



<https://www.uiltecemiliaromagna.it/>

# Trasmissione di patogeni e contaminazione al chiuso

di Paolo Baroncini, esperto di Salute, Sicurezza e Ambiente sul lavoro della UILTEC Nazionale  
e di Paola Mossenta, segretario UILTEC Friuli Venezia Giulia, tecnico chimico biologico

## Sintesi riassuntiva del contenuto del documento

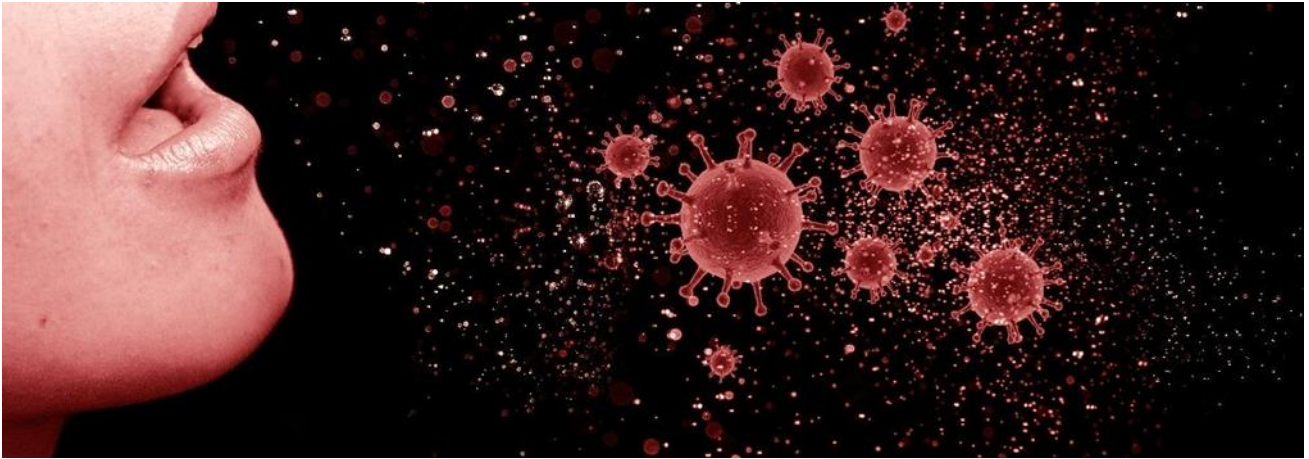
Il testo a seguire parte con la **rappresentazione spaziale** e riporto dati **tabellati** di alcune situazioni base, riferite alla **distribuzione fluidodinamica** delle **particelle virali espettorate** dai soggetti positivi (anche asintomatici) al virus SARS-CoV-2 poi, a supporto, continua con le indicazioni date dalla ricerca scientifica recente, in merito ai **modelli di propagazione** secondo la **dimensione** delle particelle stesse.

Come logica conseguenza evolutiva, i **nuovi filoni di ricerca** hanno messo in evidenza un **aspetto poco "attenzionato"** a causa della priorità quasi esclusivamente data agli aspetti legati alla **contaminazione delle superfici**, che rimangono ancora **elementi di rischio** per il trasporto del virus, veicolato attraverso mani e abiti, verso gli elementi ricettivi costituiti da **bocca, naso e occhi**.

Oggi, si tende a fare una netta **distinzione** tra **goccioline grandi** (comunemente definite **droplet**) e **piccole** (comunemente definite **aerosol**) contenenti il **virus**: dove le grandi vengono tendenzialmente **spinte verso il basso** dalla gravità, quelle piccole, seguendo il flusso dell'aria, si muovono in **orizzontale**, in grado di diffondersi su distanze anche lunghe e rimanere nell'aria per lungo tempo.

In queste condizioni è facilmente possibile entrare in contatto con i **coronavirus**, compreso il **SARS-COV-2**, anche quando si osservano le **regole di distanziamento**, così dimostrando come **nessuna delle misure diverse dall'isolamento fisico**, ma anche con **DPI filtranti non adeguati**, possa fornire una **protezione garantita**.

Quindi, allargando le considerazioni del **rischio contagio** a questo tipo di **trasmissione aerea** l'attenzione si deve orientare anche negli ambienti "indoor", spesso caratterizzati da **ventilazione forzata**, ed è proprio su **questi nuovi aspetti** che il testo, nel proseguio, **focalizza l'attenzione**.



## Sommario

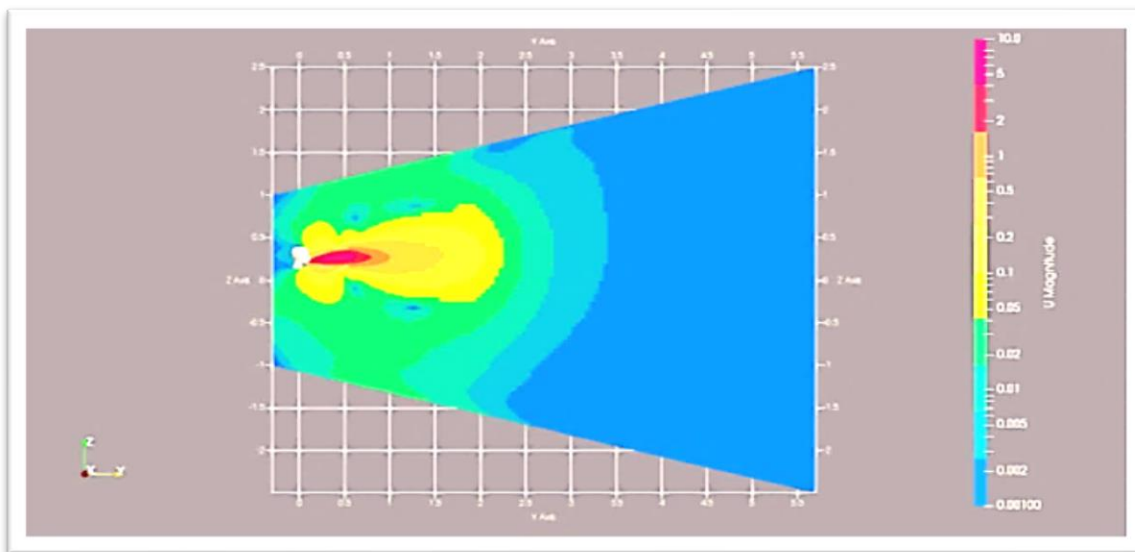
▶ LA TRASMISSIONE DI PATOGENI .....	3
La recente ricerca sui Coronavirus .....	4
▶ LA CONTAMINAZIONE IN AMBIENTI CHIUSI .....	5
Ambienti indoor - Fattori contaminazione aerea da patogeni.....	5
I mezzi di prevenzione negli impianti chiusi a ventilazione forzata .....	7
Contaminazione delle superfici da agenti/organismi patogeni .....	8
Quanto tempo restano attivi i patogeni in ambiente chiuso .....	10
Come valutare la trasmissione di patogeni negli impianti aeraulici .....	11
La sanificazione dei sistemi di condizionamento ad aria .....	12
La normativa di riferimento per la sanificazione aeraulica .....	12
Il SARS-CoV-2/CoViD-19 visto esclusivamente in ambienti al chiuso .....	13
Elementi di valutazione dei rischi da contagio indoor .....	15
Le dosi quantitative utili al contagio .....	15

## ► LA TRASMISSIONE DI PATOGENI

In attesa del rapido evolversi di conferme scientifiche operate sulle già diffuse teorie che trovano **collegamento** tra le gravi **modificazioni climatiche** originate dalle **attività antropiche** e la **diffusione** del **coronavirus** che ha alimentato la **pandemia in atto**<sup>1</sup>, vale la pena ricordare che, da vari studi scientifici è ampiamente **dimostrata** l'importanza del **distanziamento** come prevenzione al **contagio** da **microrganismi patogeni** per **distanziamento cautelativo di almeno 2 metri** -fatte salve alcune variabili, tipo la velocità del **droplet** (ovvero la parte dimensionale più elevata dell'espettorato, normalmente composta da muco contenente il virus) e **aerosol** (la parte "più spoglia" del virus in grado di rimanere in sospensione nell'aria ambiente anche per tempi lunghi) in fase **espettorante**-, soprattutto **negli ambienti chiusi con scarso ricambio di aria**.

Un supporto a quanto citato si può trovare nella tabella a seguire, dove sono riportate graficamente le **analisi fluidodinamiche computazionali (CFD)** di uno **starnuto** (Velocità=150km/h) in **ambiente chiuso** (Temperatura=18°C) e **non ventilato**. La grafica della distribuzione spaziale del **droplet** poggia su di una griglia, suddivisa in spazi di 0,5 metri.

In pratica, più siamo distanti e più diventa difficile il **contatto** che può **portare al contagio** quindi, "**rispettare la distanza di sicurezza**" può sicuramente incidere positivamente nel **contenere** e **limitare la trasmissione diretta** dovuta al **droplet infetto**.



Queste goccioline rimangono **sospese nell'aria per distanze e tempi molto variabili**, dipendentemente dalla loro **dimensione** (e quindi il loro **peso**) e dal loro "**contenitore**", generalmente muco.

<sup>1</sup> Vedi <https://video.repubblica.it/dossier/coronavirus-wuhan-2020/coronavirus-mario-tozzi-pandemie-determinate-da-nostre-azioni-sull-ambiente/356531/357096> - Coronavirus, Mario Tozzi: "Pandemie determinate da nostre azioni sull'ambiente" - "Non come medico ovviamente né come biologo però qualche cosa come naturalista e studioso di questioni ambientali la posso dire a proposito di questo virus. È indubbio che le pandemie degli ultimi anni sono determinate dalle nostre azioni scriteriate sull'ambiente", è la denuncia del geologo e divulgatore scientifico Mario Tozzi - che chiama in causa soprattutto la deforestazione e l'inquinamento atmosferico - nel suo 'audiopensiero' per il Festival della Comunicazione di Camogli, che in attesa dell'evento in programma dal 10 al 13 settembre, ha reso disponibili gratuitamente sul sito internet [www.festivalcomunicazione.it](http://www.festivalcomunicazione.it) le riflessioni sulla pandemia in corso di molti intellettuali protagonisti della rassegna, da Gianrico Carofiglio a Paolo Crepet, da Marcello Flores a Federico Rampini.

## La recente ricerca sui Coronavirus

Ricercatori di **varie università europee e americane**, dopo una **ricerca**<sup>2</sup> mirata condotta da un gruppo di esperti nel campo della **dinamica dei fluidi**, tra cui **Alfredo Soldati**, ricercatore italiano della **TU Wien**<sup>3</sup> che ha firmato lo studio, hanno sviluppato un **nuovo modello di propagazione delle goccioline di saliva** che trasportano il **coronavirus**, evidenziando come queste possano essere trasmesse **per diversi metri e rimanere nell'aria più a lungo** di quanto sinora creduto in quanto; purtroppo ciò che oggi ben conosciamo della propagazione delle goccioline, deriva da **misurazioni vecchie di decenni**, relative agli altri coronavirus umani sinora più conosciuti in tutto il mondo, che sono sette e portano il "tassonomo" (o taxonimo):

- 1. 229E** (coronavirus alpha) è uno dei virus responsabili del raffreddore comune;
- 2. HCoV-OC43** (coronavirus beta) infetta l'uomo e il bestiame; insieme al coronavirus umano 229E, è uno dei virus responsabili del raffreddore comune;
- 3. Hcov-NL63** (coronavirus alpha) è una specie di coronavirus che ha una associazione con molti sintomi e malattie comuni che includono da lievi a moderate infezioni delle alte vie respiratorie, grave infezione delle basse vie respiratorie, groppa e bronchiolite;
- 4. HCoV-HKU1** (coronavirus beta) è una specie di virus originata da topi infetti; nell'uomo, l'infezione provoca una malattia respiratoria superiore con i sintomi del raffreddore comune, ma può progredire fino a polmonite e bronchiolite;
- 5. MERS-CoV** (il coronavirus beta che causa la Middle East Respiratory syndrome) è in grado di infettare esseri umani ed è responsabile della Sindrome respiratoria mediorientale da Coronavirus;
- 6. SARS-CoV** (il coronavirus beta che causa la Severe acute respiratory syndrome) è un coronavirus da sindrome respiratoria acuta grave, abbreviato in SARS-CoV è un ceppo virale all'origine dell'epidemia di SARS del 2003;
- 7. SARS-CoV-2** (il coronavirus che causa la COVID-19- Il coronavirus 2 da sindrome respiratoria acuta grave, abbreviato in SARS-CoV-2, è stato scoperto intorno alla fine del 2019. Si tratta del settimo coronavirus riconosciuto in grado di infettare esseri umani. Il nome ufficiale dato dall'Organizzazione mondiale della sanità alla sindrome causata dal virus è COVID-19 (abbreviazione dell'inglese COronaVirus Disease-2019).

Proprio per la vetustà di alcuni dati scientifici rilevati, al fine di avere più indicazioni possibili i ricercatori hanno unito le forze per sviluppare un **nuovo modello di propagazione e diffusione**, adattandolo alle nuove **necessità, ricerche e metodi** di misurazione al fine di cercare di **ridurre** il più possibile il **contagio**, attraverso **azioni preventive** sempre più efficaci, nonché consentire di meglio orientare la **medicina**.

In estrema sintesi: nel **modello comunemente accettato**, è fatta una **netta distinzione** tra **goccioline grandi** (comunemente definite **droplet**) e **piccole** (comunemente definite **aerosol**): le grandi vengono spinte verso il basso dalla gravità, quelle piccole si muovono in avanti quasi in linea retta ma evaporano molto rapidamente però non considera che, anche quando la gocciolina d'acqua è **evaporata**, rimane una **particella di aerosol**, che può contenere il virus, il quale è in grado di diffondersi su **distanze anche lunghe e rimanere nell'aria per lungo tempo**.

---

<sup>2</sup> Vedi <https://notizie.virgilio.it/mascherine-distanziamento-non-bastano-nuovo-studio-1434203> Lo studio, pubblicato sull'International Journal of Multiphase Flow, è stato realizzato da diversi gruppi di ricerca dell'Università di tecnologia di Vienna TU Wien, della Sorbona di Parigi, del Mit di Boston, dell'Università della Florida e della Clarkson University.

<sup>3</sup> Technische Universität Wien, Università tecnica, o Politecnico, di Vienna in Austria - vedi <https://www.tuwien.at/> oppure [https://de.wikipedia.org/wiki/Technische Universit%C3%A4t Wien](https://de.wikipedia.org/wiki/Technische_Universit%C3%A4t_Wien)

Ovvero si è riscontrato che una **particella** con un diametro di **10 micrometri** (la dimensione media dei droplet) **impiega quasi 15 minuti per cadere a terra o depositarsi sulle superfici** quindi rimane in **grado di diffondersi per tempi e spazi molto amplificati**.

In queste condizioni è facilmente possibile entrare in contatto con i **coronavirus**, compreso il **SARS-COV-2**, anche quando si osservano le **regole di distanziamento**.

A questo va aggiunto che le **mascherine “chirurgiche”**, pur **mantenendo un grado di protezione utile** perché **bloccano parte delle goccioline di grandi dimensioni** emesse nella **fase espettorante**, manifestano una minore efficacia di quello che generalmente si pensa.

In definitiva, i risultati della ricerca mostrano come **nessuna delle misure diverse dall’isolamento fisico**, ma anche con **DPI filtranti non adeguati**, possa fornire una **protezione garantita**.

Detto questo, vale la pena di citare come sul tema della **sicurezza** per le **mascherine chirurgiche** o di **comunità**, il **20 ottobre 2020** sia stato messo in onda su **“RAI3 Regione Veneto”**<sup>4</sup>, un servizio stampa che mette in evidenza come da un sequestro, effettuato dalla **Guardia di Finanza di Padova**, relativo a queste protezioni **prive di documentazione tecnica** e di **certificazione**, in alcuni lotti si sia rilevata la **presenza**, con una concentrazione che arriva fino a **2000 ppm (parti per milione)**, di **Diossido di Titanio**, diffusamente utilizzato nel settore industriale come **sbiancante**.

Nonostante il fatto che **questa sostanza** sia già **bandita in Francia**, perché considerata cancerogena, per la **manca di certezze** dovute al fatto che i **risultati analitici** e d’**indagine sanitaria** siano ancora **discordi** tra gli stati membri comunitari, nel resto d’Europa (compresa l’Italia) **non è ancora ritenuta pericolosa per la salute**.

## ► LA CONTAMINAZIONE IN AMBIENTI CHIUSI

### Ambienti indoor - Fattori contaminazione aerea da patogeni

Per ciò che attiene alla **permanenza del lavoratore in ambiente chiuso**, ai fini dell’obbligatoria **valutazione dei rischi**, è innanzitutto necessario effettuare una **precisa caratterizzazione** degli **ambienti chiusi occupati da lavoratori**.

Questo tipo di analisi deve necessariamente partire dall’individuazione degli **agenti patogeni possibili** potenzialmente presenti e dovrebbe essere stata eseguita già dal 1994, anno di emanazione del **Decreto legislativo 19 settembre 1994, n. 626** (il quale ha dato seguito alle indicazioni del decreto legislativo **15 agosto 1991, n. 277** sulle “indicazioni in materia di **protezione dei lavoratori** contro i **rischi** derivanti da **esposizione ad agenti** chimici, fisici e **biologici** durante il lavoro), per poi proseguire sull’indagine delle situazioni che possono portare i lavoratori a contatto di **agenti patogeni di vario tipo**<sup>5</sup>, a cui va necessariamente **aggiunto il SARS-CoV-2**, generante la patologia **COVID-19**

<sup>4</sup> Vedi [https://www.rainews.it/tgr/veneto/video/2020/10/ven-Coronavirus-Covid19-fase3-Veneto-Titanio-cancerogeno-nelle-mascherine-denuncia-Adiconsum-Veneto-82b06221-321b-4333-b97c-ddb1a6b5fc79.html?wt\\_mc=2.www.wzp.tgrveneto\\_ContentItem-82b06221-321b-4333-b97c-ddb1a6b5fc79.&wt](https://www.rainews.it/tgr/veneto/video/2020/10/ven-Coronavirus-Covid19-fase3-Veneto-Titanio-cancerogeno-nelle-mascherine-denuncia-Adiconsum-Veneto-82b06221-321b-4333-b97c-ddb1a6b5fc79.html?wt_mc=2.www.wzp.tgrveneto_ContentItem-82b06221-321b-4333-b97c-ddb1a6b5fc79.&wt)

<sup>5</sup> Vedi <https://www.uiltec.it/i-colori-della-sicurezza> - volumi n.6, “Il rischio in ufficio” in [https://www.uiltec.it/images/I\\_colori\\_della\\_sicurezza/manuali/SSL\\_Uiltec\\_n.6%20-%20Il\\_rischio%20in%20ufficio.pdf](https://www.uiltec.it/images/I_colori_della_sicurezza/manuali/SSL_Uiltec_n.6%20-%20Il_rischio%20in%20ufficio.pdf) e n.8, “Il rischio batteriologico in ambiente industriale” in [https://www.uiltec.it/images/I\\_colori\\_della\\_sicurezza/manuali/SSL\\_Uiltec\\_n.8%20-%20Rischio%20Batteriologico%20in%20ambiente%20industriale.pdf](https://www.uiltec.it/images/I_colori_della_sicurezza/manuali/SSL_Uiltec_n.8%20-%20Rischio%20Batteriologico%20in%20ambiente%20industriale.pdf)



→ Pertanto, le caratterizzazioni del fattore di contagio legato alla **patologia Covid-19** impongono una riflessione mirata in merito alla **prevenzione della diffusione di patogeni**, soprattutto negli **ambienti “indoor”**, spesso caratterizzati da **ventilazione forzata**.

Essendo la **tipologia dei luoghi potenzialmente interessati** da questo nuovo **patogeno notevolmente estesa**, in pratica **tutti i luoghi** dove c'è **presenza umana**, è praticamente impossibile fornire un elenco completo ed esaustivo però, per ciò che può essere d'utilità e limitandoci al **riferimento della presenza di aria con ventilazione forzata in ambiente di lavoro**, si può indicare come questi ambienti riguardino principalmente i locali adibiti a **ufficio** o nelle **sale** o **cabine di controllo** delle attrezzature o macchinari (compresi gli **abitacoli di semoventi** come gru con conduttore a bordo, trattori, carrelli elevatori o altro) va tenuto conto di **fattori** come la **presenza di correnti di aria e/o aria condizionata in ambienti chiusi**, che possono **aumentare sensibilmente il percorso del droplet e/o il suo accumulo** (per esempio, si pensi all'impianto di condizionamento di un'automobile utilizzata da più persone).

Difatti, va considerando come la **corrente di aria, generata** dal sistema **“climatizzatore”** o **“condizionamento”** possa, **“trasportando”** il virus, sia **aumentare il tragitto** percorso dalle particelle contagiose presenti in ambiente, sia il conseguente **contagio da deposizione** del droplet, proveniente dalla struttura dei **sistemi radianti** e di **distribuzione** e agli **impianti** stessi, (un esempio-guida è il famoso **“caso di trasmissione avvenuto in un ristorante a Guangzhou”**<sup>6</sup>, già nota come **Canton**, dove furono attentamente analizzati i **flussi dell'aria** all'interno dell'ambiente, evidenziando **percorsi di diffusione** e **aree di concentrazione** dipendenti dalla **velocità di emissione, conformazione dell'ambiente** e presenza di **persone**).

Per questi **elementi dinamici**, aggiuntivi alle **condizioni statiche**, nei **luoghi al chiuso (indoor)**, è necessario **garantire spazi maggiori** alla **distanza interpersonale** definita in condizioni standard, ovvero quelli già presi a riferimento dalle norme in essere, generalmente di **1 metro lineare**, con superficie ambientale, anche comprensiva delle deviazioni laterali, misurabile di **2 m<sup>2</sup>** (metri quadri di superficie lineare diretta, che diventano **5 m<sup>3</sup>** considerando il **volume** in riferimento all'**altezza della testa da terra**), **passando a 5 m<sup>2</sup> di superficie**, o **15 m<sup>3</sup> in volume totale**, con distanziamento interpersonale di **almeno 2 metri** (dati indicativi perché soggetti a molte variabili), in modo da **ridurre a livelli accettabili** l'eventuale possibile **contaminazione aerea**.

☞ Detto questo, come **riferimento di base** (standard), altri fattori possono giocare un ruolo estremamente importante nella qualità dell'aria e nella possibile trasmissione di **virus** e **batteri patogeni per l'uomo** negli **ambienti chiusi**, come:

- **Temperatura;**
- **Umidità;**
- **Ricambio dell'aria.**

**Temperatura** e **umidità** sono **fattori ambientali controllati** da normali settaggi delle apparecchiature, mentre per il **ricambio d'aria in volume** e il conseguente **tempo** necessario alla **rimozione efficiente** delle **particelle**, le esperienze disponibili sono riassumibili come da tabella sottostante, riportante i dati relativi al **volume d'aria di ricambio proporzionale all'estensione del locale**, e **tempo utile** a raggiungere il **99%** e il **99,9%** di **rimozione delle particelle virali**.

---

<sup>6</sup> Vedi [https://wwwnc.cdc.gov/eid/article/26/7/20-0764\\_article](https://wwwnc.cdc.gov/eid/article/26/7/20-0764_article)

Numero di ricambi d'aria/ora in volume	Tempo utile (in minuti) per rimozione part.vir. al 99%	Tempo utile (in minuti) per rimozione part.vir. al 99,9%
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

Per analizzare i fattori legati al ricambio dell'aria, va aggiunto un altro **fattore** oggi **presente** anche **nei luoghi di lavoro al chiuso**: l'**efficacia e frequenza respiratoria**.

Su questo aspetto, secondo uno **studio di Appa Bolzano** <sup>7</sup>, avviato per **caratterizzare la qualità dell'aria respirata indossando un dispositivo di copertura naso-bocca**, ha evidenziato come la **concentrazione di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) re-inalata indossando un mezzo di protezione delle vie respiratorie** (la percentuale di anidride carbonica espirata che viene re-inalata varia da un **minimo del 3%** per l'uso della **visiera**, a un massimo del **14%** per la mascherina di comunità) **influenza la respirazione stessa**.

Difatti in **ambiente ben ventilato o molto ampio**:

- dov'è presente un **ricambio con aria** esterna, la **CO<sub>2</sub> residua**, misurata all'interno della protezione, risulta essere **molto inferiore rispetto a quella espirata, dimostrando una migliore dispersione verso l'esterno** rispetto ai valori rilevati in **ambienti chiusi**;
- "in **ambienti chiusi, poco ventilati**, dove **soggiornano abitualmente più persone**, come ad esempio nelle aule scolastiche, bar, ristoranti, **uffici, sale di controllo** e altro, la **concentrazione di anidride carbonica** generalmente **aumenta molto velocemente**.

Questo deriva dal fatto che, indossando la mascherina, all'**anidride carbonica re-inalata** va **aggiunta** anche **quella presente nel locale chiuso** in cui si soggiorna, così alimentando un circolo vizioso. In questa situazione, è chiaro come sia **fondamentale** che il locale stesso debba avere **caratteristiche di ventilazione ottimali**", senza le quali i soggetti presenti in questi ambienti, dove l'**aumentata concentrazione di CO<sub>2</sub>** va necessariamente a **diminuire** quella dell'**ossigeno (O<sub>2</sub>)**, così generando anche un involontario **aumento della frequenza respiratoria**, cui sottende anche l'aumento della **probabilità di contagio da patogeni aerotrasportati**.

## I mezzi di prevenzione negli impianti chiusi a ventilazione forzata

Le recenti ricerche evidenziano come il potenziale di diffusione per via aerea di SARS-CoV-2, è proporzionale alla presenza di **small droplet** (goccioline espettorate di **misura piccola**), le quali sono più **abbondanti in quantità**, e sono **altamente trasmissibili** in **ambienti chiusi** a causa della maggiore "**volatilità e trasportabilità**" in presenza di un ricircolo d'aria ,ma con **meno carica virale**

<sup>7</sup> Vedi [https://www.snpambiente.it/2020/10/23/mascherine-e-qualita-dellaria-uno-studio-di-appa-bolzano/?utm\\_source=rss&utm\\_medium=rss&utm\\_campaign=mascherine-e-qualita-dellaria-uno-studio-di-appa-bolzano](https://www.snpambiente.it/2020/10/23/mascherine-e-qualita-dellaria-uno-studio-di-appa-bolzano/?utm_source=rss&utm_medium=rss&utm_campaign=mascherine-e-qualita-dellaria-uno-studio-di-appa-bolzano) - Lo studio, realizzato dal Laboratorio analisi aria e radioprotezione di Appa Bolzano, ha quantificato la percentuale di CO<sub>2</sub> re-inalata rispetto a quella espirata, prendendo in esame diverse tipologie di dispositivi di copertura naso-bocca: mascherina artigianale, chirurgica, FFP2 o KN95, visiera e scaldacollo"

potenziale del **large droplet** (goccioline espettorate di **misura e peso più elevati**), che **cadono rapidamente verso il basso** (situazione riportata anche nell'immagine di **Ian M. Mackay** prima riportata, che rappresenta una condizione standard all'aperto in assenza di vento).

Inoltre, in **ambienti chiusi con scarsa ventilazione esterna**, in presenza di **ventilazione forzata di tipo circolare** (il **riciclo che non esce dall'ambiente** ma continua a girare, rilanciata dalle ventole dell'apparecchiatura come, per esempio i diffusissimi condizionatori, termoventilatori o fancoil) è sicuramente un **fattore accumulante di small droplet**, con **incremento della carica virale** e la conseguente **contaminazione aerea**.

Quindi, negli **ambienti chiusi a ventilazione forzata**, meglio definiti come **"impianti aeraulici<sup>8</sup> con recupero e ricircolo d'aria"**, il valore del **riciclo dell'aria** può rappresentare un **fattore accumulante di small droplet<sup>9</sup>**, e i più efficaci **mezzi di prevenzione** sono sostanzialmente gestibili con:

1. L'**esclusione del ricircolo d'aria**.
2. L'**incremento del ricambio d'aria**.
3. La **programmazione e esecuzione di un regolare protocollo di bonifica e sanificazione<sup>10</sup>**

## **Contaminazione delle superfici da agenti/organismi patogeni**

**Per avere un quadro** chiaro sulla situazione, rispetto ai luoghi di lavoro all'aria aperta, nell'**ambiente indoor** i rischi specifici che sono da considerarsi più indicativi sono:

- ✓ **Le superfici** - dove si può **depositare**, anche per **lungo tempo di permanenza**, il **droplet** di fascia **grande** (large) e **media** (medium), praticamente interessando la stragrande maggioranza, se non **tutte le superfici dell'ambiente** per **deposito diretto** da caduta dopo l'**emissione da espettoramento umano** o da **trasporto con le mani** (o **altre parti del corpo**, tipo i glutei dopo seduta su sedie inquinate, o vestiti, o capelli, o molto altro) derivato da **precedente contatto con superfici inquinate**; durante le **pandemie**, infatti, le **superfici** rivestono senza dubbio un **ruolo importante nel diffondere i germi**, quindi il contagio, proprio perché il **trasporto "da contatto"** può **"viaggiare"** su **lunghe distanze**, dipendentemente dal **tempo legato alla capacità di contagio del virus** e dagli **spazi percorsi dal soggetto trasportatore**.
- ✓ **Gli impianti di condizionamento** - che possono sia **"lanciare e rilanciare"** il virus trasportato dal **flusso d'aria** generato, sia **formare agglomerati in concentrazione**, poi espulsi, comunque andando a **interessare** sia gli occupanti dell'**intero ambiente**, **indipendentemente dal mantenimento dei distanziamenti di sicurezza**, sia le **superfici più disparate del locale**.

Questi aspetti sono stati evidenziati in uno studio condotto nell'**Ospedale San Carlo di Milano<sup>11</sup>** e pubblicato online il 26 giugno 2020). Nello studio in questione è stata valutata la **contaminazione**

---

<sup>8</sup> Vedi <https://www.inail.it/cs/internet/attivita/prevenzione-e-sicurezza/conoscere-il-rischio/agenti-biologici/impianti-aeraulici.html> - La definizione di impianto aeraulico, secondo la norma UNI 10339:1995 è "Insieme di apparecchiature, dispositivi, accessori e controlli necessari per realizzare la desiderata qualità dell'aria nelle condizioni prefissate".

<sup>9</sup> Vedi la dimostrazione di questo fenomeno pubblicata in uno studio cinese, confrontando il rischio di infezione in autobus con e senza riciclo d'aria interno in <https://jamanetwork.com/journals/jamainternalmedicine/fullarticle/2770172>

<sup>10</sup> Vedi <https://www.ariasicura.it/igienizzazioni-e-sanificazioni-impianti-aeraulici-come-procedere/>

<sup>11</sup> Vedi <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7319646/> - Rilevazione dell'RNA di SARS-CoV-2 nell'aria e sulle superfici nel reparto COVID-19 di un ospedale di Milano. Questo studio ha valutato la contaminazione dell'aria e delle superfici da SARS-CoV-2 RNA nel reparto di isolamento COVID-19 dell'ospedale. Un totale di 42 campioni di aria e superficie sono stati raccolti all'interno di cinque diverse zone del reparto, comprese aree contaminate (area pazienti COVID-19), semi-contaminate (spogliatoio) e aree pulite. Nel complesso, il 24,3% dei campioni di tampone è risultato positivo, ma nessuno di questi è stato raccolto nell'area pulita. Pertanto, il tasso di positività era maggiore nelle aree contaminate (35,0%) e semi-contaminate (50,0%) rispetto alle aree pulite. Le superfici più contaminate erano



dell'aria e delle superfici da SARS-CoV-2 RNA in differenti zone di un reparto di isolamento COVID-19, e dai risultati ottenuti si evidenzia come le **maggiori concentrazioni di carica virale** sono presenti sulle **superfici** come **maniglie, tastiere, interruttori, touch screen, scaffali e apparecchiature mediche**, e in **percentuali nettamente superiori rispetto all'aria**.

La tabella a seguire stratifica per **dimensione** il **droplet** in misure crescenti, a cui fa corrispondere il numero delle particelle emesse nelle varie fasi di **velocità emissiva: starnuto, tosse e parlato**.

Diametro droplet espresso in micron	Numero particelle emesse con uno starnuto	Numero particelle emesse con colpo di tosse	Nuovo di particelle emesse durante il parlato
1-2	26000	50	1
2-4	160000	290	13
4-8	350000	970	52
8-16	280000	1600	78
16-24	97000	870	40
24-32	37000	420	24
32-40	17000	240	12
40-50	9000	110	6
50-75	10000	140	7
75-100	4500	85	5
100-125	2500	48	4
125-150	1800	38	3
150-200	2000	35	2
200-250	1400	29	1
250-500	2100	34	3
500-1000	1000	12	1
1000-2000	140	2	0

Dalla lettura dei **dati analitici** è facilmente deducibile come il **droplet**, una volta **emesso in ambiente chiuso**, in base al diametro, manifesta come:

- ♦ Più **le goccioline sono piccole** e maggiore è il **tempo di permanenza in aria** meno risentono delle **forze gravitazionali** e manifestano una **carica infettante** potenzialmente **più bassa** però, rimanendo per più tempo in aria, **aggregandosi ad altre particelle** della stessa natura, formando il cosiddetto **bio-aerosol**, possono **aumentare significativamente** la loro **quantità**, quindi anche la **probabilità del rischio da contagio**.
- ♦ Più il **diametro aumenta** più, per motivi gravimetrici, **precipitano velocemente** e **sedimentano** e hanno una carica infettante maggiore.
- ♦ Se ne deduce, in linea generale, che per quanto le **piccole goccioline permangono maggiormente in aria**, seguendo il flusso circolare dell'aria ambientale, mostrano una **pericolosità relativamente più bassa** rispetto a quelle che, precipitano (accompagnate anche

---

distributori di disinfettante per le mani (100,0%), apparecchiature mediche (50,0%), touch screen di apparecchiature mediche (50,0%), scaffali per apparecchiature mediche (40,0%), sponde del letto (33,3%) e maniglie delle porte (25,0%). Tutti i campioni d'aria raccolti dall'area contaminata, vale a dire l'unità di terapia intensiva e il corridoio, sono risultati positivi mentre l'RNA virale non è stato rilevato né in aree semi-contaminate né in aree pulite. Questi risultati hanno mostrato che la contaminazione ambientale non ha coinvolto aree pulite, ma i risultati supportano anche la necessità di una rigorosa disinfezione, igiene delle mani e misure protettive per gli operatori sanitari, nonché la necessità di precauzioni di isolamento per via aerea.

dalla caduta per perdita d'inerzia di quelle un po' più piccole) e si stabilizzano **sedimentandosi sulle superfici delle strutture circostanti**.

→ Da queste considerazioni, è possibile sintetizzare come che la **trasmissione diretta** (da **inalazione per respirazione**) avvenga prevalentemente mediante **small e medium droplet**, mentre quella **indiretta** (da **contatto con le superfici**, trasportato alle **vie respiratorie da vettori inquinati**) avviene per sedimentazione del **large e medium droplet**.

Ricercando l'origine del processo indicato, emerge come una delle cause principali della **diffusione del virus attraverso il droplet**, che normalmente fuoriesce dal **naso** e dalla **bocca**, sia durante le fasi di **espulsione violenta** derivata da **starnuti o tosse**, sia durante una **normale chiacchierata** (ma anche, in quantità estremamente più basse, durante la **normale respirazione**), con conseguente **contaminazione delle superfici** (sulle quali il droplet si posa per gravità) e delle **mani** (contaminate durante l'azione istintiva di copertura durante i colpi di tosse e gli starnuti, e poi con le stesse contaminate interagiamo con l'ambiente circostante).

## Quanto tempo restano attivi i patogeni in ambiente chiuso

La **medio-bassa carica virale** del **small droplet** e l'**alta carica** del **large droplet**, spiegherebbe anche il risultato di **molteplici studi** <sup>12</sup> che evidenziano **come il virus può rimanere infettivo negli aerosol per ore** mentre sulle **superfici fino a giorni**; in generale:

- **Aria**: occorrono circa **66 minuti** affinché si **dimezzi il numero delle particelle di virus vitali**. Il **25%** mantiene la **virulenza** dopo **poco più di un'ora** e il **12,5%** della carica virale **persiste dopo circa 3 ore**;
- **Superfici**: sull'**acciaio inossidabile**, per **dimezzare la carica virale sono necessarie ben più 5 ore**. Sulla **plastica**, l'emivita è di **poco meno di 7 ore**; sul **cartone**, invece, è di circa **tre ore e mezza**. Nel **rame**, la **carica virale si dimezza in 45 minuti**, più velocemente che altrove.

L'OMS <sup>13</sup>, relativamente al **contagio da Sars-Cov-2** attraverso **aerosol**, limita le **indicazioni precauzionali "airborne"** (traduzione: **in volo**) a **casi particolari**, cosa comprensibile perché la **trasmissione attraverso l'aria** non si può "**standardizzare**", soprattutto in **ambiente chiuso**, perché **soggetta** ad una notevole **quantità di variabili** (per esempio si pensi alla conformazione dell'ambiente, alla quantità e distribuzione delle persone, alla velocità e quantità volumetrica del riciclo d'aria e alla percentuale di aria fresca utilizzata, temperatura, umidità, manutenzione,

<sup>12</sup> Vedi <https://www.ars.toscana.it/2-articoli/4291-coronavirus-trasmissione-diffusione-permanenza-superfici-goccioline-aerosol-sospensione-aria.html> - Una sintesi dei principali articoli di letteratura internazionale ad oggi su trasmissione, diffusione e permanenza sulle superfici e nell'aria.  
<http://www.salute.gov.it/portale/nuovocoronavirus/dettaglioNotizieNuovoCoronavirus.jsp?menu=notizie&id=4778> - Covid-19, Iss: rapporto su sanificazione di superfici, ambienti e abbigliamento  
<https://www.unical.it/portale/portaletemplates/view/view.cfm?100083> - Università della Calabria, Coronavirus, quanto sopravvive sulle superfici? Ecco tutto quello che sappiamo finora (video)  
<https://www.milanosud.it/rispondono-gli-esperti-per-quanto-tempo-il-coronavirus-rimane-nellaria-e-sulle-superfici/> - Per quanto tempo il Coronavirus rimane nell'aria e sulle superfici. Rispondono medici e scienziati  
<https://www.certifico.com/sicurezza-lavoro/documenti-sicurezza/67-documenti-riservati-sicurezza/10746-covid-19-tempo-di-persistenza-ambienti-e-disinfettanti>

<sup>13</sup> Vedi

- [https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019?gclid=EAIaIQobChMltuLX0qnS7AIVitd3Ch2h4gTsEAAAYASAAEgI2pvD\\_BwE](https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019?gclid=EAIaIQobChMltuLX0qnS7AIVitd3Ch2h4gTsEAAAYASAAEgI2pvD_BwE)  
- <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/situation-reports>  
- [https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200816-covid-19-sitrep-209.pdf?sfvrsn=5dde1ca2\\_2](https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200816-covid-19-sitrep-209.pdf?sfvrsn=5dde1ca2_2)

disinfezione e pulizia di attrezzature e superfici, e molto altro), quindi è necessario tenerla in considerazione come **fattore di rischio**, soprattutto negli **ambienti indoor** con **impianti HVAC** <sup>14</sup>, per i quali sono riconosciute più **critiche le condizioni di ricircolo, ricambio e correnti d'aria**.

Quindi, al momento, le maggiori **raccomandazioni** riguardano la **trasmissione dei germi patogeni** via "large droplet" e quindi **attraverso superfici "inquinata"** da **deposito droplet** o da "**trasporto**" con **mani, abiti o oggetti** inquinati da **contatto**.

## Come valutare la trasmissione di patogeni negli impianti aeraulici

Quanto all'**incidenza** degli **impianti di climatizzazione** sulla **diffusione di virus**, compreso il SARS-CoV-2, va specificato innanzitutto che:

- **Impianti a tutt'aria esterna** - se la **presa di aria esterna** è **situata** in modo **consono** (per esempio, ben in alto e fuori dalla possibilità contaminante di affollamenti), i **canali aeraulici** non sono in grado di **introdurre**, in un ambiente chiuso, un **virus** presente all'**esterno**;
- **Impianti con ricircolo** - rappresentano un **problema rilevante** perché **riciclano l'aria** degli **ambienti** e la **reimmettono in ricircolo**, favorendo la **dispersione di eventuali patogeni** in altri **ambienti** e la **concentrazione di particelle inquinanti** sulle **superfici**.

Quindi, i **sistemi aeraulici** sono caratterizzati da **fattori di rischio di contagio aerei** da **valutare con estrema attenzione**, poiché la **movimentazione dell'aria** all'interno di un **ambiente indoor** potrebbe:

1. **Incrementare la gittata dei droplets** o determinare lo **spostamento delle goccioline da una zona all'altra dell'ambiente**;
2. **Investire altri occupanti favorendone il contagio**, anche se sono collocati in **zone posizionate oltre la "distanza di sicurezza"**;
3. **Accelerare la possibilità di raggiungere la carica virale** <sup>15</sup> **in tempi più stretti**, ovvero la **quantità di particelle contaminanti necessaria a attivare la malattia (Covid-19)**,

Il **rapporto ISS Covid-19 n. 33/2020** <sup>16</sup> reso disponibile dall'**Istituto Superiore di Sanità**, fornisce **alcune importanti indicazioni operative** per quanto riguarda la **gestione e l'utilizzo degli impianti di condizionamento dell'aria** negli **ambienti chiusi**:

### • A valle del sistema

- **Eliminare le funzioni di ricircolo dell'aria**, per evitare che i patogeni vengano trasportati nell'aria da un ambiente all'altro o da una zona all'altra;
- Garantire un **adeguato e periodico ricambio dell'aria aprendo finestre e balconi**;
- **Mantenere sempre attivi** (24 ore su 24 e 7 giorni su 7) ed alla velocità nominale o massima consentita (tranne che nelle ore notturne) gli **impianti di ventilazione meccanica controllata (VMC)**, che consentono il **rinnovo di aria attraverso il ricambio con l'esterno**;
- **Controllare** costantemente i **parametri microclimatici dell'aria indoor** (temperatura, umidità, velocità di aria e concentrazione di CO<sub>2</sub>);
- **Pulire e sanificare regolarmente** i **filtri** degli impianti.

<sup>14</sup> Vedi <https://it.wikipedia.org/wiki/HVAC> - HVAC è una sigla inglese, molto usata in tutti i campi dell'industria, che sta per Heating, Ventilation and Air Conditioning, ovvero "riscaldamento, ventilazione e condizionamento dell'aria"

<sup>15</sup> Vedi [https://www.uiltec.it/images/I\\_colori\\_della\\_sicurezza/manuali/SSL\\_Uiltec\\_n.12%20-%20Coronavirus%20Sars-Cov-2%20in%20ambiente%20di%20lavoro.pdf](https://www.uiltec.it/images/I_colori_della_sicurezza/manuali/SSL_Uiltec_n.12%20-%20Coronavirus%20Sars-Cov-2%20in%20ambiente%20di%20lavoro.pdf) – Capitolo "Come ci si ammala –l'elemento quantitativo e temporale", pagina 11 e successive del Manuale "Coronavirus SARS-CoV-2 in ambiente di lavoro"

<sup>16</sup> Vedi [https://www.iss.it/rapporti-covid-19/-/asset\\_publisher/btw1J82wtYzH/content/rapporto-iss-covid-19-n.-33-2020-indicazioni-sugli-impianti-di-ventilazione-climatizzazione-in-strutture-comunitarie-non-sanitarie-e-in-ambienti-domestici-in-relazione-alla-diffusione-del-virus-sars-cov-2.-versione-del-25-maggio-2020](https://www.iss.it/rapporti-covid-19/-/asset_publisher/btw1J82wtYzH/content/rapporto-iss-covid-19-n.-33-2020-indicazioni-sugli-impianti-di-ventilazione-climatizzazione-in-strutture-comunitarie-non-sanitarie-e-in-ambienti-domestici-in-relazione-alla-diffusione-del-virus-sars-cov-2.-versione-del-25-maggio-2020)

- **A monte del sistema**

- Adottare una **corretta e costante prevenzione** ottenuta da una **corretta ed efficace manutenzione degli impianti**, che includa anche una **regolare sanificazione dei canali aria** e di **ogni componente degli impianti**, al fine di **contenere il rischio di contaminazione dell'aria**, oltre dal **virus SARS-CoV-2**, anche da **virus e batteri patogeni**, e di altre **sostanze inquinanti**.

I **principali componenti** degli impianti di **ventilazione** e di **climatizzazione** che potrebbero **favorire il movimento dell'aria** in un ambiente indoor e che vanno debitamente **tenuti sotto controllo**, sono:

- **Unità di trattamento aria (UTA)**;
- **Ventilconvettori** o **unità terminali idroniche** del tipo **fan coil**;
- **Climatizzatori ad espansione diretta** o del tipo a **split**;
- **Climatizzatori portatili** monoblocco;
- **Cappe aspiranti** e a **ricircolo**.

In generale, per **tutti questi impianti** e per le **loro componenti** l'ISS raccomanda una **manutenzione ordinaria**, che comporti anche una **pulizia dei canali aria periodica**.

## **La sanificazione dei sistemi di condizionamento ad aria**

La **sanificazione delle apparecchiature, attrezzature e canalizzazioni d'aria**, è un'operazione volta alla **bonifica** e all'**igienizzazione** delle **macchine, strutture e condotte di condizionamento, ventilazione** e di **aerazione di ambienti confinati, ambienti di lavoro e uffici** e, in periodo di pericolo di **ammalarsi di Covid** da contagio, rendere l'**aria** all'interno più **sana, pulita e respirabile** è diventata anche un'**attività di vitale importanza**. Questo perché, per mantenere la buona **qualità dell'aria indoor**, è indispensabile per la **corretta gestione dello stato igienico-sanitario degli ambienti confinati in cui si lavora** e **mantenere nel miglior stato possibile gli impianti di aerazione e ventilazione** aiuta anche a **prevenire** ed a **contrastare** la diffusione di **batteri e virus**, adottando un **programma** d'interventi che sia in grado di **contenere il rischio epidemiologico** in ambienti indoor, garantendo:

1. L'**efficienza** degli **impianti** stessi;
2. L'**eliminazione** di **inquinanti, allergeni, batteri e virus** presenti nei condotti e negli elementi scambiatori;
3. La **salubrità** dell'**aria** e dell'**ambiente confinato**;
4. La **pulizia delle superfici esposte** degli **impianti di climatizzazione e ventilazione** sia sempre **integrata** con una **pulizia e sanificazione di tutte le superfici dell'ambiente** (pavimenti, vetri, arredi e altro).

Queste **condizioni controllate**, oltre al **primario obiettivo** di **migliorare il rischio di esposizione biologica** consentirà, alle persone interessate, anche di **operare** in modo più **sereno**, meno **stressato** e **più produttivo**.

## **La normativa di riferimento per la sanificazione aeraulica**

Sulla **normativa** relativa alla **sanificazione aeraulica**, il primo documento cui fare riferimento è il **Decreto Legislativo n.81 del 2008**, anche detto "**Testo unico in materia di salute e sicurezza nei luoghi di lavoro**".

Come già ampiamente risaputo, questo decreto **obbliga il datore di lavoro ad eseguire tutte le valutazioni del rischio di natura chimica, fisica, biologica e organizzativa della propria struttura** quindi, ad eseguire una **valutazione dei rischi anche a livello impiantistico dei sistemi di condizionamento.**

In particolare all'**Allegato IV – Requisiti dei luoghi di lavoro**, capitolo 1.9 “Microclima”, è inserita la nota punto **1.9.1.4**, che meglio specifica quanto già previsto dal **D. Lgs. 19 settembre 1994, n.626, articolo 33 “Adeguamenti di norme”**<sup>17</sup> (che a sua volta riportava i contenuti dello storico **DPR 19 marzo 1956, n. 303 “Norme generali per l'igiene del lavoro”, articolo 9 “Aerazione dei luoghi di lavoro chiusi”**<sup>18</sup>), ovvero:

- “**Gli stessi impianti devono essere periodicamente sottoposti a controlli, manutenzione, pulizia e sanificazione per la tutela della salute dei lavoratori.**”

Nel successivo punto **1.9.1.5** è chiaramente indicato:

- “**qualsiasi sedimento o sporcizia che potrebbe comportare un pericolo immediato per la salute dei lavoratori dovuto all'inquinamento dell'aria respirata deve essere eliminato rapidamente.**”

Inoltre, ecco **alcuni riferimenti normativi sui protocolli di gestione e manutenzione degli impianti di ventilazione e climatizzazione:**

- **Rapporto ISS COVID-19 n. 33/2020**<sup>19</sup> del 25.05.2020 – Indicazioni sugli **impianti di ventilazione e/o climatizzazione in strutture comunitarie non sanitarie** e in ambienti domestici in relazione alla diffusione del **virus SARS-CoV-2.**
- **Linee guida per la definizione di protocolli tecnici di manutenzione predittiva sugli impianti di climatizzazione**<sup>20</sup> – del Ministero della Salute;
- **DECRETO del Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato del 7 luglio 1997, n.274**<sup>21</sup> - Regolamento di attuazione della **Legge 25 gennaio 1994, n. 82**<sup>22</sup> - “Disciplina delle attività di pulizia, disinfezione, disinfestazione, derattizzazione e sanificazione”.

## **Il SARS-CoV-2/CoViD-19 visto esclusivamente in ambienti al chiuso**

Le argomentazioni sinora espresse, portano a precisare come, secondo le più recenti esperienze in merito all'**aerotrasmisione dei patogeni**, sia rilevabile una **intima relazione fra qualità dell'aria in ambiente chiuso (o indoor) e livello igienico** relativo principalmente agli **impianti di condizionamento (o aeraulici)**, già individuate da tempo con evidenze scientifiche, ma ulteriormente e attentamente **approfondite** relativamente al ruolo del **droplets** e alle sue **dinamiche di movimento nell'ambiente chiuso** e in funzione delle **correnti d'aria naturali e artificiali**, collegabili con precisi **fattori di rischio** che, in **ambiente indoor** si evidenziano almeno in **6 fattori** principali che determinano le **dinamiche** e le **probabilità di contagio**:

1. La sanificazione degli **ambienti**, in quanto **azione preventiva** al permettere al **droplet** di entrare nel ciclo dell'**aerotrasporto**, una volta “asciugato” dall'involucro umido che normalmente lo trattiene sulle superfici interessate dalle **emissioni umane di aerosol contaminato**;
2. La **distanza interpersonale o distanziamento**;
3. La **durata degli incontri o tempo di esposizione**;

<sup>17</sup> Vedi [https://it.wikipedia.org/wiki/Decreto legislativo 19 settembre 1994, n. 626](https://it.wikipedia.org/wiki/Decreto_legislativo_19_settembre_1994,_n._626) per le spiegazioni, oppure <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/1994/11/12/094G0610/sg> per il testo

<sup>18</sup> Vedi [http://www.unipd-org.it/rls/Universita%20Padova/Riferimenti%20normativi/DPR\\_303-56.pdf](http://www.unipd-org.it/rls/Universita%20Padova/Riferimenti%20normativi/DPR_303-56.pdf)

<sup>19</sup> Vedi [https://www.iss.it/documents/20126/0/Rapporto+ISS+COVID-19+33\\_2020.pdf/f337017e-fb82-1208-f5da-b2bd2bf7f5ff?t=1590768137366](https://www.iss.it/documents/20126/0/Rapporto+ISS+COVID-19+33_2020.pdf/f337017e-fb82-1208-f5da-b2bd2bf7f5ff?t=1590768137366)

<sup>20</sup> Vedi [http://download.acca.it/BibLus-net/VecchiAllegatiBiblus/Termotecnica/Manutenzione Climatizzazione\\_84.pdf](http://download.acca.it/BibLus-net/VecchiAllegatiBiblus/Termotecnica/Manutenzione_Climatizzazione_84.pdf)

<sup>21</sup> Vedi <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/1997/08/13/097G0306/sg>

<sup>22</sup> Vedi <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/1994/02/03/094G0082/sg>



4. Il **numero dei presenti** nell'ambiente chiuso o assembramento;
5. La **ventilazione** o **ricambio dell'aria**;
6. La **presenza di maschere facciali**, o **trattenuta del droplet** (effetto barriera tipico della maschera chirurgica), o **filtrazione** (tipica delle mascherine filtranti, per esempio la FFP2).

Utilizzando il metodo "CATE" (Covid Airborne Transmission Estimator)<sup>23</sup>, che si basa su di un algoritmo complesso, sono stati considerati vari **scenari di vita quotidiana "indoor"**, per esempio: aule scolastiche, bar, ristoranti o luoghi dove si verificano incontri vari tra persone.

Partendo da questi calcoli, è emersa un'analisi del rischio da **esposizione a agenti patogeni aerotrasportati** generale che, in sintesi, si divide in **3 categorie**: rischio **altissimo**, **alto** e **basso** a seconda della **presenza**, o meno, **dei fattori citati**.

<b>Rispetto dei corretti criteri di:</b>	<b>Rischio altissimo</b>	<b>Rischio alto</b>	<b>Rischio basso</b>
Sanificazione ambienti e mani	<b>NO</b>	SI	SI
Distanza interpersonale e/o assembramenti	<b>NO</b>	SI	SI
Tempo di esposizione o incontro	<b>NO</b>	<b>NO</b>	SI
Utilizzo di maschera chirurgica	<b>NO</b>	SI	SI
Ventilazione o Ricambio aria	<b>NO</b>	<b>NO</b>	SI

Analizzando lo scenario schematico, si nota come la **probabilità di contagio elaborata indoor**, dipenda dall'**applicazione delle regole** relative a tutti i **fattori di precauzione e/o prevenzione**, ma (si veda la colonna relativa al rischio alto) **principalmente** dai due fattori legati al **tempo di esposizione** e dal **ricambio dell'aria**, non escludendo le altre variabili prima elencate. Quindi, negli **ambienti non all'aperto**, questi fattori sono da considerarsi **elementi di riferimento essenziali** nel **determinare il potenziale rischio di contagio**.

Comunque, prendendo ad esempio misurazioni effettuate nella condizione (simulata con punti di emissione e campionamento con micropolveri di adeguata misura secondo il modello scientifico spiegato nella metodologia) che vede **6 persone, una delle quali è infetta**, riunite in un **ambiente ristretto** (casa privata) i dati generali emersi si orientano su tre scenari:

<b>Scenario A</b>
Indipendentemente dal fatto che le distanze di sicurezza siano mantenute, se le sei persone trascorrono <b>quattro ore insieme a parlare ad alta voce, senza indossare una maschera facciale in una stanza senza ventilazione, cinque saranno infettate.</b>
<b>Scenario B</b>
Se si <b>indossano maschere di tipo chirurgico</b> (quindi a "barriera" e scarsamente filtranti), <b>quattro persone</b> sono a rischio di infezione; rivelando come le <b>maschere</b> di questo tipo, tra l'altro tra le più diffusamente utilizzate, da sole <b>non prevengono l'infezione se l'esposizione è prolungata.</b>
<b>Scenario C</b>
<b>Il rischio di infezione scende molto al di sotto di uno</b> , praticamente "zero", quando il gruppo <b>utilizza maschere facciali filtranti</b> (per esempio FFP2 o N95), <b>riduce della metà la lunghezza temporale della riunione e arieggia lo spazio utilizzato.</b>

In generale, questa situazione **confrontata** con misurazione effettuata in **spazi esterni** mette in evidenza come il coronavirus si diffonda nell'aria, soprattutto negli spazi interni, ma può essere

<sup>23</sup> Vedi <https://cires.colorado.edu/news/covid-19-airborne-transmission-tool-available> - Strumento stima la trasmissione aerea del SARS-COV-2 in luoghi pubblici indoor attraverso l'uso di un nuovo modello basato su di un complesso algoritmo.

riconotta alla situazione all'esterno, applicando più rigidamente **tutte le misure disponibili** per combattere l'**infezione aerotrasportata tramite aerosol**: nello specifico l'utilizzo di **maschere filtranti** al posto **delle chirurgiche**, **riduzione dei tempi di esposizione**, **arieggiamento continuo** o **utilizzo di flussi di ricambi d'aria meccanici adeguati**.

## Elementi di valutazione dei rischi da contagio indoor

Allo stato attuale, le autorità sanitarie riconoscono i **tre seguenti veicoli** (sottolineati) di **trasmissione del Coronavirus**, divisi nelle **due "tipologie"** relative all'**aerosol** e ai **droplets**:

1	La trasmissione tramite <b>aerosol</b> , ovvero l' <b>inalazione diretta</b> di <b>particelle infettive</b> piccolissime, esalate da soggetto infetto che, una volta lasciata la bocca, <b>si comportano in modo simile al fumo di sigaretta</b> : <b>senza ventilazione</b> o <b>ricambio d'aria "efficaci"</b> , gli aerosol rimangono <b>sospesi nell'aria</b> e, con il passare del tempo, si concentrano (aumenta la densità stessa dell'aerosol) sempre più e quindi, con il tempo <b>aumenta la loro capacità contaminante</b> .
2	I <b>piccoli droplets</b> emessi quando si <b>parla</b> , discute, canta, si tossisce o starnutisce, possono finire negli <b>occhi</b> , nella <b>bocca</b> o nel <b>naso</b> delle persone poste nelle vicinanze sia in modo <b>diretto</b> (trascinati dall' <b>emissione del flusso espiratorio</b> più o meno violento) che <b>indiretto</b> (con l'ausilio del <b>trasporto meccanico</b> verso i ricettori prima indicati, con le mani o materiali contaminati). Quando si parla di " <b>droplets</b> ", normalmente si tratta di particelle più grandi della dimensione media di 200 micrometri perché, pur identiche all'aerosol, sono <b>rivestite</b> di quantità variabili di <b>muco polmonare</b> che ne aumenta anche il peso, le quali, a causa dei flussi d'aria espettorati, <b>cadono</b> più o meno velocemente a terra o sulle superfici esposte in pochi secondi.

## Le dosi quantitative utili al contagio

In primavera, all'**inizio della pandemia**, ci si concentrava sul fatto che le **grandi goccioline "droplet"** espulse dal sistema respiratorio, soprattutto nell'atto della **tosse** o dello **starnuto** (entrambi **metodi naturali** di **pulizia del sistema respiratorio**) fossero il **principale veicolo di trasmissione** e quindi le attenzioni delle autorità sanitarie non si sono concentrate sulla **trasmissione di aerosol**, ma recenti pubblicazioni scientifiche hanno impegnato l'**Organizzazione mondiale della sanità (OMS)**<sup>24</sup> e **Centers for Disease Control and Prevention (CDC)**<sup>25</sup> a **riconoscere** anche l'**importanza** di questo **veicolo di contagio**.

Un articolo sulla prestigiosa rivista "**Science**" ha rilevato come ci siano "**prove schiaccianti**" che la trasmissione aerea sia una "**via di trasmissione principale**" per il coronavirus, e il **CDC ora osserva** che, "in determinate condizioni, sembrano aver **infettato altri che erano a più di sei piedi (due metri) di distanza** all'interno di **spazi chiusi** che avevano una **ventilazione inadeguata**, mentre la persona cantava o si allenava".

<sup>24</sup> Vedi

<http://www.salute.gov.it/portale/rapportiInternazionali/menuContenutoRapportiInternazionali.jsp?lingua=italiano&rea=rapporti&menu=mondiale>

<sup>25</sup> Vedi <https://www.cdc.gov/>

“Le epidemie di Coronavirus in occasione di **eventi** e in **luoghi** come **bar** e **ristoranti** rappresentano un **numero importante di contagi in contesti sociali**. Inoltre, sono le più **esplosive**: **ogni focolaio in una discoteca** infetta in **media 27 persone**, rispetto alle **sole sei** durante le **riunioni di famiglia**, in condizioni meno agitate e affannose”, riportando anche un esempio di rilievo dati calcolato e simulato “in un ambiente riferito a un **bar di media ampiezza**, la **capacità di accoglienza** è stata simulata **ridotta al 50%** di quella ordinaria, ovvero 15 clienti e 3 membri del personale; le finestre sono chiuse e non c’è ventilazione meccanica:

- Se **non sono prese misure protettive**, si manifesta la probabilità che ben 14 delle persone presenti siano infettate dopo quattro ore.
- Se le **maschere sono utilizzate in modo coerente**, il rischio di infezione scende a otto nuovi casi.
- Se i **locali sono ventilati**, cosa che si può fare con un buon condizionatore, e **il tempo trascorso al bar sarà breve**, ovvero quello necessario alla sola consumazione, c’è la probabilità che solo una persona sia infettata”.

Oggi, le nuove esperienze suggeriscono che anche nell’atto di **respirare, parlare, cantare, e gridare** (volontariamente elencati in sequenza crescente) in **ambienti chiusi** per un **periodo di tempo prolungato** aumenta il **rischio di contagio** in quanto questi **aerosol aerei**, se non “**diluiti**” attraverso la ventilazione, in tempi relativamente brevi diventano sempre più **concentrati**, generando una **condizione** che progressivamente il **rischio d’infezione**.

I ricercatori che hanno utilizzato il **prima citato metodo algoritmico di simulazione “CATE”<sup>26</sup>** hanno dimostrato come questi **aerosol** (con **esclusione dei droplets** riportati al punto 2 della tabella precedente) possono **infettare** le persone, anche se dotate di **mascherine chirurgiche (non a filtro e non “a tenuta”)** che **trascorrono più minuti nel raggio di cinque metri da una persona infetta**, secondo la **durata** e la **natura dell’interazione**, il tutto confrontato alla condizione del **solo respiro in uno spazio chiuso per un’ora**:

1. **Parlando** emettiamo **10 volte** il numero di particelle espirate.
2. **Parlando ad alta voce** emettiamo **50 volte** il numero di particelle espirate.
3. **Gridando o cantando** una persona con la Covid-19 rilascia **1.500** dosi infettive.

---

<sup>26</sup> Per calcolare la probabilità di trasmissione tra persone in situazioni “a rischio”, si è utilizzato il CATE - Covid Airborne Transmission Estimator - sviluppato da un gruppo di scienziati guidato dal professor José Luis Jiménez dell’Università del Colorado ed esperto di chimica e dinamica delle particelle d’aria. Questo strumento ha lo scopo di evidenziare l’importanza delle misure che ostacolano la trasmissione degli aerosol. Il calcolo non è esaustivo né copre tutte le innumerevoli variabili che possono influenzare la trasmissione, ma serve a illustrare come il rischio di contagio possa essere abbassato cambiando le condizioni su cui abbiamo il controllo.

Durante le simulazioni i rilevatori mantengono la distanza di sicurezza consigliata, ma possono essere infettati se tutte le possibili misure preventive non vengono applicate contemporaneamente: corretta ventilazione, accorciamento degli incontri, riduzione del numero di partecipanti e indossare maschere facciali. Lo scenario ideale, qualunque sia il contesto, sarebbe all’aperto, dove le particelle infettive si diffondono rapidamente.