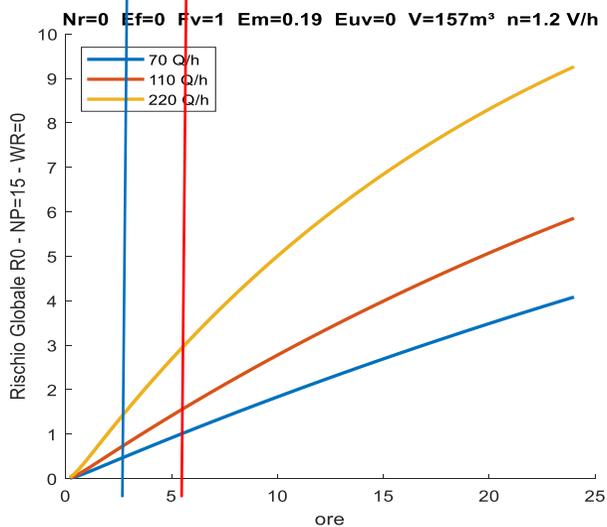
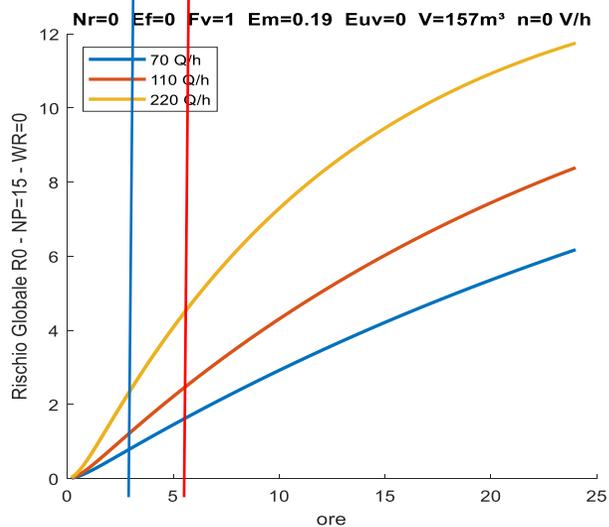
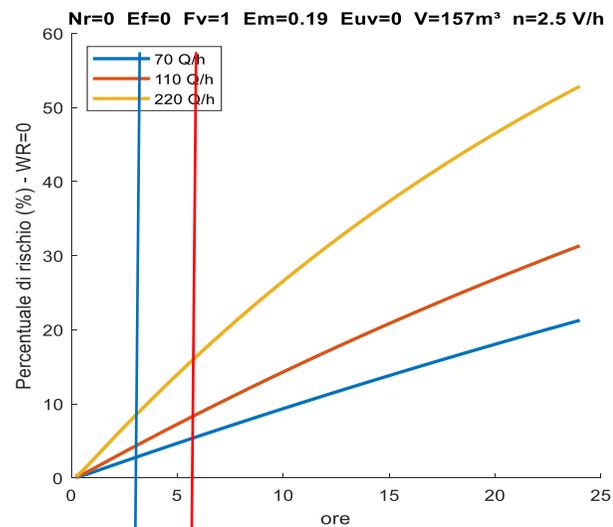
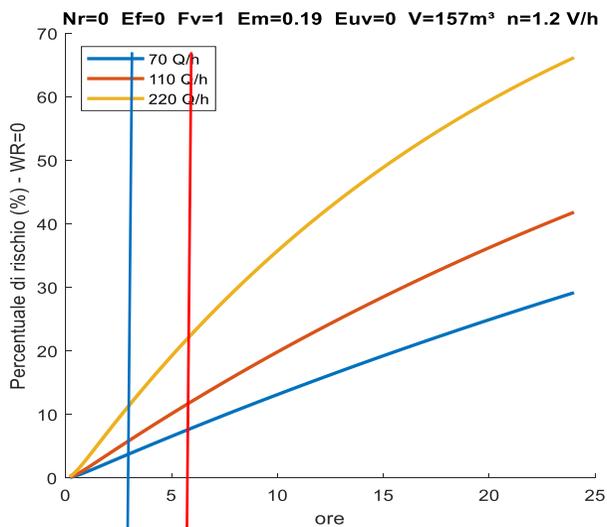
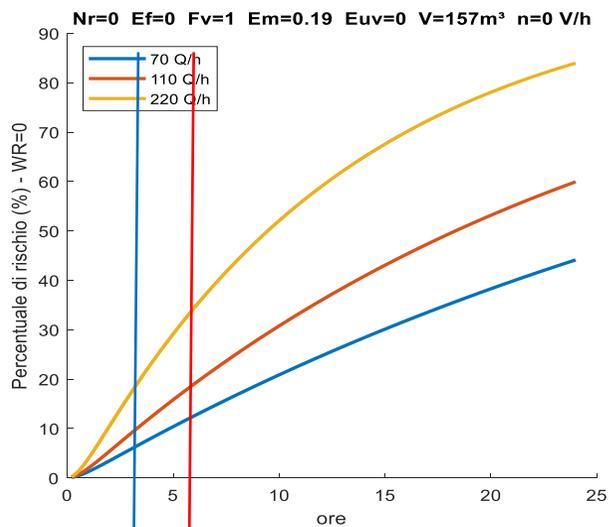
- Con impianto spento e sola ventilazione naturale ridotta si hanno probabilità di contagio dell'**52%** per bassa produzione di quanta e **90%** per alta produzione di quanta;
- Con impianto acceso con solo ricircolo, senza filtri e lampade U.V. e sola ventilazione naturale per bassa produzione di quanta si ha un rischio del **36%** e per alta produzione **75%**;
- Con impianto acceso con solo ricircolo, senza filtri e lampade U.V. e ventilazione naturale di **2.5 Vol/h** per bassa produzione di quanta si ha un rischio del **26%** e per alta produzione **63%**.

Quanto sopra rilevato conferma un elevato rischio da contagio per tutte e tre le ipotesi. Sia con ventilazione naturale ridotta (reale) che con ventilazione naturale migliorata e pari a quella di norma di **2.5 Vol/h**, senza filtri adeguati e senza mascherina si hanno rischi elevati per gli alunni.

In queste condizioni non è possibile utilizzare le aule scolastiche.

Caso 3 – Rischio contagio per una scuola polifunzionale

Ventilazione naturale, impianti fan coil esistenti, $3 \text{ m}^2/\text{alunno}$, con mascherina



Caso 3 – Rischio contagio per una scuola polifunzionale

Considerando le ipotesi prima enunciate per il caso di ventilazione naturale e fan coil vecchio tipi con **3 m²/alunno** di occupazione e **con mascherina** si hanno le seguenti considerazioni:

- Con impianto spento e sola ventilazione naturale ridotta si hanno probabilità di contagio del **11%** per bassa produzione di quanta e **35%** per alta produzione di quanta;
- Con impianto acceso con solo ricircolo, senza filtri e lampade U.V. e sola ventilazione naturale per bassa produzione di quanta si ha un rischio del **7%** e per alta produzione **22%**;
- Con impianto acceso con solo ricircolo, senza filtri e lampade U.V. e ventilazione naturale di **2.5 Vol/h** per bassa produzione di quanta si ha un rischio del **5%** e per alta produzione **16%**.

Quanto sopra rilevato conferma ancora un elevato rischio da contagio per tutte e tre le ipotesi. Sia con ventilazione naturale ridotta (reale) che con ventilazione naturale migliorata e pari a quella di norma di **2.5 Vol/h**, senza filtri adeguati e senza mascherina si hanno rischi mediamente elevati per gli alunni.

In queste condizioni è consigliabile utilizzare con cautela le aule scolastiche.

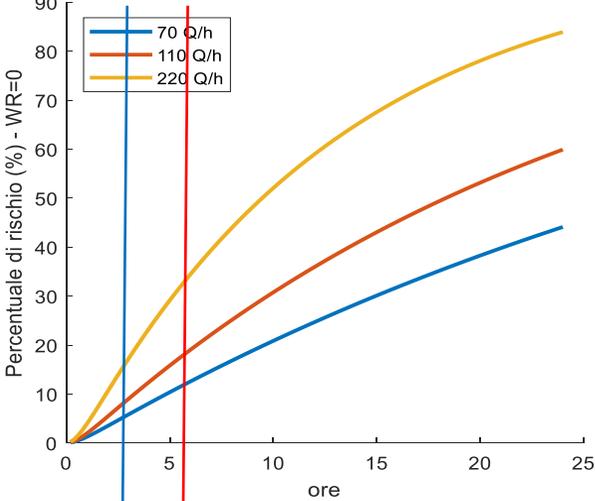
Le simulazioni con numero ridotto di alunni dimostrano come il rischio personale rimanga invariato rispetto al caso con maggior numero di alunni.

Questo spiega il senso delle circolari ministeriali sull'apertura delle scuole che, non facendo alcun affidamento sugli impianti quasi sempre inesistenti, affida la sicurezza solo alle regole di **distanziamento** (1 m fra gli alunni) e **all'utilizzo obbligatorio delle mascherine**.

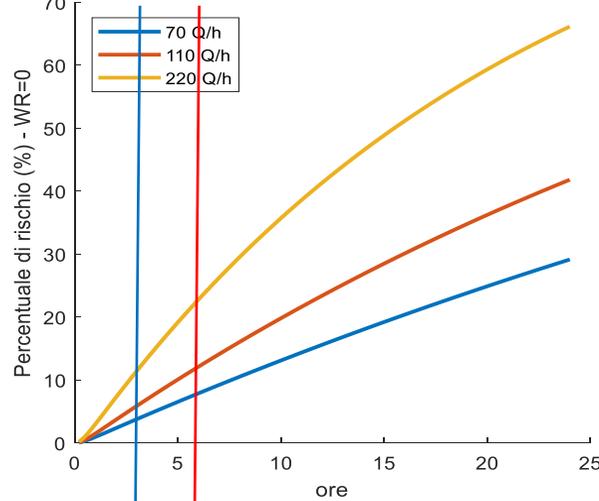
Caso 3 – Rischio contagio per una scuola polifunzionale

Ventilazione naturale, impianti fan coil nuovi, $4 \text{ m}^2/\text{alunno}$ (11 alunni), con mascherina

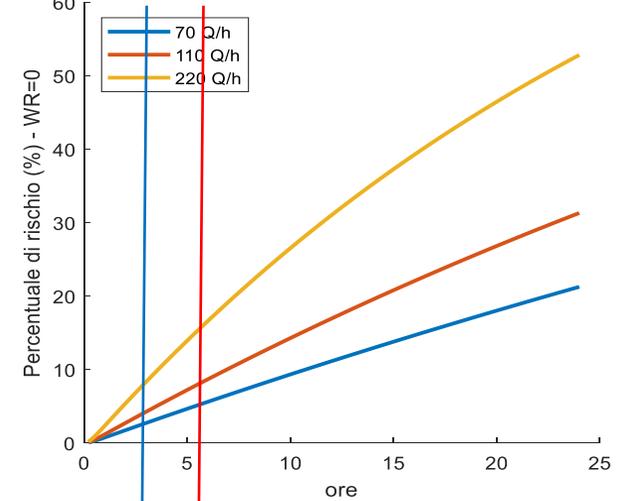
Nr=0 Ef=0.99 Fv=1 Em=0.19 Euv=0.9 V=157m³ n=0 V/h



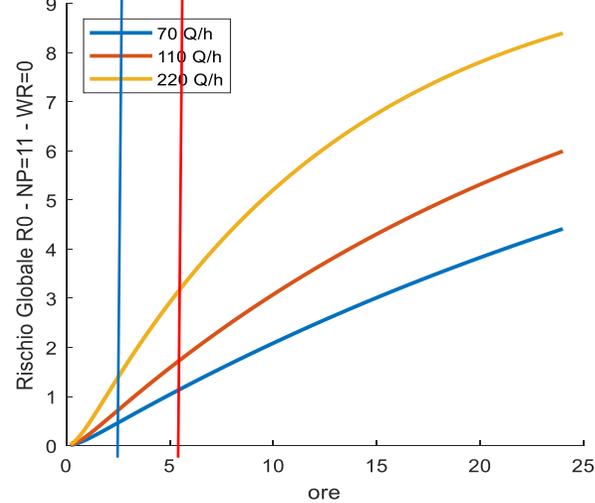
Nr=0 Ef=0.99 Fv=1 Em=0.19 Euv=0.9 V=157m³ n=1.2 V/h



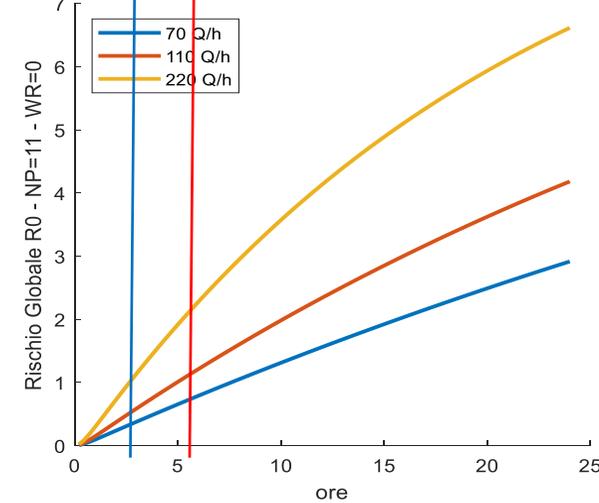
Nr=0 Ef=0.99 Fv=1 Em=0.19 Euv=0.9 V=157m³ n=2.5 V/h



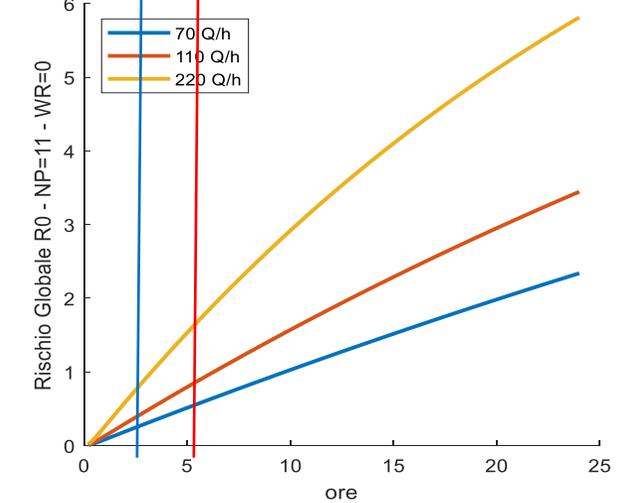
Nr=0 Ef=0.99 Fv=1 Em=0.19 Euv=0.9 V=157m³ n=0 V/h



Nr=0 Ef=0.99 Fv=1 Em=0.19 Euv=0.9 V=157m³ n=1.2 V/h



Nr=0 Ef=0.99 Fv=1 Em=0.19 Euv=0.9 V=157m³ n=2.5 V/h



Caso 3 – Rischio contagio per una scuola polifunzionale

Considerando le ipotesi prima enunciate per il caso di ventilazione naturale e fan coil nuova tecnologia (filtro 0.9, lampade U.V. 0.9), **con mascherina**, con **4 m²/alunno** di occupazione si hanno le seguenti considerazioni:

- Con impianto spento e sola ventilazione naturale ridotta si hanno probabilità di contagio del **10.2%** per bassa produzione di quanta e **33%** per alta produzione di quanta;
- Con impianto acceso con solo ricircolo, senza filtri e lampade U.V., con mascherina e sola ventilazione naturale per bassa produzione di quanta si ha un rischio del **7%** e per alta produzione **22%**;
- Con impianto acceso con solo ricircolo, senza filtri e lampade U.V. e ventilazione naturale di **2.5 Vol/h** per bassa produzione di quanta si ha un rischio del **4.5%** e per alta produzione **15%**.

Quanto sopra rilevato conferma la presenza di un **rischio da contagio ancora sensibile** per le due ultima ipotesi. Sia con ventilazione naturale ridotta (reale) che con ventilazione naturale migliorata e pari a quella di norma di **2.5 Vol/h**, senza filtri adeguati e con mascherina si hanno rischi bassi per gli alunni.

In queste condizioni è ipotizzabile utilizzare con cautela le aule scolastiche.

In tutte le simulazioni precedenti si osserva che la rimodulazione dell'orario scolastico con un massimo di 3 ore di permanenza ridurrebbe molto il rischio di contagio sia individuale che globale.

Caso 3 – Rischio contagio per una scuola polifunzionale - Conclusioni

Quanto fin qui osservato per le aule di una scuola elementare priva di impianto di ventilazione di aria esterna e con **sola ventilazione naturale** (per altro insufficiente rispetto a quanto indicato dalle norme) attraverso spifferi attraverso le finestre ci permette di fare le seguenti osservazioni conclusive:

- **Non è possibile utilizzare le aule scolastiche per la scuola elementare con la sola ventilazione naturale** (per altro del tutto casuale a causa della variabilità delle condizioni ambientali esterne) senza l'ausilio della ventilazione di ricircolo interna generata dai fan coil;
- **Il rischio di contagio è elevato anche con l'esercizio dell'impianto a fan coil senza filtri e lampade U.V. e l'utilizzo delle mascherine;**
- Le suddette conclusioni valgono per un'occupazione di **2 o di 3 m²/alunno** con impianti di vecchia tecnologia **non forniti di adeguata filtrazione e senza lampade U.V. battericida** di nuova concezione.
- L'esercizio delle attività scolastiche nelle aule con **sola ventilazione naturale**, seppure non conforme alle attuali norme, è possibile solo **cambiando i fan coil di vecchio tipo con nuovi aventi filtri adeguati e lampade U.V.** L'utilizzo delle **mascherina** migliora sensibilmente la situazione riducendo la probabilità di contagio a valori minimi e comunque accettabili.
- Le ultime osservazioni valgono anche incrementando l'area di occupazione a **4 m²/alunno;**
- **Non è possibile utilizzare le aule** nel caso di ventilazione naturale e riscaldamento con radiatori o piastre in acciaio perché mancherebbe anche l'apporto del ricircolo interno.

Caso 3 bis – Rischio contagio per una scuola Media

Se le aule (*delle stesse dimensioni*) non verificano la riduzione del rischio di contagio per le **scuole elementari** (*che richiedono 2.5 Vol/h di ricambi orari per il D.M. 1975*) a maggior ragione non verificheranno per la **scuola media** (*che richiede 3.5 Vol/h di ricambi orari per il D.M. 1975*) e per la scuole superiori e università (*che richiedono 5 Vol/h di ricambi orari per il D.M. 1975*).

Si completa l'attuale **Caso Studio** con due sole simulazioni per la stessa aula con dimensioni **7,75x5,80x3,5** m con un volume di **158 m³**.

Le due finestre consentono di avere per sola infiltrazione, tramite spifferi e fessure delle finestre, una portata di ventilazione di aria esterna fresca pari a **190 m³/h**.

Il rapporto con il volume fornisce sempre un ricambio di **1.2 Vol/h** che, rapportato ai **3.5 Vol/h** di norma, significa circa **1/3 del ricambio fisiologico necessario**.

Per una scuola superiore si avrebbe un rapporto **1.2/5= 0,24**, cioè circa ¼ della ventilazione necessaria per norma.

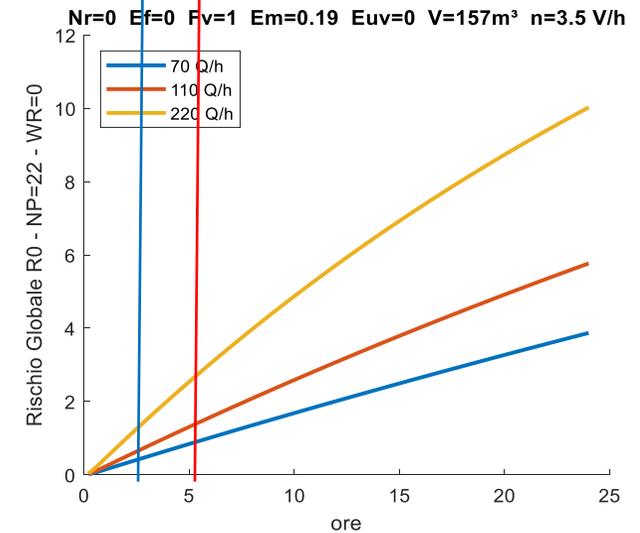
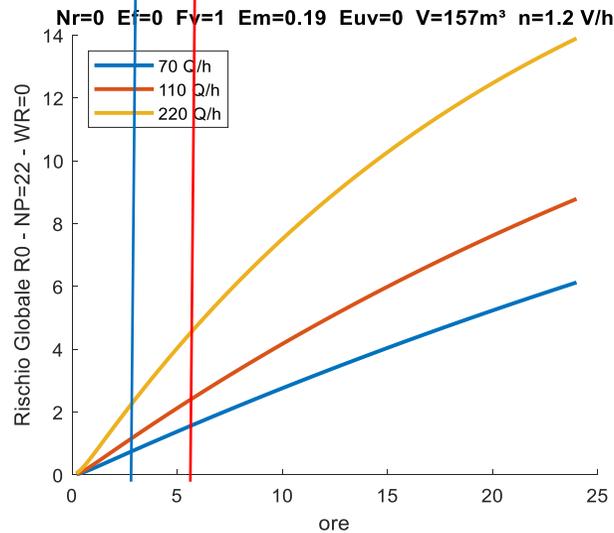
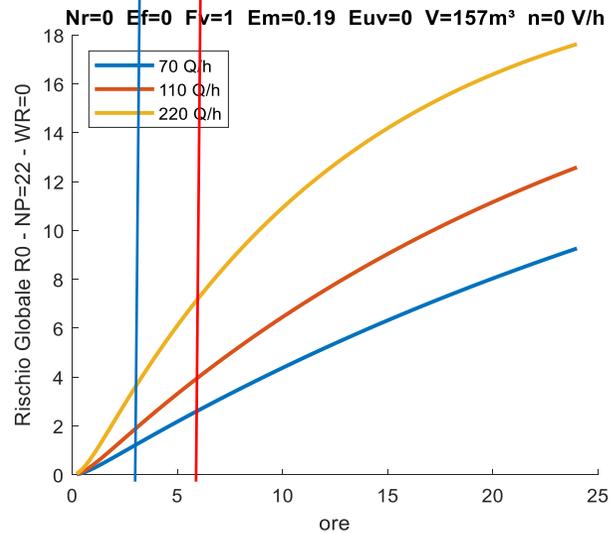
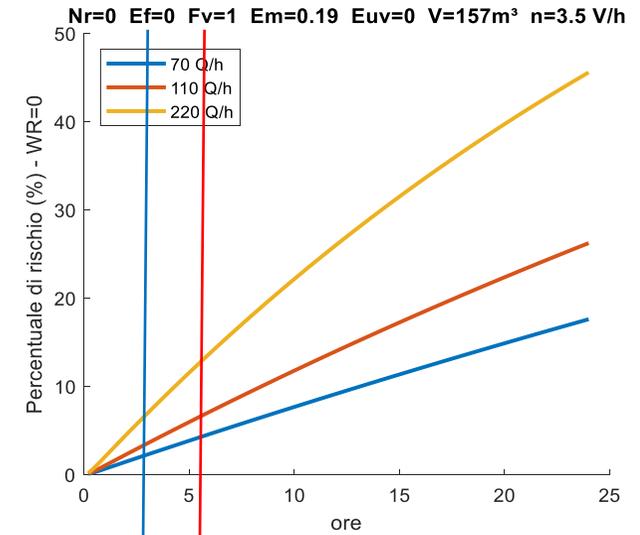
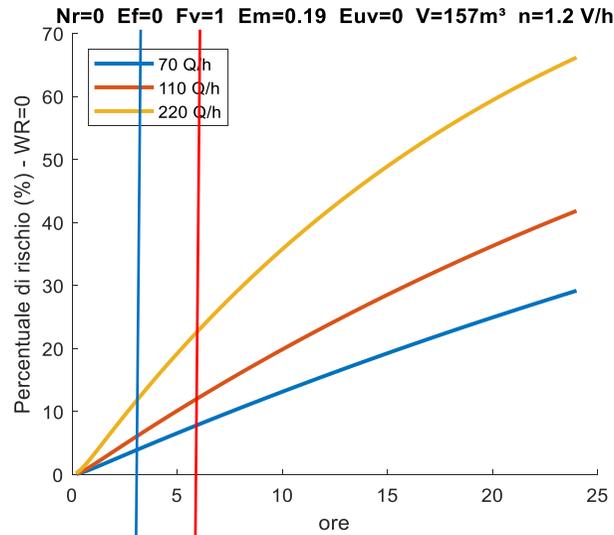
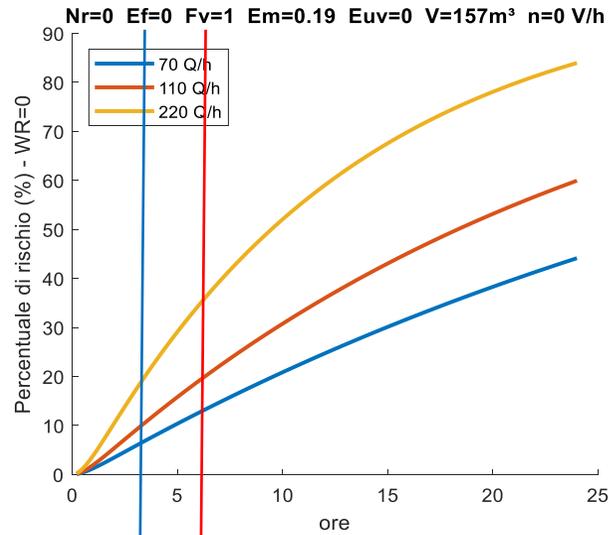
Si considerano, per semplicità, solamente i seguenti casi:

- Ventilazione naturale con impianto a fan coil esistenti e mascherina di protezione;
- Ventilazione naturale con impianto a fan coil di nuova generazione e mascherina di protezione.

Valgono tutte le considerazioni fatte in precedenza per le scuole elementari. L'attività respiratoria è pari a **0.5 m³/h**. Le occupazioni di area sono sempre **2 e 3 m²/alunno**.

Caso 3 bis – Rischio contagio per una scuola Media

Ventilazione naturale con fan coil esistenti e mascherine di protezione, $2 \text{ m}^2/\text{alunno}$.



Caso 3 bis – Rischio contagio per una scuola Media

Considerando le ipotesi per il caso di ventilazione naturale, fan coil vecchio tipo, **con mascherina**, con **2 m²/alunno** di occupazione si hanno le seguenti considerazioni:

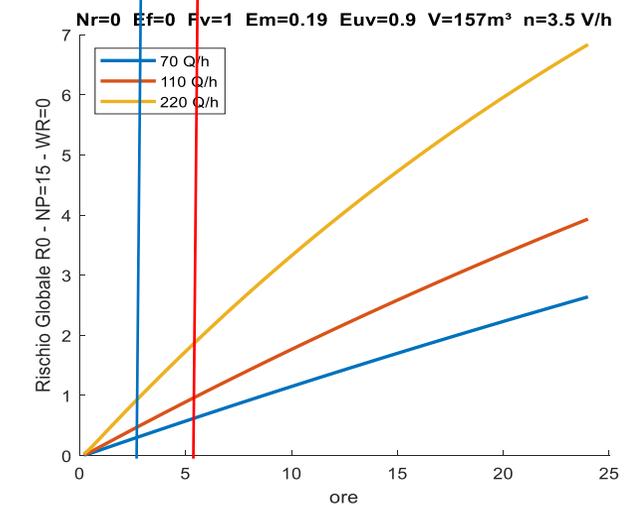
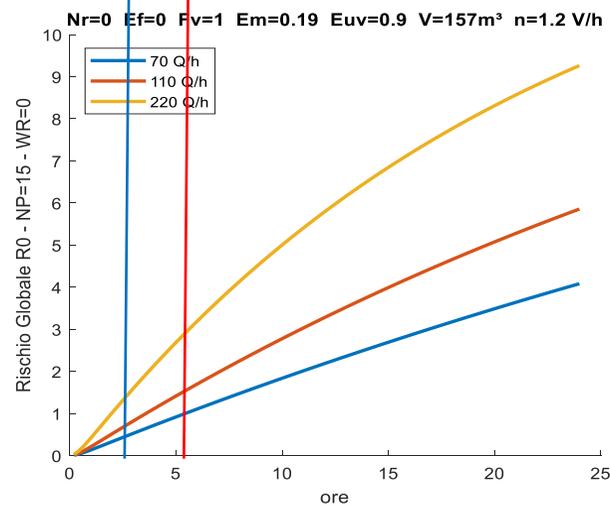
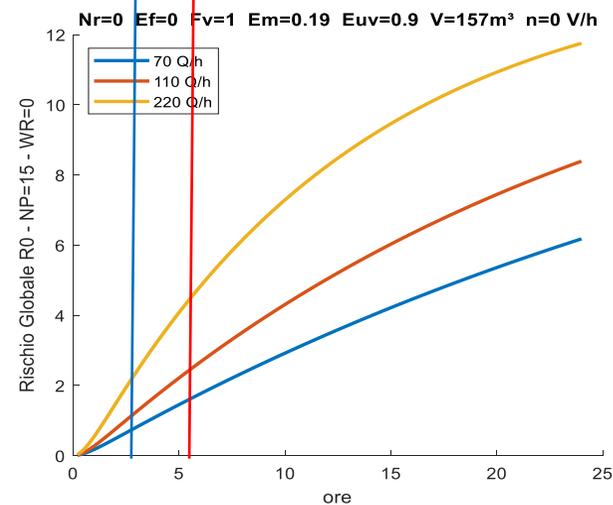
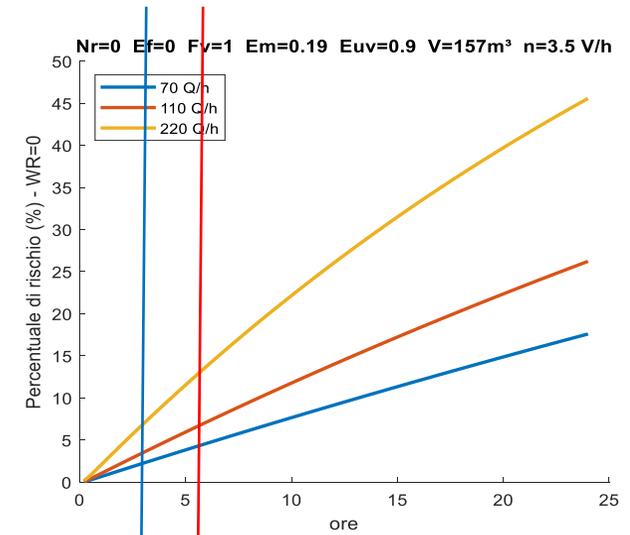
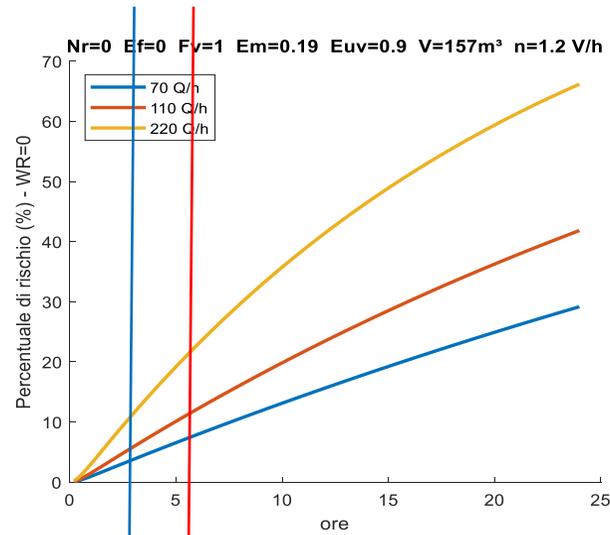
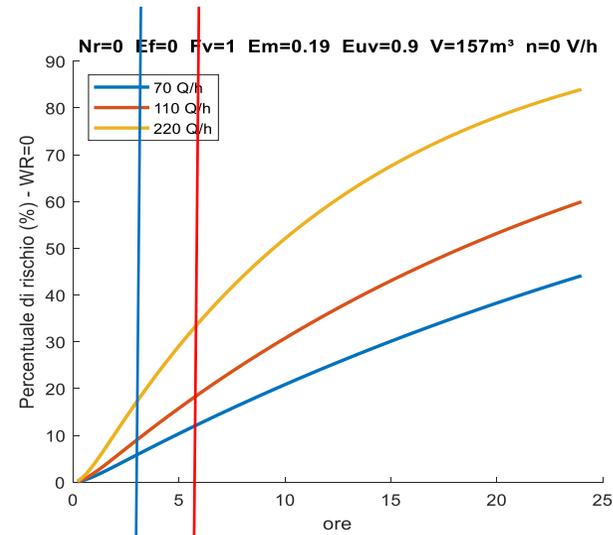
- Con impianto spento e sola ventilazione naturale ridotta si hanno probabilità di contagio del **11%** per bassa produzione dei quanta e **35%** per alta produzione di quanta;
- Con impianto acceso con solo ricircolo, senza filtri e lampade U.V. e sola ventilazione naturale per bassa produzione di quanta si ha un rischio del **8%** e per alta produzione **23%**;
- Con impianto acceso con solo ricircolo, senza filtri e lampade U.V. e ventilazione naturale di **3.5 Vol/h** per bassa produzione di quanta si ha un rischio del **4%** e per alta produzione **14%**.

Quanto sopra rilevato conferma ancora un rischio moderato ma ancora sensibile di contagio per tutte e tre le ipotesi. Sia con ventilazione naturale ridotta (reale) che con ventilazione naturale migliorata e pari a quella di norma di **3.5 Vol/h**, senza filtri adeguati ma **con mascherina** si hanno ancora rischi sensibili per gli alunni, specialmente per elevata produzione di quanta.

In queste condizioni va valutata con attenzione (data l'aleatorietà della ventilazione naturale) la possibilità di utilizzare le aule scolastiche.

Caso 3 bis – Rischio contagio per una scuola Media

Ventilazione naturale con fan coil di nuova generazione con filtri 0.9 e U.V 0.9 e mascherine di protezione, $3 \text{ m}^2/\text{alunno}$.



Caso 3 bis – Rischio contagio per una scuola Media

Considerando le ipotesi per il caso di ventilazione naturale, fan coil di nuova generazione con filtro 0.9 e lampade U,V, 0.9, **con mascherina**, con **2 m²/alunno** di occupazione si hanno le seguenti considerazioni:

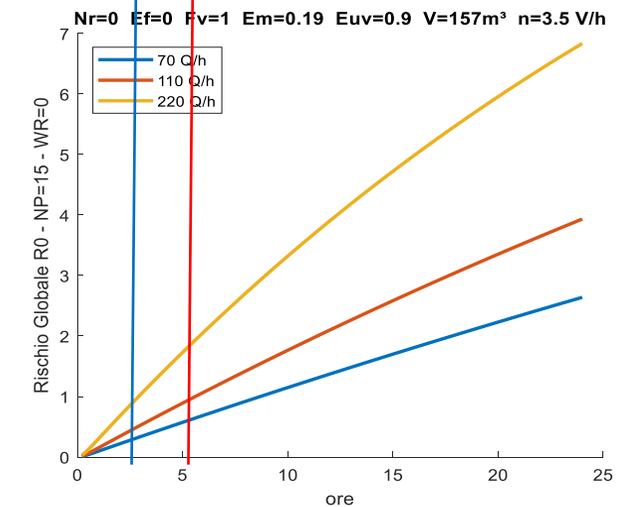
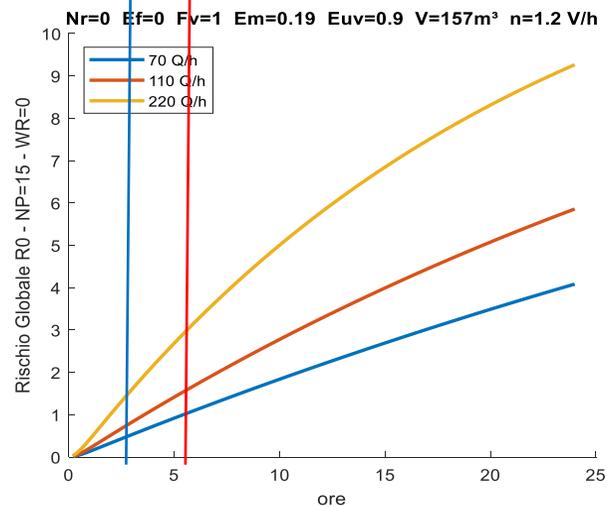
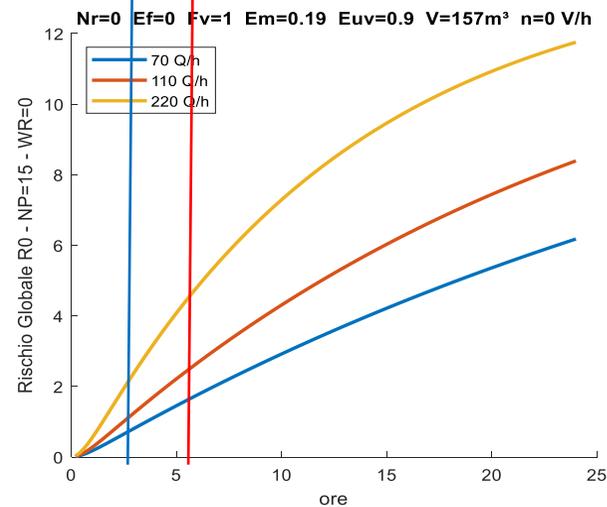
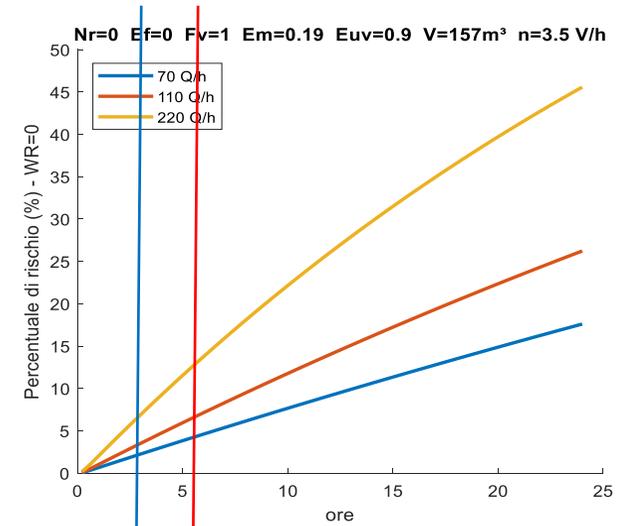
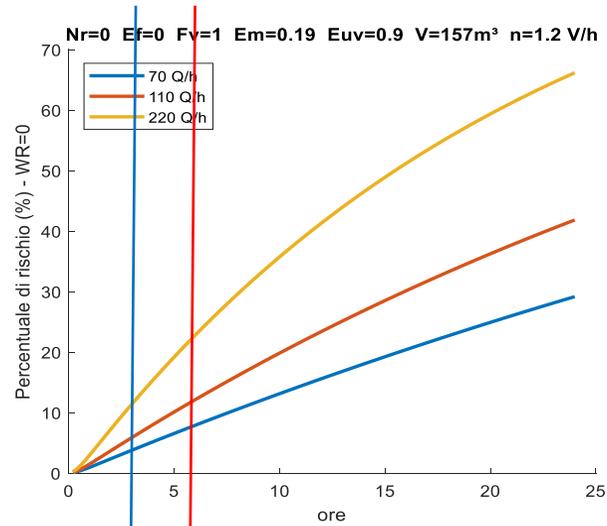
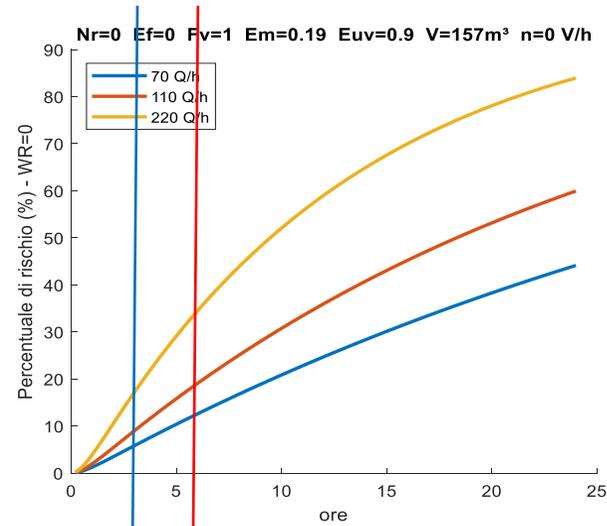
- Con impianto spento e sola ventilazione naturale ridotta si hanno probabilità di contagio del **11%** per bassa produzione dei quanta e del **35%** per alta produzione dei quanta;
- Con impianto acceso con solo ricircolo, con filtri e lampade U.V. e sola ventilazione naturale per bassa produzione di quanta si ha un rischio del **8%** e per alta produzione **22%**;
- Con impianto acceso con solo ricircolo, senza filtri e lampade U.V. e ventilazione naturale di **1.5 Vol/h** per bassa produzione di quanta si ha un rischio del **3,5%** e per alta produzione **14%**.

Quanto sopra rilevato conferma ancora un rischio abbastanza basso di contagio per le ultime due ipotesi. Sia con ventilazione naturale ridotta (reale) che con ventilazione naturale migliorata e pari a quella di norma di **3.5 Vol/h**, con filtri adeguati e U.V. e **con mascherina** si hanno rischi sufficientemente bassi per gli alunni, specialmente per elevata produzione di quanta.

In queste condizioni (sempre in considerazione dell'aleatorietà della ventilazione naturale) vi è la possibilità limitata e cautelare di utilizzare le aule scolastiche.

Caso 3 bis – Rischio contagio per Numero studenti variabile

Ventilazione naturale e fan coil nuovi filtri (0.9) e lampade U.V. (0.9) e **mascherine** (0.85).
Occupazione **4 m²/studente**.



Caso 3 bis – Rischio contagio per una scuola Media

Considerando le ipotesi per il caso di ventilazione naturale, fan coil di **nuova generazione** con filtro 0.9 e lampade U,V, 0.9, **con mascherina**, con 4 **m²/alunno** di occupazione si hanno le seguenti considerazioni:

- Con impianto spento e sola ventilazione naturale ridotta si hanno probabilità di contagio del **12%** per bassa produzione dei quanta e del **35%** per alta produzione dei quanta;
- Con impianto acceso con solo ricircolo, con filtri e lampade U.V. e sola ventilazione naturale per bassa produzione di quanta si ha un rischio del **8%** e per alta produzione **24%**;
- Con impianto acceso con solo ricircolo, senza filtri e lampade U.V. e ventilazione naturale di **1.5 Vol/h** per bassa produzione di quanta si ha un rischio del **4%** e per alta produzione **14%**.

Quanto sopra rilevato conferma ancora un rischio abbastanza basso di contagio per le ultime due ipotesi. Sia con ventilazione naturale ridotta (reale) che con ventilazione naturale migliorata e pari a quella di norma di 3.5 Vol/h, con filtri adeguati e U.V. e **con mascherina** si hanno rischi sufficientemente bassi per gli alunni, specialmente per elevata produzione di quanta.

In queste condizioni (sempre in considerazione dell'aleatorietà della ventilazione naturale) vi è la possibilità controllata e di utilizzare le aule scolastiche.

Conclusioni sull'utilizzo delle aule scolastiche

I risultati ottenuti nelle simulazioni precedenti portano ad una serie di conclusioni valide per l'utilizzo delle aule scolastiche di ogni ordine e grado in Italia.

Considerato che il parco degli edifici scolastici è **obsoleto**, costruito in gran parte dopo la guerra e prima che entrasse in vigore il **D.M. 1975** per le scuole che fissava il numero di ricambi orari minimi, e che anche gli edifici costruiti fino al 2000 hanno spesso, soprattutto nelle regioni meridionali, **assenza di ventilazione forzata**, si possono far valere le considerazioni fatte per le aule scolastiche per elementari e scuole medie.

Gli edifici scolastici italiani: la fotografia

Gli edifici scolastici del Paese non sembrano rispondere alle esigenze future degli studenti e dell'istruzione. L'età media dei fabbricati è di 52 anni, risultano in molti casi inadeguati sia dal punto di vista della sicurezza che della sostenibilità ambientale.

Secondo il Rapporto sull'Edilizia Scolastica della **Fondazione Agnelli** pubblicato da Editori Laterza, sono **39.079 gli edifici scolastici** attivi e sono abitati quotidianamente da circa 8 milioni di studenti, un milione di docenti e oltre 200.000 amministrativi, tecnici e ausiliari (ATA).

La grande stagione dell'edilizia scolastica si è sviluppata dal 1958 al 1983 con oltre 800 edifici all'anno e **due edifici su tre** sono stati costruiti **prima del 1976**.

Per il 59% degli edifici (quasi 23.000) si conosce con precisione l'anno di costruzione, per il 37% (14.600) è invece nota solo l'epoca storica, rimane un 4% circa di edifici scolastici presenti nell'Anagrafe dell'Edilizia Scolastica (AES) del Miur per i quali, tuttavia, non si dispone di alcuna informazione circa l'origine, in numeri assoluti si tratta di circa 1.500 edifici "senza età".

Conclusioni sull'utilizzo delle aule scolastiche

Per decenni, direi da sempre, l'osservanza delle norme tecniche e dei decreti sugli impianti è sempre stata di secondaria importanza rispetto alle esigenze architettoniche e strutturali.

La necessità di un **controllo**, con **pareri vincolanti e assoluti**, dei progetti architettonici da parte dei **Comuni**, delle strutture in calcestruzzo armato da parte del **Genio Civile**, delle opere antincendio da parte dei **Vigili del Fuoco** e della compatibilità storica da parte della Soprintendenza ai **BB.CC.AA.** ha privilegiato tutte le opere edili tranne quelle impiantistiche. Le norme attuali prevedono solo il deposito senza approvazione presso i Comuni ed un controllo statistico, per altro realizzato in casi sporadici e solo in alcune regioni del Nord.

Gli impianti hanno connaturati alcuni **lati negativi che li rendono poco accetti ai progettisti architettonici, alla committenza pubblica e agli stessi proprietari privati:**

- **Sono invasivi** e quindi richiedono la previsione in progetto di spazi tecnici per le centrali termiche, per i cavedi, per i cunicoli, per le apparecchiature impiantistiche. Molto spesso i progettisti architettonici sono infastiditi dalle richieste degli impiantisti perché, secondo loro, sconvolgono i loro piani creativi. Diciamolo francamente: ***ancora oggi si progettano edifici solo curando pavimenti, soffitti, pareti, porte e finestre, esattamente come faceva oltre 2000 anni fa Vitruvio;***
- **Sono costosi**, specialmente se si desiderano prestazioni conformi alle norme per il risparmio energetico, per la qualità dell'aria e il comfort termo-igrometrico. Il costo degli impianti è sempre considerato eccessivo e si preferisce scegliere soluzioni minimali, più economiche e certamente meno efficienti. Si scelgono gli impianti che costano meno!

Conclusioni sull'utilizzo delle aule scolastiche

Pensare di utilizzare le aule scolastiche nelle attuali condizioni è un'utopia. Occorrono investimenti rilevanti per rimettere a norma gli impianti esistenti, non solo per la ventilazione meccanica ma anche per il risparmio energetico.

Negli edifici senza ventilazione primaria, e quindi con ventilazione affidata solamente alle infiltrazioni dagli infissi o dalle porte, c'è poco da sperare: **non soddisfano i requisiti per la riduzione del rischio di contagio da corona virus.**

Come si è dimostrato occorrerebbe creare una ventilazione forzata aggiuntiva e sostituire i radiatori o i fan coil obsoleti con altri di nuova generazione dotati di filtri ad alta efficienza) e **muniti di un dispositivo germicida di ultima generazione con lampada germicida ad effetto foto-catalitico.**

Si tratta di dover spendere decine e forse centinaia di migliaia di euro per ogni scuola, con tempi lunghi sia per le autorizzazioni che per l'esecuzione dei lavori.



Conclusioni sull'utilizzo delle aule scolastiche

I decreti ministeriali per la riapertura delle scuole **non fanno alcun riferimento sugli effetti benefici della ventilazione**. Il ministero sa bene che la quasi totalità delle scuole italiane sono state costruite da decenni e che la maggior parte di esse **non hanno impianti di ventilazione forzata**.

La **ventilazione naturale** viene attuata quasi regolarmente ed esclusivamente e in modo saltuario nelle zone climatiche più miti (**Sud Italia**) mentre risulta problematica nelle zone climatiche più fredde (**Nord Italia**) dove, tuttavia, proprio quelle condizioni climatiche rigide hanno favorito l'inserimento di impianti di climatizzazione con ventilazione forzata.

I volumi ridotti delle aule e l'elevato numero di alunni presenti, in superfici limitate di qualche decina di m², **attenuano molto gli effetti della ventilazione**, specialmente quella esistente basata su sistemi datati, non dotati di sistemi di filtrazione ad alta efficienza e di lampade U.V. o sistemi similari.

Il **refurbishment** degli impianti esistenti o l'installazione di sistemi di ventilazione aggiuntivi (ammesso che si trovino gli spazi per installarli), sarebbe **molto costoso** e, nel momento di crisi attuale, **non realizzabile**. Qualcosa si potrebbe fare con gli interventi **nZEB** per le scuole ma anche in questo caso i fondi sono limitati e solo poche scuole potrebbero usufruirne.

Restano possibili solamente le **misure di contenimento di breve distanza** imponendo una distanza minima (**da bocca a bocca**) fra gli alunni di **1 metro** e l'utilizzo **obbligatorio delle mascherine**.

Conclusioni sull'utilizzo delle aule scolastiche

Naturalmente si tratta ancora una volta di misure di ripiego che fondano il loro effetto nel rispetto assoluto delle regole. Tuttavia,

- **Chi può garantire che questo avvenga nelle scuole?**
- **Chi può essere sicuro che gli alunni non siano più vivaci e spesso non controllabili come sempre?**
- **Chi può garantire che gli alunni con febbre restino a casa per almeno 3 giorni se la Scuola è considerata sempre più un parcheggio dei nostri figli?**
- **Chi può garantire che in aula non ci siano alunni che gridano o professori costretti a urlare per sovrastare il chiacchiericcio nelle aule?**
- **Chi potrà garantire la distanza «da bocca a bocca» di almeno 1 m senza tener conto del movimento continuo che hanno gli alunni?**

Desideriamo tutti una riapertura regolare delle scuole ma, nelle attuali situazioni delle sedi scolastiche, non possiamo restare tranquilli e fiduciosi che tutto possa andare per il meglio.

La soluzione adottata dal **Ministero dell'Istruzione** è il classico esempio di «**nozze con i fichi secchi**».

Prima o poi scoppieranno dei casi di positività nelle scuole e l'unica soluzione sarà quella adottata da marzo in poi: la DAD cioè la **Didattica a Distanza**. E tutti la considereranno il male minore.

NORME E DECRETI EMESSI IN MATERIA DI MISURE DI CONTENIMENTO DELLA COVID-19

ISTITUTO SUPERIORE DI SANITÀ «MODALITA' DI CONTAGIO INDOTTO DAGLI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE»



Raccomandazioni dell' ISS per la COVID 19

L'Istituto Superiore di Sanità, ISS, ha emesso un notevole numero di raccomandazioni e pubblicazioni scientifiche in occasione della pandemia da **COVID 19**.

L'elenco e la reperibilità completa è disponibile sul sito:

<https://www.iss.it/rapporti-covid-19>

Fra le più significative si ricordano:

- ***Rapporto ISS COVID 19 n 25/2020 del 15/05/2020*** che fornisce «***Raccomandazioni ad interim sulla sanificazione di strutture non sanitarie nell'attuale emergenza COVID-19: superfici, ambienti interni e abbigliamento***»;
- ***Rapporto ISS COVID 19 n 33/2020 del 25/05/2020*** che fornisce «***Indicazioni sugli impianti di ventilazione/climatizzazione in strutture comunitarie non sanitarie e in ambienti domestici in relazione alla diffusione del virus SARS-CoV-2***».
- Le **Raccomandazioni** dell'ISS sono recepite dal **Ministero della Sanità** e da tutti gli enti pubblici e privati interessati alle indicazioni stesse.

Raccomandazione ISS COVID 19 n. 33/2020 del 25/05/2020



Modalità di contagio aerogeno con impianti di climatizzazione

L'ISS produce le seguenti tabelle per il numero di ricambi orari e la trasmissione dei **droplet**

Numero di ricambi d'aria/ora (vol/h)*	Tempo richiesto per una rimozione efficiente pari al 99% delle particelle (in minuti)	Tempo richiesto per una rimozione efficiente pari al 99,9% delle particelle (in minuti)
2	138	207
4	69	104
6	46	69
8	35	52
10	28	41
12	23	35
15	18	28
20	14	21
50	6	8

Clima/stagione	Umidità assoluta esterna	Umidità relativa interna (%)	Stabilità dei virus respiratori	Frazione di droplet nuclei	Sopravvivenza dei virus respiratori	Metodo di trasmissione predominante
Tropicale	Elevata	60-100%	Elevata	Bassa	Elevata	Fomite, contatto diretto e indiretto
Temperato: autunno, primavera	Media	40-60%	Bassa	Bassa	Bassa	Tutti i possibili modi
Temperato: inverno	Bassa	10-40%	Elevata	Elevata	Elevata	Prevalentemente aerogeno

Modalità di contagio aerogeno con impianti di climatizzazione

Per le **UTA**, l'ISS riporta le seguenti prescrizioni

Unità di trattamento aria (UTA)

Le UTA sono dispositivi impiegati nel trattamento e nella circolazione dell'aria all'interno degli edifici, quale parte integrante del sistema di riscaldamento, ventilazione e condizionamento dell'aria (HVAC, acronimo del termine anglosassone *Heating, Ventilation, and Air Conditioning system*).

Sono fondamentalmente costituite da un contenitore in pannelli isolanti con rivestimento metallico, nel quale sono presenti i seguenti elementi, elencati in funzione della loro disposizione prevalente a partire dal punto di ingresso dell'aria sottoposta a trattamento:

- una o più batterie di filtri, costituite da elementi filtranti con grado di filtrazione da grossolano a fine ISO Coarse, ISO ePM₁₀, ISO ePM_{2,5} e ISO ePM₁ (UNI EN ISO 16890); la sostituzione o rigenerazione dell'elemento filtrante deve essere programmata con periodicità adeguata a garantire il corretto esercizio, oppure attuata in relazione all'effettiva usura, mediante monitoraggio della pressione differenziale attraverso il filtro;
- una o più batterie alettate (generalmente rame-alluminio) di riscaldamento e/o di raffreddamento, per il controllo della temperatura e la deumidificazione;
- un umidificatore di tipo evaporativo, a vapore, nebulizzazione, ultrasuoni o pacco bagnato, per l'umidificazione in periodo invernale;
- uno o più ventilatori, per la movimentazione dell'aria trattata;
- altri dispositivi per la regolazione del flusso di aria, il recupero energetico, il controllo del processo, l'attenuazione acustica, nonché eventuali ulteriori stadi di filtrazione HEPA e ULPA.

Le UTA, collocate abitualmente all'interno dell'edificio, in appositi locali tecnici, o sulla copertura, sono normalmente collegate ad un sistema di canalizzazioni di distribuzione dell'aria nell'edificio, nonché alle eventuali canalizzazioni di ripresa. In funzione della modalità operativa (aria primaria o tutt'aria), una parte più o meno significativa dell'aria di ripresa dell'UTA viene ricircolata, mentre è generalmente sempre prevista una quota significativa di aria di rinnovo prelevata all'esterno dell'edificio. In casi particolari, la circolazione dell'aria tra l'edificio e l'UTA avviene direttamente senza canalizzazioni. Una corretta gestione dell'impianto e interventi regolari di pulizia e manutenzione sono i mezzi con cui assicurare la buona qualità dell'aria fornita agli ambienti serviti.

Modalità di contagio aerogeno con impianti di climatizzazione

Per i **fan coil** si hanno le seguenti prescrizioni.

Ventilconvettori o unità terminali idroniche del tipo *fan coil*

I ventilconvettori, noti anche col termine anglosassone di *fan coil*, sono dei terminali per il controllo della temperatura ambiente, ad uso locale, costituiti da un filtro grossolano per l'aria, uno scambiatore di calore alettato per il riscaldamento o il raffreddamento dell'aria, un ventilatore e una vaschetta di raccolta per lo scarico della condensa eventualmente prodotta in fase di raffreddamento. I componenti sono racchiusi in un mobiletto dotato di griglie per l'ingresso e l'uscita dell'aria. I ventilconvettori sono situati all'interno o in prossimità dello spazio da condizionare con immissione diretta dell'aria nella zona o attraverso canalizzazione di modesta estensione. Trattano esclusivamente l'aria presente nei singoli locali dell'edificio.

I ventilconvettori si distinguono in:

- **dispositivi a bassa pressione** (prevalenza), privi di canalizzazione; sono dotati di filtri grossolani, ISO Coarse, (tipicamente G3, in grado di trattenere dall'80% al 90% del particolato);
- **dispositivi ad alta pressione** (prevalenza), concepiti per l'utilizzo di canalizzazioni di mandata e ripresa; possono essere dotati di filtri a media efficienza (tipicamente fino a M6, in grado di trattenere tra il 55% e il 65% di materiale particolato PM_{2,5} e del 60 % di PM10).

I ventilconvettori devono essere sottoposti ad interventi di pulizia e manutenzione al fine di prevenire la contaminazione degli ambienti serviti a seguito del rilascio di contaminanti chimici e microbiologici da filtri esausti.

Modalità di contagio aerogeno con impianti di climatizzazione

Uso degli split

Climatizzatori ad espansione diretta o del tipo a split

Per climatizzatore ad espansione diretta si intende un sistema costituito da un'unità esterna e una o più unità interne (terminali o *split*) collegate tra di loro da tubi, all'interno dei quali fluisce un gas frigorifero (R407c, R410a o R32).

L'unità esterna (contenente il compressore, un ventilatore e uno scambiatore di calore condensatore/evaporatore) scambia calore con l'aria esterna.

L'unità interna, simile ad un ventilconvettore, è costituita da un filtro grossolano dell'aria, uno scambiatore di calore alettato evaporatore/condensatore, un ventilatore e una vaschetta di raccolta per lo scarico della condensa eventualmente prodotta in fase di raffreddamento, nel funzionamento come evaporatore. I componenti sono racchiusi in un mobiletto dotato di griglie per l'ingresso e l'uscita dell'aria. Gli split sono situati all'interno o in prossimità dello spazio da condizionare con immissione diretta dell'aria nell'ambiente o attraverso canalizzazione di modesta estensione. Trattano esclusivamente l'aria presente nei singoli locali dell'edificio.

Gli split si possono distinguere in:

- **dispositivi a bassa pressione** (prevalenza), privi di canalizzazione; sono dotati di filtri grossolani, ISO Coarse, (tipicamente G3, in grado di trattenere dall'80% al 90% del particolato);
- **dispositivi ad alta pressione** (prevalenza), concepiti per l'utilizzo di canalizzazioni di mandata e ripresa; possono essere dotati di filtri a media efficienza (tipicamente fino a M6, in grado di trattenere tra il 55% e il 65% di materiale particolato PM_{2,5} e del 60 % di PM10).

Gli split devono essere sottoposti ad interventi di pulizia e manutenzione al fine di prevenire la contaminazione degli ambienti serviti a seguito del rilascio di contaminanti chimici e microbiologici da filtri esausti.

Modalità di contagio aerogeno con impianti di climatizzazione

Cappe aspiranti

Cappe aspiranti e a ricircolo

Le cappe aspiranti installate nelle cucine in corrispondenza dei piani cottura hanno **la funzione di aspirare i fumi e i vapori prodotti durante la preparazione dei cibi**, eliminando gli odori e i prodotti della combustione.

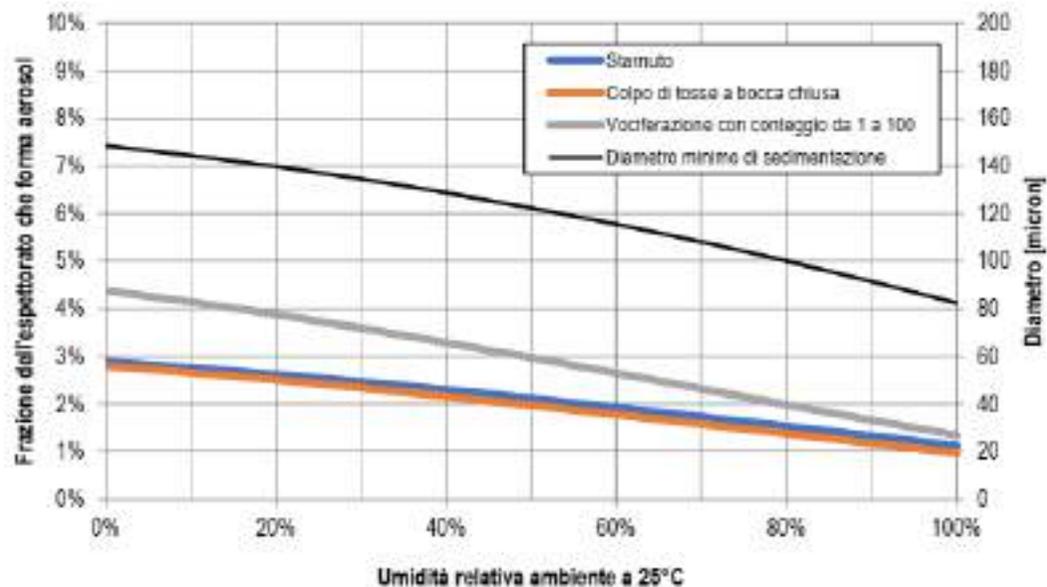
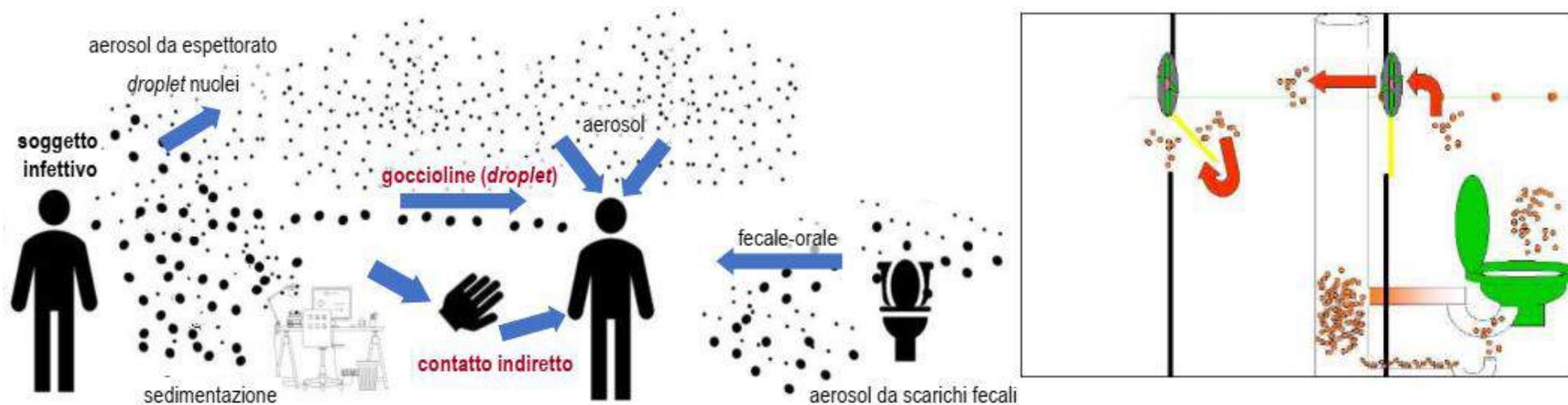
In base a quanto stabilito dal Testo unico dell'edilizia (DPR 6 giugno 2001 n. 380), la loro installazione è obbligatoria in tutte le abitazioni e gli esercizi commerciali al cui interno siano presenti dei piani di cottura a gas, mentre è consigliata per piani cottura senza fiamma (es. ad induzione). La normativa impone **l'installazione di una cappa aspirante** connessa ad una canna fumaria attraverso la quale vengono espulsi fumi e vapori all'esterno dell'edificio. In alternativa, laddove per motivi di spazio o di morfologia dell'edificio non fosse possibile installare una canna fumaria, è consentito optare per **una cappa a ricircolo o filtrante, capace di rimettere in circolo l'aria aspirata nel locale, previa purificazione** con appositi filtri, unitamente ad un sistema meccanico di ventilazione (UNI 7129).

Il sistema di filtraggio è composto da due diverse tipologie di filtri: i filtri anti-grasso, in grado di catturare aerosol originati direttamente o per condensazione di oli e grassi, e i filtri anti-odori in grado di eliminare alcuni componenti gassosi. I primi si presentano sotto forma di pannelli amovibili e possono essere in metallo (acciaio o alluminio), con struttura a nido d'ape lavabile, o in fibra acrilica a perdere. I filtri anti-odori a carboni attivi hanno invece la funzione di adsorbire le molecole odorigene e altre sostanze volatili e non sono riciclabili.

La manutenzione periodica dei filtri riduce i rischi di potenziale contaminazione microbiologica dell'ambiente nel quale sono installate le cappe a ricircolo.

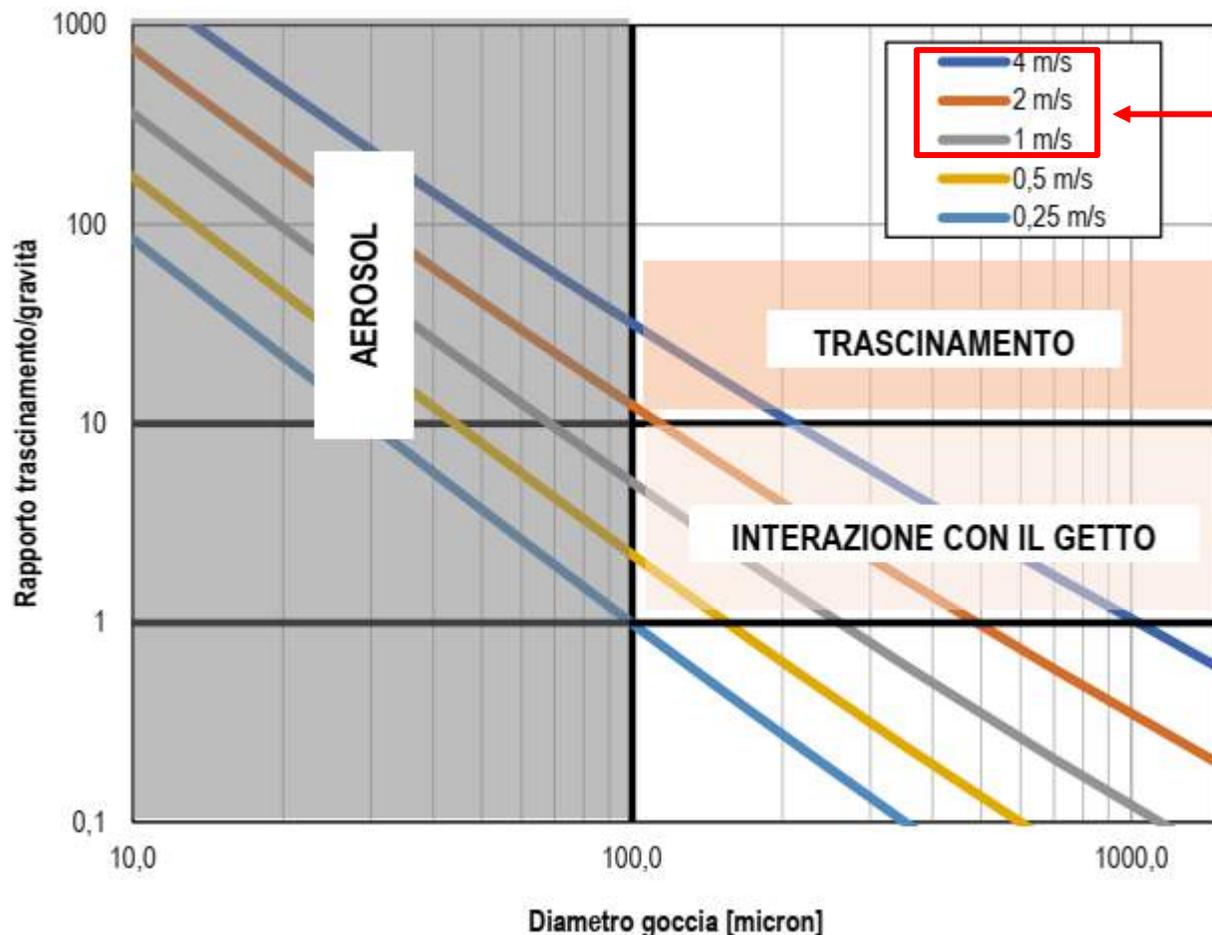
Modalità di contagio aerogeno con impianti di climatizzazione

Dal Rapporto ISS n. 33/2020 del 25/05/2020 si ha la seguente schematizzazione delle vie di trasmissione del virus. Nell'abaco si ha la frazione di espettorato che forma aerosol.



Modalità di contagio aerogeno con impianti di climatizzazione

Gli impianti di ventilazione e i terminali di climatizzazione con immissione d'aria per ventilazione forzata (es., ventilconvettori, split, bocchette, anemostati, ecc.) determinano la formazione di getti d'aria in ambiente che possono interagire con le emissioni dovute alla respirazione. L'entità dell'interazione dipende dalla **dimensione delle gocce** e dalla **velocità dell'aria**, come illustrato in figura.



Modalità di contagio aerogeno con impianti di climatizzazione

Velocità superiori a 0,25 m/s determinano interazione con il getto. Velocità superiori a 2 m/s determinano il trascinamento di gocce che non formano aerosol, aumentando in modo significativo il rischio di sospensione di carica virale. Per velocità superiori a 0,25 m/s si ha un incremento della gittata delle gocce con conseguente riduzione dell'efficacia del distanziamento interpersonale.

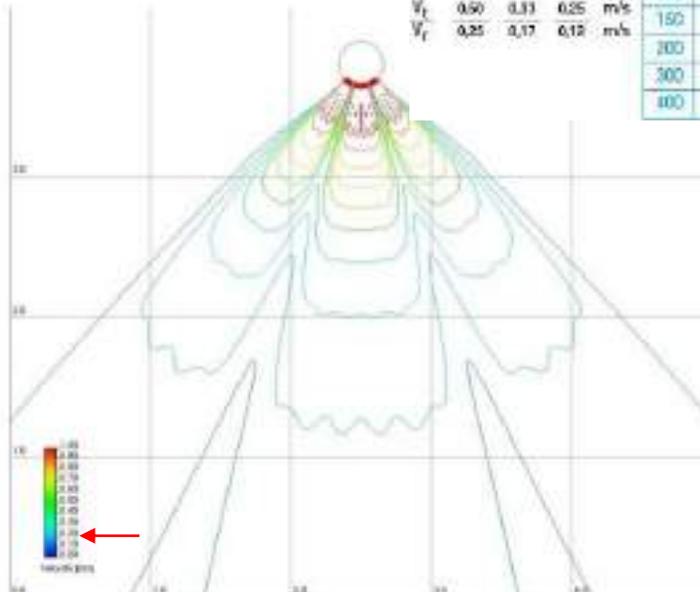
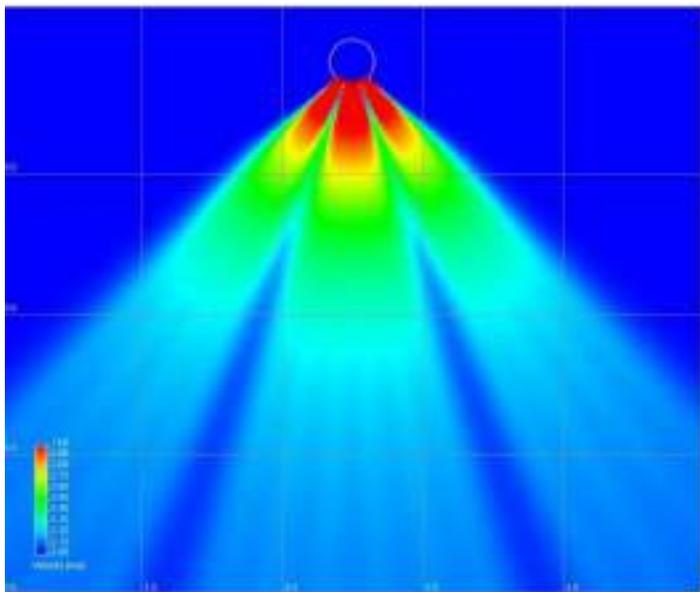
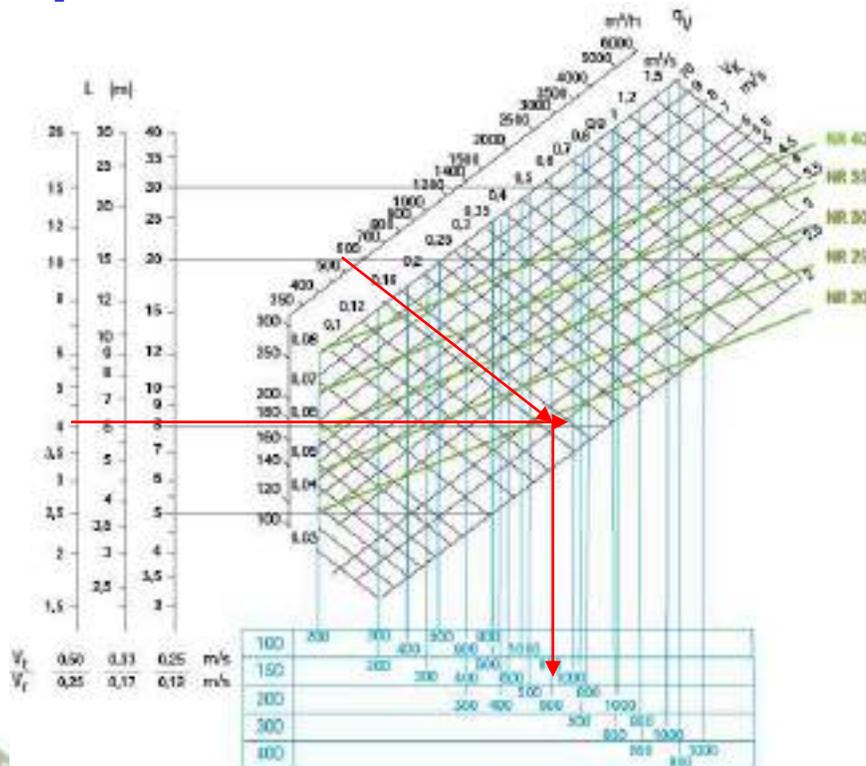


Alcuni terminali di climatizzazione, esistenti sia come terminali ad espansione diretta (split) che come ventilconvettori (fan-coil), generano abitualmente getti d'aria di intensità rilevante all'interno dell'ambiente. Si riportano di seguito alcune esemplificazioni per diverse disposizioni dei getti e del relativo rischio di trascinamento di goccioline all'interno della zona occupata dalle persone

La rilevanza dell'interazione con i getti d'aria all'interno di un singolo ambiente dipende dal modo in cui sono utilizzati gli ambienti.

Modalità di contagio aerogeno con impianti di climatizzazione

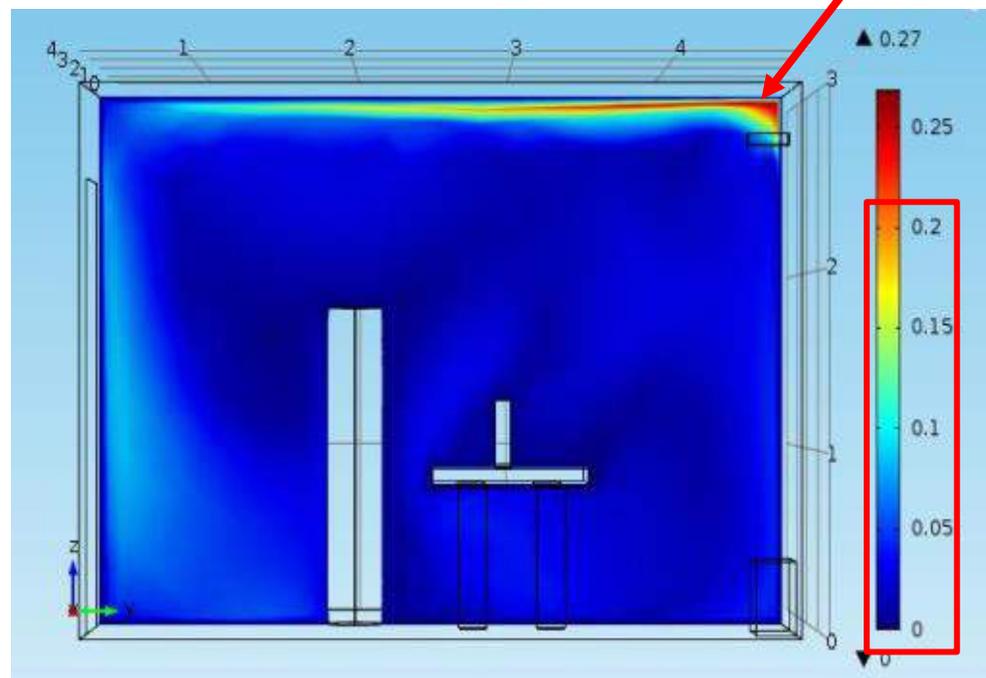
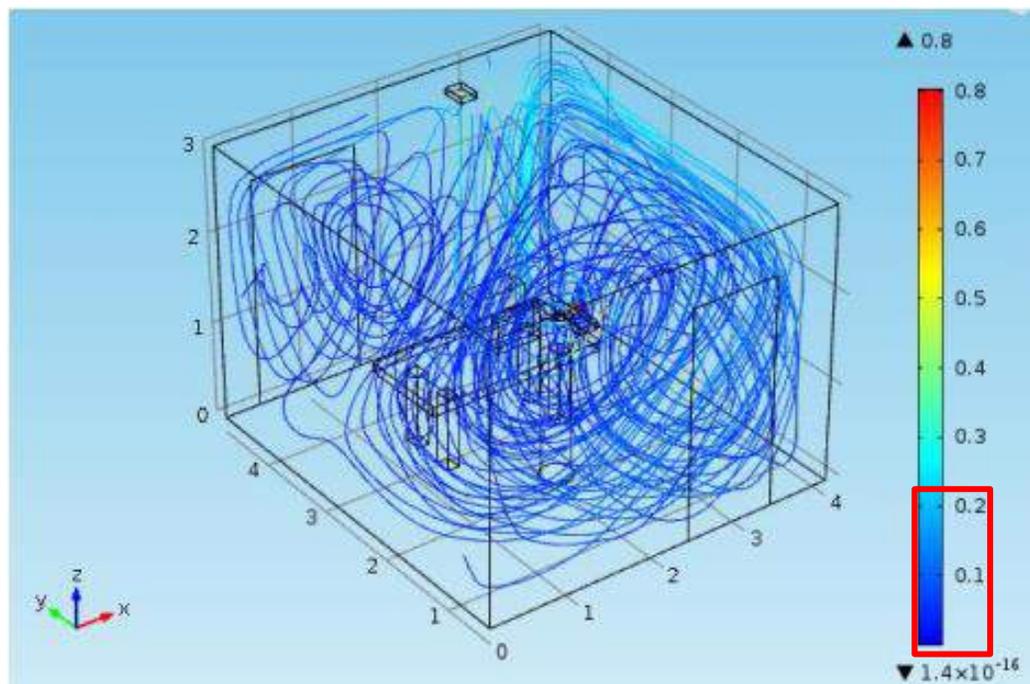
Si fa osservare che la velocità dell'aria di **2 m/s** in ambiente non si dovrebbe verificare mai se non per **brevi distanze** dalle bocchette, o diffusori, di mandata. Dal classico abaco per la selezione delle bocchette si vede con la **velocità di uscita** dell'aria dipenda dalla **portata d'aria** e dal **lancio** desiderato. Al di fuori della bocchetta **l'aria rallenta velocemente** creando un moto rotatorio nell'ambiente in modo da avere, in corrispondenza della testa degli occupanti, la velocità di **0.15-0.20 m/s**, come illustrato in basso.



Modalità di contagio aerogeno con impianti di climatizzazione

La **distribuzione dell'aria** tramite fan coil e dislocamento in un ufficio in condizioni estive simulate tramite **CFD** evidenzia velocità in ambiente al di sotto di 0.25 m/s nei punti più sfavoriti. Nella zona di vivibilità della stanza, in corrispondenza della testa degli occupanti, la velocità media dell'aria è **al di sotto di 0.15 m/s**, in conformità alle indicazioni sul benessere termico di Fanger.

Il valore di **2 m/s** si raggiunge in **zone distanti dal centro stanza** e quindi non influenzano il movimento dei droplet e dell'aerosol.



Produzione di droplet e velocità di emissione

Si riporta un sunto (già visto nella prima parte) sulla **quantità** di cariche virali emesse e le **velocità di uscita** (dalla bocca o dal naso) per le diverse modalità di emissione dai soggetti infetti:

1. **Respirazione:** la respirazione produce fra **5** e **5000 droplet** con velocità bassa di **qualche m/s**. Questi droplet hanno una bassa carica virale e quasi sempre si depositano a terra;
2. **Tosse:** un colpo di tosse può fare emettere fino a **200 milioni di droplet** ad una velocità di circa **20 m/s** e capaci di raggiungere distanze di **diversi metri** dal punto di emissione. Le gocce più pesanti ricadono al suolo mentre quelle più leggere rimangono in aria e possono facilmente infettare altre persone;
3. **Starnuto:** lo starnuto produce circa **30.000 droplet** ad una velocità che può raggiungere **80-100 m/s**. Le goccioline sono di solito più piccole rispetto a quelle emesse con la tosse e possono raggiungere distanze maggiori con grande probabilità di contagio per i presenti.

I colpi di **tosse** o di **starnuto** possono produrre fino a **200 milioni di particelle virali**.

Da confronto con le velocità indotte negli ambienti dagli impianti di climatizzazione si osserva che **le velocità di spostamento dei droplet** sono sempre di **alcuni ordini di grandezza inferiore alla velocità di 0.2 m/s** dell'aria distribuita dagli impianti.



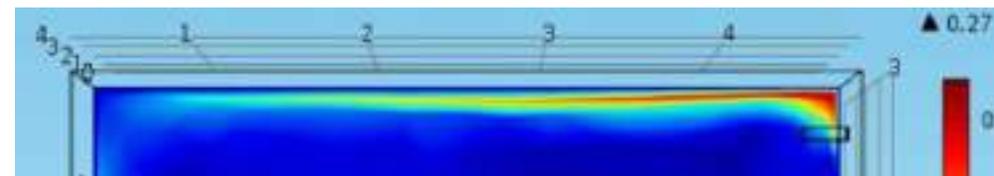
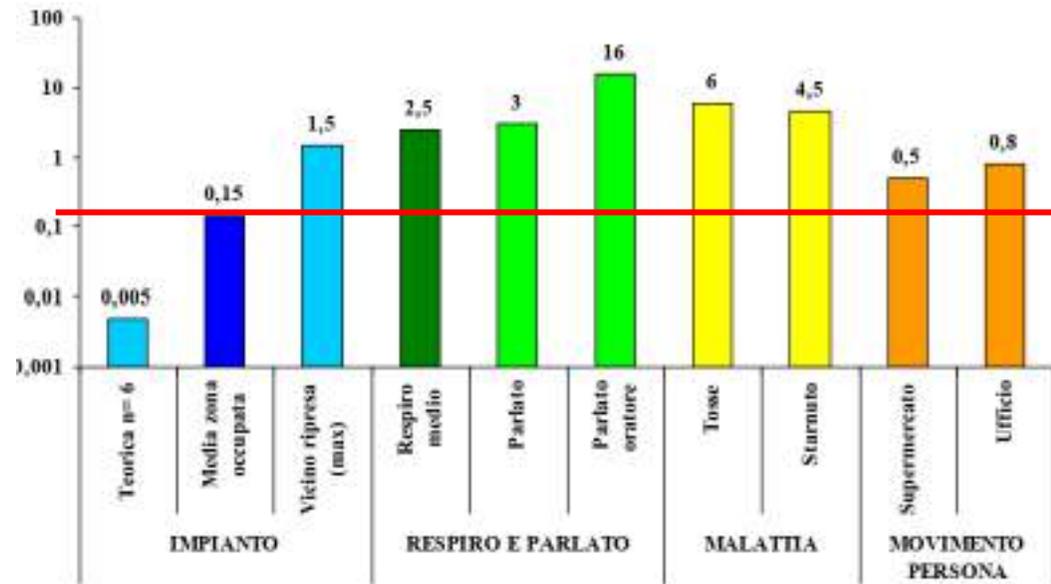
Produzione di droplet e velocità di emissione

La velocità dei **droplet** varia con il tipo di emissione (respirazione, parlato, tosse starnuto) e, in ogni caso, ha valori iniziali elevati rispetto a alla velocità dell'aria nella zona di lavoro determinata dagli impianti (**0.15-0.20 m/s**).

Si consideri la figura a lato per un confronto critico.

La scala in ordinate è logaritmica. Si può osservare come le velocità dei **droplet** per respirazione, parlato, tosse e starnuto siano tutte molto al di sopra di quella determinata dall'impianto di ventilazione (**0.15-0.20 m/s**).

Per una bocchetta di mandata si hanno velocità di lancio elevate solo nelle zone superiori delle stanze. In alcuni casi per effetto Coanda la zona è a contatto con i soffitti. In tutto il resto degli ambienti si ha una velocità di **0.15-0.20 m/s**.



Modalità di contagio aerogeno con impianti di climatizzazione

Interazione tra impianto di climatizzazione e ambiente in relazione al **numero di occupanti**:

Modalità d'uso dell'ambiente	Rischio associato	Interazione con l'impianto di climatizzazione
Ambiente occupato da un singolo utente, in via esclusiva	Nessuno	Nessuna
Ambiente occupato da diversi utenti , seppure non contemporaneamente (es. sala copie, sala ristoro con accesso di un solo utente per volta, turnazioni in aree ufficio)	Diffusione per presenza differita	Il trascinamento può prolungare il periodo di sospensione delle gocce
Ambiente occupato da più utenti o da un singolo utente in via prevalente, con sporadici accessi di altri utenti (es. una segreteria)	Diffusione per presenza contemporanea	L'incremento della gittata delle goccioline e la dispersione dell'aerosol possono favorire la diffusione tra le diverse parti dell'ambiente

Modalità di contagio aerogeno con impianti di climatizzazione

La tipologia di **impianto di ventilazione** in relazione alla diffusione fra zone adiacenti è riepilogata nella seguente tabella (sempre da Fonte **ISS 39/2020**). Si segnala che le **sezioni di recupero di calore a scambio diretto o rotativo** possono determinare un ricircolo di trafileamento, anche se in generale di entità esigua.

Tipologia di impianto	Solo aria esterna	Aria esterna e ricircolo d'aria ambiente
A servizio di un unico ambiente con aspirazione dallo stesso ambiente	Nessun rischio	Rischio limitato di diffusione tra diverse porzioni dello stesso ambiente
A servizio di un unico ambiente privo di aspirazione o con aspirazione da un ambiente adiacente (es. corridoio)	Rischio di diffusione alle zone adiacenti (o di aspirazione)	Rischio di diffusione alle zone adiacenti (o di aspirazione)
A servizio di più ambienti con aspirazione e immissione bilanciata in ogni ambiente	Rischio limitato di diffusione per sbilanciamento dell'impianto	Rischio di diffusione tra le zone servite
A servizio di più ambienti con immissione in ogni ambiente e aspirazione nelle zone comuni (es. corridoio)	Rischio di diffusione alle zone adiacenti (o di aspirazione)	Rischio di diffusione tra le zone servite

Contagio aerogeno – Modalità d'uso degli impianti di climatizzazione

Le raccomandazioni operative in relazione al **livello di rischio dell'ambiente** (non sanitario o ospedaliero) sono riepilogati nella seguente tabella:

Tipologia di impianto	Rischio Basso o Molto basso	Rischio Moderato	Rischio Alto o Molto alto
Ventilconvettore o similare in ambiente con un solo occupante	Esercizio ordinario	Esercizio ordinario	Esercizio ordinario
Ventilconvettore o similare in ambiente con più occupanti, uno per volta	Esercizio ordinario	Esercizio a velocità (portata) ridotta che garantisca una velocità in ambiente inferiore a 2 m/s	Esercizio a velocità (portata) ridotta che garantisca una velocità in ambiente inferiore a 2 m/s
Ventilconvettore o similare in ambiente con più occupanti	Esercizio a velocità (portata) ridotta che garantisca una velocità in ambiente inferiore a 2 m/s	Esercizio a velocità (portata) ridotta che garantisca una velocità in ambiente inferiore a 1 m/s	Esercizio a velocità (portata) ridotta che garantisca una velocità in ambiente inferiore a 0,5 m/s
Impianto di ventilazione e/o climatizzazione centralizzato (UTA) a servizio di un unico ambiente, con aspirazione dallo stesso	Esercizio alla massima portata d'aria che garantisca una velocità in ambiente inferiore a 2 m/s Esclusione di eventuale ricircolo	Esercizio alla massima portata d'aria che garantisca una velocità in ambiente inferiore a 1 m/s Esclusione di eventuale ricircolo	Esercizio alla massima portata d'aria che garantisca una velocità in ambiente inferiore a 0,5 m/s Esclusione di eventuale ricircolo
Impianto di ventilazione e/o climatizzazione centralizzato (UTA) a servizio di un unico ambiente, senza aspirazione o con aspirazione da altro ambiente	Esercizio alla massima portata d'aria primaria che garantisca una velocità in ambiente inferiore a 2 m/s Esclusione di eventuale ricircolo	Esercizio alla massima portata d'aria primaria che garantisca una velocità in ambiente inferiore a 1 m/s Esclusione di eventuale ricircolo Esclusione dell'aspirazione dagli ambienti comuni	Esercizio alla massima portata d'aria primaria che garantisca una velocità in ambiente inferiore a 0,5 m/s Esclusione di eventuale ricircolo Esclusione dell'aspirazione dagli ambienti comuni



Contagio aerogeno – Modalità d'uso degli impianti di climatizzazione

Le raccomandazioni operative in relazione al **livello di rischio dell'ambiente** (non sanitario o ospedaliero) sono riepilogati nella seguente tabella (prosecuzione):

Tipologia di impianto	Rischio Basso o Molto basso	Rischio Moderato	Rischio Alto o Molto alto
Impianto di ventilazione e/o climatizzazione centralizzato (UTA) a servizio di più ambienti, con aspirazione bilanciata da ciascun ambiente	Esercizio alla massima portata d'aria che garantisca una velocità in ambiente inferiore a 2 m/s Esclusione a tenuta d'aria di eventuale ricircolo	Esercizio alla massima portata d'aria che garantisca una velocità in ambiente inferiore a 1 m/s Esclusione a tenuta d'aria di eventuale ricircolo	Esercizio alla massima portata d'aria che garantisca una velocità in ambiente inferiore a 0,5 m/s Esclusione a tenuta d'aria di eventuale ricircolo
Impianto di ventilazione e/o climatizzazione centralizzato (UTA) a servizio di più ambienti, senza aspirazione o con aspirazione da altri ambienti	Esercizio alla massima portata d'aria primaria che garantisca una velocità in ambiente inferiore a 2 m/s Esclusione a tenuta d'aria di eventuale ricircolo	Esercizio alla massima portata d'aria primaria che garantisca una velocità in ambiente inferiore a 1 m/s Esclusione a tenuta d'aria di eventuale ricircolo Esclusione dell'aspirazione dagli ambienti comuni	Esercizio alla massima portata d'aria primaria che garantisca una velocità in ambiente inferiore a 0,5 m/s Esclusione a tenuta d'aria di eventuale ricircolo Esclusione dell'aspirazione dagli ambienti comuni



Contagio aerogeno – Modalità d'uso degli impianti di climatizzazione

Proseguizione

Tipologia di impianto	Rischio Basso o Molto basso	Rischio Moderato	Rischio Alto o Molto alto
Impianto a mobiletti induttori	Esercizio ordinario Esclusione dell'aspirazione dagli ambienti comuni	Esercizio alla massima portata d'aria primaria Esclusione a tenuta d'aria di eventuale ricircolo Esclusione dell'aspirazione dagli ambienti comuni	Esercizio alla massima portata d'aria primaria che garantisca una velocità in ambiente inferiore a 1 m/s Esclusione a tenuta d'aria di eventuale ricircolo Esclusione dell'aspirazione dagli ambienti comuni
Impianto a trave fredda passiva (senza aria primaria)	Esercizio ordinario	Esercizio ordinario	Esercizio ordinario
Impianto a trave fredda attiva a induzione (con aria primaria)	Esercizio ordinario Esclusione dell'aspirazione dagli ambienti comuni	Esercizio alla massima portata d'aria primaria Esclusione a tenuta d'aria di eventuale ricircolo Esclusione dell'aspirazione dagli ambienti comuni	Esercizio alla massima portata d'aria primaria che garantisca una velocità in ambiente inferiore a 1 m/s Esclusione a tenuta d'aria di eventuale ricircolo Esclusione dell'aspirazione dagli ambienti comuni
Impianto di raffrescamento a pannelli radianti freddi	Esercizio ordinario con le raccomandazioni vigenti per l'impianto di ventilazione	Esercizio ordinario con le raccomandazioni vigenti per l'impianto di ventilazione	Esercizio ordinario con le raccomandazioni vigenti per l'impianto di ventilazione



Contagio aerogeno – Modalità d'uso degli impianti di climatizzazione

Proseguizione

Tipologia di impianto	Rischio Basso o Molto basso	Rischio Moderato	Rischio Alto o Molto alto
Impianto di riscaldamento a caloriferi (radiatori)	Esercizio ordinario	Esercizio ordinario	Esercizio ordinario
Impianto di riscaldamento a pavimento radiante	Esercizio ordinario	Esercizio ordinario	Esercizio ordinario
Impianto di riscaldamento ad aerotermi	Esercizio a velocità (portata) ridotta che garantisca una velocità in ambiente inferiore a 2 m/s	Esercizio a velocità (portata) ridotta che garantisca una velocità in ambiente inferiore a 1 m/s	Esercizio a velocità (portata) ridotta che garantisca una velocità in ambiente inferiore a 0,5 m/s
Impianto di climatizzazione con ventilatore di qualunque genere all'interno dei bagni	Disattivare	Disattivare	Disattivare
Impianto di aspirazione	Esercizio ordinario	Esercizio alla massima portata (velocità)	Esercizio alla massima portata (velocità)



Modalità di contagio aerogeno con impianti di climatizzazione

Livello di rischio in caso di presenza di soggetto infetto

		Probabilità di presenza di un soggetto infetto*			
		Molto bassa	Bassa	Moderata	Alta**
Utilizzo di mascherine con presenza di personale preposto alla vigilanza del corretto utilizzo	1. Ambiente con postazioni assegnate e mobilità limitata a ingresso/uscita. Occupanti abituali, in assenza di nuovi soggetti.	Molto basso	Molto basso	Basso	Moderato
	2. Ambiente con postazioni assegnate e mobilità limitata a ingresso/uscita. Presenza di occupanti occasionali.	Molto basso	Basso	Moderato	Moderato
	3. Ambiente con mobilità libera, nel rispetto della distanza interpersonale. Occupanti abituali, in assenza di nuovi soggetti.	Molto basso	Basso	Moderato	Alto
	4. Ambiente con mobilità libera, nel rispetto della distanza interpersonale. Presenza di occupanti occasionali.	Molto basso	Moderato	Alto	Molto alto
	5. Attività che non consentono il rispetto della distanza interpersonale	Le condizioni di rischio richiedono una specifica valutazione			
Assenza di personale preposto alla vigilanza delle mascherine	1. Ambiente con postazioni assegnate e mobilità limitata a ingresso/uscita. Occupanti abituali, in assenza di nuovi soggetti.	Molto basso	Basso	Moderato	Alto
	2. Ambiente con postazioni assegnate e mobilità limitata a ingresso/uscita. Presenza di occupanti occasionali.	Molto basso	Moderato	Moderato	Alto
	3. Ambiente con mobilità libera, nel rispetto della distanza interpersonale. Occupanti abituali, in assenza di nuovi soggetti.	Molto basso	Moderato	Alto	Molto Alto
	4. Ambiente con mobilità libera, nel rispetto della distanza interpersonale. Presenza di occupanti occasionali.	Basso	Alto	Molto alto	Molto alto
	5. Attività che non consentono il rispetto della distanza interpersonale	Le condizioni di rischio richiedono una specifica valutazione			

Modalità di contagio aerogeno con impianti di climatizzazione

Raccomandazioni per gli impianti ad uso civile non sanitario

Tipologia di impianto	Rischio Basso o Molto basso	Rischio Moderato	Rischio Alto o Molto alto
Ventilconvettore o simile in ambiente con un solo occupante	Esercizio ordinario	Esercizio ordinario	Esercizio ordinario
Ventilconvettore o simile in ambiente con più occupanti, uno per volta	Esercizio ordinario	Esercizio a velocità (portata) ridotta che garantisca una velocità in ambiente inferiore a 2 m/s	Esercizio a velocità (portata) ridotta che garantisca una velocità in ambiente inferiore a 2 m/s
Ventilconvettore o simile in ambiente con più occupanti	Esercizio a velocità (portata) ridotta che garantisca una velocità in ambiente inferiore a 2 m/s	Esercizio a velocità (portata) ridotta che garantisca una velocità in ambiente inferiore a 1 m/s	Esercizio a velocità (portata) ridotta che garantisca una velocità in ambiente inferiore a 0,5 m/s
Impianto di ventilazione e/o climatizzazione centralizzato (UTA) a servizio di un unico ambiente, con aspirazione dallo stesso	Esercizio alla massima portata d'aria che garantisca una velocità in ambiente inferiore a 2 m/s Esclusione di eventuale ricircolo	Esercizio alla massima portata d'aria che garantisca una velocità in ambiente inferiore a 1 m/s Esclusione di eventuale ricircolo	Esercizio alla massima portata d'aria che garantisca una velocità in ambiente inferiore a 0,5 m/s Esclusione di eventuale ricircolo

Modalità di contagio aerogeno con impianti di climatizzazione

Raccomandazioni per gli impianti ad uso civile non sanitario

Impianto di ventilazione e/o climatizzazione centralizzato (UTA) a servizio di un unico ambiente, senza aspirazione o con aspirazione da altro ambiente	Esercizio alla massima portata d'aria primaria che garantisca una velocità in ambiente inferiore a 2 m/s Esclusione di eventuale ricircolo	portata d'aria primaria che garantisca una velocità in ambiente inferiore a 1 m/s Esclusione di eventuale ricircolo Esclusione dell'aspirazione dagli ambienti comuni	portata d'aria primaria che garantisca una velocità in ambiente inferiore a 0,5 m/s Esclusione di eventuale ricircolo Esclusione dell'aspirazione dagli ambienti comuni
Impianto di ventilazione e/o climatizzazione centralizzato (UTA) a servizio di più ambienti, con aspirazione bilanciata da ciascun ambiente	Esercizio alla massima portata d'aria che garantisca una velocità in ambiente inferiore a 2 m/s Esclusione a tenuta d'aria di eventuale ricircolo	Esercizio alla massima portata d'aria che garantisca una velocità in ambiente inferiore a 1 m/s Esclusione a tenuta d'aria di eventuale ricircolo	Esercizio alla massima portata d'aria che garantisca una velocità in ambiente inferiore a 0,5 m/s Esclusione a tenuta d'aria di eventuale ricircolo
Impianto di ventilazione e/o climatizzazione centralizzato (UTA) a servizio di più ambienti, senza aspirazione o con aspirazione da altri ambienti	Esercizio alla massima portata d'aria primaria che garantisca una velocità in ambiente inferiore a 2 m/s Esclusione a tenuta d'aria di eventuale ricircolo	Esercizio alla massima portata d'aria primaria che garantisca una velocità in ambiente inferiore a 1 m/s Esclusione a tenuta d'aria di eventuale ricircolo Esclusione dell'aspirazione dagli ambienti comuni	Esercizio alla massima portata d'aria primaria che garantisca una velocità in ambiente inferiore a 0,5 m/s Esclusione a tenuta d'aria di eventuale ricircolo Esclusione dell'aspirazione dagli ambienti comuni

Modalità di contagio aerogeno con impianti di climatizzazione

Raccomandazioni per gli impianti ad uso civile non sanitario

Tipologia di impianto	Rischio Basso o Molto basso	Rischio Moderato	Rischio Alto o Molto alto
Impianto a mobiletti induttori	Esercizio ordinario Esclusione dell'aspirazione dagli ambienti comuni	Esercizio alla massima portata d'aria primaria Esclusione a tenuta d'aria di eventuale ricircolo Esclusione dell'aspirazione dagli ambienti comuni	Esercizio alla massima portata d'aria primaria che garantisca una velocità in ambiente inferiore a 1 m/s Esclusione a tenuta d'aria di eventuale ricircolo Esclusione dell'aspirazione dagli ambienti comuni
Impianto a trave fredda passiva (senza aria primaria)	Esercizio ordinario	Esercizio ordinario	Esercizio ordinario
Impianto a trave fredda attiva a induzione (con aria primaria)	Esercizio ordinario Esclusione dell'aspirazione dagli ambienti comuni	Esercizio alla massima portata d'aria primaria Esclusione a tenuta d'aria di eventuale ricircolo Esclusione dell'aspirazione dagli ambienti comuni	Esercizio alla massima portata d'aria primaria che garantisca una velocità in ambiente inferiore a 1 m/s Esclusione a tenuta d'aria di eventuale ricircolo Esclusione dell'aspirazione dagli ambienti comuni

Modalità di contagio aerogeno con impianti di climatizzazione

Raccomandazioni per gli **impianti ad uso civile** non sanitario

Impianto di raffrescamento a pannelli radianti freddi	Esercizio ordinario con le raccomandazioni vigenti per l'impianto di ventilazione	Esercizio ordinario con le raccomandazioni vigenti per l'impianto di ventilazione	Esercizio ordinario con le raccomandazioni vigenti per l'impianto di ventilazione
Impianto di riscaldamento a caloriferi (radiatori)	Esercizio ordinario	Esercizio ordinario	Esercizio ordinario
Impianto di riscaldamento a pavimento radiante	Esercizio ordinario	Esercizio ordinario	Esercizio ordinario
Impianto di riscaldamento ad aerotermi	Esercizio a velocità (portata) ridotta che garantisca una velocità in ambiente inferiore a 2 m/s	Esercizio a velocità (portata) ridotta che garantisca una velocità in ambiente inferiore a 1 m/s	Esercizio a velocità (portata) ridotta che garantisca una velocità in ambiente inferiore a 0,5 m/s
Impianto di climatizzazione con ventilatore di qualunque genere all'interno dei bagni	Disattivare	Disattivare	Disattivare
Impianto di aspirazione	Esercizio ordinario	Esercizio alla massima portata (velocità)	Esercizio alla massima portata (velocità)

Modalità di contagio aerogeno con impianti di climatizzazione

Impostazione della temperatura e dell'umidità

Impostazioni di temperatura e umidità in ambiente

Le indicazioni di letteratura sulla rilevanza della temperatura e dell'umidità ambiente sulla sopravvivenza del virus non sono conclusive. Per contro, come illustrato in figura 2, ridotte umidità relative comportano un incremento della quota di espettorato che evapora dando luogo alla formazione di bioaerosol (*droplet nuclei*). Pertanto, nell'ambito dei valori accettabili per il benessere termoigrometrico, si raccomanda di mantenere in ambiente un'umidità relativa prossima al 60%.

Negli impianti con UTA, nel funzionamento di tipo estivo, ciò richiede un incremento della temperatura a valle della batteria di raffreddamento (spesso denominata temperatura di punto fisso o temperatura di saturazione). Nel funzionamento di tipo invernale, ciò richiede l'adeguamento del controllo dell'umidificatore in relazione alla tipologia di dispositivo utilizzato.

Negli impianti a ventilconvettori (*fan-coil*), nel funzionamento estivo, in assenza di impianto di aria primaria, ciò può essere realizzato aumentando la temperatura di mandata dalla centrale frigorifera. In generale, è opportuno un incremento della temperatura di mandata dell'acqua refrigerata tra 2°C e 4°C, ma deve essere valutata in relazione alla specifica tipologia di terminali presenti in ambiente.

La temperatura in ambiente dovrà essere mantenuta a valori che oltre a fornire il comfort abituale, mitigino lo stress addizionale derivante dall'utilizzo continuativo dei DPI respiratori. Ciò può richiedere di ridurre la temperatura dell'aria ambiente fino a 2°C in relazione alle caratteristiche dell'ambiente e alla tipologia di DPI prescritti.

Modalità di contagio aerogeno con impianti di climatizzazione

Ventilazione naturale

Raccomandazioni operative per la ventilazione naturale

Le criticità esposte sopra sussistono anche nel caso di ventilazione naturale degli ambienti mediante l'apertura dei serramenti. Infatti, l'aria viene movimentata attraverso l'edificio per effetto della pressione differenziale tra le diverse aperture presenti. Ciò determina in generale lo spostamento dell'aria dagli ambienti sopravento verso quelli sottovento, con diffusione di aerosol tra ambienti adiacenti. Inoltre, nel caso di elevata intensità della ventilazione naturale, la velocità dell'aria in ambiente può essere significativa, determinando il trascinarsi di goccioline di maggiore dimensione.

Pertanto, **in caso di ventilazione naturale degli ambienti è essenziale mantenere chiuse le porte interne all'edificio onde limitare la diffusione tra ambienti adiacenti.**



Modalità di contagio aerogeno con impianti di climatizzazione

Raccomandazioni per ventilatori

Tipologia di impianto	Rischio Basso o Molto basso	Rischio Moderato	Rischio Alto o Molto alto
Qualunque tipologia di ventilatore in ambiente con un solo occupante	Utilizzo ordinario	Utilizzo ordinario	Utilizzo ordinario
Qualunque tipologia di ventilatore in ambiente domestico occupato da un nucleo familiare in via esclusiva	Utilizzo ordinario	Utilizzo ordinario	Utilizzo ordinario
Ventilatore da tavolo o a piantana, diametro superiore a 25 cm, in ambiente con più occupanti	Non utilizzare	Non utilizzare	Non utilizzare
Ventilatore d'ambiente con filtri di qualunque tipologia (elettrostatico, HEPA, ecc.) in ambiente con più occupanti	Non utilizzare	Non utilizzare	Non utilizzare
Ventilatore a pale da soffitto in ambiente con più occupanti	Utilizzo ordinario	Utilizzo ordinario	Utilizzo ordinario
Climatizzatore carrellato portatile in ambiente con più occupanti	Utilizzo ordinario	Utilizzabile ad una distanza superiore a 1,5 m dagli occupanti	Utilizzabile ad una distanza superiore a 4 m dagli occupanti
Ventaglio in ambiente con più occupanti	Utilizzo ordinario	Utilizzo ordinario	Utilizzabile ad una distanza superiore a 2 m dagli altri occupanti
Ventilatore personale in ambiente con più occupanti	Utilizzo ordinario	Utilizzo ordinario	Utilizzabile ad una distanza superiore a 2 m dagli altri occupanti
Barriera a lama d'aria	Utilizzo ordinario	Utilizzo ordinario	Utilizzo ordinario
Asciugacapelli in ambiente con altri occupanti oltre a parrucchiere e assistito	Utilizzabile ad una distanza superiore a 1,5 m dagli altri occupanti	Utilizzabile ad una distanza superiore a 4 m dagli altri occupanti	Utilizzabile ad una distanza superiore a 7 m dagli altri occupanti
Asciugacapelli in ambiente in presenza del solo parrucchiere e assistito	Utilizzo ordinario	Utilizzo ordinario	Utilizzo ordinario
Asciugacapelli a casco	Utilizzo ordinario	Utilizzo ordinario	Utilizzo ordinario
Ventilatore da esterno, con o senza nebulizzazione d'acqua	Non utilizzare	Non utilizzare	Non utilizzare

Modalità di contagio aerogeno con impianti di climatizzazione

Manutenzione degli impianti

Sezione dell'impianto	Probabilità di contaminazione
Terminali di climatizzazione in ambiente con ventilatore (es. split)	Alta
Terminali di climatizzazione in ambiente a induzione (es. trave fredda attiva)	Alta
Terminali statici di climatizzazione in ambiente (es. caloriferi)	Bassa
Canali di mandata aria in esercizio a sola aria esterna da almeno 4 giorni	Minima
Canali di mandata aria in esercizio a ricircolo	Alta
Canali di aspirazione aria da ambienti ordinari	Alta
Canali di aspirazione aria da servizi igienici	Molto alta
UTA/VMC, sezioni di mandata in esercizio a sola aria esterna da almeno 4 giorni	Minima
Filtri aria di mandata in esercizio a sola aria esterna da almeno 10 giorni o dall'ultima sostituzione/sanificazione	Bassa
UTA/VMC, sezioni di mandata in esercizio con ricircolo	Alta
Filtri aria di mandata in esercizio a ricircolo	Molto alta
UTA/VMC, sezioni di espulsione	Alta
Filtri aria di espulsione	Molto alta
Centrali termiche, centrali frigorifere, torri evaporative, dry-cooler	Minima
Sottocentrali con presenza UTA	Bassa
Sottocentrali senza UTA	Minima

Modalità di contagio aerogeno con impianti di climatizzazione

Sanificazione superfici

La sanificazione è un'attività che riguarda il complesso di procedure e di operazioni atte a rendere igienicamente accettabile un determinato ambiente, una superficie, un oggetto o un dispositivo: il risultato finale del processo è quello di ridurre a livelli accettabili le cariche microbiche che potrebbero rappresentare un rischio per coloro che ne sono esposti o ne vengono a contatto.

Poiché una semplice pulizia meccanica non garantisce il completo allontanamento dei contaminanti microbici, la sanificazione dovrebbe essere articolata in due fasi da espletare in successione: un'accurata detersione, durante la quale vengono rimossi sporco e materiale organico dalle superfici, seguita da un'efficace disinfezione. Se per la detersione si possono utilizzare gli "igienizzanti per ambienti" (contenenti detergenti) durante la concomitante azione meccanica di pulizia delle superfici, per il successivo trattamento di disinfezione sono necessari agenti chimici o fisici in grado di uccidere o inibire i microrganismi e ad effetto virucida quando trattasi di virus.

Il disinfettante ideale dovrebbe rispondere a tutta una serie di requisiti essenziali che possono essere sintetizzati in: azione rapida e persistente; attività biocida con ampio spettro d'azione; assenza di controindicazioni per l'uomo, l'ambiente e i materiali da trattare nelle normali condizioni di utilizzo; facilità di applicazione. Ad oggi nessuno dei disinfettanti in uso è in grado di soddisfare completamente tutti questi requisiti: sarà quindi necessario scegliere, caso per caso, il prodotto e le condizioni di utilizzo più adeguati al raggiungimento degli obiettivi sanitari limitando al minimo i potenziali effetti negativi che possono derivare dal loro utilizzo.

Sebbene non siano disponibili dati definitivi specifici sull'efficacia contro il SARS-CoV-2, i risultati ottenuti dai test eseguiti su altri coronavirus inducono a pensare che qualunque tipo di disinfettante che, ai sensi della normativa vigente, rivendichi un'azione virucida aspecifica o specifica sia in grado di inattivare questo tipo di virus, meno resistente di altri, privi di involucro (virus "nudi").

PROPOSTE AICARR PER GLI IMPIANTI IN PRESENZA DI SARS-COV-2

Le proposte AICARR

L'**AICARR** è un'associazione culturale fra esperti del settore impiantistico, professionisti e produttori.

Ha sua attività principale è quella di propagare la cultura impiantistica mediante corsi di formazione, convegni e congressi, pubblicazioni di riviste e di monografie.

Per alcuni aspetti critici importanti, sempre nel settore impiantistico, l'AICARR pubblica note di chiarimento e **Position Paper** ufficiali.

In occasione della pandemia da **COVID-19**, anche a seguito di interferenza professionali esterne sugli effetti (*ritenuti negativi da alcuni virologi*) degli impianti di climatizzazione che hanno potuto ingenerare confusione o cattiva interpretazione sul funzionamento e sulla corretta progettazione, l'**AICARR** ha prontamente pubblicati documenti e **Position Paper** che forniscono le indicazioni migliori di riferimento nel settore impiantistico.

Così come l'**AICARR**, anche altre associazioni internazionali di grande rilevanza, quali l'**ASHRAE** e la **REHVA**, hanno emanato documenti e **Position Paper** che saranno brevemente presentati nelle prossime pagine.

Quanto presentato in questo seminario è certamente in versione ridotta a scopo illustrativo rispetto alla documentazione originale alla quale si rimanda per un approfondimento completo.

Prontuario degli impianti di climatizzazione AICARR

A causa della diffusione di **notizie non corrette, false e fuorvianti**, l'**AICARR** ha ritenuto di pubblicare una nota tecnica che nella premessa indica lo scopo principale:

1. Premessa

Questo prontuario è stato scritto per le persone non esperte di impianti di climatizzazione, usati per il riscaldamento invernale e il raffrescamento estivo, per illustrare per quali motivi questi impianti possono nella maggior parte dei casi ridurre il rischio di contagio del coronavirus responsabile della malattia COVID-19, se vengono gestiti bene. Il prontuario è dedicato a tutte le persone che in questo momento sono confuse da informazioni diverse e contrastanti. Nel prontuario non si parla di impianti negli ospedali e nelle case di riposo, perché in questi casi ci sono aspetti tecnici molto complessi, che non possono essere facilmente spiegati e sui quali AICARR ha appena pubblicato sul suo sito un documento.

2. La diffusione della COVID-19 per via aerea

Si sta discutendo molto sulla possibilità che la malattia COVID-19 possa diffondersi anche nell'aria, attraverso l'aerosol, cioè minuscole goccioline d'acqua, emesse dalle persone quando parlano e respirano. Molti altri virus si diffondono anche così e per questo motivo nessuno lo sta negando anche per il nuovo coronavirus, di cui si sa ancora molto poco.

Il problema è quantificare l'effetto della diffusione aerea sul pericolo di contagio complessivo: di certo, se anche tale diffusione avesse un peso nel rischio di contagio, il nuovo coronavirus è decisamente meno contagioso per via aerea di molti altri virus, ad esempio il morbillo, come ammettono molti scienziati.

Altrettanto certo è che il contagio per contatto diretto, dovuto cioè alle goccioline pesanti emesse con i colpi di tosse e gli starnuti che raggiungono persone vicine a un contagiato è molto più pericoloso di quello dovuto alle goccioline leggere che si diffondono nell'aria.

3. Motivi per cui gli impianti di climatizzazione invernale ed estiva contribuiscono alla riduzione del rischio di contagio

Sia l'Istituto Superiore di Sanità che l'Organizzazione Mondiale della Sanità consigliano di immettere il più possibile aria esterna nei locali chiusi. Infatti, la concentrazione del virus nell'aria esterna è estremamente bassa e tale da non contagiare nessuno: se questo non fosse vero, avremmo i morti per strada.

Si può immettere aria esterna in modo naturale, aprendo le finestre nelle abitazioni e negli uffici e nei locali pubblici anche le porte, oppure usando impianti di climatizzazione con ventilazione forzata, cioè immettono nei locali aria esterna mossa da ventilatori.

Purtroppo aprendo le finestre solo non si garantisce sempre l'immissione della quantità di aria esterna necessaria a ricambiare l'aria nel locale, ma molto spesso si creano zone in cui l'aria non viene ricambiata in alcun modo. Quindi, aprendo le finestre non si può essere certi di aver diluito l'eventuale concentrazione di virus in ambiente. L'aria fa quello che vuole lei, non quello che vogliamo noi. In particolare, per leggi fisiche, la quantità di aria immessa attraverso una finestra aperta aumenta quando aumenta la differenza tra la temperatura all'interno dei locali e quella dell'aria esterna: è maggiore in inverno che in primavera.

Con gli impianti di climatizzazione con ventilazione forzata, invece, si immette nei locali la quantità di aria necessaria per il ricambio dove e quando si vuole. Per approfondire questo aspetto dal punto di vista tecnico si può consultare il documento che si trova al link citato in webgrafia al numero [1].

Usando tali impianti di climatizzazione si riduce il rischio di contagio proprio perché si diluisce l'eventuale concentrazione di virus all'interno dei locali chiusi. Per approfondire questo secondo aspetto dal punto di vista tecnico si può consultare il documento che si trova al link citato in webgrafia al numero [3].

4. Perché i canali d'aria non possono trasportare i virus

Se il virus non è presente nell'aria esterna, ovviamente nei canali degli impianti in cui passa solo aria esterna non si può trasmettere il virus.

Qualcuno, per affermare il contrario, fa l'esempio della Legionella, che non è un virus ma un batterio e quindi si comporta in modo molto diversa dal virus: ad esempio prolifera in certe situazioni, mentre il Coronavirus non prolifera e muore al di fuori del corpo umano in poche ore. Purtroppo, questa confusione è molto frequente, forse perché anche la legionella provoca la polmonite, ma questo è l'unico punto in comune. Inoltre, della Legionella si sa tutto e ormai non è più un pericolo.

Tuttavia per essere chiari e onesti, bisogna dire che in alcuni tipi di impianto può capitare che ci sia un possibile aumento del rischio se ci sono ricircoli di aria tra un locale e l'altro. Questi casi sono evidenziati nelle successive tabelle, dove sono riportate anche le azioni da compiere per annullare tale rischio.

5. Il caso delle abitazioni

Il prontuario non considera le abitazioni perché ovviamente in assenza di contagiati in casa, non ci può essere il virus, quindi l'accensione degli impianti non influisce in alcun modo sul rischio di contagio

Se vi sono contagiati in casa, è la loro presenza a determinare il rischio, che non aumenta a causa dell'accensione dell'impianto; le persone presenti nell'appartamento devono prendere tutte le precauzioni del caso, quanto a protezioni personali e comportamenti. L'utilizzo o meno dell'impianto è solo una questione di opportunità relativamente alla temperatura da mantenere in ambiente: è il medico che deve decidere che fare.

In qualunque situazione, i locali devono essere il più possibile ventilati; in assenza di impianto di condizionamento invernale ed estivo in grado di ventilare meccanicamente con una quantità di aria esterna sufficiente, bisogna aerare i locali mantenendo le finestre aperte il più possibile (come detto non ci sono garanzie sulla quantità di aria in ingresso e sulla sua distribuzione nel locale). Se invece vi è un impianto in grado di aereazione forzata, si devono seguire le indicazioni riportate nel documento che si trova al link citato in webgrafia al numero [1].

Prontuario degli impianti di climatizzazione AICARR

ALBERGHI - Camere (per spazi comuni vedere Ristoranti)

Impianto di immissione di aria esterna	Tipo impianto	Che fare	Possibile diffusione del virus in altri locali	Impatto dell'impianto sul rischio di contagio	Variazioni prestazioni impianto
NO	Per singolo locale (A)	Aprire le finestre il più possibile quando il cliente non è in stanza	NO	nessuna	Inalterate
SI	Per singolo locale (A+C)	Aumentare la portata d'aria esterna*	NO	RIDUZIONE	Inalterate

* seguire le indicazioni del documento Aicarr [1]

RISTORANTI, BAR, NEGOZI

Impianto di immissione di aria esterna	Tipo impianto	Che fare	Possibile diffusione del virus in più locali	Impatto dell'impianto sul rischio di contagio	Prestazioni impianto
NO	Per singolo locale (A)	Aprire finestre e porte il più possibile	NO	nessuna	1
	Per più locali (B)	Aprire finestre e porte il più possibile	SI	AUMENTO	1
SI	Per singolo locale (A+C)	Aumentare portata d'aria esterna*	NO	RIDUZIONE	inalterate
	Per più locali (B+C)	Aumentare portata d'aria esterna*	SI	LEGGERO AUMENTO**	inalterate
	Centralizzato a tutta aria (D)	Aumentare portata d'aria esterna e chiudere le serrande di ricircolo*	NO	RIDUZIONE	inalterate

* seguire le indicazioni del documento AICARR [1]

** per approfondimenti consultare il documento AICARR [2]

1 l'impianto potrebbe funzionare male perché è progettato nella ipotesi che le porte e le finestre rimangano chiuse

SUPERMERCATI

Impianto di immissione di aria esterna	Tipo impianto	Che fare	Possibile diffusione del virus in altri locali	Impatto dell'impianto sul rischio di contagio	Prestazioni impianto
SI	Tutta aria per singolo locale (E)	Aumentare portata d'aria esterna e chiudere le serrande di ricircolo*	NO: locale unico	RIDUZIONE	inalterate

* seguire le indicazioni del documento AICARR [1]

Prontuario degli impianti di climatizzazione AICARR

CINEMA E TEATRI

Impianto di immissione di aria esterna	Tipo impianto	Che fare	possibile diffusione del virus in altri locali	Impatto dell'impianto sul rischio di contagio	Prestazioni impianto
SI	Tutta aria per singolo locale (E)	Aumentare portata d'aria esterna e chiudere le serrande di ricircolo*	NO; locale unico**	RIDUZIONE	Inalterate

* seguire le indicazioni del documento AICARR [1]

** anche i multisala hanno quasi sempre un impianto dedicato per ogni sala

UFFICI

Impianto di immissione di aria esterna	Tipo impianto	Che fare	possibile diffusione del virus in più locali	Impatto dell'impianto sul rischio di contagio	Prestazioni impianto
NO	Per singolo locale (A)	Aprire finestre e porte il più possibile	NO	nessuna	1
	Per più locali (B)	Aprire finestre e porte il più possibile	SI	AUMENTO	1
SI	Per singolo locale (A+C)	Aumentare portata d'aria esterna*	NO	RIDUZIONE	Inalterate
	Per più locali (B+C)	Aumentare portata d'aria esterna*	SI	AUMENTO MARGINALE**	Inalterate
	Centralizzato a tutta aria (D)	Aumentare portata d'aria esterna e chiudere le serrande di ricircolo*	NO	RIDUZIONE	2

* seguire le indicazioni del documento AICARR [1]

** per approfondimenti consultare il documento AICARR [2]

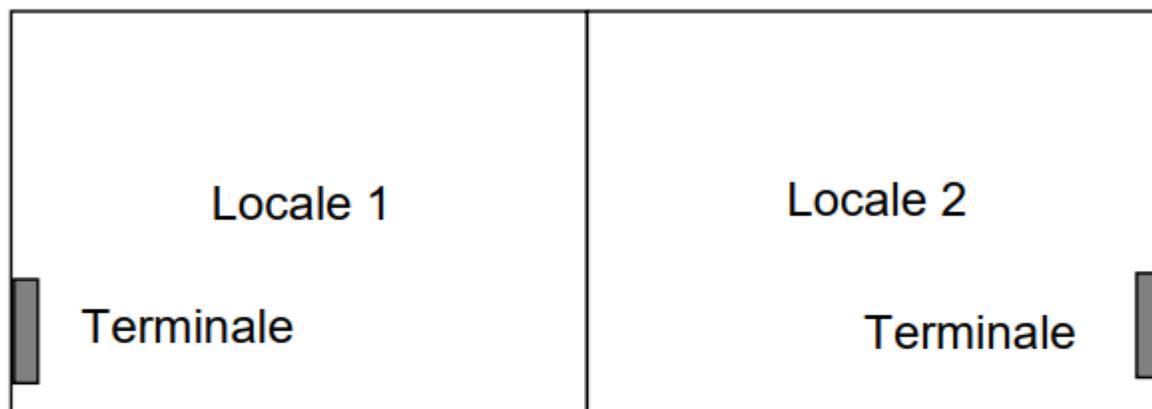
1 l'impianto potrebbe funzionare male perché è progettato per finestre chiuse

2 dipende da come è stato progettato l'impianto

Prontuario degli impianti di climatizzazione AICARR - Schemi

L'**AICARR** ha individuato **5 tipologie di impianto** per uso civile, con le sigle **A, B, C, D, E**. Per l'impianto di tipo **A** non ci sono contro indicazioni perché gli impianti sono fra loro indipendenti.

A. Impianto senza miscelazione di aria tra i singoli ambienti

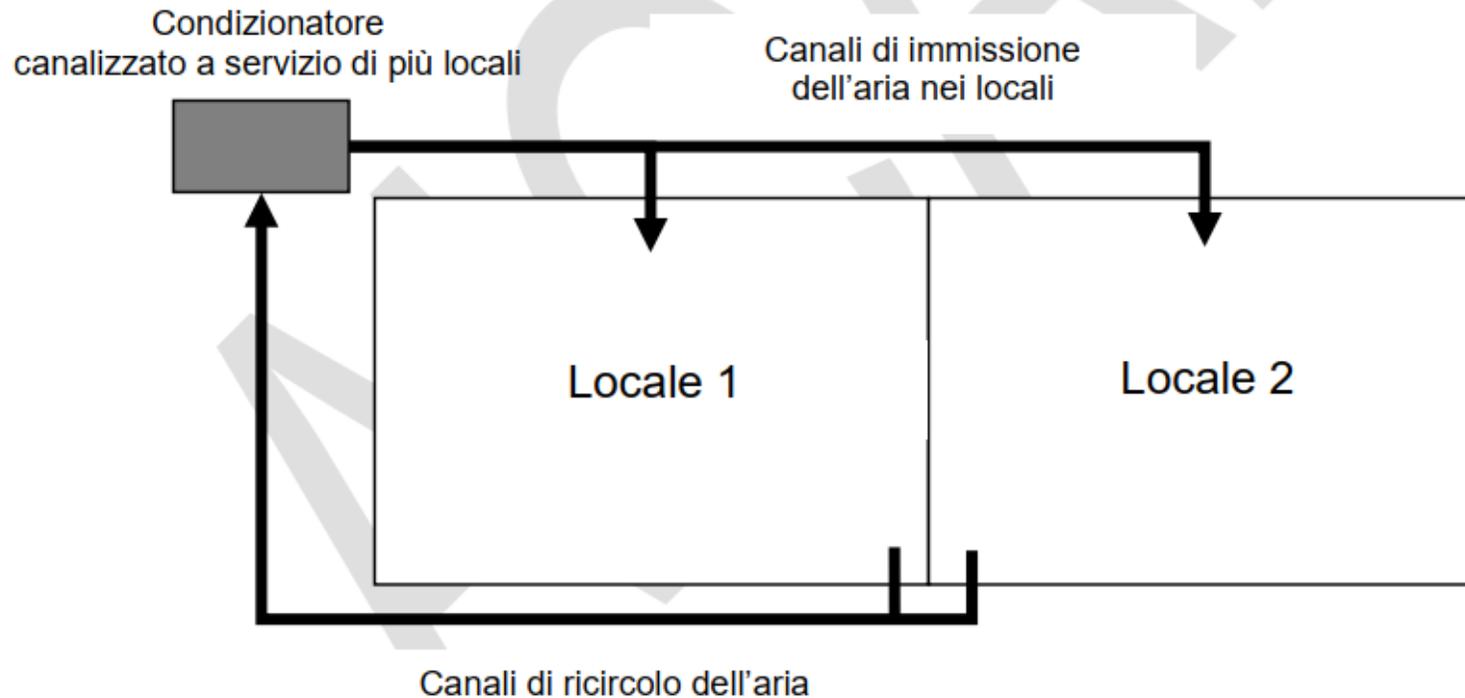


E' il più semplice di tutti gli impianti. Non vi è alcun impianto di immissione dell'aria esterna e quindi il ricambio di aria può avvenire solo grazie all'apertura delle finestre.

L'azione dei terminali è efficace solo nel locale dove essi sono posti, per cui il virus non può passare da un locale all'altro. I terminali possono essere di qualunque tipo e posti ovunque nel locale: radiatori o termosifoni, sistemi radianti, ventilconvettori o fancoil, condizionatori (anche quelli canalizzati, cioè quelli nascosti dalla controsoffittatura e collegati a canali, purché siano a servizio di un solo locale).

Prontuario degli impianti di climatizzazione AICARR

B. Impianto con miscelazione dell'aria tra i singoli locali



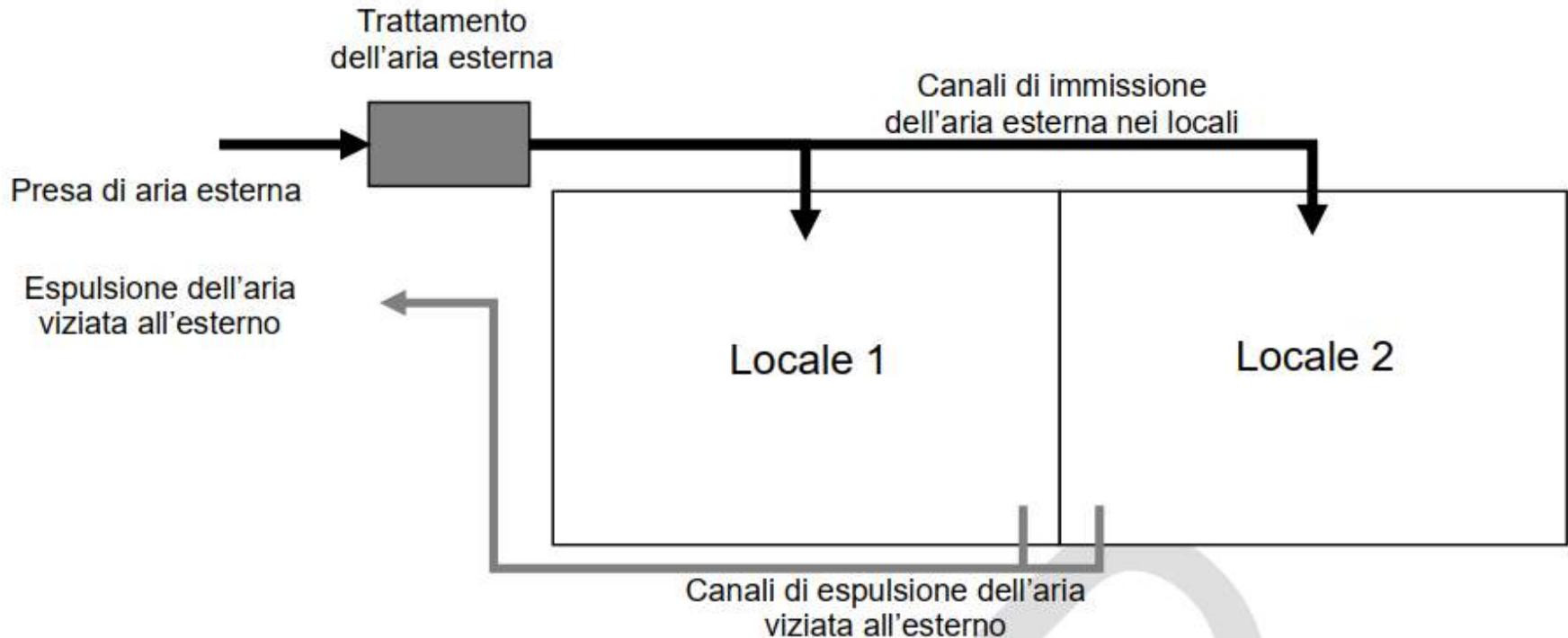
Negli impianti con miscelazione dell'aria un unico condizionatore climatizza tutti i singoli locali, che sono collegati tra loro da canali di immissione dell'aria esterna. L'aria che viene immessa nei canali di ricircolo presenti in ciascun locale ritorna al condizionatore canalizzato a servizio di più locali.

Non vi è alcun impianto di immissione dell'aria esterna e quindi il ricambio di aria può avvenire solo grazie all'apertura delle finestre.

Con questa tipologia di impianto è possibile che il virus passi da un locale all'altro. Per approfondire dal punto di vista tecnico gli aspetti relativi al loro utilizzo in emergenza si possono consultare i documenti che si trovano al link citati in webgrafia al numero [2] e [3].

Prontuario degli impianti di climatizzazione AICARR

C. Impianto di immissione di aria esterna

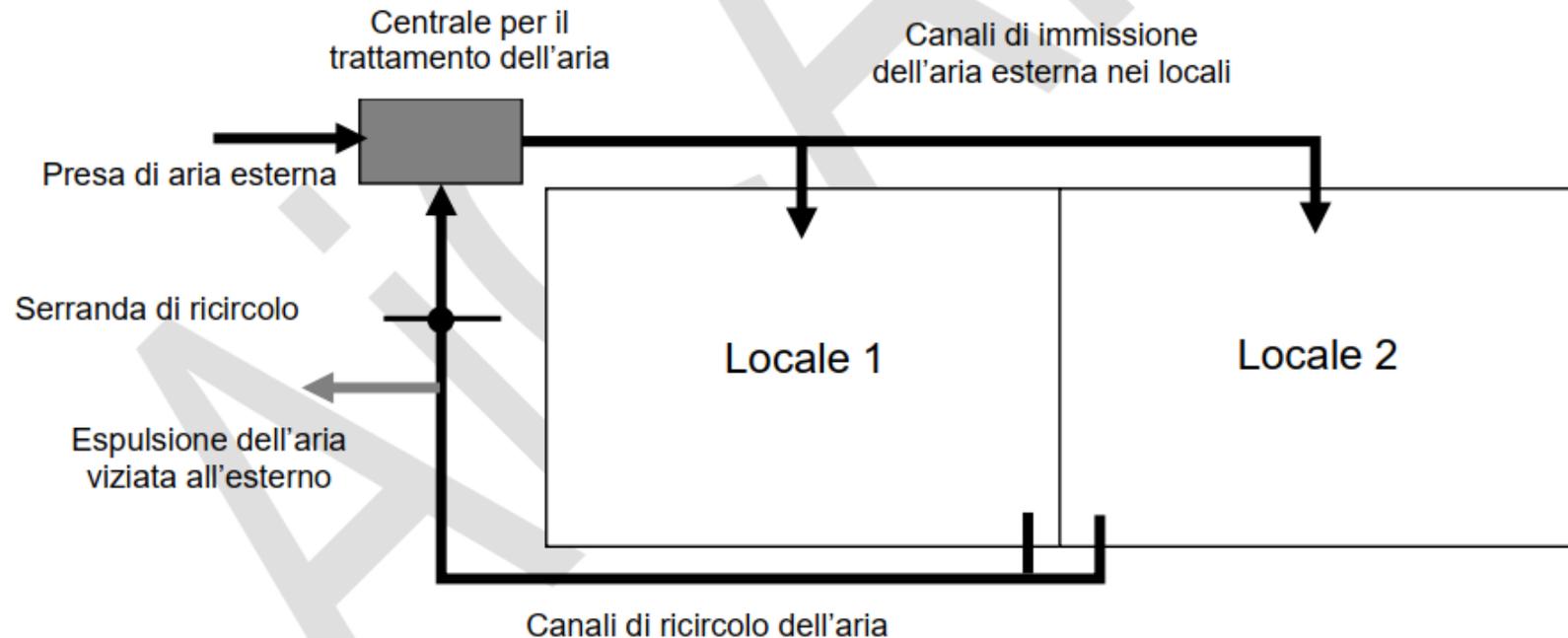


Gli impianti di immissione dell'aria esterna si aggiungono agli impianti della tipologia A e della tipologia B secondo quanto riportato nelle tabelle del prontuario. Servono per ricambiare l'aria nei locali e quindi per garantire una buona qualità dell'aria senza aprire finestre o porte. Sono molto importanti per ridurre l'eventuale concentrazione di virus nei locali. Per approfondire dal punto di vista tecnico gli aspetti relativi al loro utilizzo in emergenza si può consultare il documento che si trova al link citato in webgrafia al numero [1].

Nei piccoli impianti possono essere aggiunti alle tipologie A e B: in questo caso si parla di VMC-Ventilazione Meccanica Controllata. Negli edifici di medie e grandi dimensioni sono aggiunti solo alla tipologia A e si parla di aria primaria. E' chiaro che l'impianto ad aria primaria ha trattamenti dell'aria più completi rispetto a quello a VMC. L'impianto ad aria primaria è il più utilizzato in Italia negli edifici di medie e grandi dimensioni.

Prontuario degli impianti di climatizzazione AICARR

D. Impianti centralizzati a tutta aria



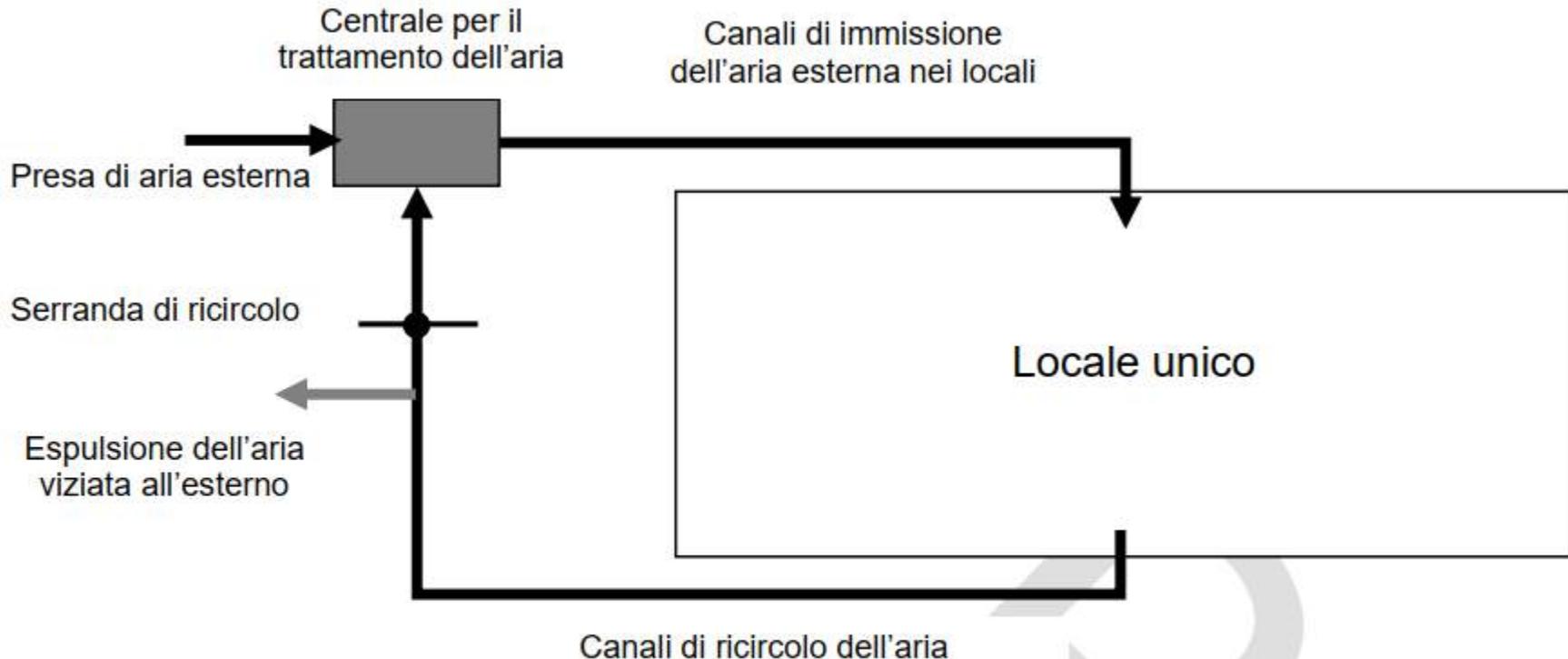
Nei impianti centralizzati a tutt'aria un'unica centrale climatizza tutti gli ambienti, collegati tra loro da canali di immissione dell'aria. Nel funzionamento normale, l'aria immessa è una miscela di aria esterna, che serve per il rinnovo e di aria ricircolata.

Ovviamente, in condizioni di emergenza, questo è molto rischioso, perché con il ricircolo si può inviare il virus in tutti i locali dell'edificio, come è spiegato del punto di vista tecnico nel documento che si trova al link citato in webgrafia al numero [1]. Per questo motivo, in caso di emergenza è necessario **SEMPRE CHIUDERE** la SERRANDA di RICIRCOLO, in modo da non ricircolare l'aria contaminata e aumentare la quantità di aria esterna immessa nei locali. Tutto ciò va assolutamente fatto, anche se in alcune situazioni potrebbe avere come conseguenza una riduzione della prestazione dell'impianto.

Questa tipologia di impianto si utilizza negli edifici di medie e grandi dimensioni e non è molto comune in Italia.

Prontuario degli impianti di climatizzazione AICARR

E. Impianti canalizzati monozona

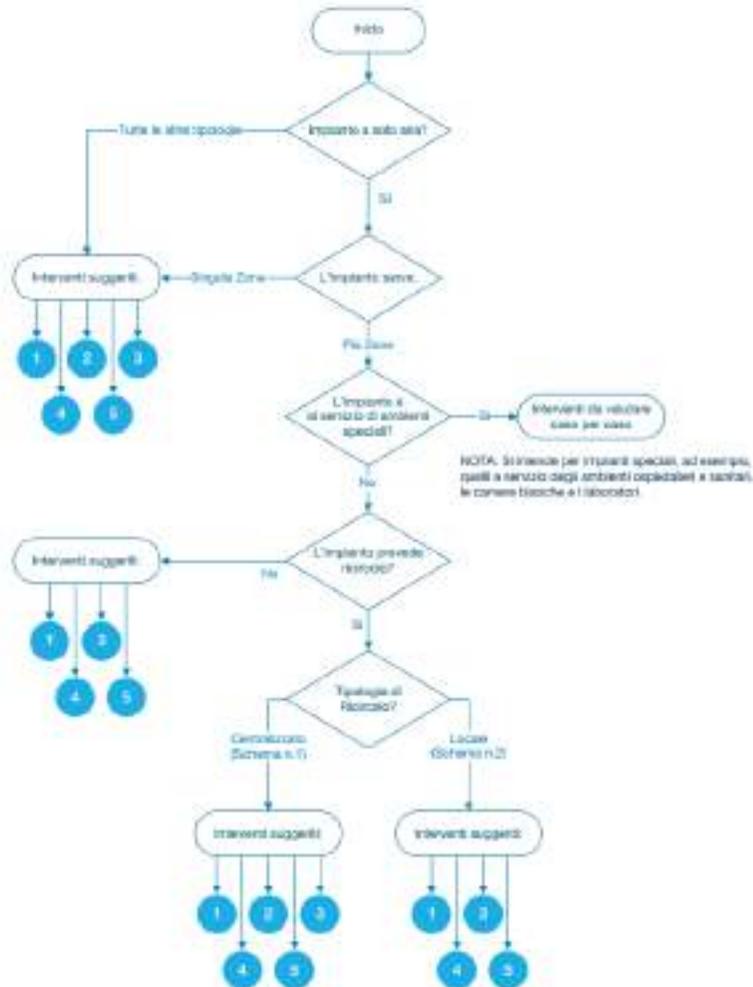


Gli impianti canalizzati per singolo locale sono utilizzati ovunque vi sia un unico locale da climatizzare, ad esempio nei supermercati, nei cinema e nei teatri. La serranda di ricircolo è sempre presente e generalmente gli impianti sono progettati per poter immettere solo aria esterna. Quindi, in condizioni di emergenza è necessario **SEMPRE CHIUDERE** la SERRANDA di RICIRCOLO, in modo da diluire l'eventuale presenza di virus nel locale. Per approfondire dal punto di vista tecnico gli aspetti relativi al loro utilizzo in emergenza si possono consultare i documenti che si trovano al link citati in webgrafia al numero [1] e [3].

Protocollo di riduzione dei contagi AICARR – Impianti civili



PROTOCOLLO PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO DA DIFFUSIONE DEL SARS-CoV2-19 MEDIANTE GLI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE E VENTILAZIONE ESISTENTI



PREMESSA

AICARR ha ritenuto necessario produrre un secondo documento dopo quello già pubblicato il 13 marzo 2020 sul sito dell'associazione dal titolo GLI IMPIANTI E LA DIFFUSIONE DEL SARS-CoV2-19 NEI LUOGHI DI LAVORO.

Questo documento è rivolto ai tecnici del settore per dare indicazioni su come operare sugli impianti esistenti, ad esclusione degli impianti speciali, quali ad esempio quelli a servizio degli ambienti ospedalieri e sanitari, le camere bianche e i laboratori.

Partendo dal principio, ampiamente condiviso da parte degli organi preposti alla vigilanza sulla salute delle persone, che:

- la migliore azione per limitare un eventuale rischio di infezione da COVID-19 per via aerea è quello di ventilare il più possibile gli ambienti interni con aria esterna;

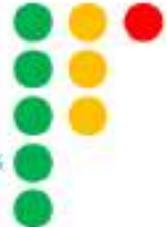
e dal fatto che:

- gli impianti di ventilazione meccanica e gli impianti climatizzazione ambientale, che svolgono anche la funzione di ventilazione, possono assolvere tale funzione in modo più efficace della semplice apertura delle finestre, anche perché migliorano la qualità dell'aria esterna con la filtrazione;

AICARR suggerisce, in funzione della tipologia di impianto esistente, alcune operazioni di gestione che consentano di massimizzare l'introduzione di aria esterna negli ambienti.

INTERVENTI SUGGERITI

- AUMENTO DELLA PORTATA D'ARIA
- FORZATURA SERRANDE IN SOLA ARIA ESTERNA
- DISATTIVAZIONE O BY-PASS DEL RECUPERATORE DI CALORE
- MANTENIMENTO DEL SETPOINT UMIDITÀ RELATIVA AL DI SOPRA DEL 40%
- FUNZIONAMENTO IN CONTINUO DELL'IMMISSIONE DI ARIA ESTERNA



LEGENDA

- INTERVENTI CHE RICHIEDONO AZIONI SUI SISTEMI DI CONTROLLO
- INTERVENTI CHE RICHIEDONO AZIONI DEL PERSONALE DI MANUTENZIONE
- INTERVENTI CHE RICHIEDONO O POSSONO RICHIEDERE MODIFICHE IMPIANTISTICHE

NOTA

Le azioni correttive suggerite sono quelle da attuare su impianti correttamente mantenuti e gestiti. Allo stato attuale non ci sono evidenze in base alle quali risulti indispensabile provvedere in modo generalizzato a interventi straordinari di igienizzazione degli impianti. Si consiglia che gli interventi di manutenzione e igienizzazione, qualora effettuati, seguano sempre procedure ben definite e siano eseguiti da personale qualificato, dotato di idonei Dispositivi di Protezione Individuale. Qualunque intervento effettuato in modo scorretto e/o senza l'utilizzo di DPI potrebbe avere come risultato non la riduzione, ma l'incremento dei rischi.

Protocollo di riduzione dei contagi AICARR – Impianti civili



PROTOCOLLO PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO DA DIFFUSIONE DEL SARS-CoV2-19 MEDIANTE GLI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE E VENTILAZIONE ESISTENTI

DESCRIZIONE INTERVENTI SUGGERITI

1 AUMENTO DELLA PORTATA D'ARIA

Può essere effettuata aumentando il numero di giri del ventilatore. In particolare:

- 1) Nei ventilatori dotati di inverter, aumentando la frequenza di alimentazione;
- 2) Nei ventilatori dotati di cinghia e pulegge, modificando il diametro delle pulegge.

Ovviamente l'intervento deve riguardare sia il ventilatore di mandata dell'aria esterna sia quello di ripresa dell'aria esausta, avendo l'accortezza di mantenere inalterata la differenza di pressione nei singoli ambienti (se in sovrappressione, devono rimanere in questo stato). Il funzionamento in depressione riguarda soprattutto gli impianti speciali, che vanno visti caso per caso. In ogni caso, bisogna fare attenzione che l'assorbimento elettrico del motore ventilatore sia compatibile con i limiti espressi dai dati di targa.

2 FORZATURA SERRANDE IN SOLA ARIA ESTERNA

Al fine di aumentare la portata d'aria esterna, è consigliabile chiudere la serranda del riciccolo e contemporaneamente aprire la serranda dell'aria immessa e dell'aria espulsa, facendo attenzione a non alterare le condizioni di sovrappressione preesistenti.

Per gli impianti progettati per poter funzionare a tutta aria esterna, ad esempio free-cooling (Schema n.1), si suggerisce la modalità a sola aria esterna prevedendo la totale chiusura della serranda di riciccolo e la contemporanea apertura della serranda di aria esterna e di espulsione.

Per impianti che non prevedono il free-cooling (Schema n.1), è consigliabile comunque chiudere la serranda di riciccolo e contemporaneamente aprire la serranda dell'aria esterna e dell'aria espulsa. La portata al ventilatore ne risulterà ridotta, ma sarà costituita da sola aria esterna. Si deve avere l'accortezza di verificare che il ventilatore non lavori fuori curva, in particolare nei punti di inabitilità. In questo caso, deve essere abbassato il numero di giri del ventilatore, agendo o sulle frequenze dell'inverter, se presente, oppure variando il diametro delle pulegge.

Per i sistemi a espulsione diretta monoblocco a free-cooling parziale, ad esempio i roof top, bisogna verificare attentamente quali siano le portate minime di lavoro e la percentuale di aria esterna da immettere per evitare il blocco del circuito frigorifero.

3 DISATTIVAZIONE O BY-PASS DEL RECUPERATORE DI CALORE

I recuperatori rotativi vanno sempre arrestati, per evitare una possibile, per quanto improbabile e remota, contaminazione dell'aria immessa. Al risvolto la scelta deve essere preventivamente sanificata.

Per lo stesso motivo va by-passata ogni altra tipologia di recuperatore entalpico.

Nel caso di recuperatori a flusso incrociato, conviene valutare l'apertura della serranda di aria esterna ai fini di aumentare la portata di aria esterna. Qualora si fosse sulla linea del by-pass dell'aria esterna una serranda di taratura alta e simulare le perdite di carico del recuperatore, la serranda dovrà essere aperta il più possibile, sempre compatibilmente con l'assorbimento elettrico del motore.

4 MANTENIMENTO DEL SET POINT DELL'UMIDITÀ RELATIVA AL DI SOPRA DEL 40%

E' ben noto che bassi valori di umidità relativa rendono le mucose secche, riducendone la funzione di barriera al virus.

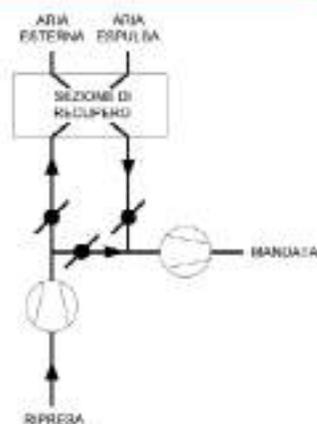
Quindi, nel funzionamento invernale, si deve umidificare l'aria per avere almeno il 40% di umidità relativa. Laddove l'impianto non fosse dotato di sistema di umidificazione, bisogna valutare l'uso di umidificatori a vapore locali tenendo conto delle condizioni climatiche.

In estate il problema dell'umidità relativa bassa non dovrebbe mai porsi. Nel caso si presentasse conviene agire aumentando la temperatura minima di saturazione, cioè il set-point della temperatura in uscita dalla batteria fredda. In generale, negli impianti idronici è opportuno regolare opportunamente la temperatura di set-point di uscita dell'acqua dal gruppo frigorifero; nel caso di impianti a espulsione diretta, conviene regolare opportunamente la temperatura di evaporazione.

5 FUNZIONAMENTO IN CONTINUO DELL'IMMISSIONE DI ARIA ESTERNA

Benché non vi sia alcuna prova che immettere aria esterna anche nelle ore di non occupazione contribuisca a ridurre il rischio di contenere il virus, il principio di precauzione suggerisce di farlo. Un funzionamento in continuo su base giornaliera garantisce di avere all'interno degli ambienti aria alle condizioni di qualità esterna al momento della apertura dei locali.

NOTE AGLI SCHEMI 1 E 2

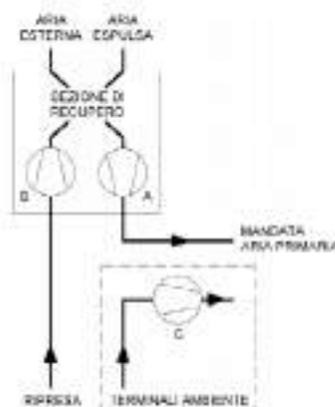


IMPIANTI A TUTTA ARIA CON RICICCOLO CENTRALIZZATO (SCHEMA N.1)

E' il caso tipico di molti grandi impianti a tutta aria con riciccolo. Il ventilatore di ripresa è posto a monte del collegamento al riciccolo. Si possono avere due configurazioni:

1) Impianti progettati tenendo conto di un possibile funzionamento in modalità free-cooling: il dimensionamento dei canali di espulsione e di ripresa è realizzato sulla massima portata d'aria dell'impianto. Le serrande sono sempre coniugate e motorizzate.

2) Impianti progettati senza il funzionamento in modalità free-cooling: il dimensionamento dei canali di aria esterna e di ripresa è realizzato sulla sola frazione di portata di aria esterna. Negli impianti più vecchi le serrande sono di taratura manuale e non coniugate tra loro. Negli impianti più recenti le serrande possono essere motorizzate e coniugate, per permettere la variazione di immissione di aria esterna in funzione del numero di persone presenti, ma hanno un blocco manuale per impedire la chiusura completa del bypass di riciccolo. Tale blocco va rimosso, per eseguire quanto suggerito nell'intervento n. 2.



IMPIANTI AD ARIA PRIMARIA CON TERMINALI AMBIENTE O DI ZONA (SCHEMA N.2)

E' il tipico caso dei sistemi con VMC di nuova concezione costruiti secondo quanto prescritto da ERP 2018 o ERP 2016.

La portata d'aria esterna dipende solo dai due ventilatori presenti nell'unità di recupero del calore, A e B nello schema. Il terzo ventilatore, C, serve solamente per il funzionamento dell'impianto e non entra in gioco nell'aumento della portata d'aria esterna.

Protocollo di riduzione dei contagi AICARR – Impianti sanitari

PROTOCOLLO PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO DA DIFFUSIONE DEL SARS-CoV2-19 MEDIANTE GLI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE E VENTILAZIONE IN AMBIENTI SANITARI

PREMESSA

Il 16 marzo AICARR ha pubblicato sul proprio sito e diffuso il suo «Protocollo per la riduzione del rischio da diffusione del SARS-CoV2-19 mediante gli impianti di climatizzazione e ventilazione esistenti». Questo nuovo protocollo si intende a completamento del precedente per gli aspetti relativi agli ambienti sanitari.

Questo documento è rivolto ai tecnici del settore e alle Direzioni Sanitarie per dare indicazioni su come operare sugli impianti esistenti o su quelli di nuova costruzione in gli extra-sanitari.

Partendo dal principio, che nel ricovero di pazienti altamente infettivi le azioni da intraprendere sono:

- **segregazione** sia in termini di layout architettonici (ad esempio air-lock) sia in termini impiantistici (azioni per il mantenimento di adeguate differenze di pressione tra i vari ambienti al fine di evitare la cross contamination);
- **diluzione** mediante elevati ricambi di aria della concentrazione del virus aerotrasportato, in particolare per le terapie intensive;
- controllo della contaminazione dell'ambiente esterno mediante **filtrazione assoluta** nelle espulsioni.

Si precisa che le soluzioni suggerite dal presente protocollo sono di natura straordinaria e provvisoria dettata dall'emergenza nazionale COVID-19 e influenzate dalla disponibilità e dal rispetto di materiali e che l'eventuale deroga alle prescrizioni della legislazione e normativa vigente, dovrà essere preventivamente autorizzata dalla Direzione Sanitaria.

AVVERTENZE

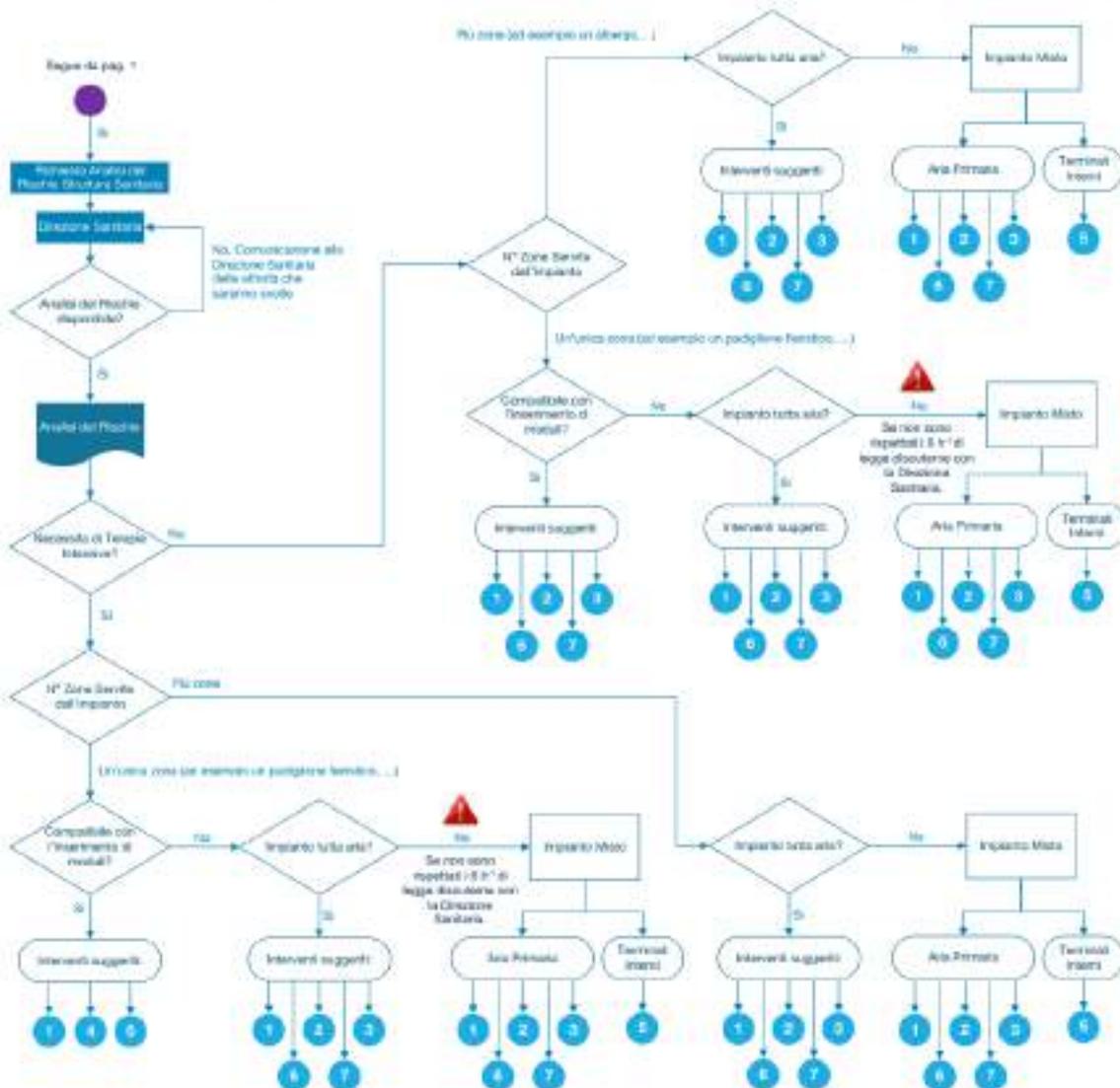
- Si ricorda che ai sensi del DPR del 14 gennaio 1997 i ricambi d'aria nelle terapie intensive sono solo di aria esterna senza ricircolo con un minimo di 6 h⁻¹.
- Per un'efficace diluzione dell'aria ambiente non solo si deve evitare la riduzione della portata di aria esterna immessa, ma la si deve per quanto possibile potenziare nei limiti della capacità dell'impianto.
- Si raccomanda di verificare che la distanza tra la presa di aria esterna e quella di espulsione non sia inferiore ai 10 m per evitare il ricircolo.
- Il rapporto con i responsabili dell'area sanitaria è fondamentale per stabilire con loro:
 - l'idoneità delle aree di intervento designate, gli standard minimi da raggiungere, le eventuali deroghe a normative e legislazione vigente, la verifica della coerenza tra il tempo necessario all'intervento e le esigenze dell'emergenza, il livello di affidabilità funzionale dei dispositivi/alimentazioni per garantire la vita dei pazienti.

INTERVENTI SUGGERITI

- 1 MESSA IN DEPRESSIONE DEGLI AMBIENTI
- 2 GESTIONE DELL'ESPULSIONE
- 3 RICIRCOLO DELL'ARIA AMBIENTE
- 4 MODULO DI TERAPIA INTENSIVA
- 5 PULIZIA DEI TERMINALI
- 6 SOSTITUZIONE FILTRI ASSOLTI
- 7 DISATTIVAZIONE O BY-PASS DEI RECUPERATORI DI CALORE



Protocollo di riduzione dei contagi AICARR – Impianti sanitari



LEGENDA

- INTERVENTI CHE RICHIEDONO AZIONI SUI SISTEMI DI CONTROLLO
- INTERVENTI CHE RICHIEDONO AZIONI DEL PERSONALE DI MANUTENZIONE
- INTERVENTI CHE RICHIEDONO O POSSONO RICHIEDERE MODIFICHE IMPIANTISTICHE O ARCHITETTONICHE

DESCRIZIONE INTERVENTI SUGGERITI

1 MESSA IN DEPRESSIONE DEGLI AMBIENTI

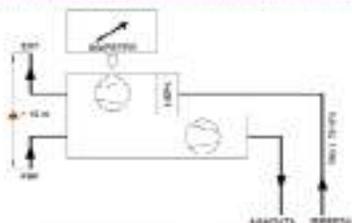
Per la trasformazione di esistenti degagne ordinarie in degagne per infettivi è necessario in primo luogo il potenziamento della ripresa dell'aria, che va effettuato per mettere questi locali in depressione rispetto ad altri reparti e o ambienti per non infetti, si raccomanda quindi di:

- a. non diminuire la portata di aria in mandata ma anzi forzare il relativo ventilatore per avere la portata massima possibile mettendo sotto invertir il motore del ventilatore di mandata in modo da poter incrementare il numero di giri dello stesso nei limiti del suo assorbimento elettrico;
- b. mettere sotto invertir il motore del ventilatore di estrazione in modo da poter incrementare il numero di giri del motore nei limiti dell'assorbimento elettrico dello stesso (schema 1) e inserire un filtro assoluto sull'espulsione, previa verifica della prevalenza disponibile. È possibile in queste situazioni, nonostante l'aumento di rumorosità elevare la velocità dell'aria nelle condotte di ripresa anche sino a 15 m/s;
- c. se così non si raggiunge un'affioce depressione, da verificare mediante smoke test, esaminare la possibilità di sostituire il blocco ventilatore filtro assoluto con un nuovo apparecchio di adeguata potenza e prevalenza (schema 2). È possibile in queste situazioni, nonostante l'aumento di rumorosità, elevare la velocità dell'aria nelle condotte di ripresa anche sino a 15 m/s;
- d. se ancora insufficiente occorre provvedere all'installazione di un impianto di estrazione autonoma (vedi schemi 3a e 3b) con il blocco ventilatore più filtro assoluto posto nel corridoio all'esterno della struttura. Nel primo caso si riesce a mantenere in aderenza il corridoio a scapito di un contenuto rischio di contaminazione crociata, nel secondo si richiama infiltrazioni incontrollabili.

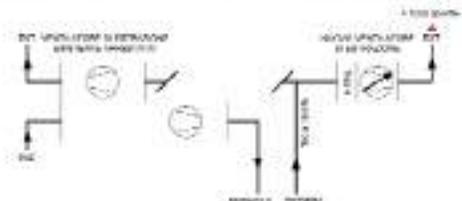
Protocollo di riduzione dei contagi AICARR – Impianti sanitari

PROTOCOLLO PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO DA DIFFUSIONE DEL SARS-CoV2-19 MEDIANTE GLI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE E VENTILAZIONE IN AMBIENTI SANITARI

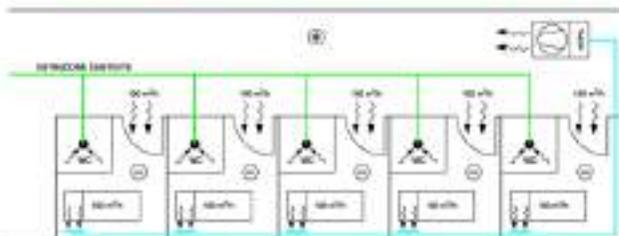
SCHEMA N.1 – Innesamento inverter su motore del ventilatore di estrazione e filtrazioni HEPA



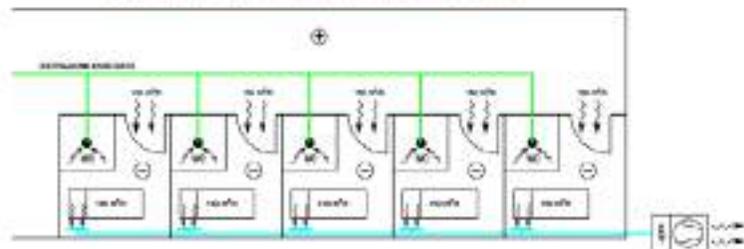
SCHEMA N.2 – Nuovo blocco HEPA ventilatore di estrazione con inverter



SCHEMA N.3a – Ventilatore di estrazione interno nel corridoio del reparto



SCHEMA N.3b – Ventilatore di estrazione esterno al reparto



Nota agli schemi 3a e 3b: per mantenere una depressione minima si consiglia una portata di estrazione di circa 150 m³/h per una degenza per infetti di circa 25 m².

Si ricorda che la segregazione di ambienti infetti rispetto ad altri ambienti sanitari è provvedimento essenziale e i principi sopra espressi vanno declinati in funzione della destinazione d'uso e dei sistemi impiantistici esistenti, in particolare:

A. In presenza di un **impianto del tipo aria primaria con terminali in ambiente** la trasformazione in locali per terapia intensiva è **fortemente sconsigliata**, infatti:

- La portata dell'aria immessa (in genere circa 2 h⁻¹):
 - è troppo modesta, a fronte di una portata raccomandata di 10 - 12 h⁻¹ e di un minimo normativo di 6 h⁻¹;
 - non è diminuita per creare depressione;
 - compatibilmente con la situazione esistente andrebbe forzata al massimo.
- La ripresa talvolta:
 - è lasciata defluire naturalmente per sovrappressione della stanza;
 - avviene dal servizio igienico dedicato, se esistente, con aspiratore fisso (6 h⁻¹) se intermittente (12 h⁻¹) comunque inmodificabile;
 - avviene dal corridoio e andrebbe diminuita al massimo possibile per mantenimento in sovrappressione rispetto le degenze.

In conclusione sarebbero necessari profondi rinnovamenti.

Nel caso che l'emergenza costringa a questo tipo d'uso occorre introdurre un sistema autonomo di estrazione dell'aria come descritto in (2) che metta in forte depressione le stanze recuperando aria dagli altri ambienti, servizio igienico escluso e concordando con la Direzione Sanitaria il non rispetto del livello di ventilazione minimo di legge.

B. In presenza di un **impianto a tutta aria** l'incrocio di una terapia intensiva per infetti è soggetta:

- alla verifica del rispetto dei dati di progetto nel seguito indicati o concordati con la Direzione Sanitaria responsabile;
- al potenziamento delle portate dell'aria nell'area di terapia intensiva sia agendo sul motore del ventilatore come sopra descritto, sia ritardando la rete di mandata a vantaggio dell'area di terapia intensiva;
- al potenziamento dell'estrazione ed espulsione.

2 GESTIONE DELL'ESPULSIONE

L'espulsione dell'aria esausta da degenze o reparti infetti deve essere sottoposta a filtrazione assoluta (filtri H13 o H14):

- 1) Nel caso si possa utilizzare l'impiantistica esistente, per l'espulsione verificare:
 - che sia possibile l'installazione e la manutenzione del filtro HEPA (con canister se disponibile in subordina se non disponibile prevedere l'operazione di sostituzione del filtro con idonei DPI seguendo le istruzioni dell'RSPP, secondo le indicazioni dell'igienista, prima dell'immissione nell'ambiente esterno;
 - che non sia possibile una cortocircuazione con la presa dell'aria esterna, cercando di mantenere una distanza di almeno 10 metri con presa sopravvento in base ai venti prevalenti;
 - che sia possibile attuare un facile collegamento con il centro di controllo della regolazione, in caso contrario prevedere a installare allarme luminoso acustico di filtro intasato il più visibile/udibile possibile.
- 2) Nel caso si debba prevedere con una nuova condotta di estrazione autonoma di integrazione:
 - valgono, dove applicabili, le raccomandazioni/prescrizioni del punto precedente;
 - creare una nuova condotta di ripresa dell'aria dai locali interessati, anche al loro interno, dotandola: di terminali di ripresa possibilmente posizionati dietro la testata del letto infettivo; di ventilatore di espulsione con filtrazione assoluta (con canister se disponibile in subordina se non disponibile prevedere l'operazione di sostituzione del filtro con idonei DPI seguendo le istruzioni dell'RSPP) con canister insonorizzato posto in posizione spaziale e manutenibile in sicurezza sia per i pazienti sia per gli addetti;
 - se possibile introdurre un silenziatore da condotta.

Protocollo di riduzione dei contagi AICARR – Impianti sanitari



PROTOCOLLO PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO DA DIFFUSIONE DEL SARS-CoV2-19 MEDIANTE GLI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE E VENTILAZIONE IN AMBIENTI SANITARI

3 RICIRCOLO DELL'ARIA AMBIENTE

Poiché il virus può sopravvivere nell'aria per diverse ore è necessario impedire una possibilità di contaminazione dell'aria esterna eliminando, ove esiste e nel caso di intervento su strutture non ospedaliere, il ricircolo (il ricircolo negli ambienti sanitari ospedalieri è vietato per rischio di cross contamination indipendentemente dal SARS-CoV2-19).

I terminali ambiente - quali le unità split, i ventilconvettori e i sistemi VRF per il riscaldamento e il raffreddamento - ricircolano solo l'aria della singola camera adibita al degenza e costituiscono un basso rischio di diffusione del virus specie se sono sottoposti ad una continua e accurata pulizia e sanificazione. La loro presenza non è però compatibile con degenze intensive di terapia intensiva.

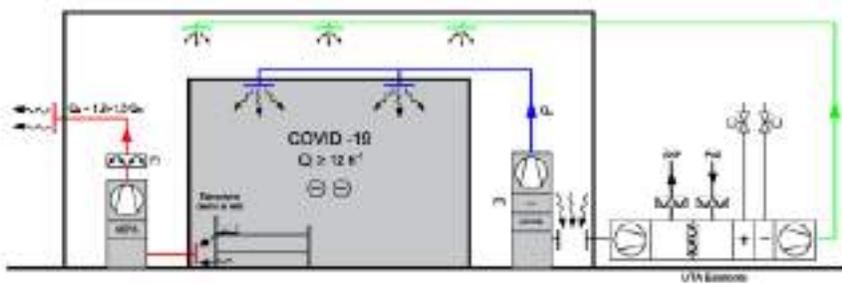
Nell'ospedale solo nelle Sale Operatorie è consentito il ricircolo sala per sala. In caso di interventi su portafili di SARS-CoV2-19 si consiglia di non intervenire sugli impianti ma è sufficiente osservare un periodo di decontaminazione post intervento di durata da definire con la Direzione Sanitaria.

4 MODULO DI TERAPIA INTENSIVA

Nell'allestimento di reparti di terapie intensive provvisorie all'interno di grandi strutture esistenti già climatizzate, quali ad esempio centri feritici, palestre, capannoni, ecc (schema 4), si suggerisce di tener conto di un carico termico per i nuovi ambienti realizzati di circa 60 W/m² con i seguenti:

- Superficie per posto letto terapia intensiva di riferimento: 15 m² p.l.;
- Apparecchiature: 600 - 800 W/p.l. circa 50 W/m²;
- Illuminazione: 5 W/m²;
- Persone: 5 W/m²;
- Portata di aria esterna minima: 2-10/12 h⁻¹ con un minimo di 6 h⁻¹ come da DPR 14 gennaio 1987;
- Temperatura immissione dell'aria > 18 °C;
- Umidità relativa tra il 40 e 60 % come da DPR 14 gennaio 1987.

SCHEMA N.4 - Layout blocco terapie intensive COVID-19



- (*) Seranda di taratura o ventilatore a portata variabile (motore ED).
 (**) Batteria di post raffreddamento ad espansione diretta.

5 PULIZIA DEI TERMINALI

È accertato che una frazione importante dell'aerosol precipita sulle superfici specialmente orizzontali e pertanto è necessario provvedere alla loro pulizia e sanificazione con attrezzatura adeguata e con una periodicità almeno giornaliera.

Per la corretta pulizia dei terminali d'impianto (radiatori, condizionatori, bocchette di iniezione, ecc...) è necessario agire con personale qualificato dotato di idonei Dispositivi di Protezione Individuale (DPI) o seguendo procedura ben definita.

Qualunque intervento effettuato in modo scorretto e/o senza l'utilizzo di DPI potrebbe avere come risultato non la riduzione, ma l'incremento del rischio.

Attrezzatura: aspiratore con microfiltro HEPA (filtra in grado di trattenerne il 99,9% dei batteri) ed asta telescopica, panno e secchio di colore codificato.

Prodotti: bietergente multiscopo per la pulizia di superfici.

Tecnica operativa:

- Pulire le superfici con aspirapolvere con asta telescopica
- Lavare con panno imbevuto con soluzione bietergente.
- Lasciare asciugare.

6 SOSTITUZIONE FILTRI ASSOLUTI

I filtri assoluti devono essere inseriti a regola d'arte per evitare perdite di aria contaminata e si deve effettuare il penetration test, cioè la verifica sui terminali dell'impianto di condizionamento per controllare l'efficienza della filtrazione compresa la corretta tenuta dei filtri e la corretta sigillatura dei loro telaio ai canali ed alle bocchette in modo tale da non consentire passaggi d'aria all'esterno.

Se possibile, utilizzare per i filtri assoluti adeguati cerchietti (contenitori portafiltri) di sicurezza in alternativa l'utilizzo di idonei DPI che garantiscano il massimo contenimento, la protezione dell'ambiente e degli operatori della manutenzione, la cui tenuta stagna sia verificata in classe 3 secondo ISO 10646-2 a +/- 0000 Pa.

7 DISATTIVAZIONE O BY-PASS DEI RECUPERATORI DI CALORE

I recuperatori rotativi vanno sempre smaltiti, per evitare una possibile, per quanto improbabile e remota, contaminazione dell'aria innesca. Al riavvio la rotta deve essere preventivamente sanificata.

Per lo stesso motivo va by-passato ogni altra tipologia di recuperatore entalpico.

Nel caso di recuperatori a flusso incrociato, conviene valutare l'apertura della seranda di by-pass al fine di aumentare la portata di aria esterna. Qualora vi fosse sulla linea del by-pass dell'aria esterna una seranda di taratura alta a simulare le perdite di carico del recuperatore, la seranda dovrà essere aperta il più possibile, sempre compatibilmente con l'assorbimento elettrico del motore.

PRECAUZIONI RELATIVE ALLE ATTIVITÀ DEGLI OPERATORI ROBOTI ALLA INSTALLAZIONE E MANUTENZIONE DEGLI IMPIANTI

Nelle eventuali attività di modifica/potenziamento di impianti HVAC a servizio di reparti COVID-19 o comunque di zone dove sono curati malati affetti da COVID-19 gli operatori dovranno essere specificatamente formati sui rischi ed in particolare le operazioni dovranno essere attuate considerando ogni possibile accorgimento che tuteli la loro salute, come ad esempio:

- La disinfezione delle superfici preliminarmente a tutte le operazioni, avendo cura di seguire le indicazioni d'uso dei prodotti utilizzati;
- L'adozione di tutti i DPI adatti alle lavorazioni con verifica di tale uso da parte del capistrada delle ditte operanti;
- Il corretto contenimento e il dovuto isolamento delle parti rimosse, tenendo in dovuta considerazione la sopravvivenza del virus sulle superfici;
- L'attenzione deve essere rivolta alla pronta individuazione dei rischi, di segretaria che individui le parti impiantistiche soggette a potenziale infezione SARS-CoV2-19 (ad esempio l'individuazione dei canali e delle griglie di espulsione delle UTA a servizio delle zone COVID-19);
- La registrazione (data, operazioni svolte, ecc.) degli interventi di manutenzione e/o potenziamento/modifica degli impianti, ad esempio per permettere l'interpretazione di eventuali evidenze statistiche o l'individuazione di eventuali anomalie;
- La verifica almeno 2 volte al giorno del funzionamento e della corretta alimentazione di reparti dell'impianto di produzione e distribuzione dell'ossigeno medicale nonché, anche più volte al giorno, del quadro carica degli impianti ideati per controllare l'assenza di fenomeni di laminazione dovuti alla elevata richiesta dell'ossigeno stesso con conseguente ghiaccio e ad interventi di manutenzione; tale malfunzionamento e i rischi potenzialmente letali associati ai guasti effetti da SARS-CoV2-19.

Position Paper AICARR per l'emergenza SARS-COV-2



POSIZIONE DI AICARR SUL FUNZIONAMENTO DEGLI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE DURANTE L'EMERGENZA SARS-COV2-19

INDICE

1. Premessa	1
2. Possibile diffusione del SARS-CoV-19 tramite aerosol	1
3. Ipotesi di partenza	1
4. Considerazioni sull'evolversi del contagio	2
5. La gestione degli impianti di climatizzazione per la prossima estate e per il prossimo inverno ...	2
5.1. Impianti a servizio delle residenze	2
5.2. Impianti a tutt'aria a servizio di un unico ambiente	2
5.3. Impianti a tutt'aria a servizio di grandi edifici	2
5.4. Impianti a tutt'aria con ricircolo di zona a servizio di pochi ambienti di una unica proprietà ...	3
5.5. Impianti ad aria primaria	3
6. Conclusioni	3
Bibliografia	3
Webgrafia	4

Position Paper AICARR per l'emergenza SARS-COV-2

POSIZIONE DI AICARR

SUL FUNZIONAMENTO DEGLI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE DURANTE L'EMERGENZA SARS-CoV2-19

Quando la menzogna vola attorno al mondo, la verità è ancora a casa ad allacciarsi le scarpe
Howard Zinn in "Storia del popolo americano"

1. Premessa

Sul tema del ruolo degli impianti di ventilazione e condizionamento (o climatizzazione) dell'aria nella diffusione della pandemia da SARS-CoV2-19 c'è purtroppo molta confusione: si va dal fraintendimento classico di confondere questo virus con la legionella, un batterio con tipologie di crescita e diffusione completamente diverse, fino a vere e proprie informazioni false, quali improbabili trattamenti termici sull'aria o sulle batterie dei terminali per neutralizzare le cariche virali.

AiCARR ritiene fondamentale basarsi esclusivamente su evidenze scientifiche: qualunque altro approccio può solo generare confusione, se non vero e proprio panico tra gli operatori del settore e gli utenti finali degli impianti.

Position Paper AICARR per l'emergenza SARS-COV-2

2. Possibile diffusione del SARS-CoV2-19 tramite aerosol

Il SARS-CoV2-19 è un virus che si ritiene sia trasmissibile da persona a persona con tre modalità [1]:

- 1) per contatto ravvicinato e diretto con una persona infetta;
- 2) per inalazione di goccioline liquide prodotte dalla persona infetta;
- 3) tramite contatto con superfici contaminate dal virus.

Parte delle goccioline liquide prodotte dalla persona infetta è di dimensioni così piccole, dell'ordine delle decine di nanometri [3], da non risentire delle forze gravitazionali: rimane in sospensione nell'aria e forma il bio-aerosol (CDC, 2019).

La diffusione del virus tramite bio-aerosol è un meccanismo riconosciuto dall'OMS, anche se non pubblicizzato (WHO, 2020a), e ritenuto efficace solo su brevi distanze, qualche metro in ambiente chiuso, e in vicinanza di una sorgente infettiva significativa, il malato di COVID-19 (WHO, 2020b), nel qual caso l'OMS evidenzia la necessità della ventilazione. Quello che risulta ad oggi controverso è quanto sia statisticamente significativo tale mecca-

nismo di contagio, il bio-aerosol, rispetto al contatto diretto e alle goccioline "pesanti". L'OMS tende a minimizzare tale importanza mentre la comunità scientifica internazionale che ricerca nello specifico settore della diffusione delle particelle, quindi dei virus, riporta evidenze che ciò avviene in altre malattie di origine virale e, per analogia, anche nel caso del SARS-CoV2-19. Per questi motivi, nella gestione degli impianti conviene considerare anche il rischio da contagio da bio-aerosol, seguendo il criterio della massima sicurezza, indispensabile in situazioni come quella che stiamo vivendo.

D'altra parte non c'è alcun dubbio che l'aumento di portata d'aria esterna di rinnovo riduca il rischio [2], come confermato da studi sul controllo di malattie infettive (Gammaitoni et al., 1997; Kibbs et al., 2011) e suggerito da una stessa linea guida dell'OMS (WHO, 2009), almeno per gli ospedali.

Position Paper AICARR per l'emergenza SARS-COV-2

3. Ipotesi di partenza

La posizione di AiCARR si basa su tre ipotesi di partenza:

- 1) la trasmissione via aerosol è l'unica potenzialmente connessa agli impianti di climatizzazione: l'ipotesi di trasmissione del virus non è dimostrata con certezza né negata e va quindi comunque considerata seguendo il criterio della massima sicurezza;
- 2) la mancanza di una evidenza dell'importanza della trasmissione per bio-aerosol nei luoghi non di ricovero degli ammalati di COVID-19, ribadita dal WHO, fa supporre che le altre forme di contagio siano preponderanti, ma a questo proposito, gli scienziati sostenitori della trasmissione del virus via bio-aerosol, sostengono che ci sia ancora molta strada da fare per giungere a quantificarne la importanza relativa rispetto alle altre che può essere non così trascurabile come pensato;
- 3) è un dato ormai certo che l'infezione virale si è principalmente propagata a causa degli infetti asintomatici, che ignari di esserlo, hanno contagiato quanti incontrati nei luoghi di lavoro e negli spazi pubblici e privati, e fintantoché uno screening epidemiologico di massa non consentirà di individuare e isolare i portatori sani del contagio ogni precauzione che può limitare il rischio è non solo benvenuta ma necessaria.

Quindi, quanto di seguito riportato si basa sulla ipotesi che, essendo le persone i portatori del contagio e dal momento che l'isolamento non può e non deve durare a lungo per poter riprendere le attività produttive necessarie, il controllo dell'eventuale trasmissione per via bio-aereosol tramite un'adeguata ventilazione controllata degli spazi occupati possa ridurre sensibilmente il rischio di contagio.

4. Considerazioni sull'evolversi del contagio

Allo stato attuale non è prevedibile la data di fine emergenza. È molto probabile che bisognerà gestire un periodo di transizione prima del ritorno alla vita "normale", se non altro perché:

- a) il virus potrebbe non essere del tutto debellato nel territorio nazionale e bisognerà prepararsi ad alcuni contagi di ritorno, come sta accadendo in Cina;
- b) in autunno e in inverno potrebbe esserci una parziale recrudescenza del virus, a causa del clima particolarmente adatto alla diffusione delle malattie virali assimilabili all'influenza, quali la COVID-19;
- c) la ripartenza sarà lenta e sarà giusto continuare a mantenere una certa distanza sociale, utilizzando lo smart working, dove possibile, e l'ingresso contingentato nei luoghi affollati, come supermercati, farmacie, uffici pubblici, cinema, teatri, ristoranti e tutti gli altri locali che prima o poi si riapriranno.

Andrà anche considerato il fattore umano: chi sarà costretto a lavorare in ambienti chiusi, o anche solo a frequentarli saltuariamente, avrà bisogno di condizioni di comfort termico e qualità dell'aria più stringenti che non in condizioni normali. Una situazione analoga si potrebbe avere nelle abitazioni, dove le persone potrebbe dover restare per un maggior numero di ore rispetto al solito.

In tali situazioni sarà obbligatorio utilizzare sia gli impianti di climatizzazione la prossima estate, che quelli di riscaldamento il prossimo inverno, non solo per quanto detto, ma anche perché mai come in questo momento bisogna tutelare le persone deboli, in primo luogo gli anziani: è inutile non farli uscire per poi aggravare la loro situazione con temperature troppo alte in estate o troppo basse in inverno nelle abitazioni, soprattutto in quelle piccole e anguste.

Position Paper AICARR per l'emergenza SARS-COV-2

5. La gestione degli impianti di climatizzazione per la prossima estate e per il prossimo inverno

Come nel secondo documento pubblicato da AiCARR sul proprio sito [2], qui si parla di impianti esistenti, ad esclusione degli impianti speciali, quali quelli ospedalieri o a servizio di camere bianche e laboratori, che devono essere affrontati specificatamente uno per uno per capire quale sia la strategia migliore e che sono oggetto di un altro documento AiCARR.

5.1. Impianti a servizio delle residenze

In assenza di contagiati in casa non ci può essere il virus, quindi l'accensione dell'impianto termico e di quello di climatizzazione non influisce in alcun modo sul rischio di contagio.

Se vi fossero contagiati in casa, sarebbe la loro presenza a determinare il rischio, che non aumenterebbe a causa dell'accensione dell'impianto. In questo caso, le persone presenti nell'appartamento devono prendere tutte le precauzioni del caso, quanto a protezioni personali e comportamenti. L'utilizzo o meno dell'impianto è quindi solo una questione di opportunità relativamente alla temperatura da mantenere in ambiente: è il medico che deve decidere cosa fare.

In qualunque situazione, i locali devono essere il più possibile ventilati; in assenza di impianto VMC-ventilazione meccanica controllata con portata d'aria esterna sufficiente, bisogna aerare mantenendo le finestre aperte il più possibile. In presenza di un impianto VMC, si devono seguire le indicazioni riportate nel documento AiCARR [2].

5.2. Impianti a tutta aria a servizio di un unico ambiente

È il caso dei supermercati (aperti sempre, anche in periodo di emergenza), oppure di alcuni locali pubblici frequentati da molte persone contemporaneamente, quali negozi, centri commerciali, ristoranti, bar, cinema, teatri e palestre (chiusi in emergenza), nei quali è l'affollamento a determinare il rischio maggiore, sia per chi staziona in ambiente per il tempo di lavoro, sia per chi entra e si trattiene solo il tempo necessario a soddisfare le proprie esigenze. Quando riapriranno le attività attualmente chiuse, è probabile che per un certo periodo l'affollamento sarà giustamente contingentato, così come accade oggi nei supermercati.

In tutti i casi è fondamentale aumentare la portata d'aria esterna per ridurre il rischio (Vio, 2020), eseguendo quanto proposto nel documento AiCARR [2]. In particolare, il ricircolo interno dovrebbe essere sempre chiuso, unicamente per aumentare la portata d'aria esterna di rinnovo. Laddove ciò non fosse possibile per la conformazione dell'impianto, come riportato in [2] nel caso di roof top, la presenza del ricircolo dell'aria ambiente non aumenta il rischio di contagio.

5.3. Impianti a tutta aria a servizio di grandi edifici

Questa categoria comprende gli impianti VAV a portata d'aria variabile e gli impianti con post di zona o a doppio canale, con e senza portata variabile, tutti generalmente concepiti per edifici di medie e grandi dimensioni in cui l'impianto, qualunque sia la sua tipologia, collega zone dell'edificio tra le quali le persone non hanno ragione di circolare. Il rischio maggiore di infezione rimane sempre il contatto diretto tra le persone. Se le proprietà sono diverse, oppure se la proprietà è unica ma il movimento è limitato, almeno tra i vari piani, bisogna contingentare ancora di più il movimento delle persone e gestire molto bene l'uso di parti comuni, tenendo presente che i servizi igienici e gli ascensori sono punti estremamente critici.

Dal punto di vista impiantistico, bisogna assolutamente chiudere ogni serranda di ricircolo dell'aria seguendo le indicazioni riportate in [2], per evitare di trasmettere il contagio per via aerea in luoghi in cui non sarebbe portato dallo spostamento delle persone da un luogo all'altro.

Position Paper AICARR per l'emergenza SARS-COV-2

5.4. Impianti a tutta aria con ricircolo di zona a servizio di pochi ambienti di una unica proprietà

È il caso dei piccoli impianti con uno o più terminali canalizzati a ricircolo di zona (quindi di più locali). Probabilmente è il caso più controverso, perché l'aerosol diffonde in tutti gli ambienti serviti dall'impianto e non rimane soltanto nei locali dove soggiorna l'eventuale infettato asintomatico o comunque la persona che non sa di essere infettata. Questo è certamente vero, ma è altrettanto vero che è inutile chiudere questi impianti che sono a servizio di aree piccole, in una unica proprietà, dove il pericolo maggiore per il rischio di contagio è invece costituito dallo spostamento delle singole persone all'interno dei vari locali e dall'uso comune dei servizi igienici, dove è molto probabile il diffondersi del contagio.

È stato dimostrato (Vio, 2020) che in questi casi la concentrazione di cariche virali elementari per unità di volume diminuisce, perché si ripartisce nell'intero volume servito dall'impianto. Il rischio è minore per la singola persona che soggiorna nella stessa stanza dell'eventuale contagiato, ma è esteso a tutte le persone presenti nell'intera zona servita dagli impianti, che significa minor rischio per più persone. Chi non può lavorare da casa, e quindi si trova all'interno della zona in cui è o è stato presente il contagiato, è comunque a rischio per le altre due forme di contagio di cui al paragrafo 2.

Ciò non vuol dire che questi impianti si comportino meglio di quelli ad aria primaria, trattati dopo, perché diffondono aerosol ovunque. Significa solo che la loro chiusura non porta a sostanziali riduzioni del rischio, proprio a causa del movimento inevitabile delle persone.

Ancora una volta il contenimento va fatto contingentando l'affollamento, promuovendo lo smart working e controllando molto bene la salute di chi entra nei locali.

5.5. Impianti ad aria primaria

In questa categoria rientrano gli impianti con terminali ambiente dotati di ventilatore (ventilconvettori, cassette, sistemi VRF - VRV), gli impianti a travi fredde, gli impianti con sistemi radianti o qualsivoglia altro impianto con ricircolo nel singolo ambiente. Tale ricircolo dipende dalla portata di aria mossa in quelli con ventilatore, e dalla portata di aria di rinnovo nelle travi fredde attive, mentre nei sistemi radianti è funzione della loro quota di scambio convettivo, che può sfiorare il 50% nei pavimenti radianti in riscaldamento e nei soffitti radianti in raffrescamento. Non tutti i terminali sono in grado di filtrare l'aria, anche se in ogni caso i filtri normali non filtrano l'aerosol, caratterizzato da un ordine di grandezza di decine di nanometri [3]. Inoltre, sia per i filtri normali che per altri filtri particolari attualmente non ci sono prove sulla efficienza di filtrazione nei confronti del SARS-CoV2-19, né in un senso, né nell'altro. Quindi, allo stato attuale non vi può essere alcuna distinzione tra terminali diversi.

Qualunque sia la tipologia di impianto, non ha alcun senso interrompere il funzionamento dei terminali, perché il rischio di contagio rimane inalterato.

Il documento REHVA COVID-19 Guidance consiglia di spegnere quando possibile i terminali con ventilatore e i sistemi a induzione, come le travi fredde o in alternativa di tenere i ventilatori sempre accesi per evitare il fenomeno della risospensione del virus. Secondo AICARR questo non è necessario: in (Vio, 2020) è dimostrato che anche qualora i terminali rimettessero in circolo il 15% in più di cariche virali elementari, cosa tutta da dimostrare e per nulla assodata, l'eventuale aumento del rischio di contagio sarebbe del tutto marginale e comunque più che assorbito da un contemporaneo aumento della portata d'aria esterna di rinnovo, secondo le indicazioni del documento AICARR [2].

Di nuovo, per limitare il rischio nei prossimi mesi si dovrà contingentare l'affollamento delle persone negli ambienti, che devono essere igienizzati molto bene.

Position Paper AICARR per l'emergenza SARS-COV-2

6. Conclusioni

Gli impianti di climatizzazione possono aiutare a ridurre notevolmente i rischi da contagio se si aumenta la portata dell'aria di rinnovo seguendo le indicazioni riportate in [2]. Durante la prossima estate e il prossimo inverno, quando ancora si sarà probabilmente in condizioni di transitorio, sarà inutile e dannoso spegnere qualunque tipo di impianto di climatizzazione e riscaldamento: questi dovranno funzionare per salvaguardare la salute delle persone a casa, al lavoro e nei luoghi pubblici. Sono e saranno molto più importanti tutte le altre precauzioni, come le protezioni individuali, i comportamenti e l'affollamento delle persone nei locali.

Bibliografia

CDC. 2019. Guidelines for Environmental Infection Control in Health - Care Facilities, US Department of Health and Human Service Centers for Disease Control and Prevention, (CDC) Atlanta, GA 303029.

Gammaitoni L., Nucci M.C. 1997. Using a mathematical model to evaluate the efficacy of TB control measures. *Emerging Infectious Disease*, 3, 335-342.

Knibbs L.D., Morawska L., Bell S.C., Grybowski P. 2011. Room ventilation and the risk of airborne infection transmission in 3 health care settings within a large teaching hospital. *American Journal of Infection Control*, 39, 866-872.

Vio M. 2020. Gli impianti di climatizzazione e il rischio di contagio: ipotesi sul SARS-CoV2-19 partendo dal caso della comune influenza, *AiCARR Journal* N. 61.

WHO. 2009. Natural Ventilation for Infection Control in Health-Care Settings. WHO Publication/Guidelines, World Health Organisation.

WHO. 2020a. Water, sanitation, hygiene and waste management for Covid-19. Technical Brief 3 march 2020, World Health Organisation.

WHO. 2020b. Infection prevention and control during health care when COVID-19 is suspected - Interim guidance 19 March 2020, World Health Organisation

Webgrafia

[1] https://www.aicarr.org/Documents/News/200313_AICARR_SARSCOV2_19.pdf

[2] https://www.aicarr.org/Documents/News/200318_SCHEMA_GESTIONE_HVAC_SARSCOV219_DEF.pdf

[3] <https://www.facebook.com/166926706674788/videos/670009977106388/>

DOCUMENTAZIONE ASHRAE PER LE MALATTIE INFETTIVE E POSITION PAPER

Documentazione ASHARE sulle malattie infettive - 2009

2.2 Mathematical Model of Airborne Droplet Nuclei Infection

Riley and Nardell (1989) present a standard model of airborne infection usually referred to as the Wells-Riley equation. This equation is useful for understanding the relationship between the number of new infections, C , and the number of susceptibles (S) and infectors (I), the number of doses of airborne infection (q) added to the air per unit time by a case in the infectious stage, the pulmonary ventilation per susceptible (p) in volume per unit time, the exposure time (t), and the volume of fresh or disinfected air into which the quanta are distributed (Q):

$$C = S(1 - e^{-Iqt/Q}) \quad (1)$$

In this equation, the exponent represents the degree of exposure to infection and $(1 - e^{-Iqt/Q})$ is the probability of a single susceptible being infected. The parameter q is derived from the term quantum, which Wells used to indicate an infectious dose, whether it contains a single organism or several organisms (Wells 1955). The ability to estimate q is difficult at best and has been reported in the literature to be 1.25 to 249 quanta per hour (qph) in tuberculosis patients (Catanzaro 1982; Riley et al. 1962), and 5480 qph for measles (Riley et al. 1978). Fennelly and colleagues (2004) measured cough aerosol directly from tuberculosis patients. The patients generated infectious aerosol that contained 3-4 colony-forming units (cfu) to a maximum of 633 colony-forming units (cfu is a direct measure of infectiousness using culturing techniques). Also the size distributions that were measured in this study suggest that most of the viable particles in the cough-generated aerosols were immediately respirable.

Equation 1 is useful for understanding the impact of increasing the volume of fresh or disinfected air on airborne infection. Increasing Q decreases exposure by diluting air containing infectious particles with infectious-particle free air. Q can also be impacted through the use of other engineering control technologies including filtration and ultraviolet germicidal irradiation, as discussed below.

2.4 Implications for Engineers

ASHRAE has a long tradition of relying on United States public health agencies as the cognizant authorities on public health, more recently including international health agencies and following those recommendations. It does not generally rely on its own interpretations of the health literature. ASHRAE's role and the purpose of this Position Document is to use the health science, combined with engineering principles and practices to identify how ASHRAE programs, publications and research can better address the proper design and operation of HVAC system to prevent the spread of disease through airborne transmission.

Considering the three main transmission routes (direct contact, large droplets $> 10 \mu\text{m}$ and droplet nuclei $< 10 \mu\text{m}$) it is clear that ventilation has no influence on direct contact transmission. Control strategies for large droplet transmission include respiratory hygiene, i.e., coughing into handkerchiefs or putting masks on ill individuals to prevent dissemination of particles (CDC 2001). Because such particles are quite heavy and drop quickly, general dilution and even enclosures and exhaust ventilation will not significantly influence airborne particle concentrations and the potential for transmission. Although some of the moisture content may evaporate, this does not happen quickly enough to change large droplets into droplet nuclei,

L'ASHRAE pubblica sistematicamente i suoi *Position Paper*) per le malattie infettive aerea.

ASHRAE Position Document on

Airborne Infectious Diseases

Approved by ASHRAE Board of Directors
June 24, 2009



American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers

1791 Tullie Circle, NE Atlanta, Georgia 30329-2305
Phone: 404-636-8400 Fax 404-321-5478 www.ashrae.org

Documentazione ASHRAE sulle malattie infettive - 2014



ASHRAE Position Document on Airborne Infectious Diseases

Approved by ASHRAE Board of Directors
January 19, 2014

Reaffirmed by Technology Council
January 31, 2017

Expires January 31, 2020

CONTENTS

ASHRAE Position Document on Airborne Infectious Diseases

SECTION	PAGE
Abstract	1
Executive Summary	2
1 The Issue	3
2 Background	3
2.1 Introduction to Infectious Disease Transmission	3
2.2 Mathematical Model of Airborne Infection	5
2.3 For Which Diseases is the Airborne Transmission Route Important?	6
3 Practical Implications for Building Owners, Operators, and Engineers	7
3.1 Varying Approaches for Facility Type	8
3.2 Ventilation and Air-Cleaning Strategies	8
3.3 Temperature and Humidity	11
3.4 Non-HVAC Strategies	12
3.5 Emergency Planning	13
4 Recommendations	14
5 References	16

Documentazione ASHARE sulle malattie infettive - 2014

2. BACKGROUND

2.1 Introduction to Infectious Disease Transmission

This position document covers the spread of infectious disease from an infected individual to a susceptible person, known as *cross transmission* or *person-to-person transmission*, by small airborne particles (an aerosol) that contain microorganisms.

This PD does not cover direct or indirect contact routes of exposure. Direct contact means any surface contact such as touching, kissing, sexual contact, contact with oral secretions or skin lesions, or additional routes such as blood transfusions or intravenous injections. Indirect contact involves contact with an intermediate inanimate surface (fomite), such as a doorknob or bedrail that is contaminated.

Exposure through the air occurs through (1) droplets, which are released and fall to surfaces about 1 m (3 ft) from the infected and (2) small particles, which stay airborne for hours at a time and can be transported long distances. The aerobiology of transmission of droplets and small particles produced by a patient with acute infection is illustrated in Figure 1.

Because large droplets are heavy and settle under the influence of gravity quickly, general dilution, pressure differentials, and exhaust ventilation do not significantly influence droplet concentrations, velocity, or direction, unless they reduce diameter by evaporation, thus becoming an aerosol. The term *droplet nuclei* has been used to describe desiccation of large droplets into small airborne particles (Siegel et al. 2007).

Of the modes of transmission, this PD's scope is limited to aerosols, which can travel longer distances through the airborne route, including by HVAC systems. The terms *airborne*, *aerosol*, and *droplet nuclei* are used throughout this PD to refer to this route. HVAC systems are not known to entrain the larger particles.

The size demarcation between droplets and small particles has been described as having a mass median aerodynamic diameter (MMAD) of 2.5 to 10 μm (Shaman and Kohn 2009; Duguid 1946; Mandell 2010). Even particles with diameters of 30 μm or greater can remain suspended in the air (Cole and Cook 1998). Work by Xie and colleagues (2007) indicates that large droplets are those of diameter between 50 and 100 μm at the original time of release. Tang and others (2006) proposed a scheme of large-droplet diameter $\geq 60 \mu\text{m}$,

small droplet diameter $< 60 \mu\text{m}$, and droplet nuclei with a MMAD of $< 10 \mu\text{m}$. The exact size demarcation is less important than knowing that large droplets and small particles behave differently and that the latter can remain airborne.

Small particles that can become airborne are typically generated by coughing, sneezing, shouting, and to a lesser extent by singing and talking. Even breathing may generate such particles in sick and highly infectious individuals (Bischoff 2013). Particle size distributions of coughed materials are thought to encompass a broad range of diameters, from very small to large droplets, depending on differences in patients and diseases (Riley and Nardell 1989).

Fennelly et al. (2004) measured cough aerosol emanating directly from tuberculosis patients. The patients generated infectious aerosol that contained from three to four colony-forming units (CFU, a direct measure, using culturing techniques, of the number of viable, growing, and infectious organisms) to a maximum of 633 CFU. The size distributions that were measured in this study suggest that most of the viable particles in the cough-generated aerosols were immediately respirable, ranging from 0.65 to 3.3 μm . Wainwright et al. (2009) also measured cough aerosols from cystic fibrosis patients and documented that 70% of viable cough aerosols containing *Pseudomonas aeruginosa* and other Gram-negative bacteria were of particles $\leq 3.3 \mu\text{m}$. Positive room air samples were associated with high total counts in cough aerosols.

There are not, however, enough data to fully describe or predict cough particle size distributions² for many diseases, and research is needed to better characterize them (Xie et al. 2009).

In the 1950s, the relationship among particle size, airborne suspension, and transmission implications began to become clear. The different routes require different control strategies, which have evolved over many years of infectious disease practice, and there are now standards of practice for infectious disease and hospital epidemiology. See the Professional Practice documents available from the Association for Professionals in Infection Control and Epidemiology at www.apic.org.

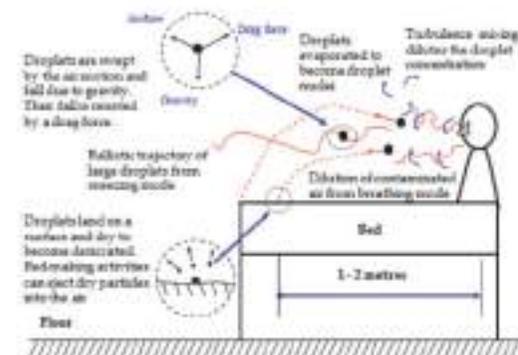


Figure 1 Droplet suspension: illustration of the aerobiology of droplets and small airborne particles produced by an infected patient.

Documentazione ASHARE sulle malattie infettive - 2014

Many diseases have been found to have higher transmission rates when susceptible individuals approach within close proximity, about 1 to 2 m (3 to 7 ft).³ Over this short range, the susceptible person has a substantially greater exposure from the infected individual to droplets of varying size, both inspirable large droplets and airborne particles (e.g., see Figure 1). Nicas and Jones (2009) have argued that close contact permits droplet spray exposure and maximizes inhalation exposure to small particles and inspirable droplets. Thus, particles/droplets of varying sizes may contribute to transmission at close proximity (Li 2011).

To prevent this type of short-range exposure, whether droplet or airborne, maintaining a 2 m (7 ft) distance between infected and susceptible is considered protective, and methods such as ventilation dilution are not effective.

2.2 Mathematical Model of Airborne Infection

Riley and Nardell (1969) present a standard model of airborne infection usually referred to as the *Wells-Riley equation*, given below as Equation 1. Like all mathematical models, it has its limitations, yet it is useful for understanding the relationship among the variables such as the number of new infections (C), number of susceptibles (S), number of infectors (I), number of doses of airborne infection (q) added to the air per unit time by a case in the infectious stage, pulmonary ventilation per susceptible (p) in volume per unit time, exposure time (t), and volume flow rate of fresh or disinfected air into which the quanta are distributed (Q).

$$C = S[1 - e^{-kqpt/Q}] \quad (1)$$

The exponent represents the degree of exposure to infection and $1 - e^{-kqpt/Q}$ is the probability of a single susceptible being infected. Note that this model does not account for varying susceptibility among noninfected individuals. For this and other reasons, exposure does not necessarily lead to infection.⁴ The parameter q is derived from the term *quantum*, which Wells (1995) used to indicate an infectious dose, whether it contains a single organism or several organisms. The ability to estimate q is difficult at best and has been reported in the literature to be 1.25 to 249 quanta per hour (qph) in tuberculosis patients (Riley et al. 1962; Catanzaro 1962) and 5460 qph for measles (Riley et al. 1978).

Because of the uncertainty in knowing q , Equation 1 is most useful for understanding the general relationships among the variables, for instance, the impact of increasing the volume of fresh or disinfected air on airborne infection. Increasing Q decreases exposure by diluting air containing infectious particles with infectious-particle-free air. Q can also be impacted through the use of other engineering control technologies, including filtration and UVGI, as discussed in Section 3.2. Therefore, a more complete representation of Q should include the total removal rate by ventilation, filtration, deposition, agglomeration, natural deactivation, and other forms of engineered deactivation.

3. PRACTICAL IMPLICATIONS FOR BUILDING OWNERS, OPERATORS, AND ENGINEERS

Small particles may be transported through ventilation systems, as has been documented for tuberculosis, Q-fever, and measles (Li et al. 2007). Therefore, when outbreaks occur in the workplace, transmission through HVAC systems must be considered. As disease transmission by direct contact, fomites, and large-droplet routes is reduced by more efficient prevention strategies, the airborne route is likely to become relatively more important.

If influenza transmission occurs not only through direct contact or large droplets, as is the long-standing public health tradition, but also through the airborne route, as newer data suggest, HVAC systems may contribute far more both to transmission of disease and, potentially, to reduction of transmission risk.

There are practical limits to what HVAC systems can accomplish in preventing transmission of infections in large populations. In some cases, infections are transmitted in the absence of HVAC systems.

Owners, operators, and engineers are encouraged to collaborate with infection prevention specialists knowledgeable about transmission of infection in the community and the workplace and about strategies for prevention and risk mitigation.

3.1 Varying Approaches for Facility Type

Health-care facilities have criteria for ventilation design to mitigate airborne transmission of infectious disease (FGI 2010; ASHRAE 2008). Yet most infections are transmitted in ordinary occupancies in the community and not in industrial or health-care occupancies.

ASHRAE does not provide specific requirements for infectious disease control in schools, prisons, shelters, transportation, and other public facilities other than the general ventilation and air quality requirements of Standards 62.1 and 62.2 (ASHRAE 2013b, 2013c). However, the guidance in this PD does apply to these facilities.

In health-care facilities, many common interventions to prevent infections aim to reduce transmission by direct or indirect contact (for example, directly via the hands of health-care personnel). Interventions also aim to prevent airborne transmission (Allabadi et al. 2011).

Because of the difficulties in separating out the relative importance of transmission modes, recent work in health-care facilities has focused on "infection control bundles" (i.e., use of multiple modalities simultaneously) (Apisarnthanasarak et al. 2009, et al. 2010a, et al. 2010b; Cheng et al. 2010). For two prototype diseases, tuberculosis and influenza, this bundle includes administrative and environmental controls and personal protective equipment in health-care settings. Given the current state of knowledge, this represents a practical solution.

For studies and other publications with specific guidance on air quality and energy in biomedical laboratories, animal research facilities, and health-care facilities, see the National Institutes of Health (NIH) Office of Research Facilities' website (<http://orf.od.nih.gov/Policies/AndGuidelines/Bioenvironmental/>).

A prerequisite to all of the strategies is a well-designed, installed, commissioned, and maintained HVAC system (Memarzadeh et al. 2010; NIOSH 2009a).

In considering going beyond requirements that include codes, standards, and practice guidelines, use guidance from published sources such as "Guidelines for Preventing the Transmission of Mycobacterium Tuberculosis in Health-Care Settings" (CDC 2005), *Guidelines for Design and Construction of Health Care Facilities* (FGI 2010), *Indoor Air Quality Guide: Best Practices for Design, Construction and Commissioning* (ASHRAE 2009), apic.org, and Table 1 in the Recommendations section, and discuss risk with the facility user. HVAC system designers can assist closely allied professionals such as architects and plumbing engineers to understand how sources of unplanned airflow can impact airborne infectious disease transmission. Examples include wastewater drains (especially if improperly trapped) and wall and door leakage (including the pumping action of swinging doors).

Documentazione ASHARE sulle malattie infettive - 2014

3.2 Ventilation and Air-Cleaning Strategies

Because small particles remain airborne for some period of time, the design and operation of HVAC systems that move air can affect disease transmission in several ways, such as by the following:

- supplying clean air to susceptible occupants
- containing contaminated air and/or exhausting it to the outdoors
- diluting the air in a space with cleaner air from outdoors and/or by filtering the air
- cleaning the air within the room

The following strategies are of interest: dilution ventilation, laminar and other in-room flow regimes, differential room pressurization, personalized ventilation, source capture ventilation, filtration (central or unitary), and UVGI (upper room, in-room, and in the airstream).

ANSI/ASHRAE/ASHE Standard 170-2008, *Ventilation of Health-Care Facilities*, covers specific mandatory HVAC requirements including ventilation rates, filtration, and pressure relationships among rooms (ASHRAE 2008). The *Guidelines for Design and Construction of Health Care Facilities* (FGI 2010) include the Standard 170 requirements and describe other criteria that can guide designers of these facilities.

Ventilation represents a primary infectious disease control strategy through dilution of room air around a source and removal of infectious agents (CDC 2005). Directed supply and/or exhaust ventilation, such as nonaspirating diffusers for unidirectional low-velocity airflow, is important in several settings, including operating rooms (FGI 2010; ASHRAE 2008).

However, it remains unclear by how much infectious particle loads must be reduced to achieve a measurable reduction in disease transmissions and whether the efficiencies warrant the cost of using these controls.

Energy-conserving strategies that reduce annualized ventilation rates, such as demand-controlled ventilation, should be used with caution, especially during mild outdoor conditions when the additional ventilation has low cost. Greater use of air economizers has a positive impact both on energy conservation and annualized dilution ventilation.

Natural ventilation, such as that provided by user-operable windows, is not covered as a method of infection control by most ventilation standards and guidelines. There are very few studies on natural ventilation for infection control in hospitals. One guideline that does address it recommends that natural ventilation systems should achieve specific ventilation rates that are significantly higher than the ventilation rates required in practice guidelines for mechanical systems (WHO 2009).

Room pressure differentials are important for controlling airflow between areas in a building (Siegel et al. 2007; CDC 2005). For example, airborne infection isolation rooms (AIIRs) are kept at negative pressure with respect to the surrounding areas to keep potential infectious agents within the rooms. Some designs for AIIRs incorporate supplemental dilution or exhaust/capture ventilation (CDC 2005). Interestingly, criteria for AIIRs differ substantially between cultures and countries in several ways, including air supply into anterooms, exhaust from space, and required ventilation air (Subhash et al. 2013; Fusco et al. 2012). This PD takes no position on whether anterooms should be required in practice guidelines.

Hospital rooms with immune-compromised individuals are kept at positive pressure in protective environments (PEs) to keep potential infectious agents (e.g., *Aspergillus* sp. or other filamentous fungi) out of the rooms (Siegel et al. 2007; FGI 2010; ASHRAE 2008).

Personalized ventilation systems that supply 100% outdoor air, highly filtered, or UV disinfected air directly to the occupant's breathing zone (Cermak et al. 2006; Sekhar et al. 2005) may be protective as shown by CFD analysis (Yang et al. 2013). However, there are no known field studies that justify the efficacy. Personalized ventilation may be effective against aerosols that travel both long distances as well as short-range routes (Li 2011).

The addition of highly efficient particle filtration to central ventilation systems is likely to reduce the airborne load of infectious particles (Azimi and Stephens 2013).⁶ This control strategy can reduce the transport of infectious agents within individual areas and from one area to another when these areas share the same central ventilation system (e.g., from patient rooms in hospitals or lobbies in public access buildings to other occupied spaces).

Local, efficient filtration units (either ceiling mounted or portable, floor-standing) reduce local airborne loads and may serve purposes in specific areas such as health-care facilities or high-traffic public occupancies (Miller-Leiden et al. 1996; Kujundzic et al. 2006).

There are two UVGI strategies for general application: (1) installation into air handlers and/or ventilating ducts and (2) irradiation of the upper air zones of occupied spaces with shielding of the lower occupied spaces because UV is harmful to room occupants (Reed 2010). Two strategies used in some but not all health-care occupancies are in-room irradiation of unoccupied spaces and of occupied spaces (e.g., operating suites) when personnel have appropriate personal protective equipment (PPE) (NIOSH 2009b).

All UVGI depends on inactivation of viable agents, both in the air and on surfaces, depending on the strategy. ASHRAE (2009) describes effective application of the first two UVGI strategies. For efficacy of in-room irradiation, see, for instance, "Decontamination of Targeted Pathogens from Patient Rooms Using an Automated Ultraviolet-C-Emitting Device" (Anderson et al. 2013).

In both duct-mounted and unoccupied in-room UVGI, the amount of radiation applied can be much higher compared to what can be used for upper-zone UVGI, resulting in higher aerosol exposure and quicker inactivation. Duct-mounted UVGI can be compared to filtration in the central ventilation system, because it inactivates the potentially infectious organisms while filtration removes them. UVGI does not impose a pressure drop burden on the ventilation system.

There is research that shows UVGI in both the upper-room and in-duct configurations can inactivate some disease-transmitting organisms (Riley et al. 1982; Ko et al. 2002; CDC 2005; Kujundzic et al. 2007; VanOsdell and Foadie 2002; Xu et al. 2003, et al. 2005), that it can affect disease transmission rates (McLean 1961), and that it can be safely deployed (Nardell et al. 2008).

Documentazione ASHARE sulle malattie infettive - 2014

4. RECOMMENDATIONS

Some infectious diseases are transmitted through inhalation of airborne infectious particles, which can be disseminated through buildings by pathways that include ventilation systems. Airborne infectious disease transmission can be reduced using dilution ventilation; directional ventilation; in-room airflow regimes; room pressure differentials; personalized ventilation;⁹ and source capture ventilation, filtration, and UVGI.

Engineers play a key role in reducing disease transmission that occurs in buildings. Goal 11 of the ASHRAE Research Strategic Plan for 2010–2015, "Understand Influences of HVAC&R on Airborne Pathogen Transmission in Public Spaces and Develop Effective Control Strategies," recognizes the key role that ASHRAE plays (ASHRAE 2010).

Societal disruption from epidemics and the unexpected transmission of disease in workplaces, public access facilities, and transportation warrants further research on the effectiveness of engineering controls.

ASHRAE recommends the following:

- All facility designs should follow the latest practice standards, including but not limited to ASHRAE Standard 55 for thermal conditions (ASHRAE 2013a); ventilation Standards 62.1 (ASHRAE 2013b), 62.2 (ASHRAE 2013c), and 170 (ASHRAE 2008; and FGI *Guidelines for Design and Construction of Health Care Facilities* (FGI 2010).
- Commissioning, maintenance, and proper operation of buildings, and, in particular, systems intended to control airborne infectious disease, are necessary for buildings and systems to be effective.
- Building designers, owners, and operators should give high priority to enhancing well-designed, installed, commissioned, and maintained HVAC systems with supplemental filtration, UVGI, and, in some cases, to additional or more effective ventilation to the breathing zone. Filtration and UVGI can be applied in new buildings at moderate additional cost and can be applied quickly in existing building systems to decrease the severity of acute disease outbreaks. *Indoor Air Quality Guide* (ASHRAE 2009) contains information about the benefits of and techniques for accomplishing these enhancements.
- New health-care facilities, including key points of entry such as emergency, admission, and waiting rooms; crowded shelters; and similar facilities should incorporate the infrastructure to quickly respond to a pandemic. Such infrastructure might include, for

example, HVAC systems that separate high-risk areas; physical space and HVAC system capacity to upgrade filtration; the ability to increase ventilation even as high as 100% outdoor air; the ability to humidify air; and receptacles at the upper room and ceiling heights of at least 2.4 m (8 ft) to enable effective upper-room UVGI. Once the building is in operation, rapid availability of filter elements and upper-room UV fixtures should be arranged for rapid deployment in an emergency.

- Infection control strategies should always include a bundle of multiple interventions and strategies (not just ventilation).
- Multidisciplinary teams of engineers, building operators, scientists, infection prevention specialists, and epidemiologists should collaborate to identify and implement interventions aimed at mitigation of risk from airborne infectious disease and understand the uncertainty of the effectiveness of current practice recommendations.
- Building operators and engineers have a role to play in planning (BOMA 2012) for infectious disease transmission emergencies.
- Committees that write and maintain practice standards and guidelines for critical environments such as health-care facilities and crowded shelters should consider recent research and understanding of infectious disease control and consider adding or strengthening requirements for the following:
 - Improved particle filtration for central air handlers
 - Upper-room and possibly other UVGI interventions or at least the ceiling heights and electrical infrastructure to quickly deploy them
 - The ability to quickly and temporarily increase the outdoor air ventilation rate in the event of an infectious disease outbreak
 - Avoiding unintended adverse consequences in infectious disease transmission resulting from lower ventilation levels motivated solely by reduced energy consumption
- Airborne infectious disease researchers should receive input on study design, methodology, and execution from many discipline experts (including engineers, infection prevention specialists, health-care epidemiologists, public health officials, and others) to provide a better picture of the interplay between building systems and disease transmission.
- Controlled intervention studies should be conducted to quantify increases or decreases in disease propagation resulting from various ventilation rates.
- Controlled intervention studies should be conducted to quantify the relative airborne infection control performance and cost-effectiveness of specific engineering controls individually and in combination in field applications. Table 1 summarizes the research priority and applicable occupancy categories for each strategy. Studies should include occupancies at high-risk (such as jails, homeless shelters, schools, nursing homes, and health-care facilities).
- Research should quantify rates of airborne removal by filtration and inactivation by UVGI strategies specific to individual microorganisms and should field validate in real facilities the effectiveness of these interventions in preventing transmission.
- Research should be conducted to better characterize the particle size distributions of coughed materials, which are thought to encompass a broad range of diameters.

Documentazione ASHARE sulle malattie infettive - 2014

Table 1 Airborne Infectious Disease Engineering Control Strategies: Occupancy Interventions and Their Priority for Application and Research

Strategy	Occupancy Categories Applicable for Consideration*	Application Priority	Research Priority
Dilution ventilation	All	High	Medium
Temperature and humidity	All except 7 and 11	Medium	High
Personalized ventilation	1, 4, 6, 9, 10, 14	Medium	High
Local exhaust	1, 2, 8, 14	Medium	Medium
Central system filtration	All	High	High
Local air filtration	1, 4, 6, 7, 8, 10	Medium	High
Upper-room UVGI	1, 2, 3, 5, 6, 8, 9, 14	High	Highest
Duct and air-handler UVGI	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 14	Medium	Highest
In-room flow regimes	1, 6, 8, 9, 10, 14	High	High
Differential pressurization	1, 2, 7, 8, 11, 14	High	High

Note: In practical application, a combination of the individual interventions will be more effective than any single one in isolation.

*Occupancy Categories:

1. Health care (residential and outpatient)
2. Correctional facilities
3. Educational < age 8
4. Educational > age 8
5. Food and beverage
6. Internet café/game rooms
7. Hotel, motel, dormitory
8. Residential shelters
9. Public assembly and waiting
10. Transportation conveyances
11. Residential multifamily
12. Retail
13. Sports
14. Laboratories where infectious diseases vectors are handled

Documentazione ASHRAE sulle malattie infettive - 2020



ASHRAE Position Document on Infectious Aerosols

Approved by ASHRAE Board of Directors
April 14, 2020

Expires
April 14, 2023

CONTENTS

ASHRAE Position Document on Infectious Aerosols

SECTION	PAGE
Abstract	1
Executive Summary	2
1 The Issue	4
2 Background	4
2.1 Airborne Dissemination	4
3 Practical Implications for Building Owners, Operators, and Engineers	5
3.1 Varying Approaches for Facility Type	6
3.2 Ventilation and Air-Cleaning Strategies	6
3.3 Temperature and Humidity	8
3.4 Emerging Pathogens and Emergency Preparedness	8
4 Conclusions and Recommendations	9
4.1 ASHRAE's Positions	9
4.2 ASHRAE's Commitments	11
5 References	11
6 Bibliography	15

Documentazione ASHARE sulle malattie infettive - 2020

1. THE ISSUE

The potential for airborne dissemination of infectious pathogens is widely recognized, although there remains uncertainty about the relative importance of the various disease transmission routes, such as airborne, droplet, direct or indirect contact, and multimodal (a combination of mechanisms). Transmission of disease varies by pathogen infectivity, reservoirs, routes, and secondary host susceptibility (Roy and Milton 2004; Shaman and Kohn 2009; Li 2011). The variable most relevant for HVAC design and control is disrupting the transmission pathways of infectious aerosols.

Infection control professionals describe the chain of infection as a process in which a pathogen (a microbe that causes disease) is carried in an initial host or reservoir, gains access to a route of ongoing transmission, and with sufficient virulence finds a secondary susceptible host. Ventilation, filtration, and air distribution systems and disinfection technologies have the potential to limit airborne pathogen transmission through the air and thus break the chain of infection.

Building science professionals must recognize the importance of facility operations and ventilation systems in interrupting disease transmission. Non-HVAC measures for breaking the chain of infection, such as effective surface cleaning, contact and isolation precautions mandated by employee and student policies, and vaccination regimens, are effective strategies that are beyond the scope of this document. Dilution and extraction ventilation, pressurization, airflow distribution and optimization, mechanical filtration, ultraviolet germicidal irradiation (UVGI), and humidity control are effective strategies for reducing the risk of dissemination of infectious aerosols in buildings and transportation environments.

Although this position document is primarily applicable to viral and bacterial diseases that can use the airborne route for transmission from person to person, the principles of containment may also apply to infection from building reservoirs such as water systems with *Legionella* spp. and organic matter containing spores from mold (to the extent that the microorganisms are spread by the air). The first step in control of such diseases is to eliminate the source before it becomes airborne.

2. BACKGROUND

ASHRAE provides guidance and develop standards intended to mitigate the risk of infectious disease transmission in the built environment. Such documents provide engineering strategies for reducing the risk of disease transmission and therefore could be employed in a variety of other spaces, such as planes, trains, and automobiles.

This position document covers the dissemination of infectious aerosols and indirect transmission by resuspension but not direct-contact routes of transmission. Direct contact generally refers to bodily contact such as touching, kissing, sexual contact, contact with oral secretions or skin lesions and routes such as blood transfusions or intravenous injections.

2.1 Airborne Dissemination

Pathogen dissemination through the air occurs through droplets and aerosols typically generated by coughing, sneezing, shouting, breathing, toilet flushing, some medical procedures, singing, and talking (Bischoff et al. 2013; Yan et al. 2018). The majority of larger emitted droplets are drawn by gravity to land on surfaces within about 3–7 ft (1–2 m) from the source (see Figure 1). General dilution ventilation and pressure differentials do not significantly influ-



Figure 1 (a) Comparative settling times by particle diameter for particles settling in still air (Baron n.d.) and (b) theoretical aerobiology of transmission of droplets and small airborne particles produced by an infected patient with an acute infection (courtesy Yuguo Li).

ence short-range transmission. Conversely, dissemination of smaller infectious aerosols, including droplet nuclei resulting from desiccation, can be affected by airflow patterns in a space in general and airflow patterns surrounding the source in particular. Of special interest are small aerosols (<10 µm), which can stay airborne and infectious for extended periods (several minutes, hours, or days) and thus can travel longer distances and infest secondary hosts who had no contact with the primary host.

Many diseases are known to have high transmission rates via larger droplets when susceptible individuals are within close proximity, about 3–7 ft (1–2 m) (Niclas 2009; Li 2011). Depending on environmental factors, these large (100 µm diameter) droplets may shrink by evaporation before they settle, thus becoming an aerosol (approximately <10 µm). The term *droplet nuclei* has been used to describe such desiccation of droplets into aerosols (Siegel et al. 2007). While ventilation systems cannot interrupt the rapid settling of large droplets, they can influence the transmission of droplet nuclei infectious aerosols. Directional airflow can create clean-to-dirty flow patterns and move infectious aerosols to be captured or exhausted.

3. PRACTICAL IMPLICATIONS FOR BUILDING OWNERS, OPERATORS, AND ENGINEERS

Even the most robust HVAC system cannot control all airflows and completely prevent dissemination of an infectious aerosol or disease transmission by droplets or aerosols. An HVAC system's impact will depend on source location, strength of the source, distribution of the released aerosol, droplet size, air distribution, temperature, relative humidity, and filtration. Furthermore, there are multiple modes and circumstances under which disease transmission occurs. Thus, strategies for prevention and risk mitigation require collaboration among designers, owners, operators, industrial hygienists, and infection prevention specialists.

Documentazione ASHARE sulle malattie infettive - 2020

3.1 Varying Approaches for Facility Type

Healthcare facilities have criteria for ventilation design to mitigate airborne transmission of infectious diseases (ASHRAE 2013, 2017a, 2019a; FGI 2010); however, infections are also transmitted in ordinary occupancies in the community and not only in industrial or healthcare occupancies. ASHRAE provides general ventilation and air quality requirements in Standards 62.1, 62.2, and 170 (ASHRAE 2019a, 2019b, 2017a); ASHRAE does not provide specific requirements for infectious disease control in homes, schools, prisons, shelters, transportation, or other public facilities.

In healthcare facilities, most infection control interventions are geared at reducing direct or indirect contact transmission of pathogens. These interventions for limiting airborne transmission (Aliabadi et al. 2011) emphasize personnel education and surveillance of behaviors such as hand hygiene and compliance with checklist protocols and have largely been restricted to a relatively small list of diseases from pathogens that spread only through the air. Now that microbiologists understand that many pathogens can travel through both contact and airborne routes, the role of indoor air management has become critical to successful prevention efforts. In view of the broader understanding of flexible pathogen transmission modes, healthcare facilities now use multiple modalities simultaneously (measures that are referred to as *infection control bundles*) (Apisamthanarak et al. 2009, 2010a, 2010b; Cheng et al. 2010). For example, in the cases of two diseases that clearly utilize airborne transmission, tuberculosis and measles, bundling includes administrative regulations, environmental controls, and personal protective equipment protocols in healthcare settings. This more comprehensive approach is needed to control pathogens, which can use both contact and airborne transmission pathways. Similar strategies may be appropriate for non-healthcare spaces, such as public transit and airplanes, schools, shelters, and prisons, that may also be subject to close contact of occupants.

Many buildings are fully or partially naturally ventilated. They may use operable windows and rely on intentional and unintentional openings in the building envelope. These strategies create different risks and benefits. Obviously, the airflow in these buildings is variable and unpredictable, as are the resulting air distribution patterns, so the ability to actively manage risk in such buildings is much reduced. However, naturally ventilated buildings can go beyond random opening of windows and be engineered intentionally to achieve ventilation strategies and thereby reduce risk from infectious aerosols. Generally speaking, designs that achieve higher ventilation rates will reduce risk. However, such buildings will be more affected by local outdoor air quality, including the level of allergens and pollutants within the outdoor air, varying temperature and humidity conditions, and flying insects. The World Health Organization has published guidelines for naturally ventilated buildings that should be consulted in such projects (Atkinson et al. 2009).

3.2 Ventilation and Air-Cleaning Strategies

The design and operation of HVAC systems can affect infectious aerosol transport, but they are only one part of an infection control bundle. The following HVAC strategies have the potential to reduce the risks of infectious aerosol dissemination: air distribution patterns, differential room pressurization, personalized ventilation, source capture ventilation, filtration (central or local), and controlling temperature and relative humidity. While UVGI is well researched and validated, many new technologies are not (ASHRAE 2018). (Evidence Level B)

Ventilation with effective airflow patterns (Pantelic and Tham 2013) is a primary infectious disease control strategy through dilution of room air around a source and removal of infectious

agents (CDC 2005). However, it remains unclear by how much infectious particle loads must be reduced to achieve a measurable reduction in disease transmissions (infectious doses vary widely among different pathogens) and whether these reductions warrant the associated costs (Pantelic and Tham 2011; Pantelic and Tham 2012). (Evidence Level B)

Room pressure differentials and directional airflow are important for controlling airflow between zones in a building (CDC 2005; Siegel et al. 2007) (Evidence Level B). Some designs for airborne infection isolation rooms (AIIRs) incorporate supplemental dilution or exhaust/capture ventilation (CDC 2005). Interestingly, criteria for AIIRs differ substantially between regions and countries in several ways, including air supply into anterooms, exhaust from space, and required amounts of ventilation air (Fusco et al. 2012; Subhash et al. 2013). A recent ASHRAE Research Project found convincing evidence that a properly configured and operated anteroom is an effective means to maintain pressure differentials and create containment in hospital rooms (Siegel et al. 2007; Mousavi et al. 2019). Where a significant risk of transmission of aerosols has been identified by infection control risk assessments, design of AIIRs should include anterooms. (Evidence Level A)

The use of highly efficient particle filtration in centralized HVAC systems reduces the airborne load of infectious particles (Azimi and Stephens 2013). This strategy reduces the transport of infectious agents from one area to another when these areas share the same central HVAC system through supply of recirculated air. When appropriately selected and deployed, single-space high-efficiency filtration units (either ceiling mounted or portable) can be highly effective in reducing/lowering concentrations of infectious aerosols in a single space. They also achieve directional airflow source control that provides exposure protection at the patient bedside (Miller-Leiden et al. 1996; Mead and Johnson 2004; Kujundzic et al. 2006; Mead et al. 2012; Dungi et al. 2015). Filtration will not eliminate all risk of transmission of airborne particulates because many other factors besides infectious aerosol concentration contribute to disease transmission. (Evidence Level A)

The entire ultraviolet (UV) spectrum can kill or inactivate microorganisms, but UV-C energy (in the wavelengths from 200 to 280 nm) provides the most germicidal effect, with 265 nm being the optimum wavelength. The majority of modern UVGI lamps create UV-C energy at a near-optimum 254 nm wavelength. UVGI inactivates microorganisms by damaging the structure of nucleic acids and proteins with the effectiveness dependent upon the UV dose and the susceptibility of the microorganism. The safety of UV-C is well known. It does not penetrate deeply into human tissue, but it can penetrate the very outer surfaces of the eyes and skin, with the eyes being most susceptible to damage. Therefore, shielding is needed to prevent direct exposure to the eyes. While ASHRAE *Position Document on Filtration and Air Cleaning* (2018) does not make a recommendation for or against the use of UV energy in air systems for minimizing the risks from infectious aerosols, Centers for Disease Control and Prevention (CDC) has approved UVGI as an adjunct to filtration for reduction of tuberculosis risk and has published a guideline on its application (CDC 2005, 2009).⁷ (Evidence Level A)

Personalized ventilation systems that provide local exhaust source control and/or supply 100% outdoor, highly filtered, or UV-disinfected air directly to the occupant's breathing zone (Cermak et al. 2006; Bolashikov et al., 2009; Pantelic et al. 2009, 2015; Licina et al. 2015a, 2015b) may offer protection against exposure to contaminated air. Personalized ventilation may be effective against aerosols that travel both long distances as well as short ranges (Li 2011).

⁷ In addition to UVGI, optical radiation in longer wavelengths as high as 405 nm is an emerging disinfection technology that may also have useful germicidal effectiveness.

Documentazione ASHRAE sulle malattie infettive - 2020

Personalized ventilation systems, when coupled with localized or personalized exhaust devices, further enhance the overall ability to mitigate exposure in breathing zones, as seen from both experimental and computational fluid dynamics (CFD) studies in healthcare settings (Yang et al. 2013, 2014, 2015a, 2015b; Bolashikov et al. 2015; Bivolarova et al. 2016). However, there are no known epidemiological studies that demonstrate a reduction in infectious disease transmission. (Evidence Level B)

Advanced techniques such as computational fluid dynamics (CFD) analysis, if performed properly with adequate expertise, can predict airflow patterns and probable flow paths of airborne contaminants in a space. Such analyses can be employed as a guiding tool during the early stages of a design cycle (Khankari 2016, 2016a, 2016b, 2016c).

3.3 Temperature and Humidity

HVAC systems are typically designed to control temperature and humidity, which can in turn influence transmissibility of infectious agents. Although HVAC systems can be designed to control relative humidity (RH), there are practical challenges and potential negative effects of maintaining certain RH set points in all climate zones. However, while the weight of evidence at this time (Derby et al. 2016), including recent evidence using metagenomic analysis (Taylor and Tasi 2018), suggests that controlling RH reduces transmission of certain airborne infectious organisms, including some strains of influenza, this position document encourages designers to give careful consideration to temperature and RH.

In addition, immunobiologists have correlated mid-range humidity levels with improved mammalian immunity against respiratory infections (Taylor and Tasi 2018). Mousavi et al. (2019) report that the scientific literature generally reflects the most unfavorable survival for microorganisms when the RH is between 40% and 60% (Evidence Level B). Introduction of water vapor to the indoor environment to achieve the mid-range humidity levels associated with decreased infections requires proper selection, operation, and maintenance of humidification equipment. Cold winter climates require proper building insulation to prevent thermal bridges that can lead to condensation and mold growth (ASHRAE 2009). Other recent studies (Taylor and Tasi 2018) identified RH as a significant driver of patient infections. These studies showed that RH below 40% is associated with three factors that increase infections. First, as discussed previously, infectious aerosols emitted from a primary host shrink rapidly to become droplet nuclei, and these dormant yet infectious pathogens remain suspended in the air and are capable of traveling great distances. When they encounter a hydrated secondary host, they rehydrate and are able to propagate the infection. Second, many viruses and bacteria are anhydrous resistant (Goffau et al. 2009; Stone et al. 2016) and actually have increased viability in low-RH conditions. And finally, immunobiologists have now clarified the mechanisms through which ambient RH below 40% impairs mucus membrane barriers and other steps in immune system protection (Kudo et al. 2019). (Evidence Level B)

This position document does not make a definitive recommendation on indoor temperature and humidity set points for the purpose of controlling infectious aerosol transmission. Practitioners may use the information herein to make building design and operation decisions on a case-by-case basis.

3.4 Emerging Pathogens and Emergency Preparedness

Disease outbreaks (i.e., epidemics and pandemics) are increasing in frequency and reach. Pandemics of the past have had devastating effects on affected populations. Novel microor-

ganisms that can be disseminated by infectious aerosols necessitate good design, construction, commissioning, maintenance, advanced planning, and emergency drills to facilitate fast action to mitigate exposure. In many countries, common strategies include naturally ventilated buildings and isolation. Control banding is a risk management strategy that should be considered for applying the hierarchy of controls to emerging pathogens, based on the likelihood and duration of exposure and the infectivity and virulence of the pathogen (Sietsema 2019) (Evidence Level B). Biological agents that may be used in terrorist attacks are addressed elsewhere (USDHHS 2002, 2003).

4. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

Infectious aerosols can be disseminated through buildings by pathways that include air distribution systems and interzone airflows. Various strategies have been found to be effective at controlling transmission, including optimized airflow patterns, directional airflow, zone pressurization, dilution ventilation, in-room air-cleaning systems, general exhaust ventilation, personalized ventilation, local exhaust ventilation at the source, central system filtration, UVGI, and controlling indoor temperature and relative humidity. Design engineers can make an essential contribution to reducing infectious aerosol transmission through the application of these strategies. Research on the role of airborne dissemination and resuspension from surfaces in pathogen transmission is rapidly evolving. Managing indoor air to control distribution of infectious aerosols is an effective intervention which adds another strategy to medical treatments and behavioral interventions in disease prevention.

4.1 ASHRAE's Positions

- HVAC design teams for facilities of all types should follow, as a minimum, the latest published standards and guidelines and good engineering practice. Based on risk assessments or owner project requirements, designers of new and existing facilities could go beyond the minimum requirements of these standards, using techniques covered in various ASHRAE publications, including the ASHRAE Handbook volumes, Research Project final reports, papers and articles, and design guides, to be even better prepared to control the dissemination of infectious aerosols.
- Mitigation of infectious aerosol dissemination should be a consideration in the design of all facilities, and in those identified as high-risk facilities the appropriate mitigation design should be incorporated.
- The design and construction team, including HVAC designers, should engage in an integrated design process in order to incorporate the appropriate infection control bundle in the early stages of design.
- Based on risk assessments, buildings and transportation vehicles should consider designs that promote cleaner airflow patterns for providing effective flow paths for airborne particulates to exit spaces to less clean zones and use appropriate air-cleaning systems. (Evidence Level A)
- Where a significant risk of transmission of aerosols has been identified by infection control risk assessments, design of AIRs should include anterooms. (Evidence Level A)

Documentazione ASHARE sulle malattie infettive - 2020

- Based on risk assessments, the use of specific HVAC strategies supported by the evidence-based literature should be considered, including the following:

- Enhanced filtration (higher minimum efficiency reporting value [MERV] filters over code minimums in occupant-dense and/or higher-risk spaces) (Evidence Level A)
- Upper-room UVGI (with possible in-room fans) as a supplement to supply airflow (Evidence Level A)
- Local exhaust ventilation for source control (Evidence Level A)
- Personalized ventilation systems for certain high-risk tasks (Evidence Level B)
- Portable, free-standing high-efficiency particulate air (HEPA) filters (Evidence Level B)
- Temperature and humidity control (Evidence Level B)

- Healthcare buildings^B should consider design and operation to do the following:

- Capture expiratory aerosols with headwall exhaust, tent or snorkel with exhaust, floor-to-ceiling partitions with door supply and patient exhaust, local air HEPA-grade filtration,
- Exhaust toilets and bed pans (a must).
- Maintain temperature and humidity as applicable to the infectious aerosol of concern.
- Deliver clean air to caregivers.
- Maintain negatively pressurized intensive care units (ICUs) where infectious aerosols may be present.
- Maintain rooms with infectious aerosol concerns at negative pressure.
- Provide 100% exhaust of patient rooms.
- Use UVGI.
- Increase the outdoor air change rate (e.g., increase patient rooms from 2 to 6 ach).
- Establish HVAC contributions to a patient room turnover plan before reoccupancy.

- Non-healthcare buildings should have a plan for an emergency response. The following modifications to building HVAC system operation should be considered:

- Increase outdoor air ventilation (disable demand-controlled ventilation and open outdoor air dampers to 100% as indoor and outdoor conditions permit).
- Improve central air and other HVAC filtration to MERV-13 (ASHRAE 2017b) or the highest level achievable.
- Keep systems running longer hours (24/7 if possible).
- Add portable room air cleaners with HEPA or high-MERV filters with due consideration to the clean air delivery rate (AHAM 2015).
- Add duct- or air-handling-unit-mounted, upper room, and/or portable UVGI devices in connection to in-room fans in high-density spaces such as waiting rooms, prisons, and shelters.
- Maintain temperature and humidity as applicable to the infectious aerosol of concern.
- Bypass energy recovery ventilation systems that leak potentially contaminated exhaust air back into the outdoor air supply.

- Design and build inherent capabilities to respond to emerging threats and plan and practice for them. (Evidence Level B)

^B It is assumed that healthcare facilities already have emergency response plans.

4.2 ASHRAE's Commitments

- Address research gaps with future research projects, including those on the following topics:
 - Investigating and developing source generation variables for use in an updated ventilation rate procedure
 - Understanding the impacts of air change rates in operating rooms on patient outcomes
 - Determining the effectiveness of location of supply, return, and exhaust registers in patient rooms
 - Conducting controlled interventional studies to quantify the relative airborne infection control performance and cost-effectiveness of specific engineering strategies, individually and in combination, in field applications of high-risk occupancies
 - Evaluating and comparing options to create surge airborne isolation space and temporary negative pressure isolation space and the impacts on overall building operation
 - Understanding the appropriate application of humidity and temperature control strategies across climate zones on infectious aerosol transmission
 - Investigating how control banding techniques can be applied to manage the risk of infectious aerosol dissemination
- Partner with infection prevention, infectious disease, and occupational health experts and building owners to evaluate emerging control strategies and provide evidence-based recommendations.
- Educate stakeholders and disseminate best practices.
- Create a database to track and share knowledge on effective, protective engineering design strategies.
- Update standards and guidelines to reflect protective evidence-based strategies.

DOCUMENTAZIONE REHVA PER LE MALATTIE INFETTIVE E POSITION PAPER

REHVA COVID-19 Guidance document - Aprile 2020



REHVA COVID-19 guidance document, April 3, 2020
(this document updates March 17 version, updates will follow as necessary)

How to operate and use building services in order to prevent the spread of the coronavirus disease (COVID-19) virus (SARS-CoV-2) in workplaces

Introduction

In this document REHVA summarizes advice on the operation and use of building services in areas with a coronavirus disease (COVID-19) outbreak, in order to prevent the spread of COVID-19 depending on HVAC or plumbing systems related factors. Please read the advice below as interim guidance; the document may be complemented with new evidence and information when it becomes available.

The suggestions below are meant as an addition to the general guidance for employers and building owners that is presented in the WHO document '[Getting workplaces ready for COVID-19](#)'. The text below is intended primarily for HVAC professionals and facility managers, but may be useful for e.g. occupational and public health specialists.

In the following the building related precautions are covered and some common overreactions are explained. The scope is limited to commercial and public buildings (e.g. offices, schools, shopping areas, sport premises etc) where only occasional occupancy of infected persons is expected; hospital and healthcare facilities (usually with a larger concentration of infected people) are excluded.

The guidance is focused to temporary, easy-to-organize measures that can be implemented in existing buildings which are still in use with normal occupancy rates. The advice is meant for a short period depending on how long local outbreaks last.

Disclaimer:

This REHVA document is based on best available evidence and knowledge, but in many aspects coronavirus (SARS-CoV-2) information is so limited or not existing that previous SARS-CoV-1 evidence¹ has been utilized for best practice recommendations. REHVA excludes any liability for any direct, indirect, incidental damages or any other damages that would result from, or be connected with the use of the information presented in this document.

Transmission routes

Important for every epidemic are the transmission routes of the infectious agent. In relation to COVID-19 the standard assumption is that the following two transmission routes are dominant: via large droplets (droplets/particles emitted when sneezing or coughing or talking) and via surface (fomite) contact (hand-hand, hand-surface etc.). A third transmission route that is gaining more attention from the scientific community is the faecal-oral route.

The faecal-oral transmission route for SARS-CoV-2 infections is implicitly recognized by WHO, see their latest technical briefing of March 2, 2020. In this document they propose as precautionary measure to flush toilets with closed lid. Additionally, they suggest avoiding dried-out drains in floors and other sanitary devices by regularly adding water (every 3 weeks depending on climate) so that the water seal works properly. This is in line with an observation during the SARS 2002-2003 outbreak: open connections with sewage systems appeared to be a transmission route in an apartment building in Hong Kong (Amoy Garden)². It is known that flushing toilets are creating plumes containing droplets and droplet residue when toilets are flushed with open lids. And we know that SARS-CoV-2 viruses have been detected in stool samples [reported in recent scientific papers and by the Chinese authorities]^{3,4}. In addition, a comparable incident was recently reported in an apartment complex (Mei House). Therefore, the conclusion is that the faecal-oral transmission routes can't be excluded as transmission route.

Via air there are two exposure mechanisms^{5,6}:

1. Close contact transmission through large droplets (> 10 microns), which are released and fall to surfaces not further than about 1-2 m from the infected person. Droplets are formed from coughing and sneezing (sneezing forms many more particles typically). Most of these large droplets fall on nearby surfaces and objects - such as desks and tables. People could catch the infection by touching those contaminated surfaces or objects; and then touching their eyes, nose or mouth. If people are standing within 1-2 meter of an infected person, they can catch it directly by breathing in droplets sneezed or coughed out or exhaled by them.
2. Airborne transmission through small particles (< 5 microns), which may stay airborne for hours and can be transported long distances. These are also generated by coughing and sneezing and talking. Small particles (droplet nuclei or residue) form from droplets which evaporate (10 microns droplets evaporate in 0,2 s) and desiccate. The size of a coronavirus particle is 80-160 nanometre^{7,8} and it remains active for many hours or couple of days (unless there is specific cleaning)^{9,10}. SARS-CoV-2 remains active up to 3 hours in indoor air and 2-3 days on room surfaces at common indoor conditions¹¹. Such small virus particles stay airborne and can travel long distances carried by airflows in the rooms or in the extract air ducts of ventilation systems. Airborne transmission has caused infections of SARS-CoV-1 in the past^{12,13}. For Corona disease (COVID-19) it is likely but not yet documented. There is also no reported data or studies to rule out the possibility of the airborne-particle route. One indication for this: Corona virus SARS-CoV-2 has been isolated from swabs taken from exhaust vents in rooms occupied by infected patients. This mechanism implies that keeping 1-2 m distance from infected persons might not be enough and increasing the ventilation is useful because of removal of more particles¹.

REHVA COVID-19 Guidance document - Aprile 2020

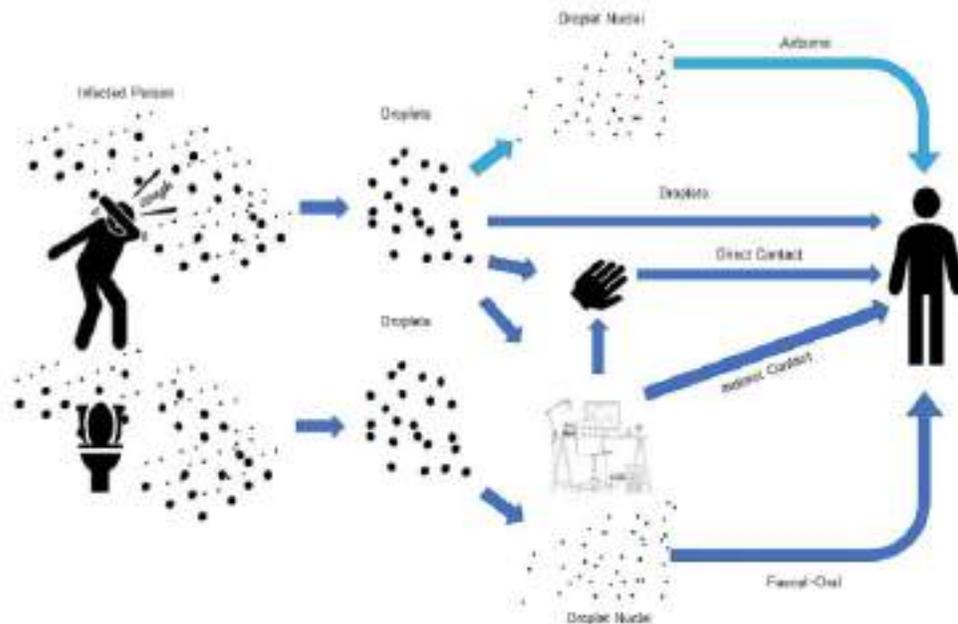


Figure 1. WHO reported exposure mechanisms of COVID-19 SARS-CoV-2 droplets (dark blue colour). Light blue colour: airborne mechanism that is known from SARS-CoV-1 and other flu, currently there is no reported evidence specifically for SARS-CoV-2 (figure: courtesy Francesco Franchimoni).

With SARS-CoV-2 the airborne route - infection through exposure to droplet nuclei particles - has currently acknowledged by WHO for hospital procedures and indirectly through the guidance to increase ventilation³⁹. It may exist when certain conditions are met (i.e. opportunistic airborne) according to China national Health Commission (unpublished result). Airborne transmission can be possible according to Japanese authority under certain circumstances, such as when talking to many people at a short distance in an enclosed space, there is a risk of spreading the infection even without coughing or sneezing⁴⁰. Latest study⁴¹ concluded that aerosol transmission is plausible, as the virus can remain viable in aerosols for multiple hours. Another recent study⁴² that analysed superspreading events showed that closed environments with minimal ventilation strongly contributed to a characteristically high number of secondary infections. The manuscript draft discussing airborne transmission concludes that evidence is emerging indicating that SARS-CoV-2 is also transmitted via airborne particles⁴³.

Conclusion in relation to the airborne transmission route:

At this date we need all efforts to manage this pandemic from all fronts. Therefore REHVA proposes, especially in 'hot spot' areas to use the ALARA principle (As Low As Reasonably Achievable) and to take a set of measures that help to also control the airborne route in buildings (apart from standard hygiene measures as recommended by WHO, see the 'Getting workplaces ready for COVID-19' document).

Practical recommendations for building services operation

Increase air supply and exhaust ventilation

In buildings with mechanical ventilation systems extended operation times are recommended. Change the clock times of system timers to start ventilation at nominal speed at least 2 hours before the building usage time and switch to lower speed 2 hours after the building usage time. In demand-controlled ventilation systems change CO₂ setpoint to lower, 400 ppm value, in order to assure the operation at nominal speed. Keep the ventilation on 24/7, with lowered (but not switched off) ventilation rates when people are absent. In buildings that have been vacated due to the pandemic (some offices or educational buildings) it is not recommended to switch ventilation off, but to operate continuously at reduced speed. Considering a springtime with small heating and cooling needs, the recommendations above have limited energy penalties, while they help to remove virus particles out of the building and to remove released virus particles from surfaces.

The general advice is to supply as much outside air as reasonably possible. The key aspect is the amount of fresh air supplied per person. If, due to smart working utilization, the number of employees is reduced, do not concentrate the remaining employees in smaller areas but maintain or enlarge the social distancing (min physical distance 2-3 m between persons) among them in order to foster the ventilation cleaning effect.

Exhaust ventilation systems of toilets should always be kept on 24/7, and make sure that under-pressure is created, especially to avoid the faecal-oral transmission.

Use more window airing

General recommendation is to stay away from crowded and poorly ventilated spaces. In buildings without mechanical ventilation systems it is recommended to actively use operable windows (much more than normally, even when this causes some thermal discomfort). Window airing then is the only way to boost air exchange rates. One could open windows for 15 min or so when entering the room (especially when the room was occupied by others beforehand). Also, in buildings with mechanical ventilation, window airing can be used to further boost ventilation.

Open windows in toilets with passive stack or mechanical exhaust systems may cause a contaminated airflow from the toilet to other rooms, implying that ventilation begins to work in reverse direction. Open toilet windows then should be avoided. If there is no adequate exhaust ventilation from toilets and window airing in toilets cannot be avoided, it is important to keep windows open also in other spaces in order to achieve cross flows throughout the building.

REHVA COVID-19 Guidance document - Aprile 2020

Humidification and air-conditioning have no practical effect

Relative humidity (RH) and temperature contribute to virus transmission indoors affecting virus viability, droplet nuclei forming and susceptibility of occupants' mucous membranes. Transmission of some viruses in buildings can be limited by changing air temperatures and humidity levels. In the case of COVID-19 this is unfortunately not an option as coronaviruses are quite resistant to environmental changes and are susceptible only for a very high relative humidity above 80% and a temperature above 30 °C^[33,34], which are not attainable and acceptable in buildings for other reasons (e.g. thermal comfort and microbial growth). SARS-CoV-2 has been found highly stable for 14 days at 4 °C; 37 °C for one day and 56 °C for 30 minutes were needed to inactivate the virus^[35].

SARS-CoV-2 stability (viability) has been tested at typical indoor temperature of 21-23 °C and RH of 65% with very high virus stability at this RH^[36]. Together with previous evidence on MERS-CoV it is well documented that humidification up to 65% may have very limited or no effect on stability of SARS-CoV-2 virus. Therefore, the evidence does not support that moderate humidity (RH 40-60%) will be beneficial in reducing viability of SARS-CoV-2, thus the humidification is NOT a method to reduce the viability of SARS-CoV-2.

Small droplets under interest (0.5 - 10 micron) will evaporate fast under any relative humidity (RH) level^[37]. Nasal systems and mucous membranes are more sensitive to infections at very low RH of 10-20 %^[38,39], and this is the reason for which some humidification in winter is sometimes suggested (to levels of 20-30%). This indirect need for humidification in winter in the COVID-19 case is not relevant however given the incoming climatic conditions (from March onwards we expect indoor RH higher than 30% in all European climates without humidification).

Thus, in buildings equipped with centralized humidification, there is no need to change humidification systems' setpoints (usually 25 or 30%^[20]). Considering the springtime that is about to start, these systems should not be in operation anyhow. Heating and cooling systems can be operated normally as there are no direct implications on COVID-19 spread. Usually, any adjustment of setpoints for heating or cooling systems is not needed.

Safe use of heat recovery sections

Under certain conditions virus particles in extract air can re-enter the building. Heat recovery devices may carry over virus attached to particles from the exhaust air side to the supply air side via leaks. Regenerative air to air heat exchangers (i.e. rotors, called also enthalpy wheels) may be sensitive for considerable leaks in the case of poor design and maintenance. For properly operating rotary heat exchangers, fitted with purging sectors and correctly set up, leakage rates are about the same as that of plate heat exchangers being in the range of 1-2%. For existing systems, the leakage should be below 5%, and has to be compensated with increase of outdoor air ventilation according to EN 16798-3:2017. However, many rotary heat exchangers may not be properly installed. The most common fault is that the fans have been mounted in such a way that higher pressure on the exhaust air side is created. This will cause leakage from extract air into the supply air. The degree of uncontrolled transfer of polluted extract air can in these cases be of the order of 20%^[40], that is not acceptable.

It is shown that rotary heat exchangers, which are properly constructed, installed and maintained, have almost zero transfer of particle-bound pollutants (including air-borne bacteria, viruses and fungi), but the transfer is limited to gaseous pollutants such as tobacco smoke and other smells^[41]. Thus, there is no evidence that virus-bearing particles starting from 0.1 micron would be an object of carry over leakage. Because the leakage rate does not depend on the rotation speed of rotor, it is not needed to switch rotors off. Normal operation of rotors makes it easier to keep ventilation rates higher. It is known that the carry-over leakage is highest at low airflow, thus higher ventilation rates are recommended.

If leaks are suspected in the heat recovery sections, pressure adjustment or bypassing (some systems may be equipped with bypass) can be an option in order to avoid a situation where higher pressure on extract side will cause air leakages to supply side. Pressure differences can be corrected by dampers or by other reasonable arrangements. In conclusion, we recommend to inspect the heat recovery equipment including the pressure difference measurement. To be on the safe side, the maintenance personnel should follow standard safety procedures of dusty work, including wearing gloves and respiratory protection.

Virus particle transmission via heat recovery devices is not an issue when a HVAC system is equipped with a twin coil unit or another heat recovery device that guarantees 100% air separation between return and supply side^[42].

REHVA COVID-19 Guidance document - Aprile 2020

No use of recirculation

Virus particles in return ducts can also re-enter a building when centralized air handling units are equipped with recirculation sectors. It is recommended to avoid central recirculation during SARS-CoV-2 episodes: close the recirculation dampers (via the Building Management System or manually). In case this leads to problems with cooling or heating capacity, this has to be accepted because it is more important to prevent contamination and protect public health than to guarantee thermal comfort.

Sometimes air handling units and recirculation sections are equipped with return air filters. This should not be a reason to keep recirculation dampers open as these filters normally do not filter out particles with viruses effectively since they have standard efficiencies (G4/M5 or ISO coarse/ePM10 filter class)¹⁰ and not HEPA efficiencies.

Some systems (fan coil and induction units) work with local (room level) circulation. If possible (no significant cooling need) these units are recommended to be turned off to avoid resuspension of virus particles at room level (esp. when rooms are used normally by more than one occupant). Fan coil units have coarse filters which practically do not filter small particles but still might collect particles. On the fan coil heat exchanger surface, it is possible to inactivate the virus by heating up fan coils to 60 °C during one hour or 40 °C during one day.

If fan coils cannot be switched off, it is recommended that their fans are operated continuously

because the virus can sediment in filters and resuspension boost can follow when the fan is turned on. In continuous circulation operation virus particles will be removed with exhaust ventilation.

Duct cleaning has no practical effect

There have been overreactive statements recommending to clean ventilation ducts in order to avoid SARS-CoV-2 transmission via ventilation systems. Duct cleaning is not effective against room-to-room infection because the ventilation system is not a contamination source if above guidance about heat recovery and recirculation is followed. Viruses attached to small particles will not deposit easily in ventilation ducts and normally will be carried out by the air flow anyhow¹⁰. Therefore, no changes are needed to normal duct cleaning and maintenance procedures. Much more important is to increase fresh air supply, avoid recirculation of air according to the recommendations above.

Change of outdoor air filters is not necessary

In COVID-19 context, it has been asked should the filters to be replaced and what is the protection effect in very rare occasions of outdoor virus contamination, for instance if air exhausts are close to air intakes. Modern ventilation systems (air handling units) are equipped with fine outdoor air filters right after the outdoor air intake (filter class F7 or F8⁴ or ISO ePM2.5 or ePM1) which filtrate well particulate matter from outdoor air. The size of a naked coronavirus particle of 80-160 nm¹¹ (PM0.1) is smaller than the capture area of F8 filters (capture efficiency 65-90% for PM1), but many of such small particles will settle on fibres of the filter by diffusion mechanism. SARS-CoV-2 particles also aggregate with larger particles which are already within the capture area of filters. This implies that in rare cases of virus contaminated outdoor air, standard fine outdoor air filters provide a reasonable protection for a low concentration and occasionally spread viruses in outdoor air.

Heat recovery and recirculation sections are equipped with less effective extract air filters (G4/M5 or ISO coarse/ePM10) which aim is to protect equipment from dust. These filters do not have to filter out small particles as virus particles will be ventilated out by exhaust air (see also the recommendation not to use recirculation under 'no use of recirculation').

From the filter replacement perspective, normal maintenance procedures can be used. Clogged filters are not a contamination source in this context, but they reduce supply airflow which has a negative effect on indoor contaminations itself. Thus, filters must be replaced according to normal procedure when pressure or time limits are exceeded, or according to scheduled maintenance. In conclusion, we do not recommend changing existing outdoor air filters and replace them with other type of filters nor do we recommend changing them sooner than normal.

HVAC maintenance personnel could be at risk when filters (especially extract air filters) are not changed in line with standard safety procedures. To be on the safe side, always assume that filters have active microbiological material on them, including viable viruses. This is particularly important in any building where there recently has been an infection. Filters should be changed with the system turned off, while wearing gloves, with respiratory protection, and disposed of in a sealed bag.

REHVA COVID-19 Guidance document - Aprile 2020

Room air cleaners can be useful in specific situations

Room air cleaners remove effectively particles from air which provides a similar effect compared to ventilation. To be effective, air cleaners need to have at least HEPA filter efficiency. Unfortunately, most of attractively priced room air cleaners are not effective enough. Devices that use electrostatic filtration principles (not the same as room ionizers!) often work quite well too. Because the airflow through air cleaners is limited, the floor area they can effectively serve is normally quite small, typically less than 10 m². If one decides to use an air cleaner (again: increasing regular ventilation often is much more efficient) it is recommended to locate the device close to the breathing zone. Special UV cleaning equipment to be installed for the supply air or room air treatment is also effective as killing bacteria and viruses but this is normally only a suitable solution for the equipment for health care facilities.

Toilet lid use instructions

If toilet seats are equipped with lids it is recommended to flush the toilets with closed lids in order to minimize the release of droplets and droplet residues from plumes in the air^{xxx*i*}. It is important that water seals work all timeⁱⁱ. Therefore, organise that building occupants are instructed to use the lids.

REHVA COVID-19 Guidance document - Aprile 2020

Summary of practical measures for building services operation

1. Secure ventilation of spaces with outdoor air
2. Switch ventilation to nominal speed at least 2 hours before the building usage time and switch to lower speed 2 hours after the building usage time
3. At nights and weekends, do not switch ventilation off, but keep systems running at lower speed
4. Ensure regular airing with windows (even in mechanically ventilated buildings)
5. Keep toilet ventilation 24/7 in operation
6. Avoid open windows in toilets to assure the right direction of ventilation
7. Instruct building occupants to flush toilets with closed lid
8. Switch air handling units with recirculation to 100% outdoor air
9. Inspect heat recovery equipment to be sure that leakages are under control
10. Switch fan coils either off or operate so that fans are continuously on
11. Do not change heating, cooling and possible humidification setpoints
12. Do not plan duct cleaning for this period
13. Replace central outdoor air and extract air filters as usually, according to maintenance schedule
14. Regular filter replacement and maintenance works shall be performed with common protective measures including respiratory protection

LINEE DI INDIRIZZO PER ATTIVITA' COMMERCIALI
DPCM 15/05/2020

Linee di indirizzo del 15/05/2020

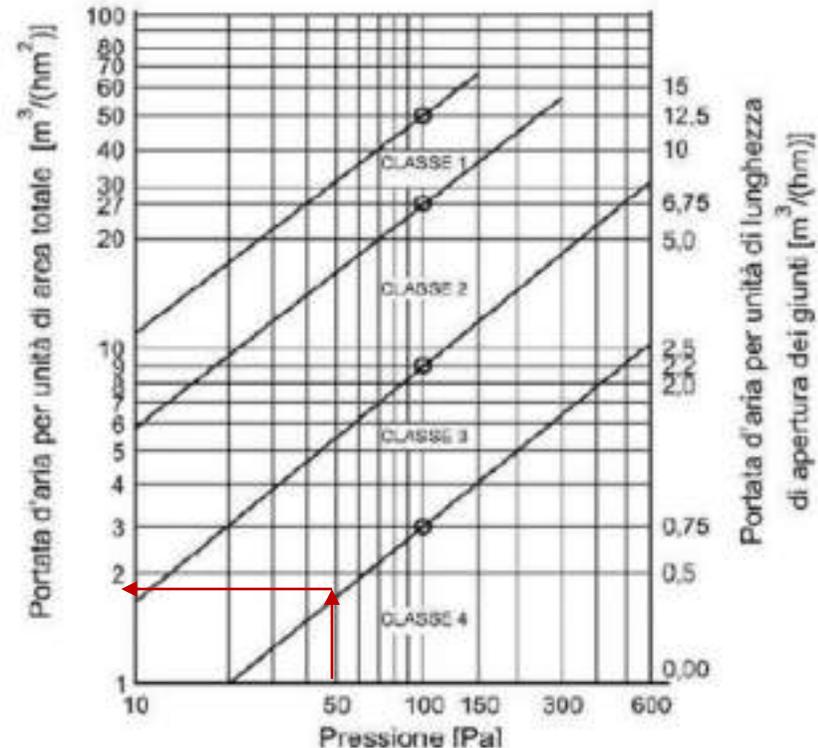
Le «**Linee di indirizzo per la riapertura della attività economiche, produttive e ricreative (DPCM 16/05/2020)**» prevedono, fra le altre, le seguenti azioni:

- **Garantire periodicamente l'aerazione naturale** nell'arco della giornata in tutti gli ambienti dotati di aperture verso l'esterno, dove sono presenti postazioni di lavoro, personale interno o utenti esterni (comprese aule di udienza ed i locali *openspace*), **evitando correnti d'aria freddo-caldo eccessivo durante il ricambio naturale dell'aria**);
- **Aumentare la frequenza della manutenzione/sostituzione dei pacchi filtranti** dell'aria in ingresso (*eventualmente anche adottando pacchi filtranti più efficienti*);
- In relazione al **punto esterno di espulsione dell'aria**, assicurarsi che permangano condizioni impiantistiche tali da non determinare l'insorgere di inconvenienti igienico sanitari nella *distanza fra i punti di espulsione ed i punti di aspirazione*;
- Negli edifici dotati di specifici impianti di ventilazione con apporto di aria esterna, tramite **ventilazione meccanica controllata**, **eliminare totalmente la funzione di ricircolo dell'aria**;
- Relativamente agli impianti di riscaldamento/raffrescamento che fanno uso di pompe di calore, fancoil o termoconvettori, **qualora non sia possibile garantire la corretta climatizzazione degli ambienti tenendo fermi gli impianti**, *pulire* in base alle indicazioni fornite dal produttore, ad impianto fermo, *i filtri dell'aria di ricircolo* per mantenere i livelli di filtrazione/rimozione adeguati;
- Evitare di utilizzare e spruzzare prodotti per pulizia detergenti/disinfettanti spray direttamente sui filtri per non inalare sostanze inquinanti durante il funzionamento.

Linee di indirizzo del 15/05/2020 - Commenti

Ecco le critiche per i periodi segnati in rosso delle **Linee di indirizzo del 16/05/2020**.

- Quando si utilizza la ventilazione naturale **non si quasi mai il controllo delle condizioni climatiche interne né della velocità dell'aria** nei locali (*in alcuni casi si hanno forti correnti interne che fanno sbattere le finestre e(o) chiudere le porte*). In condizioni invernali o estive estreme si possono avere forti raffreddamenti o sovra riscaldamenti dei locali. L'unico modo per fermare queste evenienze è **chiudere le porte e le finestre**;
- La ventilazione naturale per infiltrazione dell'aria esterna attraverso gli infissi dipende dalla **tenuta** di questi. Per infissi di classe 3 e 4 la portata d'aria di ventilazione è molto bassa e tale da non far raggiungere neppure i **0.3 Vol/h**. In questi casi occorre installare **valvole automatiche** che assicurino la portata desiderata. Per avere una buona ventilazione naturale occorre aprire del tutto le finestre.



Linee di indirizzo del 15/05/2020 - Commenti

- **La volontà di eliminare comunque il ricircolo dell'aria**, ove esistente, appare ***inconsistente*** e contrario a quanto stabilito da decenni sulla riduzione del rischio di contagio aereo. Il modo migliore per farlo è di **umentare la portata d'aria di ventilazione** (teoria di **Wells-Riley 1958**) sia con aria esterna, se possibile, ma **anche con il ricircolo dotato di adeguato sistema di filtrazione ad alta efficienza**.
- I sistemi impiantistici di climatizzazione che prevedono il **ricircolo** non sono in grado di climatizzare adeguatamente gli ambienti avendo batterie (caldo/freddo) dimensionate per le condizioni di miscelazione dell'aria esterna con quella di ricircolo. Chiudere il **ricircolo** vuol dire praticamente **dimezzare la portata di ventilazione** e quindi di **incrementare il rischio di contagio**;
- Le linee guida dicono espressamente «**qualora non sia possibile garantire la corretta climatizzazione degli ambienti tenendo fermi gli impianti, pulire ... i filtri ...**». Questo vuol dire che, nelle condizioni indicate, è **preferibile avere gli impianti in funzione con il ricircolo attivato e prestare attenzione alla pulizia dei filtri**. Quest'aspetto è quasi del tutto ignorato nei negozi, nei ristoranti, negli esercizi pubblici dotati di **impianti split** senza aria primaria: **si preferisce spegnere questi impianti lasciando i locali senza adeguata ventilazione d'aria, con grave incremento del rischio di contagio**;
- In Italia, per lunga tradizione storica, gli impianti con aria primaria correttamente progettata sono pochi e quasi sempre per edifici pubblici, alberghi, supermercati, ... ma non per abitazioni private o piccoli esercizi pubblici. **Spegnere gli impianti incrementa il rischio di contagi**.

TIPOLOGIE DI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE

Tipologia di impianti di climatizzazione

Non è qui il caso di parlare della vasta tipologia degli impianti di climatizzazione o degli impianti di ventilazione meccanica controllata.

Il problema, nei confronti della **COVID-19**, non è la loro tipologia generale ma la **distribuzione dell'aria negli ambienti, il ricircolo eventuale, la filtrazione** e la possibilità di trasmissione del virus **SARS-CoV-2** negli ambienti.

Abbiamo visto, specialmente nella **Parte Prima**, le teorie di **Walls-Riley** e di **Gammaitoni-Nucci** per la ventilazione degli edifici. Si è dimostrato come l'abbondante ventilazione con un numero elevato di ricambi d'aria sia un metodo **efficace per la riduzione del rischio di contagio**.

Abbiamo anche visto come tenere conto delle azioni aggiuntive di riduzione del rischio con l'utilizzo dei **filtri ad elevata efficienza**, con l'utilizzo di **lampade UV** e di dispositivi di protezione individuale quali le **mascherine**.

Adesso, anche in relazione alle **Raccomandazioni dell'ISS n. 33/2020 del 25/05/2020** dobbiamo esaminare la compatibilità degli impianti con le regole dettate dal **rapporto** e con gli eventuali regolamenti tecnici emessi dalle regioni o da altri enti che spesso introducono norme ancora più restrittive.

Se, come si dice e si spera, quest'emergenza **COVID-19** è destinata a durare per un tempo limitato, le misure qui discusse avranno valore transitorio e saranno necessarie per affrontare i prossimi mesi di FASE-2 del lockdown.

Ventilazione Meccanica Controllata (VMC)

La **VMC** consente anche il **recupero di calore** garantendo il corretto riciclo dell'aria all'interno dell'abitazione, aspirando l'aria viziata ed immettendo una medesima quantità di aria fresca e filtrata proveniente dall'esterno.

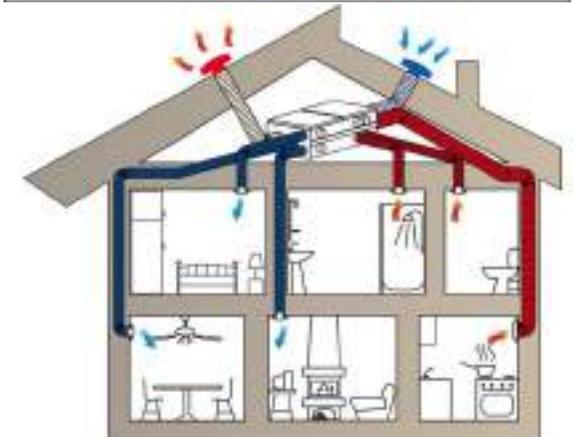
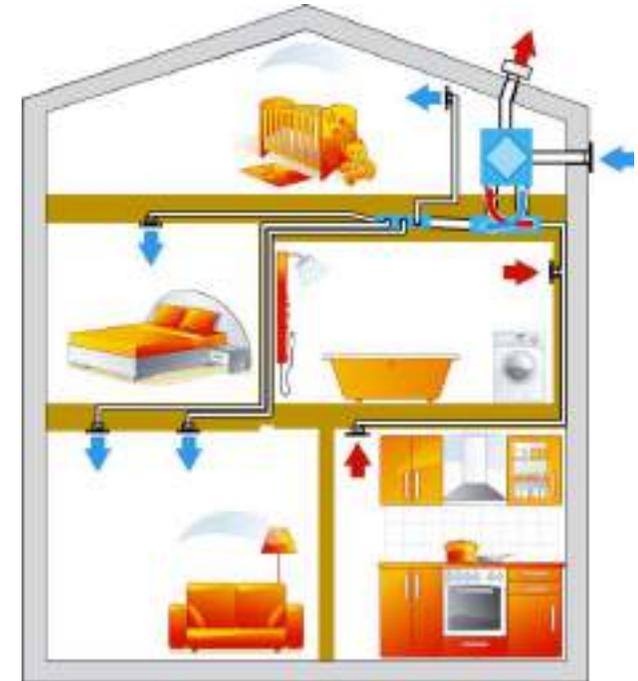
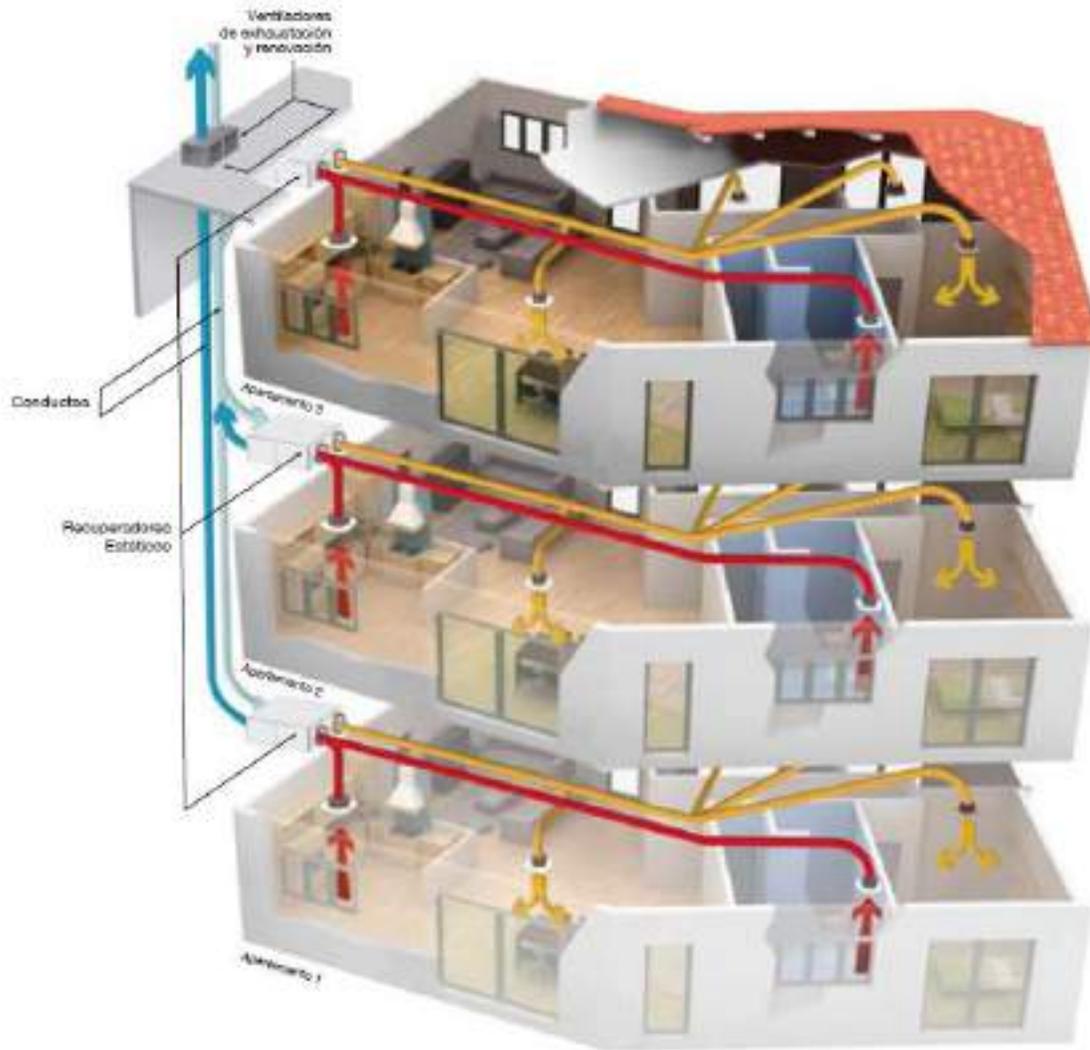
Prima di essere espulsa, l'aria esausta aspirata **cede il proprio calore** all'aria proveniente dall'esterno, evitando dispersioni termiche e contribuendo alla riduzione dei consumi.

La **VMC** consente di avere sempre **aria pulita** e ciò contribuirà a **ridurre nettamente il livello di umidità**, evitando la formazione di **muffe** e, di conseguenza, danni strutturali, preservando così il valore dell'immobile.



Ventilazione Meccanica a doppio flusso

Uno schema tipo di **VMC** con recuperatore di calore è rappresentato nelle figure seguenti.



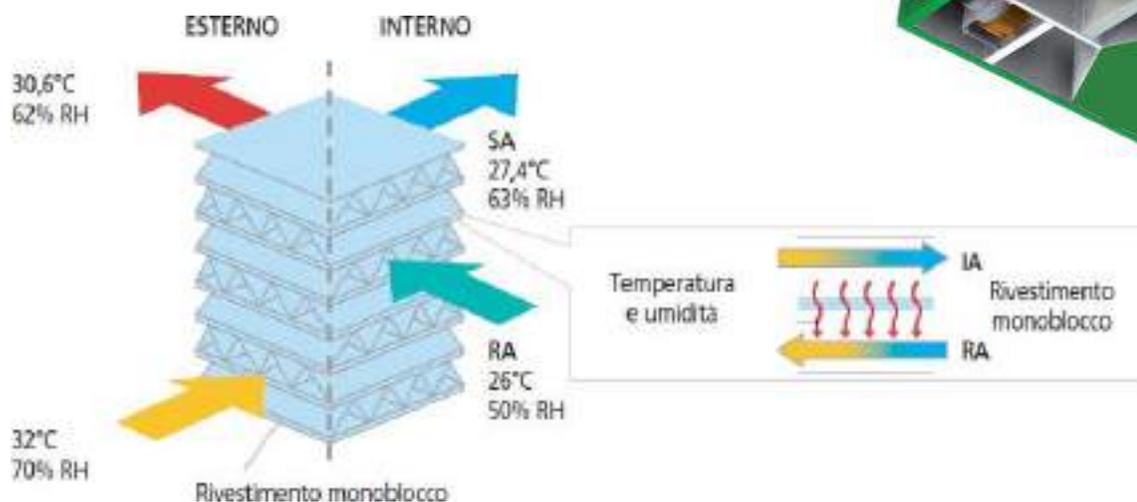
Ventilazione Meccanica – Recuperatore di calore

Lo scambiatore per il **recupero termico** può essere di due tipi:

- **Recupero termico del calore sensibile:**
- **Recupero termico entalpico.**

Il **recuperatore entalpico** consente di recuperare anche il **calore latente** dell'aria ambiente ma può avere effetti collaterali non desiderabili:

- **Cattura gli odori disciolti nell'umidità;**
- **L'umidità in eccesso recuperata fa aumentare la x dell'aria ambiente.**



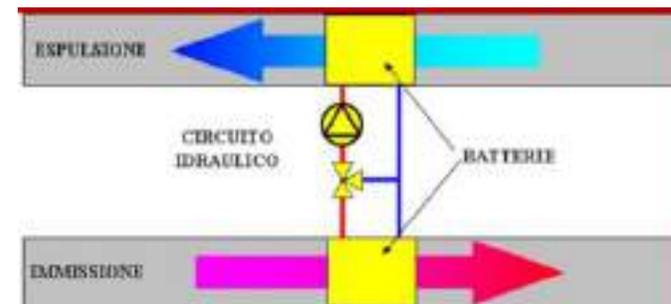
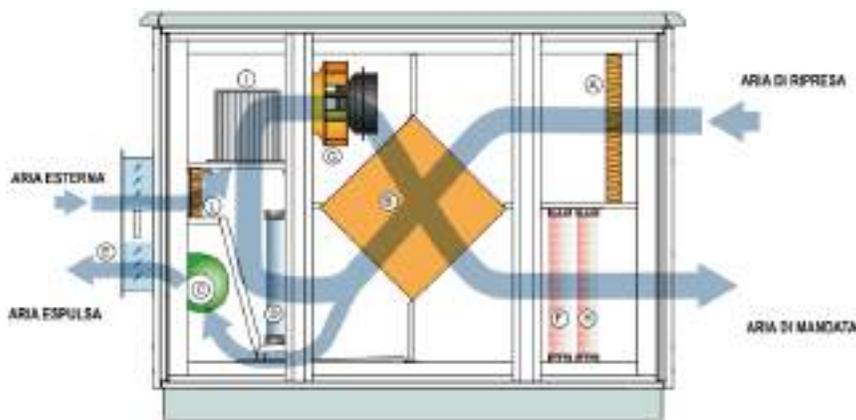
Ventilazione Meccanica – Recuperatore di calore

Nelle **UTA** è possibile utilizzare il recuperatore di calore tradizionale a **flussi incrociati**, **rotativi** o a **batterie coniugate**.

Nel primo caso si può avere un recupero sensibile o totale. Nel recuperatore totale (o entalpico) si recupera anche il calore latente presente nell'aria ma si corre il rischio di trasmettere anche odori all'aria di rinnovo.

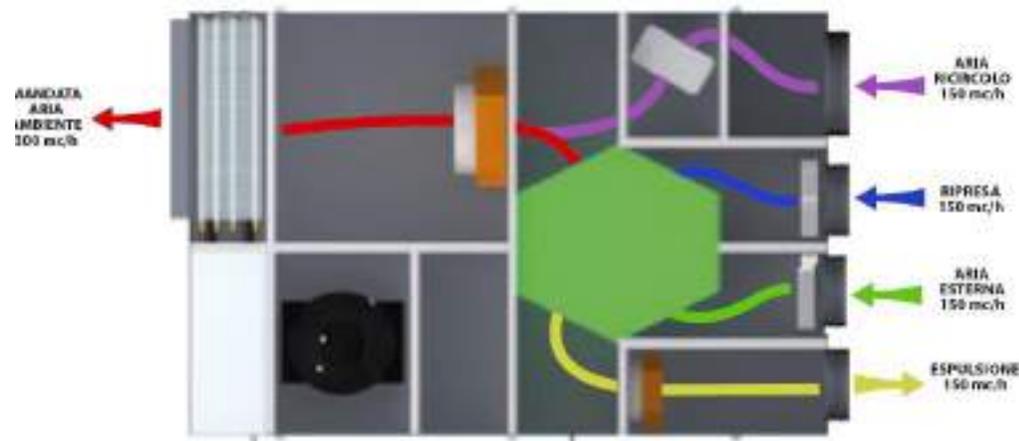
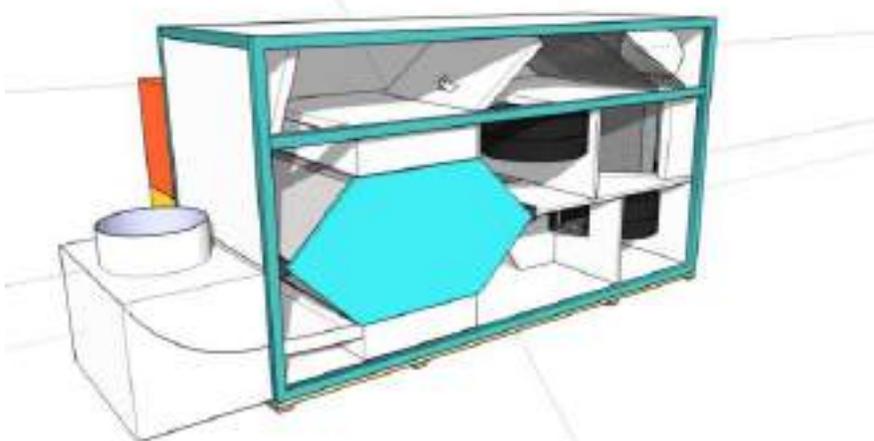
Nei **recuperatori rotativi** si ha un flusso d'aria che alternativamente passa attraverso un pacco di materiali metallici che prima assorbono calore dall'aria calda e poi lo cedono all'aria fredda. Questa categoria di recuperatori sono stati presi in considerazione dalla **REHVA** per la **possibilità di miscelazione dei flussi di aria**. Tuttavia questa possibilità è remota e possibile solo se si hanno zone in depressione fra i due flussi.

I recuperatori con **batterie coniugate** non presentano alcun rischio di contagio avendo percorsi dei flussi d'aria sempre separati e distinti.



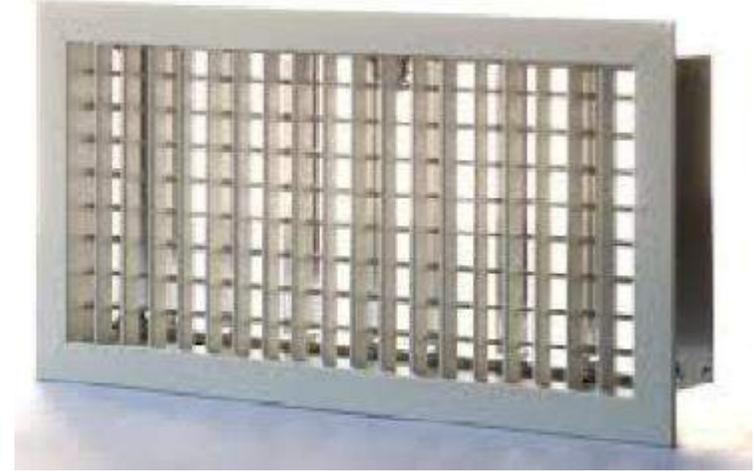
Ventilazione Meccanica – Unità di ventilazione a doppio flusso

Per grandi edifici si può avere un **impianto centralizzato** con un'unica unità di ventilazione meccanica a doppio flusso.



Ventilazione Meccanica – Canali d'aria

Gli impianti **VMC** centralizzati richiedono una **rete di canali d'aria e bocchette di immissione e di estrazione** come per un impianto di condizionamento. Valgono le regole di progettazione per le reti d'aria.



Ventilazione Meccanica – VMC non centralizzata

Per **edifici residenziali** è possibile avere più **VMC**, una per singolo appartamento o per gruppi di locali. In questo modo si semplifica la progettazione della rete di canali e le unità **VMC** risultano più compatte. I canali di distribuzione e ripresa dell'aria possono essere **circolari** e flessibili per una più comoda installazione. Le **VMC** possono avere un **plenum** di distribuzione con 2-6 uscite, a seconda della portata d'aria elaborata.

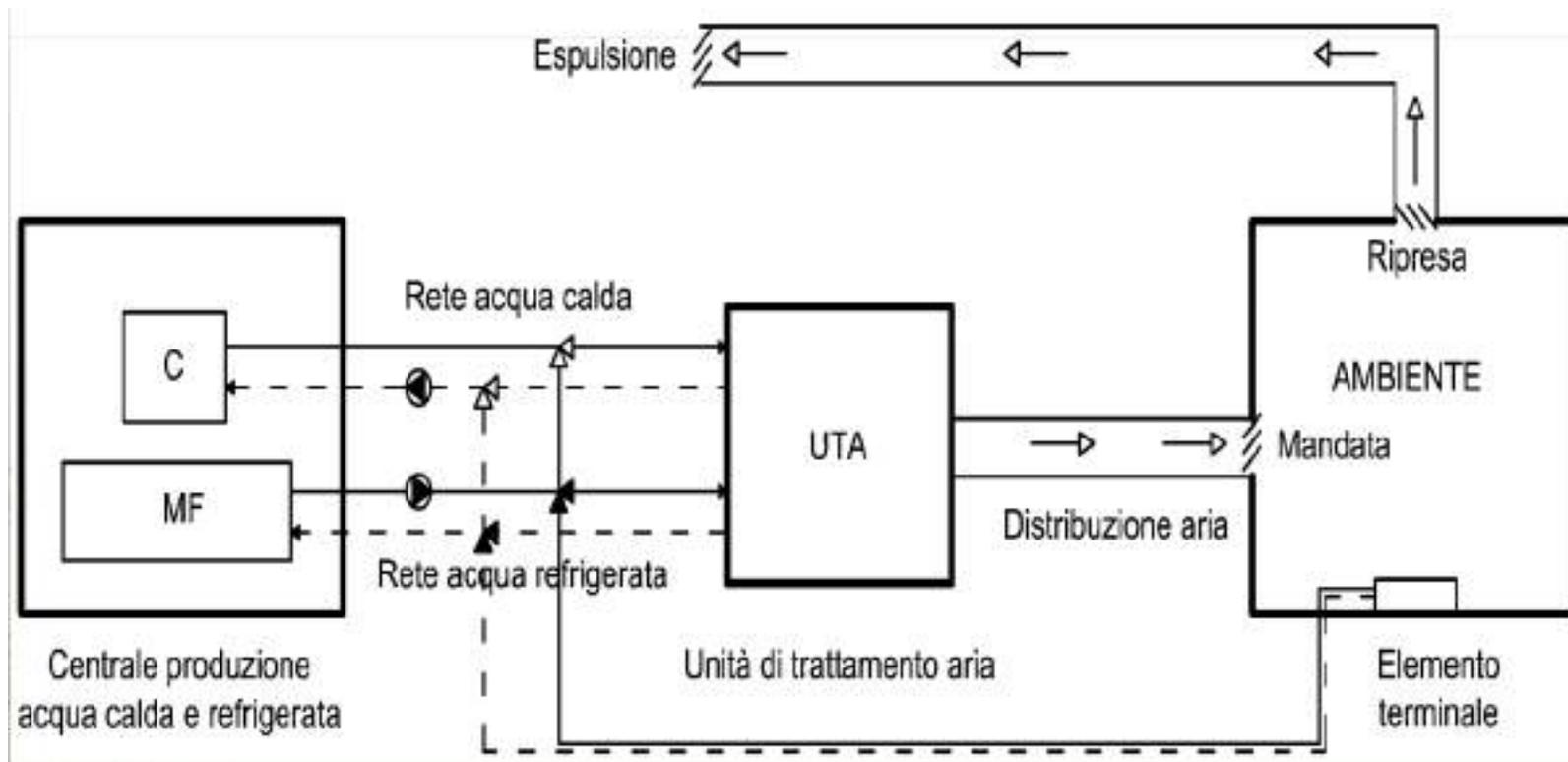


Impianti ad aria con funzioni anche di ventilazione meccanica

I normali impianti di climatizzazione ad aria possono essere utilizzati anche per la **ventilazione meccanica**. Ad esempio i sistemi ad **aria primaria** debbono garantire la portata di ricambio d'aria fisiologica per il controllo dell'**IAQ**.

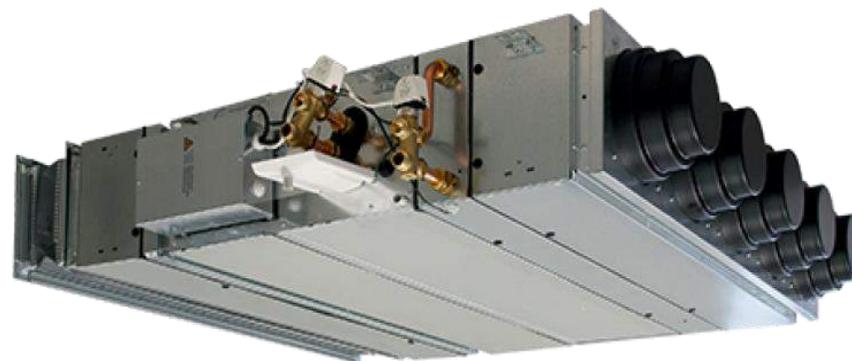
Un sistema con **UTA centralizzata** con **recuperatore di calore** consente di avere le funzionalità prima descritte per le **VMC** tradizionali.

Nei sistemi ad **aria primaria** si hanno anche i **fan coil** per la cessione del calore sensibile agli ambienti.



Impianti ad aria con funzioni anche di VMC

Quando non si desidera avere un impianto completo ad **aria primaria** (che comporta un trattamento dell'aria con deumidificazione estiva ed un'UTA dedicata) si pensa di utilizzare semplici **UTA canalizzabili** con ridotte funzioni psicrometriche, ad esempio, con sezione filtrante, batteria termica, ventilatore.



DATI TECNICI

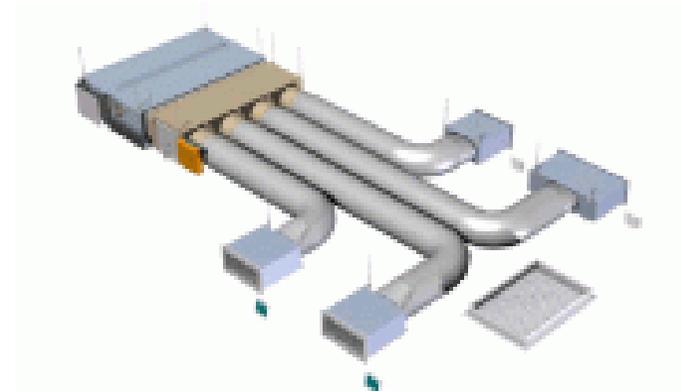
Taglia	Stato		10	15	20	25	40	60P
Numero vanigli								
Impianto a 2 tubi								
	(T)	totale	4,16	5,68	7,20	8,72	10,24	11,76
Potenza frigorifera	(T)	condens.	3,28	4,39	5,50	6,60	7,71	8,82
	(T)	latente	0,88	1,29	1,70	2,10	2,51	2,92
Potenza/Capacità		h/h	7,15	9,63	12,10	14,58	17,06	19,54
Potenza/Capacità		h/h	1,16	1,56	1,96	2,36	2,76	3,16
Potenza/Capacità	(Q)	h/h	11,28	15,38	19,48	23,58	27,68	31,78
Potenza/Capacità	(Q)	h/h	8,80	11,90	15,00	18,10	21,20	24,30
Potenza/Capacità	(Q)	h/h	1,16	1,56	1,96	2,36	2,76	3,16
Potenza/Capacità	(Q)	h/h	5,87	7,97	10,07	12,17	14,27	16,37
Impianto a 4 tubi (2 vanigli) - batteria secondaria								
Potenza/Capacità	(Q)	h/h	3,72	5,03	6,34	7,65	8,96	10,27

Modello		100	150	200	250	300
● Potenza frigorifera totale (kW) [EN13957]	kW	6,26	8,73	11,20	13,67	16,14
● Potenza termica (kW) [EN13957]	kW	8,08	10,23	12,38	14,53	16,68
● Potenza frigorifera totale (kW) [EN13957]	kW	8,08	10,23	12,38	14,53	16,68
● Potenza termica (kW) [EN13957]	kW	8,08	10,23	12,38	14,53	16,68
● Potenza termica (kW) [EN13957]	kW	11,21	12,86	14,51	16,16	17,81
● Potenza frigorifera totale (kW) [EN13957]	kW	-	-	-	18,04	19,73
● Potenza termica (kW) [EN13957]	kW	-	-	-	21,85	24,82
● Potenza termica (kW) [EN13957]	kW	-	-	-	28,23	30,81
● Potenza termica batteria aggiuntiva (kW) [EN13957]	kW	6,11	6,23	6,35	6,47	6,59
● Potenza termica batteria aggiuntiva (kW) [EN13957]	kW	6,58	7,05	7,52	7,99	8,46
● Potenza termica batteria aggiuntiva (kW) [EN13957]	kW	11,81	12,74	13,67	14,60	15,53
● Potenza termica batteria aggiuntiva (kW) [EN13957]	kW	13,1	14,20	15,30	16,40	17,50
● Potenza termica batteria aggiuntiva (kW) [EN13957]	kW	13,1	14,20	15,30	16,40	17,50
● Portata aria/Pressione statica ventilatore (l/s)	l/s / Pa	1.582 / 80	1.840 / 102	2.098 / 124	2.356 / 146	2.614 / 168
● Potenza termica in funzione (kW)	kW	81	82	83	84	85
● Pressione sonora ventilatore (dB)	dB(A)	47	48	49	50	51
● Potenza assorbita nominale (kW)	W	280	349	398	447	496
● Potenza massima assorbita (W)	W	280	300	320	340	360
● Alimentazione elettrica	V / Hz	230-1-50	230-1-50	230-1-50	230-1-50	230-1-50

Impianti ad aria con funzioni anche di VMC + Fancoil

Spesso si hanno sistemi formati da **unità separate** con **VMC** e **fan coil canalizzati**. In questo caso la **VMC** svolge le sue funzioni classiche di ricambio d'aria, filtrazione e recupero termico mentre il **fan coil** fornisce energia (*termica o frigorifera*) per la climatizzazione degli ambienti. Il **fan coil canalizzato** può anche avere un *plenum* di distribuzione verso più ambienti.

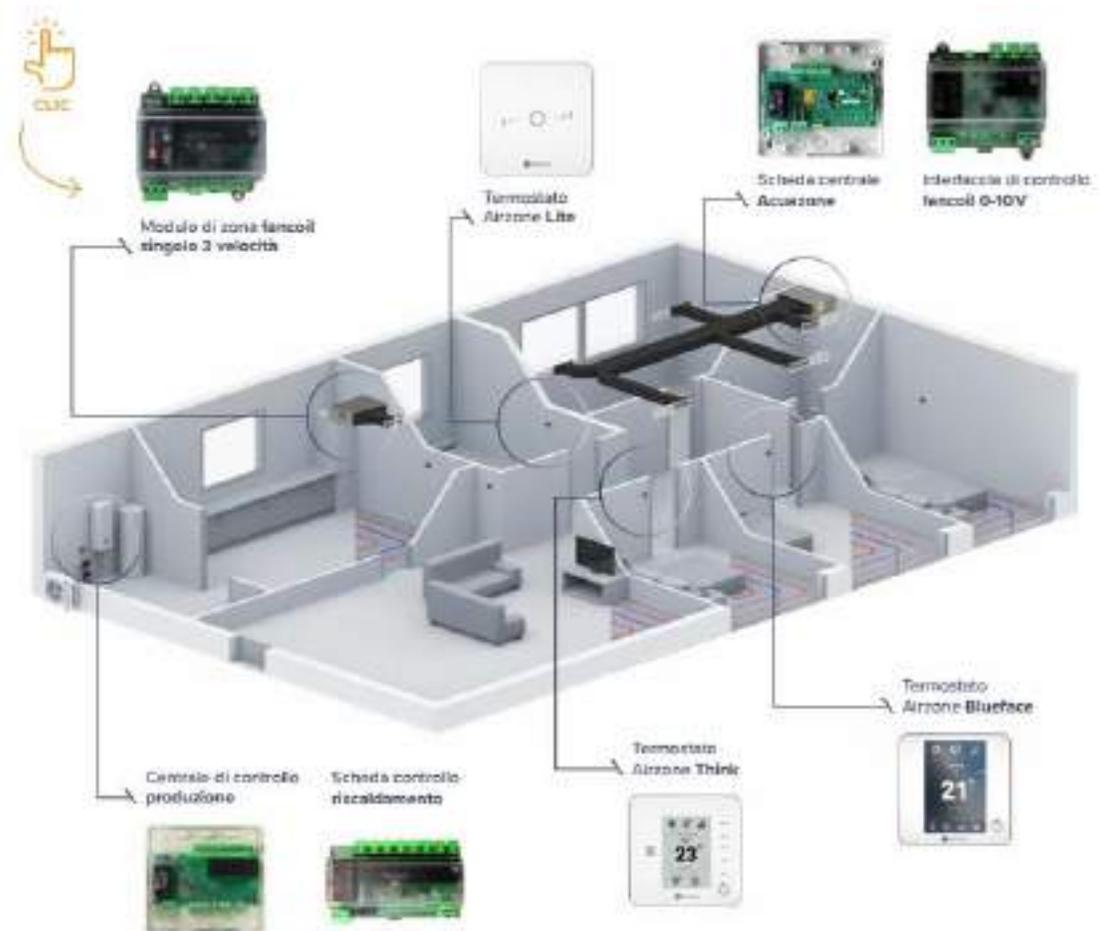
Questi sistemi presentano un inconveniente che può risultare invalidante: **sono presenti due ventilatori fra loro disaccoppiati**. Il primo all'interno della **VMC**, che provvede alla mandata dell'aria di ventilazione calcolata secondo le regole dell'**IAQ**, e il secondo interno al **fan coil**, che è progettato per la portata termodinamica d'aria necessaria allo scambio termico. **Quando le due portate sono diverse il funzionamento complessivo non va bene.**



Impianti ad aria con funzioni anche di VMC + Fancoil

Occorre allora **sincronizzare** i due sistemi in modo da avere un funzionamento sinergico. Occorre, quindi, un **sistema di regolazione** che controlli l'intero sistema in modo da assicurare il controllo della temperatura (quindi della potenza della batteria idronica) e della portata nei singoli ambienti (quindi portata d'aria della VMC e dal fan coil).

Per fare questo le ventole debbono essere alimentate con motori brushless con **inverter** per potere variare la portata d'aria con continuità, avere serrande motorizzate per le mandate in ciascun ambiente. Tutte le funzioni debbono poi essere gestite da un computer con un software di gestione e controllo dedicato per l'impianto.



Impianti ad aria con VMC integrate - HRW

L'**HRW** è un'unità di **ventilazione meccanica controllata** con recuperatore di calore ad alta efficienza, sezione di trattamento aria con deumidificazione, raffrescamento e riscaldamento.

Unisce i vantaggi del **ricambio d'aria** ad un sistema di integrazione idronico che sfrutta una rete di ricircolo aggiuntiva. È in grado quindi di soddisfare i **fabbisogni frigoriferi** anche su edifici residenziali con elevati carichi esterni.

Può essere alimentata da pompe di calore, generatori di calore generici e chiller.

L'unità è composta da un monoblocco comprensivo di ogni componente per il corretto funzionamento e consente il **funzionamento** con **ampi range di temperatura esterna**.

Un quadro elettrico a bordo unità con microprocessore provvede alla regolazione dedicata per la gestione dei ventilatori, regolazione della temperatura ambiente e del set point ambiente desiderato, gestione del ricircolo, funzione antigelo e gestione della valvola on off lato acqua.



Sistemi VMC avanzati

La diffusione della **Ventilazione Meccanica Controllata (VMC)** ha fatto evolvere queste macchine verso un utilizzo integrale, divenendo un vero e proprio **sistema di climatizzazione** autonomo e sostitutivo di altri sistemi oggi in uso. In particolare, oltre che potere fornire una potenza (termica e/o frigorifera) integrativa in accoppiamento con altri sistemi (ad esempio con Pavimenti o Soffitti Radianti), i nuovi sistemi **VMC avanzati** costituiscono essi stessi un sistema autonomo e integrato di climatizzazione ambientale fornendo contemporaneamente:

- ***Ventilazione forzata per il ricambio dell'aria;***
- ***Filtrazione avanzata;***
- ***Recupero di calore ad alta efficienza;***
- ***Batteria integrativa idronica.***

A differenza dei sistemi con deumidificatori integrati con compressori frigoriferi autonomi, le nuove macchine **VMC avanzate** non hanno compressori frigoriferi interni ma una **batteria idronica** che può essere alimentata con acqua calda o fredda per il riscaldamento o il raffrescamento ambientale.

E' come avere un sistema **VMC** per la ventilazione accoppiato con **ventilconvettori** per la climatizzazione degli ambienti e gestiti in modo unitario con un solo ventilatore.

A seconda delle potenze e delle portate d'aria che è possibile avere, le potenze che le batterie idroniche possono cedere agli ambienti possono superare i **6 kW** e quindi essere sufficienti per singole unità abitative.

Ventilazione Meccanica – VMC avanzate con batteria idronica

Oltre ad avere la **sezione filtrante** e il **recuperatore di calore**, si hanno unità complementari costituite da **batterie idroniche per la climatizzazione degli ambienti** o anche per integrare le potenze richieste in accoppiamento con altri sistemi di climatizzazione.

E' possibile sia riscaldare che raffrescare gli ambienti a seconda della potenzialità della batteria idronica. Le portate d'aria per singola unità possono arrivare a **900 m³/h** sufficienti per un appartamento medio – grande.

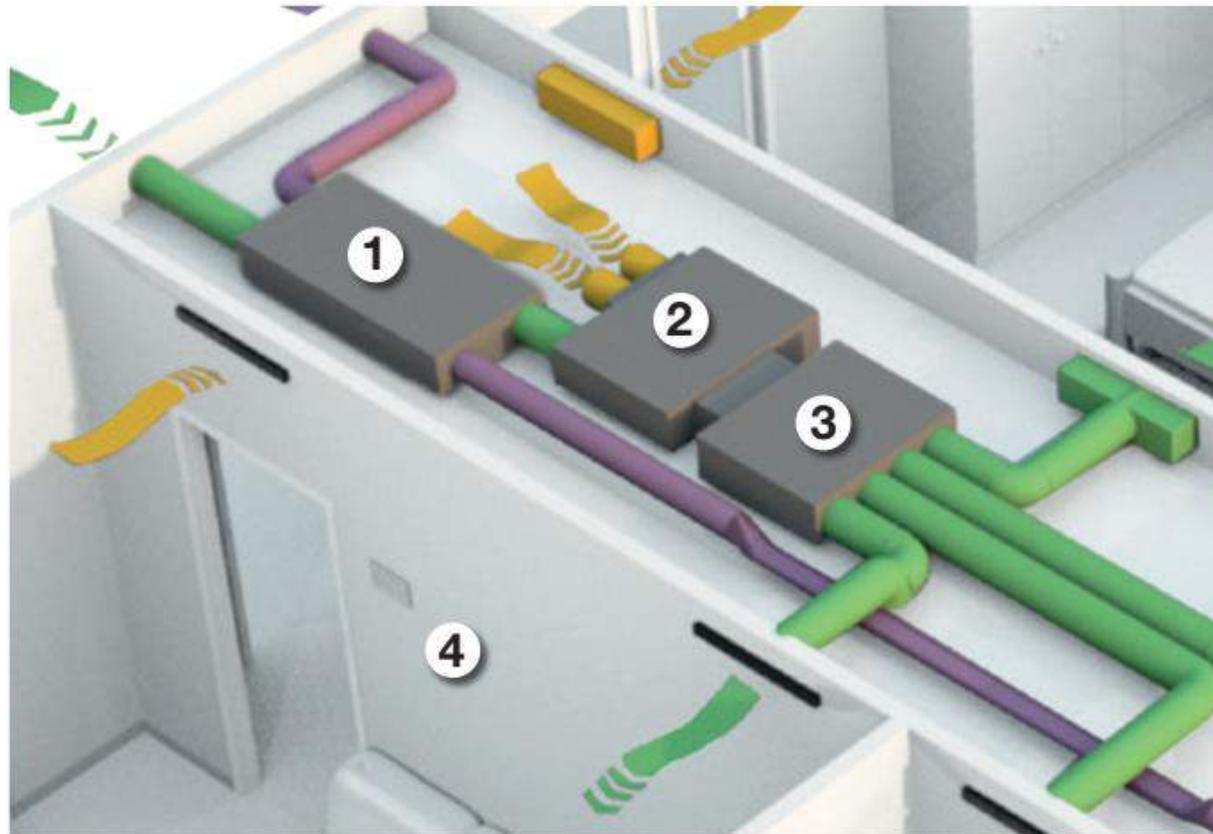
DATI GENERALI		IR-CLIMA 30	IR-CLIMA 60	IR-CLIMA 90
Portata aria nominale	mc/h	300	600	900
Portata aria VMC	mc/h	0-250	0-250	0-400
Pressione utile alla portata nominale	Pa	135	218	221
Potenza assorbita ventilatore di ricircolo alla portata nominale	kW	0,1	0,16	0,32
DATI INVERNALI				
Potenza termica resa batteria idronica ¹	kW	2,3	4,2	6,05
Portata acqua	mc/h	0,45	0,8	1,1
Perdite di carico	kPa	5,5	15	12
DATI ESTIVI				
Potenza frigorifera resa batteria idronica ²	kW	2,5	4,7	6,3
Potenza frigorifera latente resa batteria idronica ²	kW	1,1	2,1	2,6
Potenza frigorifera sensibile resa batteria idronica ²	kW	1,4	2,6	3,7
Portata acqua	mc/h	0,45	0,8	1,1
Perdite di carico	kPa	5,5	15	12



Ventilazione Meccanica – VMC avanzate con batteria idronica

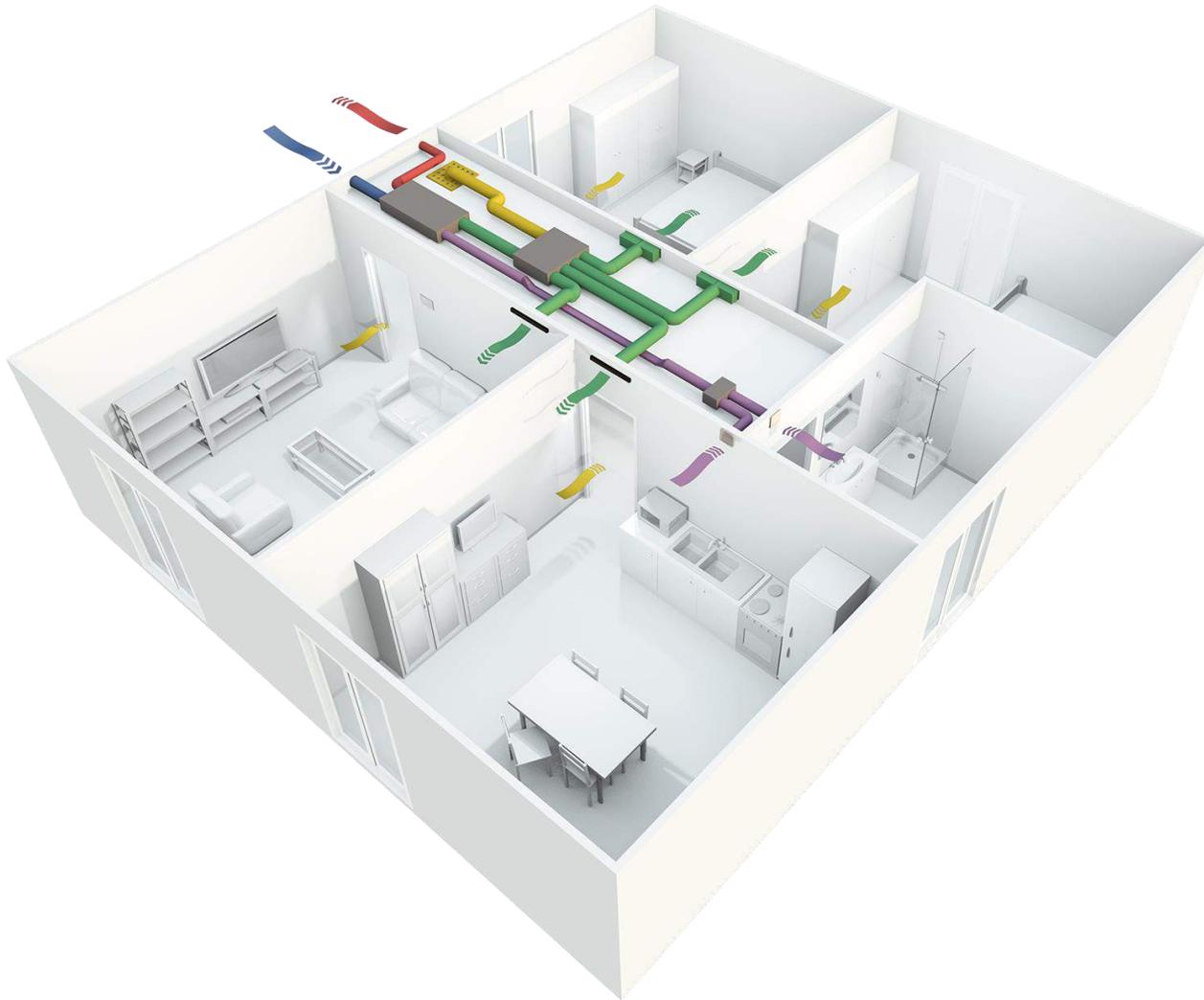
Sistemi **VMC avanzati** possono essere a componenti **separati**. In questo caso si hanno tre componenti:

- **Sistema VMC con filtri e recuperatore di calore;**
- **Batteria integrativa idronica;**
- **Plenum di distribuzione d controllo VAV.**



Ventilazione Meccanica – VMC avanzate con batteria idronica

Accorpendo la **batteria idronica integrativa** con il **plenum di distribuzione** si hanno sistemi più compatti con **due blocchi**. Il sistema di controllo **VAV** è posto direttamente nei canali d'aria.



Ventilazione Meccanica – VMC avanzate

I criteri di progettazione delle **VMC avanzate** posso così sintetizzarsi.

- Si seleziona la grandezza della **VMC** in base alla portata d'aria di ventilazione dell'unità immobiliare;
- Si seleziona il modulo per la **batteria idronica** in base alla potenza da fornire ai locali. Qualora non sia sufficiente un modulo se ne possono avere altri in parallelo all'unità VMC;
- Si dimensiona la rete di **distribuzione e di ripresa dell'aria** negli ambienti con canali flessibili circolari facilmente installabili;
- Si dimensiona la **rete di aspirazione e di espulsione** dell'aria dalla VMC verso l'ambiente esterno.

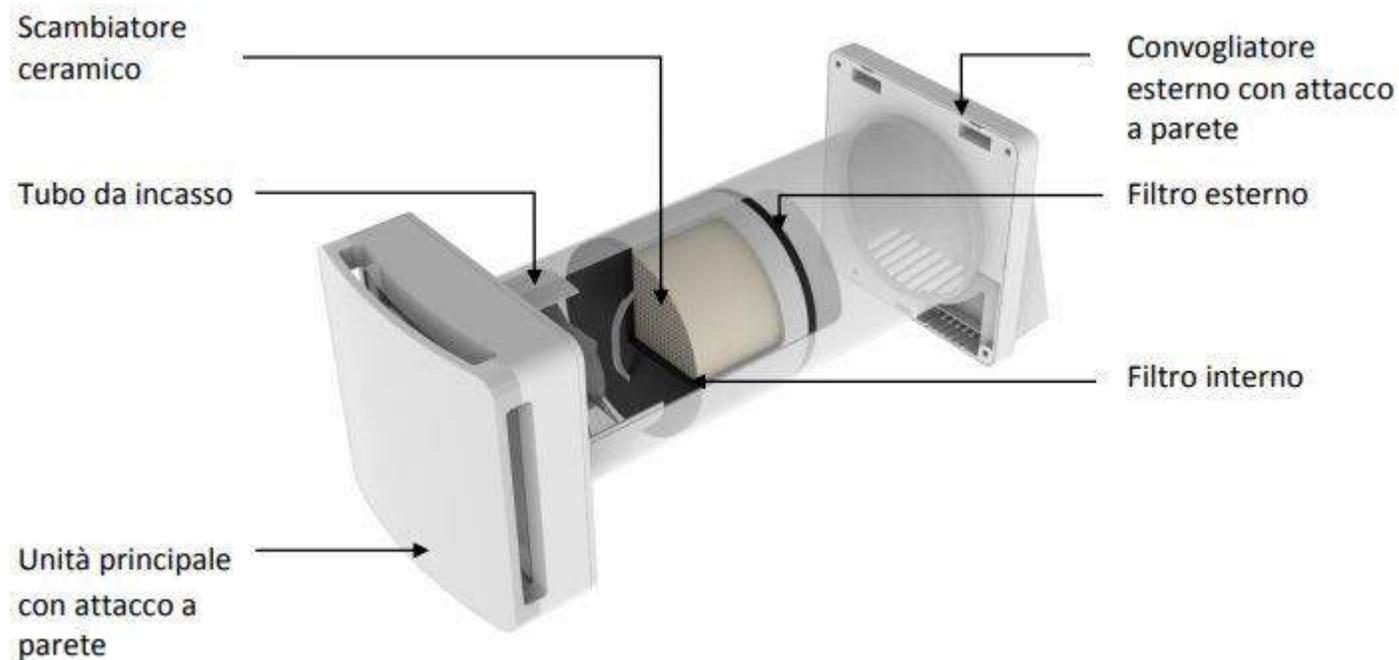
Una caratteristica importante delle **VMC avanzate** è di potere gestire il **ricircolo dell'aria** in modo da assicurare, oltre al carico termico, anche la corretta portata di aria fresca esterna per la ventilazione.

VMC puntuale per singoli ambienti

Spesso non è possibile installare impianti **VMC** canalizzati perché gli edifici sono storici, hanno volte o altri vincoli architettonici.

Può allora essere utile la **ventilazione meccanica forzata** di tipo **puntuale**, cioè per singolo ambiente. Si tratta di sistemi compatti che occupano dimensioni ridotte e tali da potersi installare facilmente a parete.

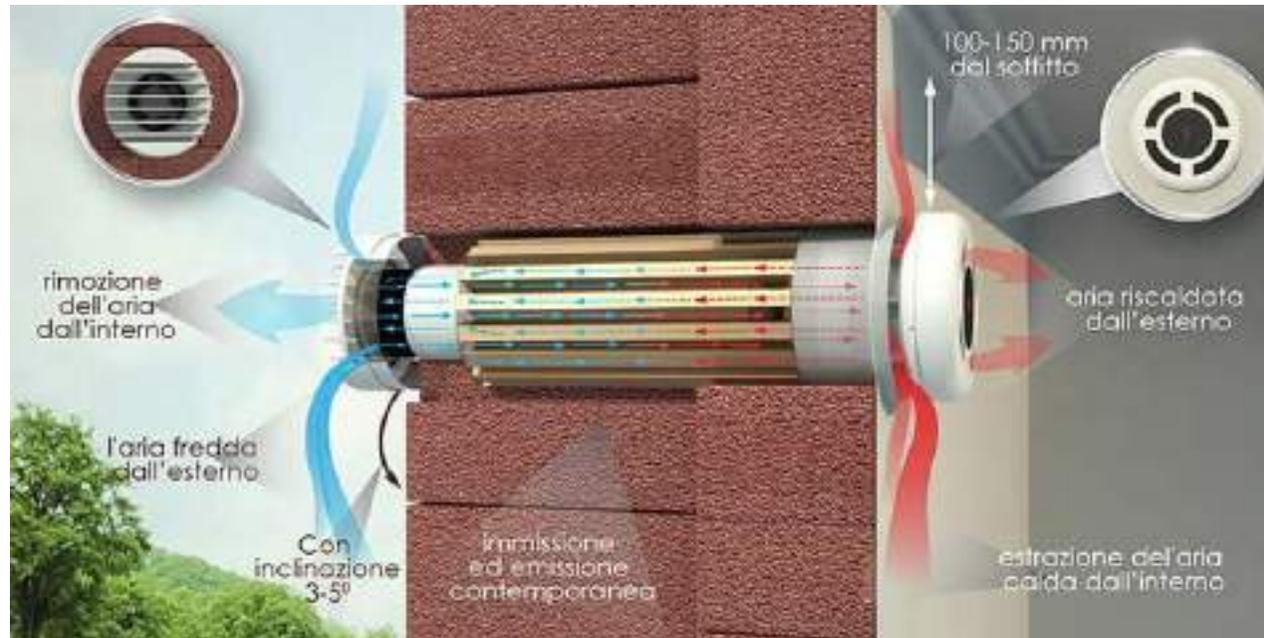
Contengono il ventilatore, la massa di accumulo termico che funge da recuperatore di calore, griglie di mandata/ripresa interna e di espulsione/ripresa esterne.



VMC puntuali per singoli ambienti

Il condotto interno può avere dimensioni variabili per potere essere installato su muri fino a 90 cm di spessore.

La testata esterna può essere sagomata in modo da non raccogliere la pioggia.

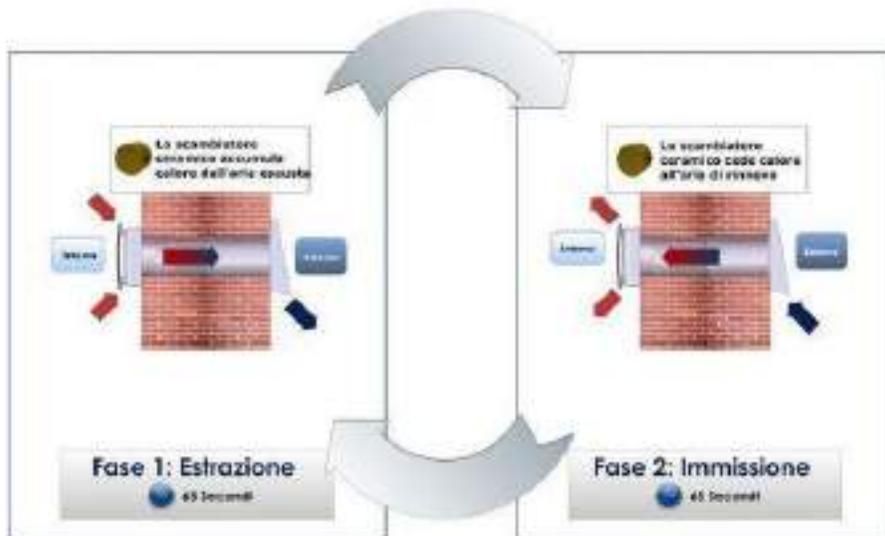


VMC puntuali per singoli ambienti

Il funzionamento delle **VMC puntuali** è semplice. Il ventilatore è alimentato con un motore EC con inverter in modo da potere avere un numero di giri variabile e controllato dal sistema elettronico interno.

Il **ventilatore è temporizzato in modo da invertire il flussi ad intervalli prestabiliti** dal controller elettronico. In questo modo l'aria viene estratta dall'ambiente e mandata verso l'esterno attraversando il condotto nel quale è posta una massa termica (di acciaio o ceramica) che si riscalda o si raffredda a seconda della stagione. Successivamente l'aria viene richiamata dall'esterno per l'immissione in ambiente. In questo modo l'aria esterna va in contatto con la massa termica e, a seconda della stagione, si riscalda o si raffredda recuperando il calore accumulato nella massa termica.

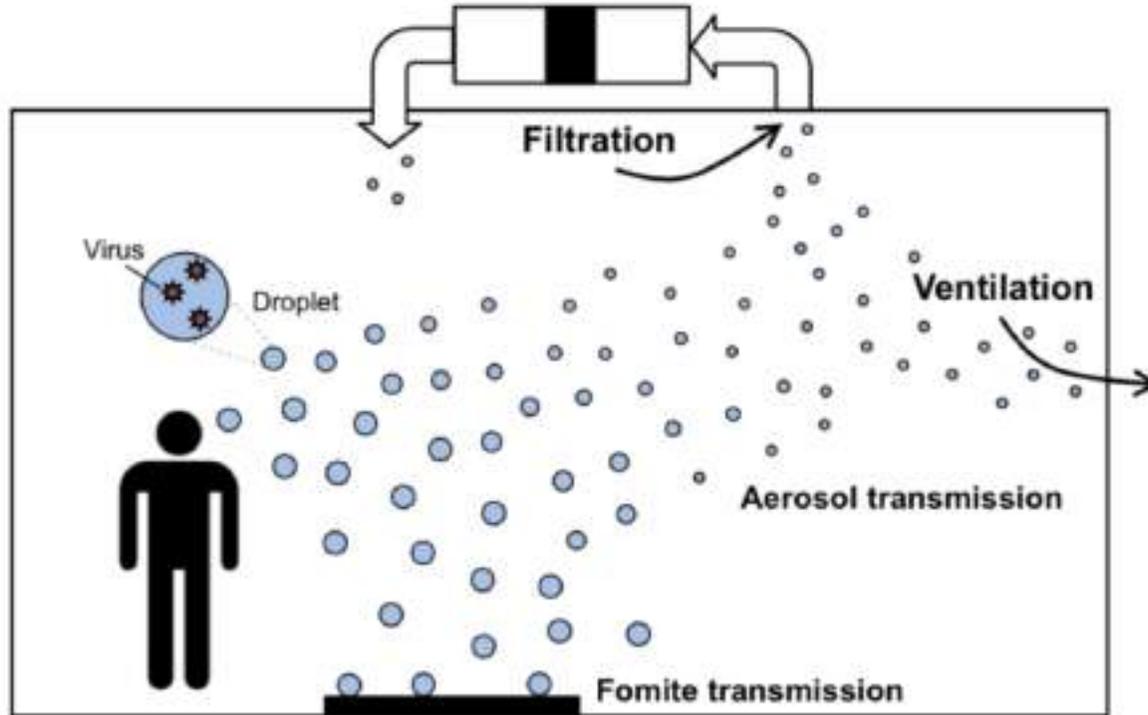
Il sistema può funzionare in modo continuo o attivato con un telecomando.



FILTRAZIONE DELL'ARIA

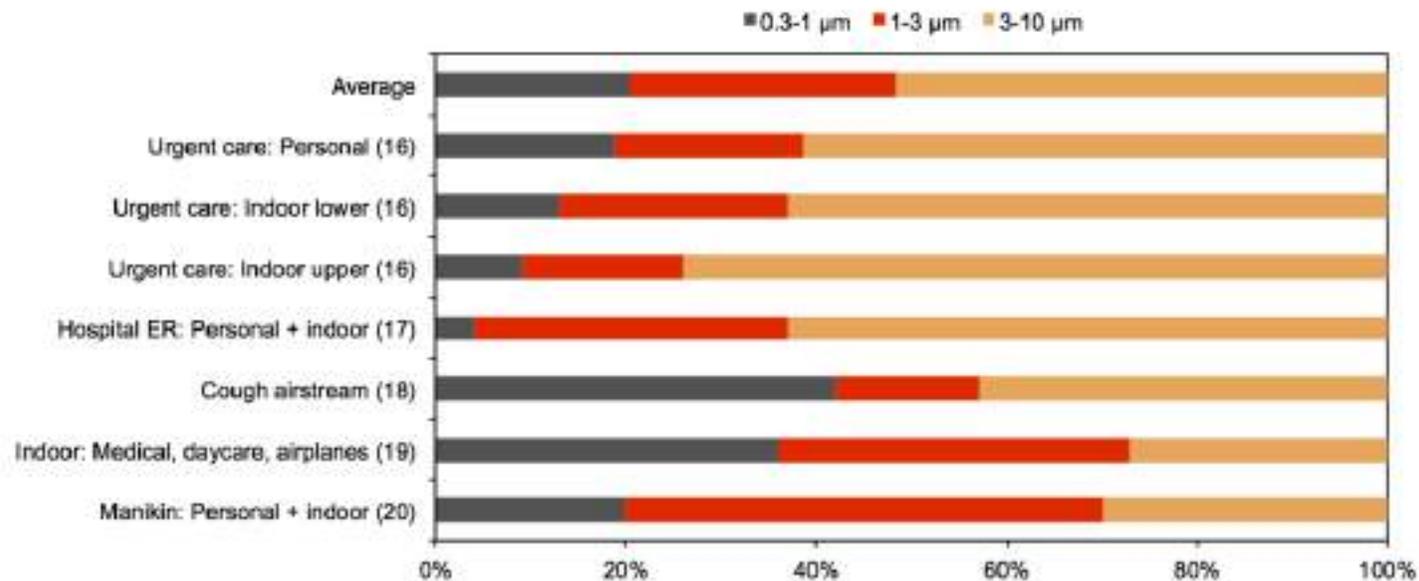
La filtrazione e l'aerosol infettivo

È importante sottolineare che se una malattia infettiva viene trasmessa attraverso la via aerea, i progettisti di impianti HVAC possono probabilmente svolgere un ruolo nella progettazione di sistemi di controllo per ridurre le concentrazioni di goccioline nuclei e ridurre il rischio di trasmissione della malattia. È fondamentale per specificare, fra le strategie di controllo, la filtrazione di particelle HVAC, ed una conoscenza accurata delle dimensioni delle particelle di aerosol infettivi che esiste in ambienti interni.



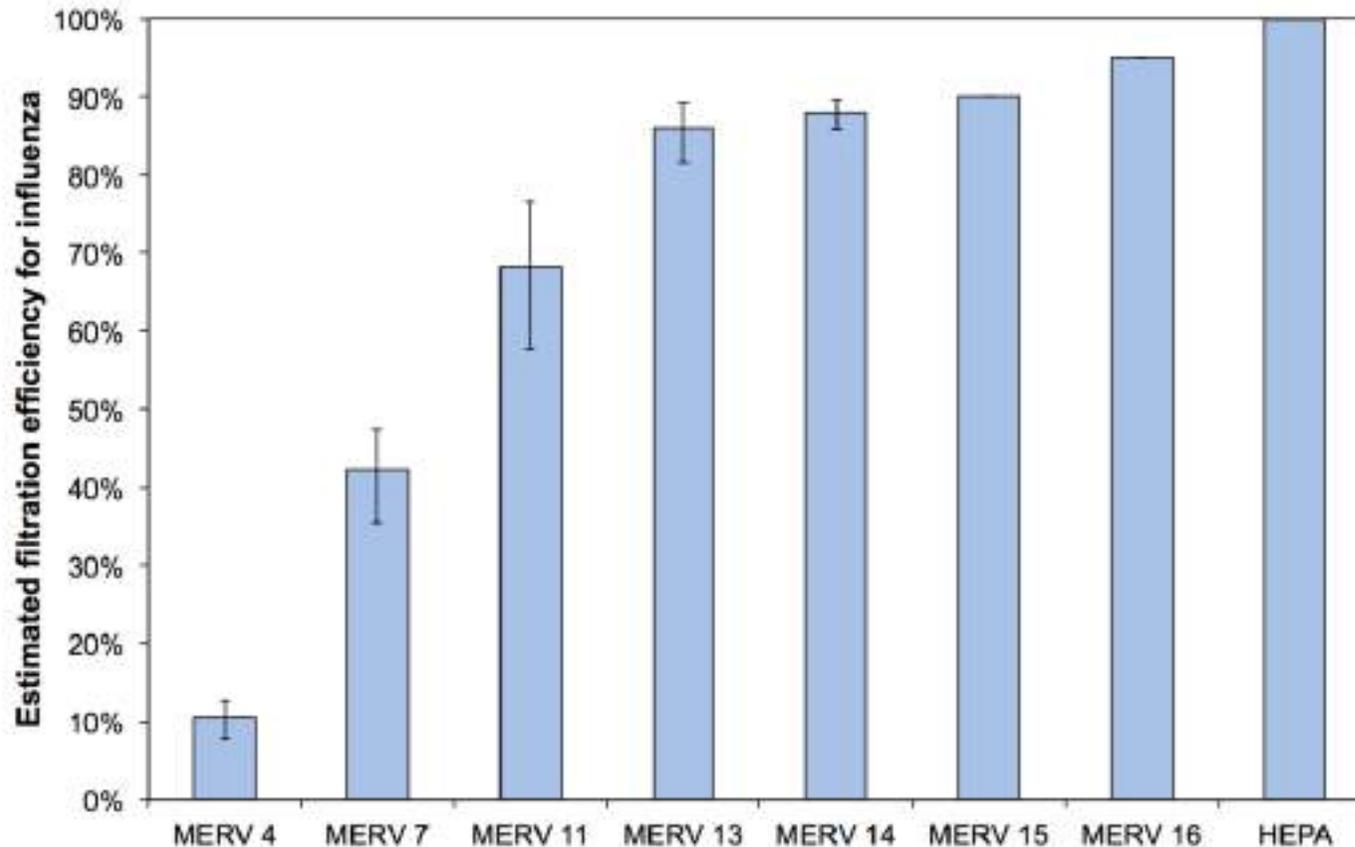
La filtrazione e l'aerosol infettivo

Per progettazione di strategie di controllo per la trasmissione di malattie infettive, è importante notare che le dimensioni delle particelle, in base a studi recenti, si allineano bene con gli standard di filtrazione HVAC più comunemente usati: il valore di riferimento è l'efficienza di filtrazione (**MERV**) come descritto nella norma **ASHRAE 52.2**. Il sistema di classificazione MERV classifica i filtri e altri dispositivi di purificazione dell'aria in base alle loro efficienze di rimozione di particelle negli intervalli: 0,3-1 μm , 1-3 μm e 3-10 μm . Pertanto, occorre verificare entro i tre intervalli di dimensioni delle particelle indicati nella norma **ASHRAE 52.2**, supponendo che il contenuto del virus abbia una distribuzione uniforme in ogni droplet e/o aerosol.



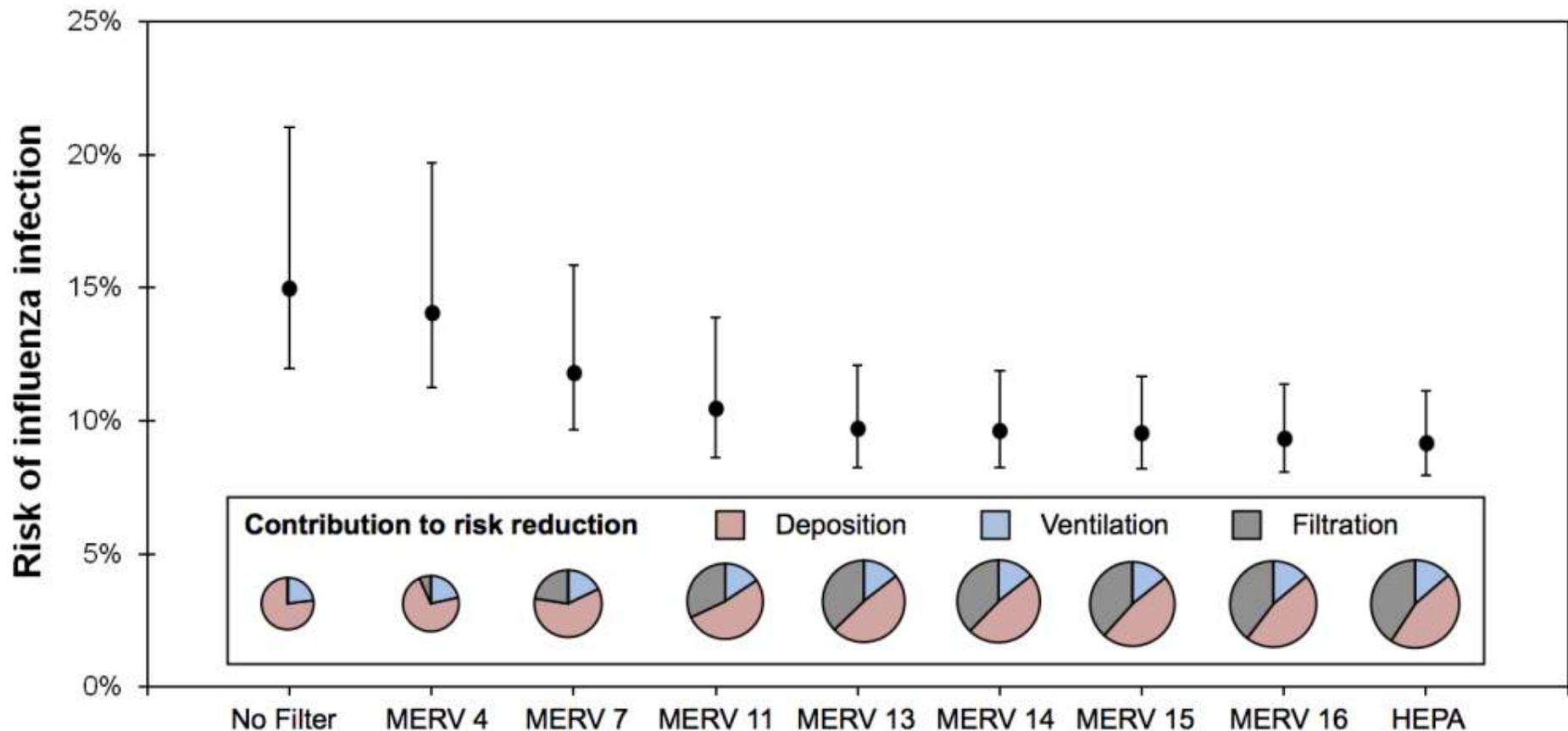
La filtrazione e l'aerosol infettivo

Ad esempio, per le distribuzioni delle dimensioni delle particelle dell'influenza (molto simili a quelle della SARS-Cov-2) e l'efficienza di filtrazione, MERV, si hanno i seguenti risultati:



La filtrazione e l'aerosol infettivo

Una volta stimati i valori di efficienza di filtrazione, si è stimato l'impatto che la filtrazione HVAC può avere sui rischi di contagio per le persone in un ambiente interno. Si è usata la versione modificata della equazione di **Wells-Riley**, modificata da **Fisk e Nazaroff**, per tenere conto degli effetti delle dimensioni delle particelle, della deposizione e della filtrazione per una persona che sta in un ufficio 8 ore.



Ventilazione Meccanica – Filtrazione

L'esigenza della **VMC**, oltre che per gli aspetti della **Qualità dell'Aria (IAQ)**, nasce dalla necessità di avere una ventilazione corretta e conforme alle norme vigenti negli edifici di nuova costruzione che utilizzano materiali altamente isolanti (vedi qualifica **nZEB** dal 2021 per edifici privati) che forniscono un elevato isolamento termico. Si ha, così, una riduzione dei consumi termici invernali ed estivi ma, unitamente all'utilizzo di infissi a bassa permeabilità all'aria, non si ha la garanzia di avere ricambi d'aria sufficienti. **L'edificio deve respirare** attraverso la **Ventilazione Meccanica Controllata, VMC** che mette in contatto diretto **l'indoor** e **l'outdoor**. Quest'impianto deve, inoltre, garantire che non ci sia alcun rischio di inquinamento e di contaminazione dell'aria.



Ventilazione Meccanica – Filtrazione

Si è detto che è fondamentale **abbattere** le polveri, i **particolati** e i **microrganismi** (ed oggi anche i **virus**) presenti nell'aria immessa negli ambienti. La **filtrazione** è un compito fondamentale della **ventilazione meccanica**.

I principali sistemi di abbattimento, presenti oggi sul mercato, sono installati in modo preferenziale (ma *opzionale*) presso gli impianti di **Ventilazione Meccanica Controllata**.

In particolare, con l'utilizzo di **sistemi filtranti ad elevata efficienza** si assicura il corretto ricambio dell'aria, poiché viene immessa aria nuova e filtrata, permettendo l'espulsione di quella inquinata e garantendo un'ottima protezione anche contro le polveri sottili (PM_{10} e $PM_{2,5}$) e contro i micro organismi.

La **filtrazione dell'aria** svolge quindi un ruolo essenziale nel controllo e mantenimento di *livelli di contaminazione accettabili*, in quanto è proprio attraverso i filtri che si riesce ad abbattere e controllare il quantitativo di contaminante (*particellare e microbiologica*) presente nell'aria che viene immessa nei locali.

Una prima possibile scelta è quella di posizionare il **sistema di filtrazione** esclusivamente sulle prese d'aria esterne (**Outside Air Treatment**), questo soprattutto nel caso di ambienti outdoor particolarmente inquinati quali ad esempio ambienti cittadini o vicino strade ad elevato traffico e per tutti quei sistemi in cui il controllo delle concentrazioni indoor viene effettuato soprattutto per diluizione tramite portata d'aria esterna che deve quindi risultare il meno possibile inquinata.

Ventilazione Meccanica – Filtrazione

L'installazione dei **filtri** può essere anche utilizzata per creare **zone di bypass** all'interno del sistema dei condotti di aereazione (***Partial Supply Air Treatment***).

Questo è valido nei sistemi in cui sono note le concentrazioni inquinanti indoor e outdoor e il livello di riduzione delle concentrazioni inquinanti richiesto è comunque modesto e facilmente gestibile.

I risultati migliori si ottengono nei sistemi in cui si ha l'installazione di opportuni sistemi di filtrazione sugli eventuali **punti di ricircolo** (*prima dell'emergenza COVID-19 ammesso*) e sopra opportuni sistemi di bypass (***Full Supply Air Treatment***).

Tuttavia, è il sistema che richiede il maggior costo per l'installazione dei dispositivi richiesti e per il volume necessario all'installazione stessa.

Le principali caratteristiche del filtro sono:

- *la frazione arrestata del particolato inquinante (efficienza);*
- *perdite di carico del flusso d'aria durante l'attraversamento;*
- *l'intervallo di tempo tra una manutenzione (sostituzione o pulizia dei filtri) e l'altra.*

Ventilazione Meccanica – Filtrazione

Vi sono 3 tipi di filtri:

- **filtri meccanici:** arrestano polveri tra **0,5** e **1 μm** . Sono dei materassini di materiale fibroso attraversati da aria alla velocità tra **1 m/s** e **4 m/s**. Il costo è contenuto e la perdita di carico è bassa, ma aumenta in modo rilevante con l'intasamento;
- **filtri elettrostatici:** utilizzati per particelle tra **0,001 μm** e **0,5 μm** . Il campo elettrico (circa 12 kV) ionizza l'aria e la superficie del particolato contenuto in essa. Le particelle aderiscono ad una piastra carica di segno opposto in un campo elettrostatico;
- **filtri chimici:** per eliminare particolari gas o vapori, ad esempio i filtri a carbone attivo. Questi filtri sono caratterizzati da processi di adsorbimento.

La **filtrazione meccanica** dell'aria si basa su diversi meccanismi fisici che possono avvenire singolarmente o accoppiati tra loro, la scelta delle diverse tipologie di filtro è oggi regolata da più normative (**UNI EN 10339, EN 779, UNI EN 1822**) le quali permettono di definire con precisione le caratteristiche del filtro in relazione alla propria classe di efficienza ed impiego.

Ventilazione Meccanica – Filtrazione

I **filtri** sono quindi classificati dalle varie normative in base alla loro **efficienza**, ossia la misura della *capacità di rimuovere le particelle trasportate dalla corrente d'aria* che attraversa il filtro stesso.

Senza entrare nel merito della descrizione delle diverse caratteristiche si possono individuare le tre seguenti macro-categorie o gruppi (secondo la norma **UNI 779:2012** “*Filtri d'aria antipolvere per ventilazione generale - determinazione della prestazione di filtrazione*”):

- **filtri grossolani (G)** detti anche pre-filtri;
- **filtri medi (M)**;
- **filtri fini (F)**.

In particolare, la normativa **UNI EN 1822-1** “*Filtri per aria ad alta efficienza (EPA, HEPA, ULPA) - Parte 1: classificazione, prove di prestazione, marcatura*” si applica ai **filtri per l'aria ad alta ed altissima efficienza e a bassissima penetrazione (EPA, HEPA, ULPA)** utilizzati nel campo della ventilazione e del condizionamento dell'aria, come pure i processi tecnologici quali la tecnologia delle **camere bianche** o dell'**industria farmaceutica**.

Ventilazione Meccanica – Filtrazione – Nuova UNI 10399

Ai fini della **qualità dell'aria interna**, è importante, se non fondamentale, anche la posizione della presa d'aria esterna.

La norma definisce dove non deve essere collocata, e in particolare: ***in prossimità di una strada di grande traffico, in prossimità di una ribalta di carico/scarico automezzi, in prossimità di scarichi di fumi o prodotti della combustione, in punti vicini ad espulsioni industriali, di servizi igienici o comunque di aria viziata o contaminata, in vicinanza di torri di raffreddamento o torri evaporative, oppure ad un'altezza minore di 4 m dal piano stradale più elevato di accesso all'edificio.***

In ogni caso, sia l'aria esterna, che quella di ricircolo, devono essere **filtrate** tramite l'impiego di filtri di classe appropriata, funzione dell'efficienza degli stessi.

Ogni filtro fa parte di una categoria fra le seguenti:

- ***M: media efficienza,***
- ***A: alta efficienza,***
- ***AS: altissima efficienza.***

Ventilazione Meccanica – Filtrazione – Nuova UNI 10399

La proposta di aggiornamento della **UNI 10339:1995** prevede nuovi valori delle portate di ventilazione (metodo indicato ancora **prescrittivo**) secondo la seguente tabella.

La revisione alla **UNI 10339** è volta ad una più attenta progettazione degli impianti aeraulici con il fine di garantire ambienti con una migliore qualità dell'aria e migliori condizioni di comfort termo – igrometrico, senza trascurare il risparmio energetico.

Categorie di edifici	Portata di aria esterna o di estrazione		Note
	Q_{ve}	Q_{ve}	
	(10^{-2} m ³ /s per persona)	(10^{-2} m ³ /s per persona)	
EDIFICI ADIBITI A RESIDENZA E ASSIMILABILI			
RESIDENZE A CARATTERE CONTINUATIVO			
Abitazioni civili:			
soggiorni, camere da letto	11	-	-
cucina, bagni, servizi		estrazioni	Nei servizi 4 vol/h
-omissis-			
EDIFICI PER UFFICI E ASSIMILABILI			
uffici singoli	11	-	-
uffici open space	11	-	-
locali riunione	10	-	-
centri elaborazione dati	7	-	-
servizi		estrazioni	Nei servizi 8 vol/h
-omissis-			
ATTIVITA' COMMERCIALI O ASSIMILABILI			
grandi magazzini: piano interrato	9	-	verificare regolamenti
grandi magazzini: piani superiori	6,5	-	-
negozi o reparti di grandi magazzini:			
barbieri, saloni di bellezza	14	-	-
abbigliamento, calzature, mobili, ottici, fioristi, fotografi	11,5	-	-
alimentari, lavasecco, farmacie	9	-	-
zone pubblico banche, quartieri fieristici	10	-	-
-omissis-			

Ventilazione Meccanica – Filtrazione – Nuova UNI 10399

Le **portate di ventilazione** dovranno essere comprensive di una **quota fissa** costituita esclusivamente da aria di apporto esterna e di una **quota dipendente dalla qualità dell'aria interna** desiderata, e quindi tale da **limitare le concentrazioni massime degli inquinanti critici**.

Importante è anche l'**efficienza di ventilazione** che tiene conto dell'effettiva capacità dell'impianto di asporto o diluizione degli inquinanti nel locale occupato.

Oltre che da una adeguata portata d'aria trattata, il raggiungimento della qualità dell'aria desiderata dipende anche dal **livello di filtrazione** della stessa. Da qui la definizione della **classe minima di filtrazione in funzione della destinazione d'uso**, del livello di qualità desiderato e del livello di qualità dell'aria esterna.

Si è accennato pocanzi all'attenzione al **risparmio energetico**, che si può ottenere contenendo le portate d'aria e in particolare le portate d'aria esterna, imponendo la regolazione automatica o manuale delle portate proporzionalmente all'affollamento dell'ambiente, limitando le resistenze aerauliche, utilizzando componenti a più elevata efficienza e mantenendo i filtri .

Ventilazione Meccanica – Filtrazione – Nuova UNI 10399

Per categoria di edifici si ha la seguente tabella per il numero di persone specifiche per m².

Classificazione degli edifici per categorie	ns (persone / m ²)
EDIFICI ADIBITI A RESIDENZA E ASSIMILABILI	
RESIDENZE A CARATTERE CONTINUATIVO	
Abitazioni civili: soggiorni, camere da letto	0,04
-omissis-	
EDIFICI PER UFFICI E ASSIMILABILI	
uffici singoli	0,06
uffici open space	0,12
locali riunione	0,6
centri elaborazione dati	0,08
-omissis-	
ATTIVITA' COMMERCIALI O ASSIMILABILI	
grandi magazzini	0,25
negozi o reparti di grandi magazzini: alimentari, abbigliamento, calzature, mobili, ottici, fioristi, fotografi	0,1
barbieri, saloni di bellezza, lavasecco, farmacie, zone pubblico banche	0,2
quartieri fieristici	0,2
-omissis-	

Ventilazione Meccanica – Filtrazione – Nuova UNI 10399

La classificazione dei filtri è:

Classe	Efficienza del filtro	Campo di efficienza (%)				Metodo di prova
1	M			E	< 65	ponderale
2	M	65	<	E	< 80	ponderale
3	M	80	<	E	< 90	ponderale
4	M	90	<	E		ponderale
5	A	40	<	E	< 60	atmosferico
6	A	60	<	E	< 80	atmosferico
7	A	80	<	E	< 90	atmosferico
8	A	90	<	E	< 95	atmosferico
9	A	95	<	E		atmosferico
10	AS	95	<	E	< 99,9	fiamma sodio
11	AS	99,9	<	E	< 99,97	fiamma sodio
12	AS	99,97	<	E	< 99,99	fiamma sodio
13	AS	99,99	<	E	< 99,999	fiamma sodio
14	AS	99,999	<	E		fiamma sodio

M = media efficienza | A = alta efficienza | AS = altissima efficienza e filtri assoluti

Ventilazione Meccanica – Filtrazione – Nuova UNI 10399

I filtri indicati per categoria di edifici sono:

Categorie di edifici	Classe di filtri		Efficienza di filtrazione
	min	max	
EDIFICI ADIBITI A RESIDENZA E ASSIMILABILI			
Abitazioni civili	4	7	M*, M+A
Collegi, luoghi di ricovero, case di pena, caserme, conventi	4	7	M*, M+A
Alberghi, pensioni	5	7	M+A
EDIFICI PER UFFICI E ASSIMILABILI			
uffici in genere	5	7	M+A
locali riunione	5	7	M+A
centri elaborazione dati	6	9	M+A
-omissis-			
ATTIVITA' COMMERCIALI O ASSIMILABILI			
grandi magazzini	4	6	M*, M+A
negozi in genere	4	6	M*, M+A
alimentari, fotografi, farmacie	5	6	M+A
zone pubblico banche	4	6	M*, M+A
quartieri fieristici	2	3	M
-omissis-			

Ventilazione Meccanica – Filtrazione – Nuova UNI 10399

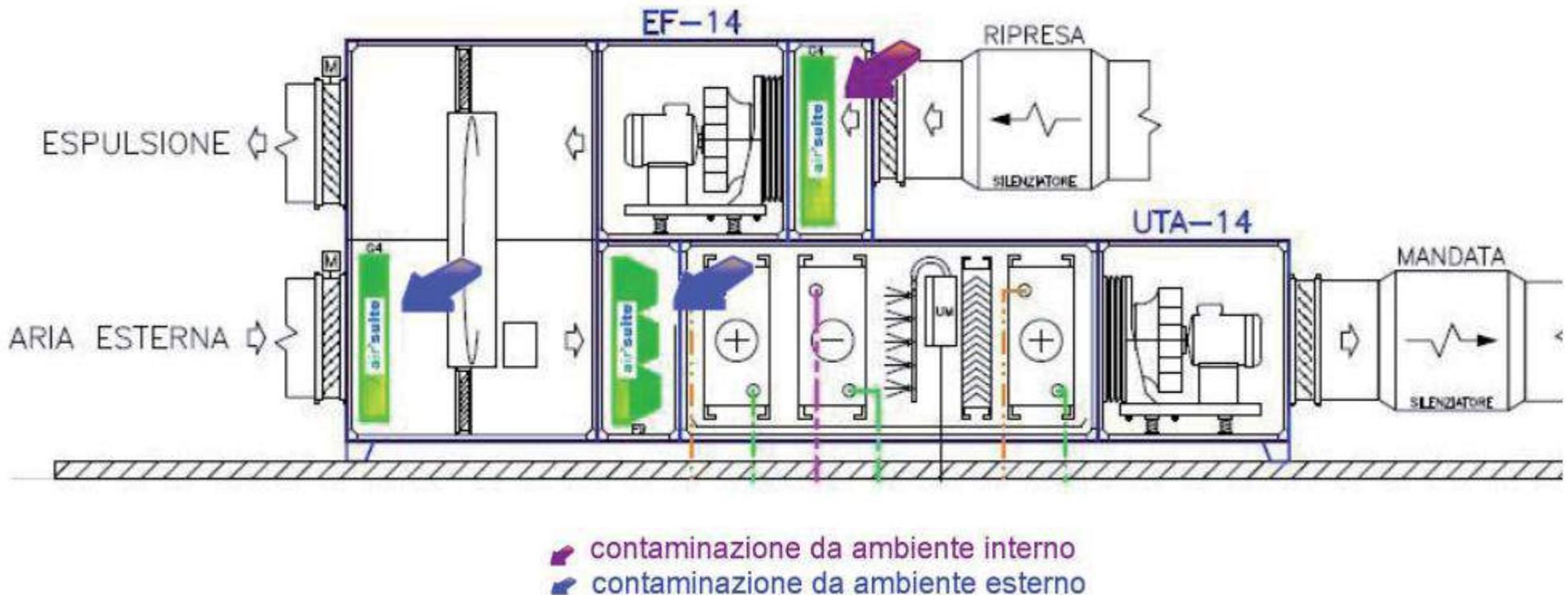
La **UNI** individua anche i parametri e i tassi di concentrazione limite dei diversi inquinanti (*Biossido di zolfo, Particolato, Monossido di Carbonio, Ozono, Biossido di Azoto, Piombo*) per la valutazione della qualità dell'aria.

Prescrive che la distribuzione dell'aria debba garantire che il flusso d'aria immesso si **misceli con l'aria ambiente in tutto il volume convenzionale occupato**, con velocità dell'aria all'interno del locale entro determinati limiti, e comunque non superiore a **0,3 m/s** in corrispondenza della superficie luogo dei punti distanti **60 cm** dal perimetro della griglia.

Categorie di edifici	Velocità dell'aria (m/s)	
	riscaldamento	raffrescamento
EDIFICI ADIBITI A RESIDENZA E ASSIMILABILI Abitazioni civili, collegi, luoghi di ricovero, case di pena, caserme, conventi, alberghi, pensioni	Da 0,05 a 0,15	Da 0,05 a 0,20
EDIFICI PER UFFICI E ASSIMILABILI uffici in genere, locali riunione, centri elaborazione dati -omissis-	Da 0,05 a 0,15	Da 0,05 a 0,20
ATTIVITA' COMMERCIALI O ASSIMILABILI grandi magazzini, negozi in genere, zona pubblico banche quartieri fieristici -omissis-	Da 0,05 a 0,15 Da 0,10 a 0,20	Da 0,05 a 0,20 Da 0,10 a 0,20

Ventilazione Meccanica – Filtrazione antibatterica

Analogo concetto si applica per la **filtrazione antibatterica** delle **UTA** sia per impianti di condizionamento che di ventilazione centralizzata.

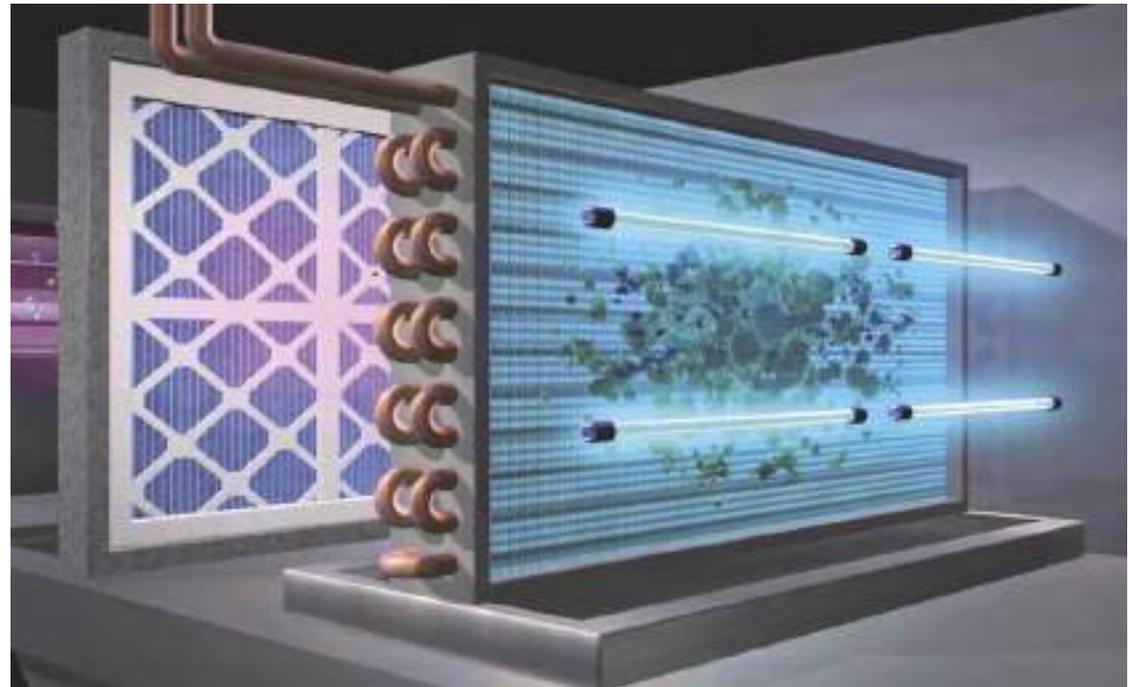


Ventilazione Meccanica – Filtrazione antibatterica UV

Il campo energetico emesso dalle radiazioni **UV-C** può essere paragonato all'illuminazione di una piccola stanza nella quale risulti preminente la distribuzione stessa della luce.

L'ASHRAE fornisce l'indicazione dei valori minimi di *microwatt per centimetro quadrato* ($\mu W/cm^2$) che dovrebbero colpire la superficie della batteria di scambio termico per eliminare i microrganismi (questi non sono i watt della lampada, che saranno invece considerati in seguito.)

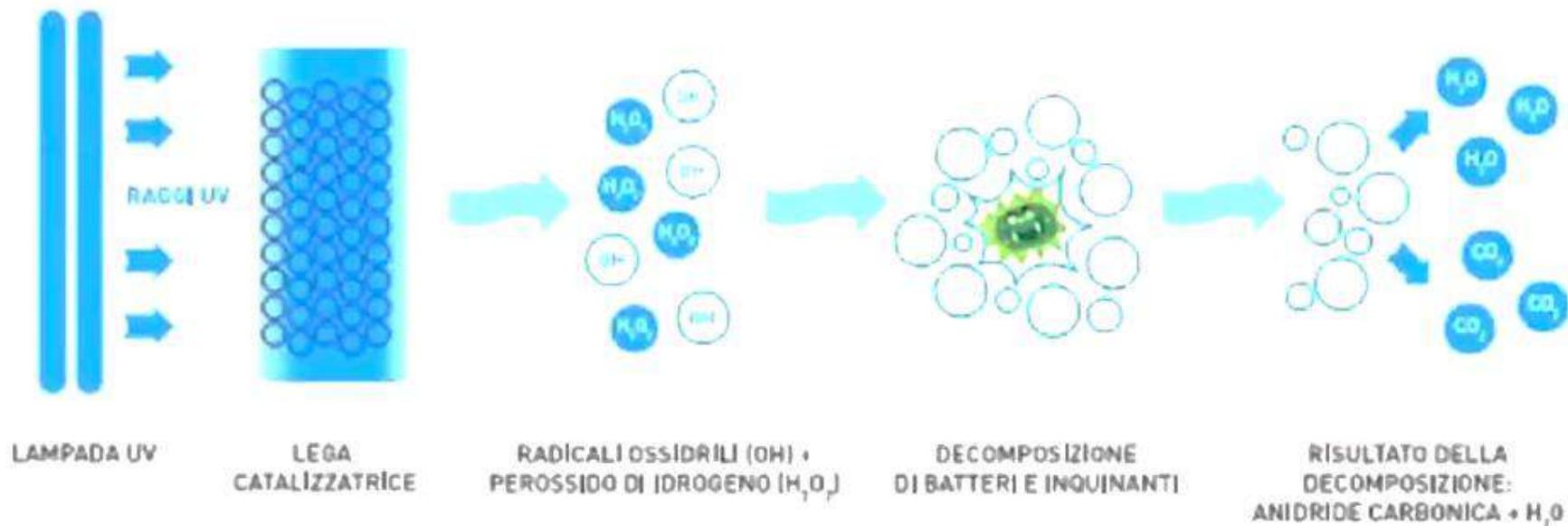
I livelli consigliati dall'ASHRAE di *microwatt per centimetro quadrato* sono basati su grandi quantità di dati e di applicazioni, e considerano anche il cumulo delle dosi di **UV-C** (il tempo di esposizione è infinito).



Ventilazione Meccanica – Filtrazione antibatterica UV

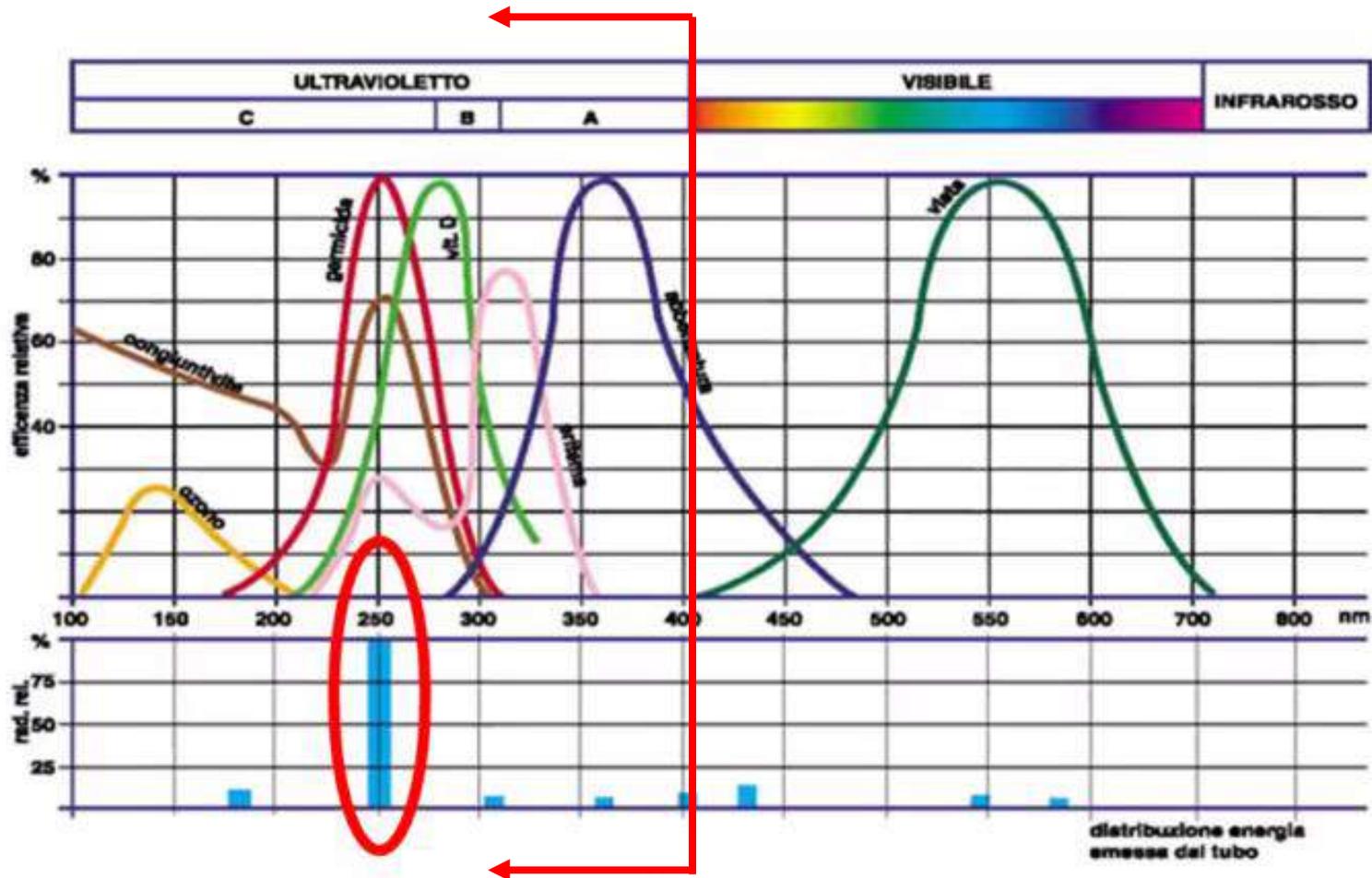
La filtrazione per effetto fotovoltaico di basa sulla produzione di ioni positivi e negativi che, in presenza di umidità nell'aria, produce acqua ossigenata (H_2O_2) che attacca e decompone il materiale organico.

L'efficacia di questo dispositivo è stata verificata per i batteri (legionella, ..) e i virus dell'influenza, della SARS ed altri già noti. Di recente (notizia del 15/06/2020), alcuni studi dell'Università Statale di Milano dimostrano che i raggi UV-C con lunghezza d'onda di 254 nm sono capaci di rompere i legami molecolari di DNA ed RNA dei virus, compreso il virus **SARS-CoV-2**. So osserva che la radiazione solare contiene questi raggi e questo sembra giustificare la maggior diffusione della COVID-19 durante il periodo invernale quando la radiazione solare è più attenuata.



Ventilazione Meccanica – Filtrazione antibatterica UV

I raggi emessi dalla **lampade germicide UVC** hanno lunghezza d'onda centrata su 254 nm che corrisponde alla frequenza di massimo effetto germicida.



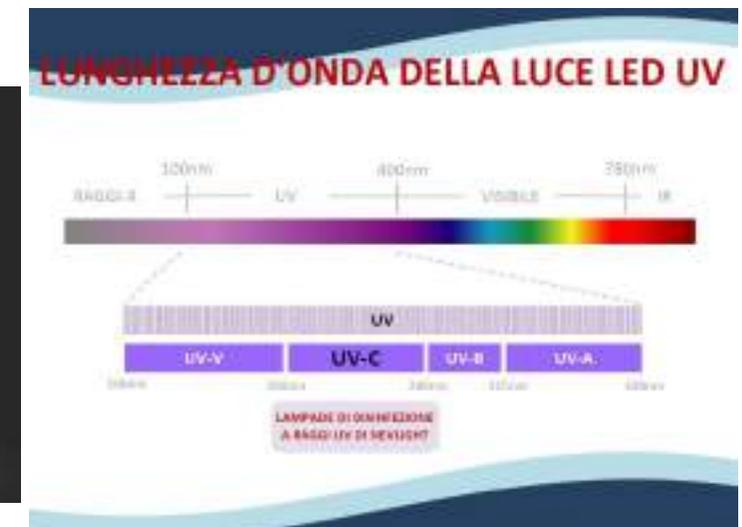
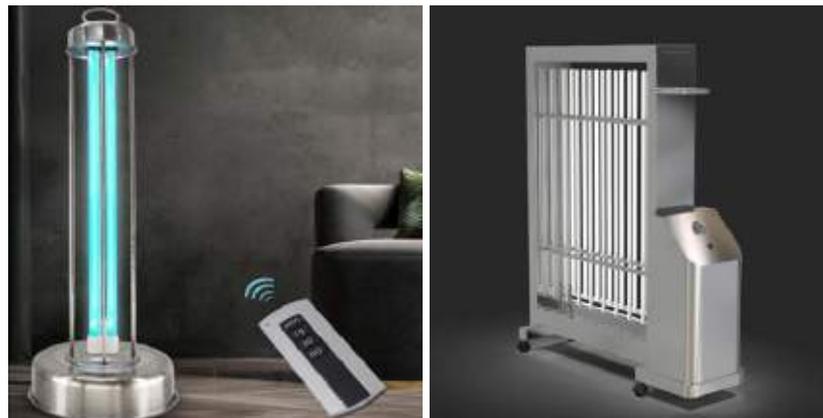
Ventilazione Meccanica – Filtrazione antibatterica UV

Il fattore di intensità delle lampade per distanze diverse da 1 m è riportato in tabella

Distanza dalla lampada in pollici	Fattore d'intensità
2	32,3
4	18,6
6	12,9
10	7,94
12	6,48
14	5,35
18	3,6
24	2,33
36	1,22
1 m	1
48	0,681
60	0,452
80	0,256
100	0,169
120	0,115

UVC DISINFECTION

Microbe	Type	Lethal (uWSec/cm2)
Bacillus subtilis spores	germ	22000
Bacteriophage	virus	6600
Coccacoe virus	virus	6000
Shigella spores	germ	4200
Escherichia coli	germ	6600
Fecal coliform	germ	6600
Hepatitis A virus	virus	3000
Influenza virus	virus	6600
Legionella pneumophila	germ	12300
Salmonella typhi	germ	7000
Staphylococcus aureus	germ	6600
Streptococcus spores	germ	3800



Ventilazione Meccanica – Filtrazione antibatterica UV per canali

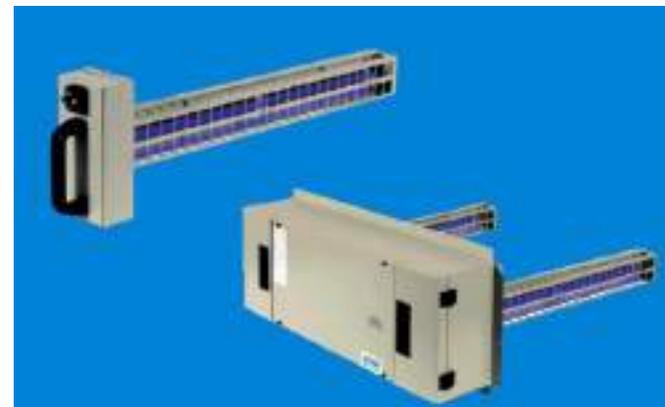
Sono disponibili anche lampade UV per i canali dell'aria. La sorgente di radiazione ultravioletta più utilizzata è rappresentata dalle lampade in quarzo o vetro di speciale formulazione, a scarica in vapori di mercurio a bassa pressione o gas inerti ad elevata pressione. I raggi ultravioletti vengono convenzionalmente classificati in tre bande:

- radiazioni UV- A (onde lunghe) da 315 a 400 nm;
- radiazioni UV-B (onde medie) da 280 a 315 nm;
- radiazioni UV-C (onde corte) da 100 a 280 nm.

Le radiazioni della banda **UV-C** sono caratterizzate da un marcato effetto germicida con un picco di massima efficacia in corrispondenza della linea spettrale di 254 nm. I raggi ultravioletti **UV-C** sono battericidi di natura fisica e producono la morte del microrganismo (distruzione del DNA).

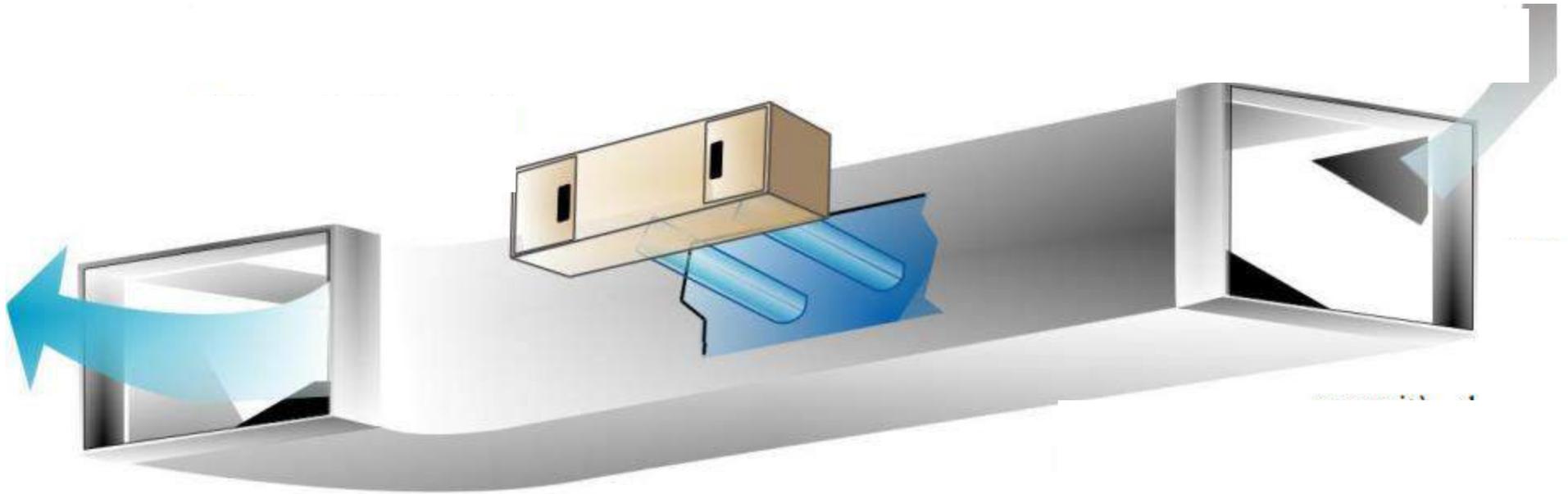
DATI TECNICI GENERALI

• Tensione d'esercizio	230V 50/60 Hz
• Accensione	Interruttore – I/O
• Funzionamento	Continuo
• Lunghezza d'onda	253,7 nm
• Efficacia di abbattimento microbiologico	99,999 % riferito alla radiazione germicida UV 253,7nm per l'inattivazione di <i>Mycobacterium tuberculosis</i>
• Sostituzione lampade UVC	6000 ore – monitorata
• Equipaggiamento	Filtri antipolvere Generatore di ioni negativi
• Elettronica di controllo	Contatore elettronico per sostituzione lampade e monitoraggio filtro antipolvere
• Struttura	in acciaio/acciaio inox
• Emissione di ozono	nessuna



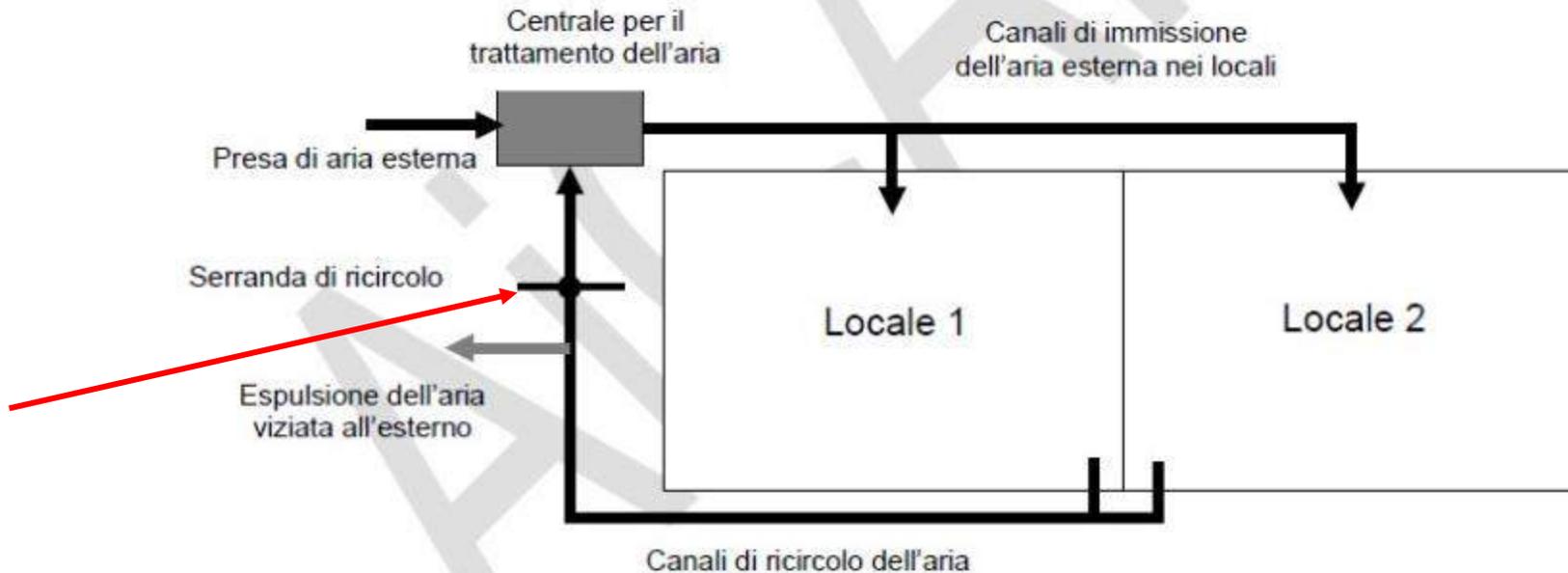
Ventilazione Meccanica – Filtrazione antibatterica UV per canali

Queste lampade possono essere inserite in qualunque punto del canale d'aria.



Ventilazione Meccanica – Filtrazione antibatterica

Si ricordi che i sistemi centralizzati a tutt'aria con ricircolo non sono oggi ammessi e pertanto la serranda di ricircolo va chiusa (e sigillata)



Nei impianti centralizzati a tutt'aria un'unica centrale climatizza tutti gli ambienti, collegati tra loro da canali di immissione dell'aria. Nel funzionamento normale, l'aria immessa è una miscela di aria esterna, che serve per il rinnovo e di aria ricircolata.

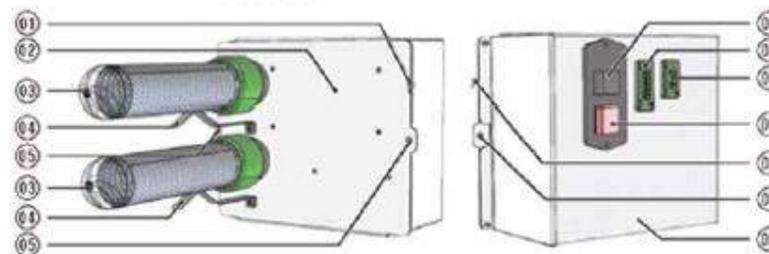
Ovviamente, in condizioni di emergenza, questo è molto rischioso, perché con il ricircolo si può inviare il virus in tutti i locali dell'edificio, come è spiegato dal punto di vista tecnico nel documento che si trova al link citato in webgrafia al numero [1]. Per questo motivo, in caso di emergenza è necessario **SEMPRE CHIUDERE** la **SERRANDA** di **RICIRCOLO**, in modo da non ricircolare l'aria contaminata e aumentare la quantità di aria esterna immessa nei locali. Tutto ciò va assolutamente fatto, anche se in alcune situazioni potrebbe avere come conseguenza una riduzione della prestazione dell'impianto.

Questa tipologia di impianto si utilizza negli edifici di medie e grandi dimensioni e non è molto comune in Italia.

Ventilazione Meccanica – Filtrazione antibatterica NTP

Per l'abbattimento della carica batterica si possono utilizzare diverse tecnologie. Di recente sono stati introdotti i sistemi detti **AERONIX** che utilizzano la tecnologia **NTP** (*Non Thermal Plasma*). Si tratta di sistemi di **ionizzazione a bassa temperatura** in modo da formare un plasma freddo su cui viene successivamente applicate scariche elettriche che formano radicali liberi capaci di produrre ossidazione con proprietà battericide.

Il sistema **AERONIX** elimina odori di origine organica e chimica ed impedisce la formazione di colonie batteriche sulle superfici interne dei canali e la diffusione attraverso flussi d'aria.



DESCRIZIONE COMPONENTI			
01	Linguetta di aggancio a parete	06	Presa elettrica con portafusibile
02	Contenitore parte elettrica	07	Connettore di input e segnale seriale
03	Tubo Ionizzante	08	Connettore di output segnalazione allarmi
04	Staffa di attivazione condensatore	09	Interruttore luminoso ON/OFF
05	Fori di fissaggio all'EBOX		

Ventilazione Meccanica – Filtrazione antibatterica NTP

Modalità di installazione dei sistemi **NTP** a valle dei recuperatori di calore.



Filtro Aeronix

Canale di immissione

recuperatore di calore

Ventilazione Meccanica – Fan coil con lampada germicida

Sono in commercio **ventilconvettori**, con diverse versioni disponibili per i diversi tipi di installazione (a pavimento, in nicchia, canalizzata), e muniti di un **dispositivo germicida** di ultima generazione con **lampada germicida ad effetto foto-catalitico**. Questi fan coil sono idonei all'installazione in ambienti con particolari esigenze di igiene quali:

- *Ambienti ospedalieri*
- *Cliniche e strutture sanitarie*
- *Studi medici e dentistici privati*
- *Studi veterinari*
- *Laboratori di analisi*



Si prestano anche all'installazione in ambienti dalla destinazione d'uso più comune quali uffici, saloni di bellezza, abitazioni di persone soggette ad allergie o a deficit immunitari, ecc.



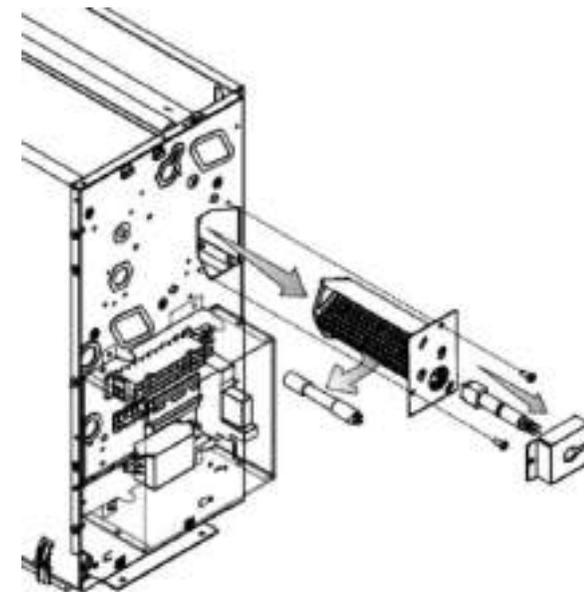
Ventilazione Meccanica – Fan coil con UVC antivirale

La particolarità di questa famiglia di ventilconvettori è la presenza della **lampada germicida UVC** ad effetto **foto-catalitico**. Il principio di funzionamento di questo potente dispositivo igienizzante è il seguente:

- Una *lampada a raggi UVC* irradia una superficie in **Biossido di Titanio (TiO_2)**
- Per *effetto foto-catalitico* la superficie provoca una forte ionizzazione dell'acqua contenuta nell'aria come vapore in ioni OH^- e H_3O^+ , e formazione di molecole H_2O_2 , che aggrediscono *muffe, batteri, virus, ecc.*

Nell'aria che respiriamo sono presenti micro-organismi di diversa natura quali: **Funghi e muffe, Batteri, Virus.**

Entro certi limiti, questa presenza è fisiologica e normalmente tollerata dall'uomo, salvo condizioni particolari di salute. Possono tuttavia provocare *reazioni allergiche*, avere effetto *tossico*, o provocare *patologie anche gravi*, soprattutto se si diffondono particolari agenti patogeni contro cui l'uomo non ha attivato difese specifiche (infezioni virali, nel nostro caso). Tali organismi entrano a contatto con l'uomo per inalazione di particelle e goccioline che li contengono, per contatto con le mucose o con la pelle



Ventilazione Meccanica – Fan coil con UVC antivirale

Efficacia del dispositivo fotocatalitico

Numerosi studi e ricerche, attestati da articoli scientifici e report di università ed enti di ricerca, confermano l'efficacia del dispositivo foto-catalitico nell'inattivare:

- *Legionella ed altri batteri;*
- **Virus (influenza, SARS, ecc. probabilmente anche SAR-CoV-2;**
- *Funghi, muffe ed allergeni;*

In particolare si raggiungono i seguenti risultati:

- *Inattivazione del 97% delle particelle di diametro 0,1 Micron*
- *Inattivazione del 95% delle particelle di diametro 1 Micron*

Si fa osservare che non abbiamo certezza sull'efficacia sul virus

SARS-CoV-2 perché non sono ancora state effettuate prove di laboratorio certificate.

Per quanto riguarda l'impiego di un comune *ventilconvettore*, agendo in ricircolo locale su singolo ambiente non risulta un aggravio del rischio per gli occupanti in una condizione come quella attuale. Può divenire però anche esso una *misura attiva di prevenzione se dotato di dispositivi igienizzanti quali il dispositivo con lampada UV ad effetto foto-catalitico*, o altri dispositivi ionizzanti quali il **ColdPlasma™**.



Ventilazione Meccanica – Lampade UV germicida

Si hanno in commercio **lampade UV** germicida che possono aiutare a sanificare gli ambienti e/o l'aria di ricircolo negli impianti.

La qualità dell'aria è garantita dal **Rapporto ISS COVID-19 n. 5/2020** che a tal fine consiglia:

- Garantire un buon ricambio d'aria in tutti gli ambienti chiusi in genere;
- Eseguire regolarmente la manutenzione dell'impianto e i filtri dell'aria, a impianto spento.

Il Rapporto ISS prevede che, ove possibile, si spengano gli impianti di climatizzazione, ritenuti (verosimilmente ed erroneamente, dopo le campagne pubblicitarie contrarie dei media e di alcuni virologhi non proprio esperti di impiantistica) **potenzialmente dannosi**.

Sappiamo, come correttamente consiglia AICARR, che gli impianti di climatizzazione sono indispensabili non solo per il benessere termo-igrometrico delle persone ma anche per ridurre i rischi di contagio, come dimostrato sia con le relazioni di Walls-Riley e di Gammaitoni-Nucci.

Se incrementare **temporaneamente** la **portata d'aria di rinnovo** favorisce la riduzione del rischio di contagio, tuttavia, occorre quanto prima ripristinare i valori correnti compatibili con consumi energetici più ridotto.



Ventilazione Meccanica – Sanificazione attiva PCO antivirale

La tecnologia **PCOTM** (*Photocatalytic Oxidation*), meglio conosciuta come **ossidazione fotocatalitica**, è stata sviluppata ed utilizzata dalla **NASA** per la sanificazione degli ambienti destinati alle missioni aerospaziali, dove una delle prerogative principali è la **qualità** e la **salubrità dell'aria**.

La tecnologia **PCOTM** imita e riproduce ciò che avviene in natura mediante la fotocatalisi, un processo che grazie all'azione combinata dei **raggi UV** del sole, dell'umidità presente nell'aria e di alcuni metalli nobili presenti in natura, genera **ioni ossidanti** in grado di distruggere la maggior parte delle sostanze inquinanti e tossiche.

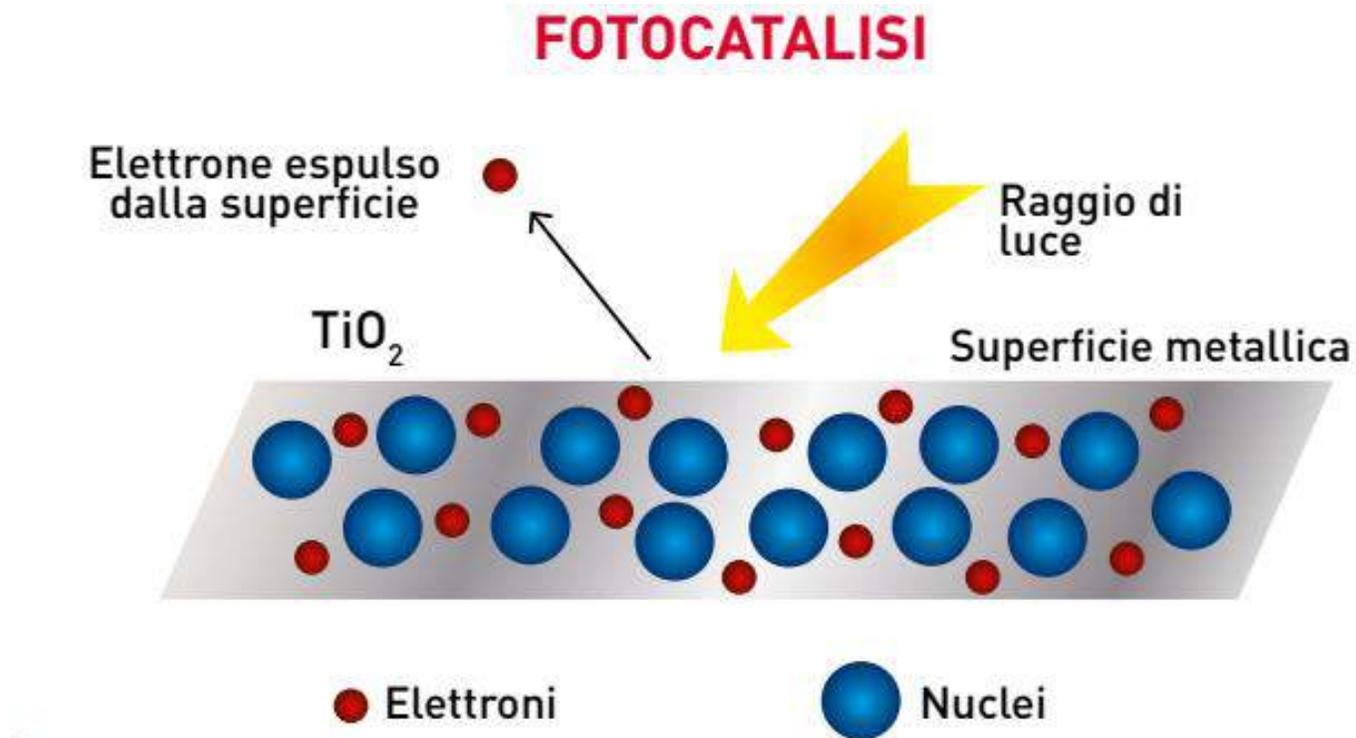
La reazione **fotochimica** che si genera grazie alla **PCOTM** permette quindi di distruggere con un principio naturale attivo le sostanze inquinanti, in particolare **batteri, virus, muffe**.

I moduli **Dust Free**, investiti dal flusso dell'aria, generano una reazione fotochimica che lega una molecola aggiuntiva di ossigeno (**O**) a quelle preesistenti di idrogeno ed ossigeno dell'umidità presente nell'aria (**H₂O**), generando così **perossido d'idrogeno**.

Il **perossido d'idrogeno** (**H₂O₂**), più comunemente noto come acqua ossigenata, generato dalla reazione fotocatalitica in quantità minime – non superiori ai **0.02 PPM** – possiede un'efficacia molto elevata nella **distruzione della carica microbica**, sia nell'aria che sulle superfici.

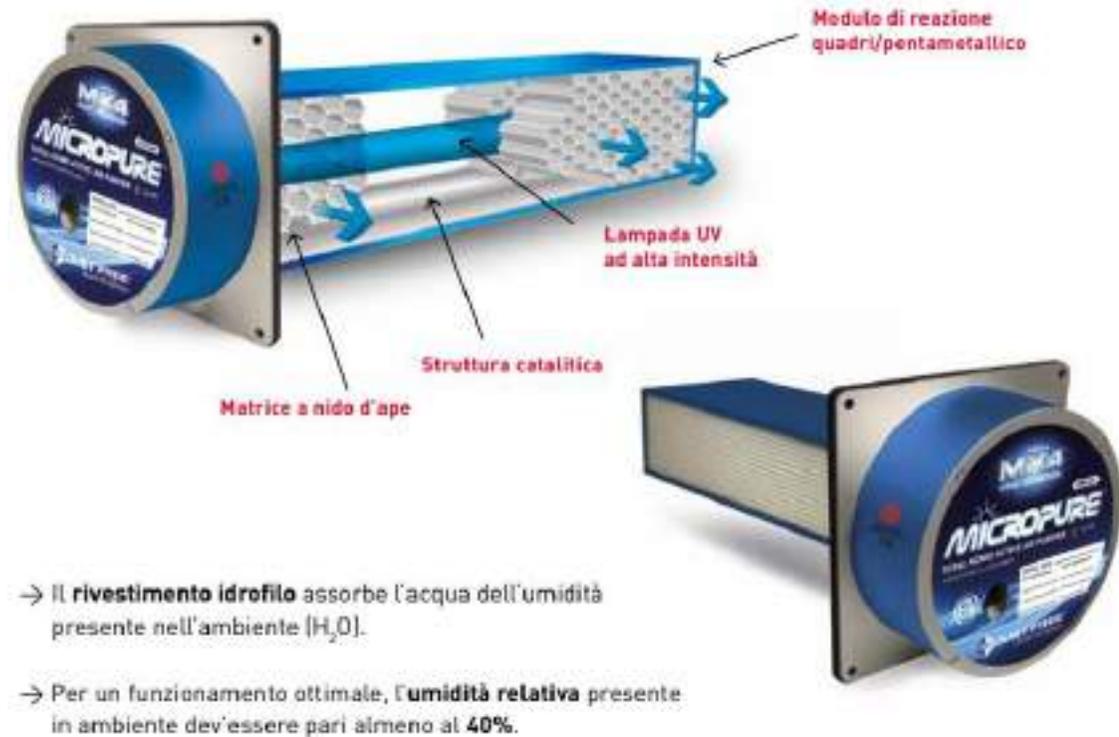
Ventilazione Meccanica – Sanificazione attiva PCO antivirale

Schema di funzionamento della tecnologia PCO™



Ventilazione Meccanica – Sanificazione attiva PCO antivirale

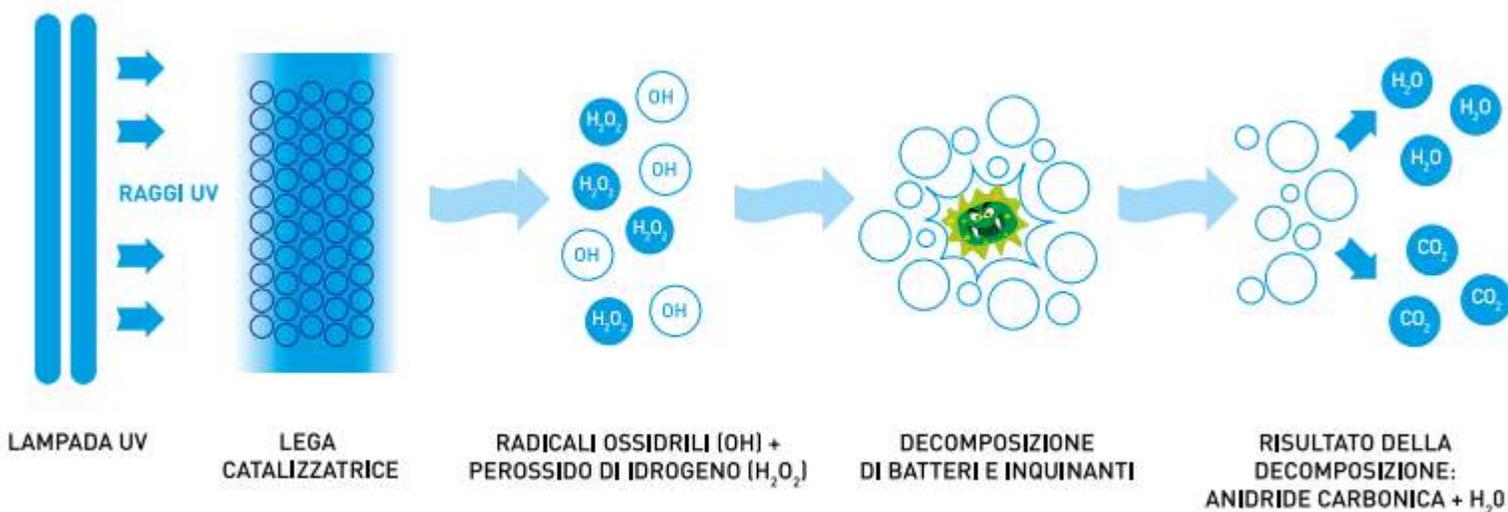
La tecnologia **PCO™** dei moduli **DUST FREE** sfrutta l'azione combinata dei raggi di una speciale **lampada UV** con una **struttura catalizzatrice** costituita da una **lega metallica** con matrice a nido d'ape, composta principalmente da **TiO₂** (*biossido di titanio*) e altri metalli nobili in misura inferiore. L'aria, carica di umidità (H₂O), attraversa il modulo **DUST FREE** composto da una lega quadri o pentametallica. Grazie all'azione di una **lampada UV** ad alta intensità, si avvia una reazione fotochimica di ossidazione che lega una molecola di ossigeno in più a quelle di H₂O; il **perossido d'idrogeno** (H₂O₂), diffuso nell'ambiente circostante, consente una **sanificazione sicura, efficace e soprattutto completa**, in quanto è in grado di distruggere gran parte dei composti inquinanti quali batteri, **virus**, muffe, allergeni e odori.



Ventilazione Meccanica – Sanificazione attiva PCO antivirale

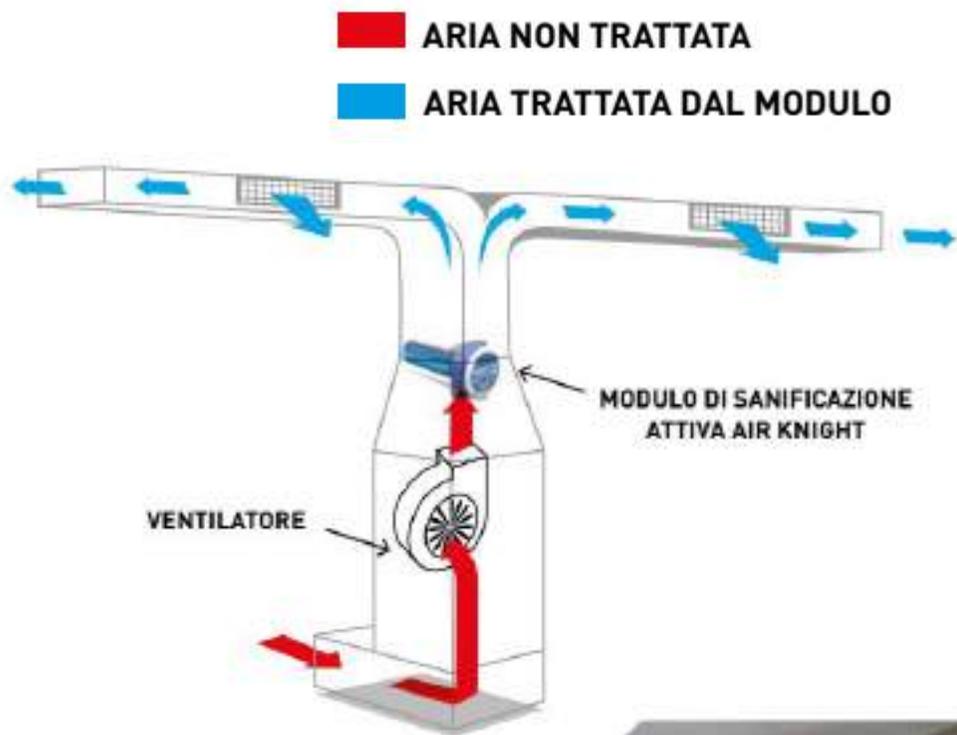
Il **perossido d'idrogeno** generato dai moduli **DUST FREE** è in grado di distruggere gran parte dei composti inquinanti quali **batteri, virus, muffe, allergeni e odori**. Non si ha ancora una certificazione sull'efficacia per **SARS-CoV-2** anche se sembra che ci siano risultati positivi come per gli altri virus.

Diffuso e trascinato dal flusso dell'aria il perossido d'idrogeno rende efficace la sua azione di **sanificazione** sia sulle superfici dei **condotti**, sia nell'**aria** ambiente e per caduta anche sulle **superfici** dei locali trattati



Ventilazione Meccanica – Sanificazione attiva PCO antivirale

I moduli di sanificazione attiva **Dust Free** (*Micropure* ed *Air Knight*) vanno installati all'interno delle **unità di trattamento aria** in modo che il flusso d'aria investa ed attraversi correttamente il modulo. I moduli di sanificazione attiva **Dust Free** (*Micropure* ed *Air Knight*) possono essere installati in qualunque sistema **HVAC**, **collocandoli in un plenum o nei condotti di aereazione**. Qualora sia necessario installare unità multiple nella stessa area del plenum, è consigliabile distanziare le unità in modo da permettere a queste ultime di incontrare correttamente il **flusso dell'aria**.



Ventilazione Meccanica – Sanificazione attiva PCO antivirale

Air Knight

Micro Pure



→ INDUSTRIALE
→ COMMERCIALE

La tecnologia IPG a ossidazione ionica con la generazione di ioni positivi e negativi, combina le proprietà della lega pentametallica del modulo di reazione con l'energia dei raggi UV lampada speciale ad alta intensità, per produrre in maniera ancor più efficace agenti attivi decontaminanti, in grado di **distruggere** gran parte dei composti inquinanti quali **batteri, virus, muffe, allergeni e odori**.

DUST FREE technology.

Sviluppata per la **depurazione dell'aria** degli ambienti aerospaziali, la tecnologia Dust Free produce ioni ossidanti con carica positiva e negativa, in grado di attrarre come una calamita gli **agenti contaminanti ed inquinanti, distruggendoli**.

POWERED BY

MX4[™]

IONIC OXIDATION

→ RESIDENZIALE
→ UFFICI

La tecnologia MX4[™] a ossidazione ionica combina le proprietà della **lega quadrimetallica** del modulo di reazione con l'energia dei raggi UV di una lampada speciale ad alta intensità, per produrre in maniera naturale agenti attivi decontaminanti, in grado di **distruggere** gran parte dei composti inquinanti quali **batteri, virus, muffe, allergeni e odori**.



ATTIVO 24 H SU 24
IN OGNI AMBIENTE TRATTATO



ELIMINA GLI AGENTI INQUINANTI
QUALSI ESSI SIANO



UNICO SISTEMA IN GRADO DI
AGIRE ANCHE SULLE SUPERFICI



AGISCE IN MANIERA SICURA
E È EFFICACE CONTRO BATTERI ED ODORI

Ventilazione Meccanica – Sanificazione attiva PCO antivirale



Micro Pure

5"

AMBITI APPLICATIVI

- RESIDENZIALE
- UFFICI DI PICCOLE DIMENSIONI

MODALITÀ DI INSTALLAZIONE

- Inserimento nel preesistente impianto canalizzato, generalmente nel plenum di mandata
- Integrato in soluzioni UTA - recupero di calore

Superficie coperta in m²

80

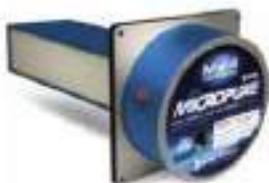
Portata d'aria massima m³/h

1500

SPECIFICHE TECNICHE

Dimensioni	15 x 15 x 19 cm
Peso	1,1 Kg
Profondità foro	14 cm
Caratteristiche elettriche	24 V 50/60 Hz - 120 V / 230 V
Consumo elettrico	13,3 Watt
Meccanica	Interruttore plug&play di sicurezza - sistema di monitoraggio del corretto funzionamento della lampada UV
Temperatura massima di esercizio	90° C

Ventilazione Meccanica – Sanificazione attiva PCO antivirale



Micro Pure



AMBITI APPLICATIVI

- RESIDENZIALE
- UFFICI DI MEDIE DIMENSIONI

Superficie coperta in m²

150

Portata d'aria massima m³/h

2500

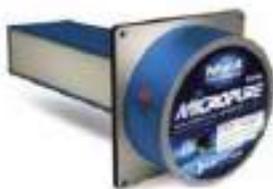
MODALITÀ DI INSTALLAZIONE

- Inserimento nel preesistente impianto canalizzato, generalmente nel plenum di mandata
- Integrato in soluzioni UTA - recupero di calore

SPECIFICHE TECNICHE

Dimensioni	15 x 15 x 29 cm
Peso	1,2 Kg
Profondità foro	24 cm
Caratteristiche elettriche	24 V 50/60 Hz - 120 V / 230 V
Consumo elettrico	13,3 Watt
Meccanica	Interruttore plug&play di sicurezza - sistema di monitoraggio del corretto funzionamento della lampada UV
Temperatura massima di esercizio	90° C

Ventilazione Meccanica – Sanificazione attiva PCO antivirale



Micro Pure

14"

Superficie coperta in m²

250

Portata d'aria massima m³/h

3500

AMBITI APPLICATIVI

- RESIDENZIALE
- UFFICI DI MEDIE DIMENSIONI

MODALITÀ DI INSTALLAZIONE

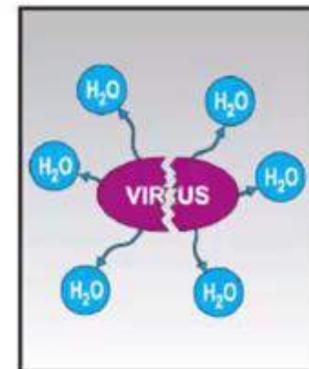
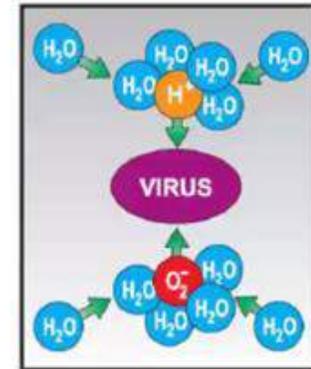
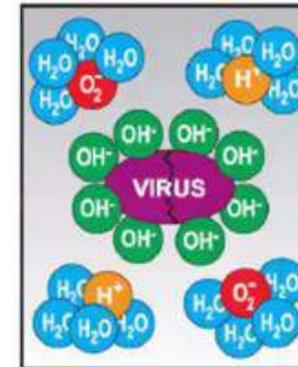
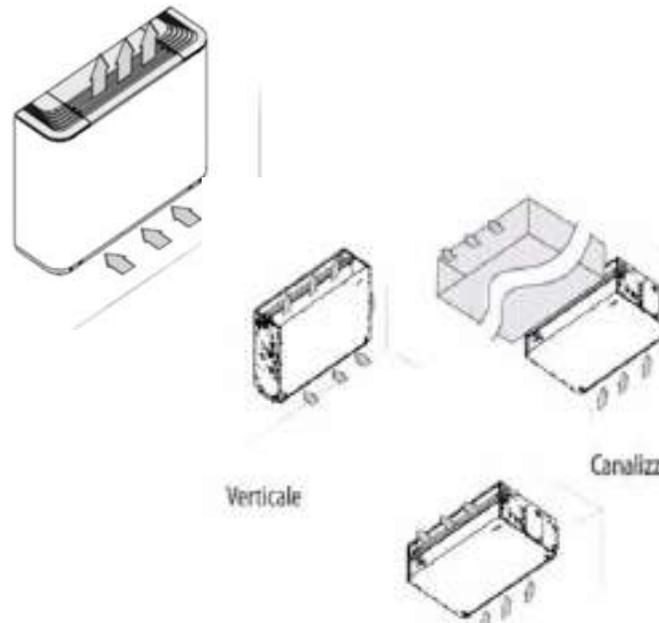
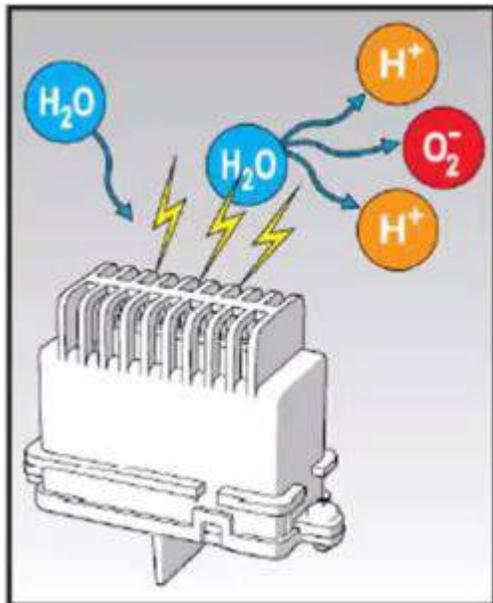
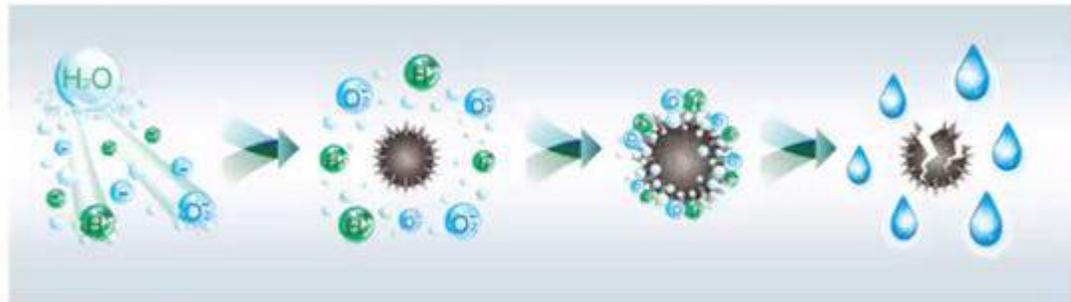
- Inserimento nel preesistente impianto canalizzato, generalmente nel plenum di mandata
- Integrato in soluzioni UTA - recupero di calore

SPECIFICHE TECNICHE

Dimensioni	15 x 15 x 44 cm
Peso	1,3 Kg
Profondità foro	37 cm
Caratteristiche elettriche	24 V 50/60 Hz - 120 V / 230 V
Consumo elettrico	19,2 Watt
Meccanica	Interruttore plug&play di sicurezza - sistema di monitoraggio del corretto funzionamento della lampada UV
Temperatura massima di esercizio	90° C

Ventilazione Meccanica – Sanificazione attiva - sistemi al Plasma

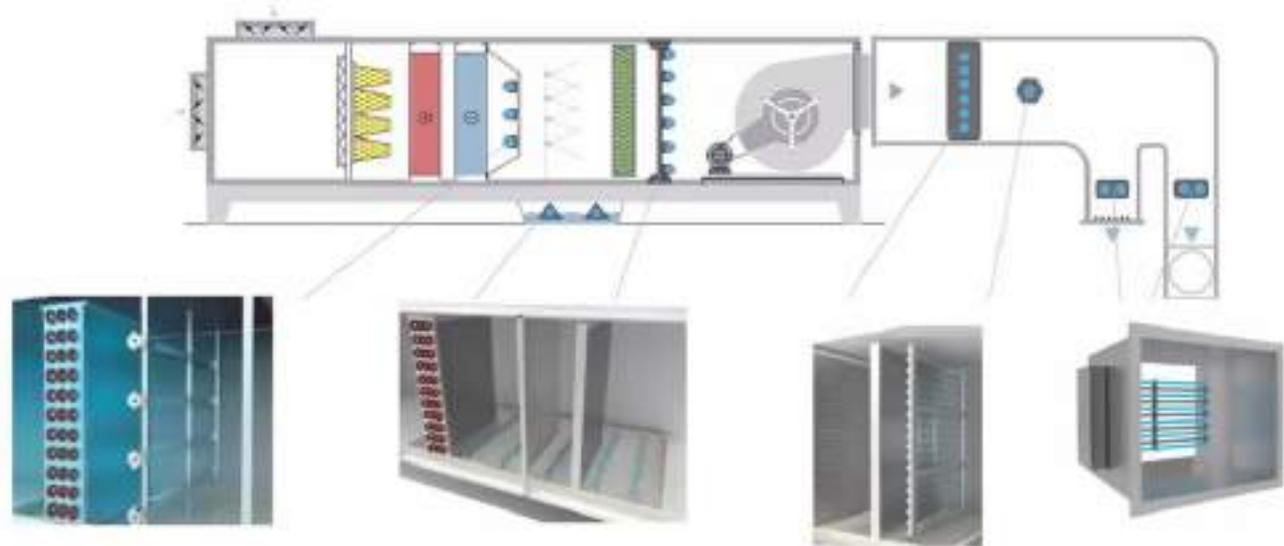
Oltre ai sistemi foto-catalitici sono disponibili i sistemi **al plasma freddo** (detti **Cold Plasma Generator, CPG**). Questo dispositivo agisce per **inattivazione** degli agenti patogeni attraverso scariche elettriche che nell'aria producono radicali H^+ e OH^- che attaccano e uccidono batteri e virus.



Ventilazione Meccanica – Sanificazione attiva - sistemi al Plasma

Questi dispositivi non richiedono le protezioni richieste dai sistemi foto-catalitici e possono anche essere montati su terminali esistenti, sia fan coil che UTA (previa verifica di compatibilità e spazio disponibile per l'inserimento).

Nelle UTA si possono montare a valle delle batterie fredde o a monte del ventilatore di mandata o anche all'interno dei canali di distribuzione dell'aria.



USO DELLE LAMPADE U.V. PER AMBIENTI

Lampade U.V. per ambienti

Oltre ai sistemi battericidi per impianti, sono disponibili anche sistemi battericidi, e in genere di sanificazione e purificazione, anche per ambienti.

Molti sistemi si basano sull'utilizzo di radiazione ultravioletta UV-C, come già visto per gli impianti, capaci di eliminare batteri e virus con altissima efficienza.

Questo tipo di tecnologia ricordiamo consente il trattamento ecologico (senza aggiunta di prodotti chimici), senza alterazioni del gusto, nessun pericolo di sovradosaggio e nessuna alterazione delle caratteristiche dell'acqua, azione veloce (senza nessuna vasca di stoccaggio).

Il tempo di azione è quello di **passaggio nello sterilizzatore** e presenta un'economicità e praticità grazie al basso consumo di energia elettrica ed alla poca manutenzione richiesta.



Lampade U.V. per ambienti

Il sistema consente una ventilazione forzata a ciclo chiuso. L'aria aspirata nel modulo, passa prima attraverso un **filtro meccanico posizionato nella bocchetta d'ingresso** che blocca gli inquinanti più grossolani evitando lo sporcamento dei neon germicida. Successivamente l'aria è indotta a passare a diretto contatto in neon a **UV-C** che, grazie all'emissione di luce ultravioletta ad onda corta agisce sul **DNA** portando alla morte della cellula virale o batterica. L'aria viene espulsa dalla bocchetta d'uscita determinando così l'abbattimento microbiologico.

Alcune aree di utilizzo sono:

- Industrie farmaceutiche,
- allevamenti,
- celle frigorifere,
- abitazioni,
- uffici,
- locali pubblici,
- locali condizionati,
- locali adibiti alla produzione/preparazione di cibi e bevande ecc.

Il sistema è totalmente sicuro per l'uomo in quanto il meccanismo di funzionamento impedisce fuoriuscite di raggi UV-C.



Lampade U.V. per ambienti

In base alla superficie dell'ambiente da trattare, la lampada UV-C è già programmata per il corretto periodo di irraggiamento:

- 15 mq - 15' di irraggiamento
- 30 mq - 30' di irraggiamento
- 60 mq - 60' di irraggiamento.

La lampada può avere un telecomando e una accensione ritardata proprio per permettere a persone e animali di lasciare l'ambiente prima dell'accensione della lampada UV-C.

Anche le piante non devono essere presenti nell'ambiente durante il trattamento.

Se la lampada non è schermata ed è in funzione, le persone e gli animali non devono rimanere nella stanza per evitare che i raggi UV causino danni alla pelle ed agli occhi.

Il costo di questi sistemi varia da qualche centinaio di euro a qualche migliaia, a seconda della grandezza e capacità di trattamento.

Product parameters



Name	Microwave ultraviolet sterilization equipment
Specification	100cm*20cm*120cm
Model	Wimax-CK-1000
Rated power	1KW
Rated voltage	220V
Rated power	50Hz
Ultraviolet rays wavelength	253.7nm
Lamp lifetime	30000h
Starting method	12s Delayed start
Control method	0-120min Timing
Area of use	30-150m ² (各適用可移動式器具)

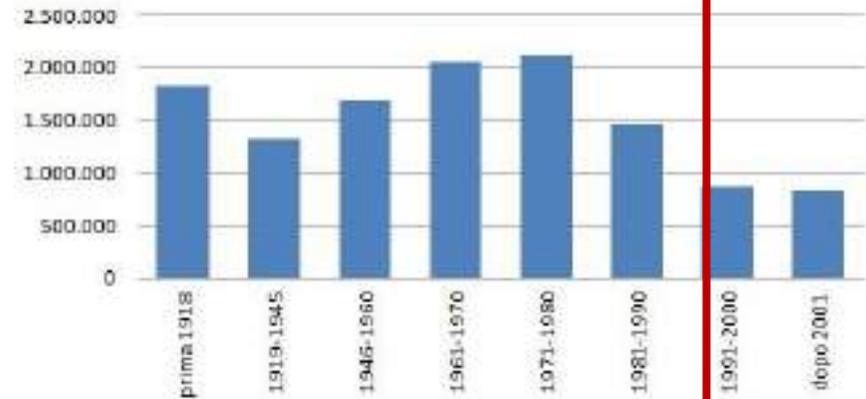
CONCLUSIONI

Conclusioni

La situazione attuale in **campo impiantistico** è quello di **difesa** dal contagio, cercando di attuare tutte le strategie necessarie per ridurre il rischio di trasmissione del contagio.

E' difficile pensare che si possano ristrutturare gli impianti esistenti per diverse ragioni:

- Il parco di edifici residenziali è stato costruito in grande maggioranza **prima del 1991**;
- Anche di edifici per attività terziaria hanno un'età simile a quelli per uso residenziale;
- Gli impianti costruiti prima del 1991, soprattutto nel Sud d'Italia, erano quasi del tutto a radiatori **senza impianto di ventilazione**;
- A causa delle condizioni climatiche più severe, gli edifici del Nord Italia hanno più di frequente **impianti di ventilazione associati con gli impianti o impianti di tipo VMC**.



Conclusioni

- Immaginare di intervenire su questi impianti riqualificandoli **anti COVID-19** non è semplice, almeno per gli edifici privati e pubblici che non sia gli ospedali. Per quest'ultimi le modifiche impiantistiche sono assolutamente **obbligatorie** e diverse da quelle per le altre tipologie di edifici;
- Per gli impianti idronici e per quelli ad espansione diretta (*VRV, VRF*) quasi sempre la ventilazione degli ambienti è del tutto assente e affidata ai ricambi naturali dell'aria per infiltrazioni dagli infissi, per aperture spontanee di porte e finestre. Nel Sud Italia è uso comune aprire le finestre per lungo tempo tutte le mattine per cambiare aria. Quest'usanza non può essere attuata nel Nord Italia per le condizioni climatiche più severe. In estate si possono aprire le finestre ma in inverno assolutamente no. Per questo motivo gli impianti di **Ventilazione Meccanica Controllata (VMC)** si sono espansi più al Nord che al Sud;
- Negli edifici pubblici (non ospedalieri) di più recente costruzione si ha la ventilazione con aria primaria ma con distribuzione che spesso vede il **ricircolo** comune e tale da interessare più ambienti. In questo caso, non volendo o non potendo chiudere il **ricircolo**, occorre avere un sistema di filtrazione dell'aria ad alta efficienza, eventualmente aggiungendo *filtri anti batterici e anti virali (NTP, PCO, Lampade UV, ...)* capaci di abbattere la carica virale in circolo, riducendo il rischio di contagio;
- Nei locali commerciali (bar, ristoranti, negozi, ...), escluse le grandi catene di supermercati, cercare di mantenere i fan coil accesi, migliorando il sistema di filtrazione, eventualmente aggiungendo *filtri anti batterici e anti virali oggi disponibili sia per i fan coil che gli ambienti.*

Conclusioni

Si spera, fortemente, che l'emergenza **COVID-19** possa concludersi presto e in modo definitivo, consentendoci di **ritornare alla vita normale** e di riutilizzare gli impianti esistenti senza preoccupazioni.

Tuttavia, l'esperienza che tutti noi abbiamo fatto o stiamo ancora facendo per far fronte alla **COVID-19** ci dice che è sempre bene progettare o ristrutturare gli impianti, nei casi in cui questo è possibile (**ristrutturazioni importanti di 1° e 2° livello**), avendo maggior cura alla ventilazione dell'aria negli ambienti.

Se da un lato si cerca di avere una portata di ventilazione la più bassa possibile per ridurre i consumi energetici, dall'altro lato è necessario avere una ventilazione che possa passare dai valori normali a valori più elevati (oggi con i nuovi ventilatori con motori EC inverter si può fare) nei casi di necessità. Probabilmente le nuove norme prevederanno valori più flessibili.

Per ridurre il consumo energetico occorre utilizzare i **recuperatori di calore** ad alta efficienza, disponibili su tutti i nuovi sistemi **VMC** o nelle **UTA** per grandi impianti.

Quanto esposto in questi incontri dovrebbe contribuire a dare una dimensione ingegneristica del problema, a controllarlo con i mezzi tecnici di cui disponiamo, a considerare i problemi reali dal punto di vista impiantistico e non (*solamente!*) medico.

Ma, soprattutto, non dobbiamo mai dimenticare che **l'ingegnere non è un farmacista** e che i problemi impiantistici appartengono al **livello antropico** e non a quello **microscopico o cosmico**.

«Ha da passà a nuttata!»

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Prof. Ing. Giuliano Cammarata

Web: www.giulianocammarata.it

Mail: cammaratagiuliano@gmail.com

