



Linee Guida

Impianti di purificazione dell'aria per prevenire la diffusione del Coronavirus

(per la gestione degli impianti di medio - grande dimensione dedicati agli ambienti di grande affollamento quali centri commerciali, uffici pubblici di grandi dimensioni, cinema, teatri, aerostazioni, stazioni marittime, banche, uffici postali, alberghi, ristoranti ecc ...)

Versione del 22 luglio 2020

Autori del documento

Dott. Ing. Antonio Spinazzola
Dott. Ing. Alessandro Nanni
Dott. Ing. Maurizio Malvaldi
Dott. Ing. Paolo Rosabianca

Con la collaborazione del Dr. Claudio Zingoni, Tecnico della Prevenzione nell'Ambiente e nei Luoghi di Lavoro

1. Indice

2. Premessa

3. Modalità di trasmissione del contagio da Coronavirus

3.1 -Considerazioni di carattere tecnico -scientifico sulle modalità con cui può essere veicolato in ambiente il coronavirus

3.2 -Velocità di caduta libera di una particella all'interno dell' aria .

4. Impianti di ventilazione e condizionamento dell'aria e loro possibile influenza nel contagio

4.1-Profilo nel tempo della concentrazione di un inquinante in ambiente di lavoro per effetto del ricircolo di una quota variabile di aria.

4.2-Criteri generali di idoneità dei Sistemi filtranti

5. Approccio probabilistico -Classificazione del Rischio

6. Scelta della strategia più efficace - Il principio della massima cautela

7. -Considerazioni sulla idoneità dei sistemi filtranti da applicare ad impianti dimensioni medio - grandi

7.1 -Abbattimento del bioaerosol

7.2 - Il trattamento dell'aria condizionata canalizzata con radiazioni UV-C

8. -Schemi semplificati di diverse tipologie di impianti

9.- Ventilazione dell'aria in ambiente ospedaliero alla luce del rischio di infezione da Covid 19

9.1 -Conclusioni sulle tecniche da adottare per il trattamento dell'aria.

10.-Ruolo della manutenzione degli impianti-Protocollo da adottare per una loro corretta gestione e manutenzione. Sanificazione degli impianti.

10.1 Manutenzione ordinaria e sanificazione degli impianti di condizionamento e/o ventilazione

10.2 -Normativa applicabile

10.3 -Sanificazione

10.4 -Manutenzione Ordinaria

10.5 -Indicazioni per la manutenzione e la sanificazione degli impianti

10.6 - Ambienti con sistema di raffrescamento con condizionatori

11.-Normativa generale di riferimento

12.-Riferimenti bibliografici e normativi

2 -PREMESSA

La riapertura in sicurezza di tutte le attività pone per i soggetti professionali l'impegno di dare un contributo attivo al contenimento dei rischi di contagio da coronavirus.

Fra questi gli Ingegneri vogliono essere in prima linea ritenendo di doversi assumere il ruolo di professionista di riferimento ed indirizzo nella gestione degli impianti già installati, curandone la corretta esecuzione delle operazioni di manutenzione, la regolazione delle apparecchiature a servizio, e indirizzando verso le buone pratiche (es. la sanificazione e l'adozione di sistemi filtranti idonei, la chiusura, nel caso, delle serrande di ricircolo etc..), sempre nel rispetto del criterio della massima precauzione.

A seguito dell'emergenza Coronavirus e la conseguente uscita dei Rapporti n.5 e 19 e 33 dell'ISS sono già stati pubblicati numerosi documenti che ne interpretano i contenuti con lo scopo di consigliare per il meglio i gestori degli impianti e delle attività .

Questo opuscolo vuole, pur limitando il suo campo di azione, fornire spunti di riflessione indicando un percorso che porti a soluzioni concrete le problematiche indotte in particolare sugli impianti di aspirazione e condizionamento dell'aria destinati a strutture di media e grande dimensione (supermercati, strutture sanitarie, cinema, teatri, banche etc...) che per la necessità di ottemperare alle giuste condizioni di sicurezza possono andare incontro a difficoltà pratiche che rischiano di penalizzare la funzionalità degli impianti stessi.

Alla base delle valutazioni effettuate si trova la corretta applicazione delle leggi della fisica che regolano il movimento delle particelle nell'ambiente e negli impianti, con un richiamo ai principi della Ventilazione Industriale che ha permesso, definite le caratteristiche fisiche con le quali il virus si presenta, di descrivere matematicamente e in modo rigoroso le modalità con cui può diffondersi nell'ambiente aria così da identificare meglio le soluzioni che saranno tanto più efficaci quanto più si dimostreranno sostenibili e semplici da adottare.

Lo stato attuale degli impianti e delle strutture pur essendo realizzati in modo rispettoso delle norme in vigore non può essere, come è naturale che sia, perfettamente adeguato a fare fronte alle esigenze di una emergenza come quella che stiamo vivendo.

Si è sentito quindi il dovere di approfondire quelli che potrebbero essere i punti deboli del sistema impianti - strutture .

Quanto sopra convinti che la messa a regime della fase 3 costituisca anche una occasione per fare un salto di qualità o quantomeno favorire un ulteriore miglioramento delle strutture e degli impianti a servizio delle attività produttive.

In questa ottica abbiamo apprezzato, condividendolo, il lavoro svolto dai colleghi e dai collaboratori che hanno contribuito alla stesura del presente documento ai quali va il nostro sentito ringraziamento.

Dott. Ing. Maurizio Malvaldi, presidente dell'Ordine degli Ingegneri di Livorno

Dott. Ing. Achille Dall'Aglio, presidente dell'Ordine degli Ingegneri di Lucca

3 - Modalità di trasmissione del contagio da Coronavirus

3.1 Considerazioni di carattere tecnico -scientifico sulle modalità con cui può essere veicolato in ambiente il coronavirus

Le particelle infettanti del SARS-CoV-2, veicolate attraverso l'aria, si possono presentare come singole unità di carica infettante virale oppure come aggregati di singole unità virali.

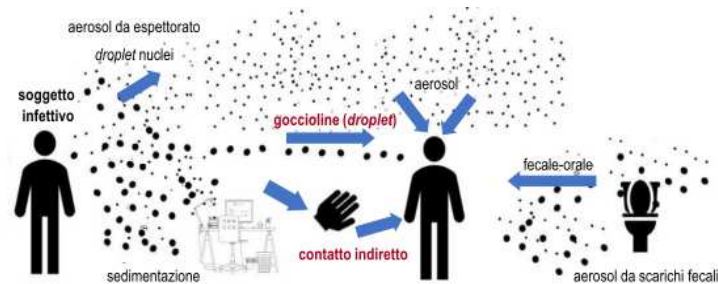


Fig. Modalità di trasmissione del contagio

E' stato appurato che il Meccanismo di trasmissione avviene:

- per contatto
- per inalazione
- per contatto con superfici

Da ciò deriva la necessità di adottare

- misure di distanziamento
- uso delle mascherine
- uso di guanti ecc.

Allora dobbiamo porci la domanda: la particella decade verso terra, oppure rimane in linea di galleggiamento?

Ci viene incontro a tale proposito la trattazione contenuta nel paragrafo che segue che si richiama alle leggi della fisica,

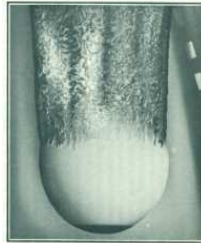
3.2 Velocità di caduta libera di un corpo all'interno di un mezzo (aria)

Nel nostro caso viene considerata, come ovvio, la caduta di una particella di saliva (assimilabile ad acqua) all'interno di un fluido che è rappresentato dall'aria.

Si fanno le seguenti osservazioni:

- Il solido è rappresentato da minute particelle di acqua (cui si assimila la saliva emessa);
- Il fluido (aria) è incompressibile;

- La forza che provoca il moto verso il basso è data da $F' = ma = mg - w_g - FR'$ dove $w_g =$ spinta idrostatica, $w =$ massa di fluido spostata dalla particella $FR' =$ forza resistente dovuta all'attrito (in questo caso dell'aria).



Il caso più semplice da prendere in considerazione è quello del moto viscoso o laminare.

Nella fattispecie, Stokes dimostrò che $FR' = 3\pi Dv\mu$, dove D è il diametro della particella, μ è la viscosità del fluido (in questo caso dell'aria), e v è la velocità della particella rispetto al fluido.

Si ottiene una velocità media di caduta

$$V_m = (\rho_L - \rho_G) D^2 g / 18\mu$$

dove $D =$ diametro delle particelle, ρ_L e ρ_G sono rispettivamente la densità della goccia di saliva (assimilabile ad acqua pura) e dell'aria, g è l'accelerazione di gravità.

Preso atto della più probabile distribuzione dei diametri, compresi tra 5 e 500 micron, si può provare a valutare le rispettive velocità di caduta delle particelle per alcuni valori dei diametri.

Alla temperatura di 20°C per una particella del diametro di 20 micron si ha:

$$\rho_L = 1000 \text{ Kg/m}^3$$

$$\rho_G = 1,188 \text{ Kg/m}^3$$

$$\mu = 18,24 \text{ Kg/m sec}$$

$$V_m = 9,81 \times (1000 - 1,188) \times 20^2 \times 10^{-12} / 18 \times 18,24 \times 10^{-6} = 11,95 \times 10^{-3} \sim 0,012 \text{ m/s}$$

Fonte:

G. G. Brown, “*Le operazioni fondamentali dell'industria chimica*” Cap. 7 moto dei solidi in seno ai fluidi.

Coulson and Richardson “*Chemical engineering*” vol. II, cap. 4 motion of particles in a fluid

Trattandosi di una variazione direttamente proporzionale al quadrato dei diametri, a parità di tutte le altre condizioni si può prevedere quanto riportato nella tabella seguente.

D [micron]	$V_m \times 10^{-3}$ [m/s]
5	0,75
10	3,00
20	12,00
50	75,00
100	300,00
200	1.200,00
300	2.700,00
400	4.800,00
500	7.500,00

Ci accorgiamo che la velocità di caduta delle particelle per i diametri compresi tra 20 e 500 micron varia fra (0,012 e 7,5) m/sec, e se ne deduce che le particelle emesse a ~ 1,6 m di altezza (altezza media da terra della bocca e del naso) impiegano tempi di caduta al suolo molto diversi tra loro.

In condizioni di aria stazionaria il tempo di caduta al suolo si può assumere pari a

$$t_m = 1,6 / V_m \text{ [sec]}$$

con valori che variano da 0,2 sec (500 micron) a 133 sec cioè 2,2 min (20 micron), fino a raggiungere tempi di caduta di 533 sec (~ 9 min) per le particelle da 10 micron e 2133 sec cioè 35 min per le particelle da 5 micron, valori che trovano peraltro riscontro nella tabella associata al rapporto ISS n.33 del 25 maggio 2020.

Tabella 2. Destino delle *droplet* (goccioline) emesse durante la respirazione, la tosse, lo starnuto o attività similari

Diametro <i>droplet</i> (μm)	Tempo di sedimentazione entro 5 "feet" (1,524 m)	Tempo di evaporazione a 18°C e U.R. 50%	Classificazione	Destino stimato	Rischio stimato
0,5	24-41 h	0,0 s	Small <i>droplet</i>	Evaporano prima di cadere al suolo, con eventuale formazione di bioaerosol di <i>droplet</i> nuclei	Carica infettante potenziale minima ma di lunga durata in aria in ambiente chiuso
1	7-12,0 h	0,0 s			
2	2,2-3,1 h	0,0 s			
3	1,1-1,5 h	0,0 s			
5	26-31 min	0,1 s			
10	7,9-8,2 min	0,2 s			
20	2,2-2,3 min	0,8 s			
50	22,5-28,6 s	4,5 s	Medium <i>droplet</i>	Sedimentano al suolo prima di evaporare entro una gittata che dipende dalla velocità di emissione	Carica infettante potenziale media dipendente dalle condizioni ambientali (temperatura, umidità, turbolenza, ecc.)
80	9,1-12,6 s	10,9 s			
100	5,8-8,6 s	16,5 s			
160	2,4-3,8 s	39,8 s	Large <i>droplet</i>	Sedimentano al suolo entro breve distanza	Carica infettante potenziale elevata ma di brevissima durata in aria
200	1,6-2,6 s	60,4 s			
500	0,3-0,5 s	5,6 min			
1000	0,1-0,2 s	21 min			

Modificata da: Xie, et al. How far droplets can move in indoor environments - revisiting the Wells evaporation-falling curve. *Indoor Air*. 2007;17(3):211-225. doi:10.1111/j.1600-0668.2007.00469.x e da ASHRAE Position Document on Infectious Aerosols Approved by ASHRAE Board of Directors April 14, 2020

Si può pertanto ipotizzare che le particelle al di sotto dei 20 micron di diametro rimangono praticamente sempre in sospensione.

Sempre con riferimento a quanto riportato nel rapporto ISS n.33 del 25 maggio 2020, la probabilità che una gocciolina contenga virioni è direttamente proporzionale al suo volume, per cui la capacità di produrre contagio è maggiormente legata alle droplet di diametro maggiore che, come abbiamo visto si depositano velocemente al suolo e sulle superfici

Tuttavia, con riferimento alla Tabella 3 del medesimo rapporto

Tabella 3. Distribuzione dimensionale composta per goccioline con diametro aerodinamico $\geq 1 \mu\text{m} \leq 2000 \mu\text{m}$ espulse durante starnuti, tosse e parlato (misura sperimentale standardizzata mediante soggetto che conta da 1 a 100)

Diametro droplet in μm	Particelle emesse con uno starnuto	Particelle emesse con un colpo di tosse a bocca chiusa	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

Modificata da: Duguid JP. The size and the duration of air-carriage of respiratory droplets and droplet-nuclei. *J Hyg (Lond)* 1946;44(6):471-9.

* Prova sperimentale standardizzata mediante la misura dell'emissione di soggetti che parlano, contando da 1 a 100

si osserva che sotto il profilo probabilistico la maggior parte delle emissioni in forma particellare si trova nella gamma dei diametri compresi tra 2 e 24 micron ossia in quelle goccioline che permangono a lungo in sospensione, formando bioaerosol.

Poiché infatti nell'ambiente si tende ad assumere in genere una velocità minima di movimentazione dell'aria pari a 0,25 - 0,5 m/sec, si può valutare la distanza orizzontale percorsa dalle particelle liquide prima di toccare il suolo.

Una particella da 20 micron in 133 sec percorre $(0,25 \times 133) \sim 30$ m.

Sotto l'influenza del movimento delle persone, dei mezzi, della ventilazione naturale dell'aria e di quella forzata indotta anche dagli impianti, parte del bioaerosol rimane in sospensione e quindi ha buone probabilità di entrare nel circuito dei condizionatori.

Pertanto, gli impianti di climatizzazione e di ventilazione possono mitigare o acuire il rischio di contagio aerogeno.

Infatti, la movimentazione dell'aria può incrementare la gittata delle gocce o determinare lo spostamento dell'aerosol verso una diversa porzione dell'ambiente, investendo altri occupanti e favorendone il contagio.

L'immissione di aria esterna determina una diluizione dei patogeni, riducendo la carica virale media e quindi la probabilità di contagio, mentre il ricircolo può diventare fonte di rischio.

Il rapporto n. 33 dell'ISS prevede infatti a tal fine dove possibile la chiusura del ricircolo, precisando che quando è raccomandata l'esclusione a tenuta d'aria del ricircolo, la semplice chiusura della serranda in genere non è sufficiente ma è necessario un intervento di occlusione a tenuta d'aria della stessa sezione di ricircolo.

4-Impianti di ventilazione e condizionamento dell'aria e loro possibile influenza nel contagio

4.1 -Profilo nel tempo della concentrazione di un inquinante in ambiente di lavoro per effetto del ricircolo di una quota variabile di aria – Sistemi filtranti idonei

Stabilito che una buona parte delle particelle emesse rimangono in linea di galleggiamento, si conclude che le stesse possono essere catturate e veicolate all'interno dell'eventuale impianto di aspirazione ricircolo e condizionamento dell'aria, qualora lo stesso sia presente, per cui è utile comprendere come la concentrazione dell'inquinante all'interno del locale risenta nel tempo della variabilità dei parametri che ne regolano la conduzione.

Facendo un bilancio materiale sul volume di ambiente interessato, si ottiene:

$$\text{Accumulo} = \text{Entrata} + \text{Generazione} - \text{Uscita}$$

da cui nel nostro caso

$$V \cdot dC/dt = P_B \cdot C_B + Q_{GEN} - P_B \cdot C_C$$

Dove

V è il volume dell'ambiente;

C sono le concentrazioni che dovranno essere calcolate per passaggi successivi nelle diverse sezioni del sistema;

P è la portata dell'aria.

dC/dt si può assimilare a $(C_i - C_{i-1}) / (t_i - t_{i-1})$ nell'intervallo di tempo Δt che possiamo assumere unitario (1h).

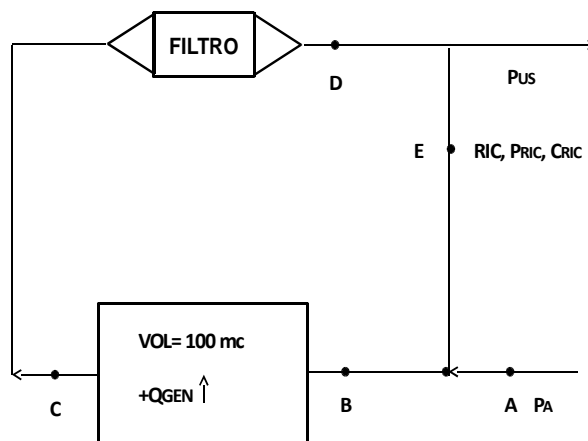


Fig. A -schema semplificato del sistema locale - impianto - filtro

La dimostrazione che faremo sarà di tipo qualitativo e verrà fatta facendo uso di un semplice modello matematico che simula i bilanci materiali che avvengono tra ciascuna sezione del sistema schematizzato nella figura di cui sopra e che descrive gli effetti sulla concentrazione dell'inquinante a seguito della immissione di aria pulita dall'esterno in un locale all'interno del quale viene ipotizzata una sorgente di contagio (capace di liberare X cariche virali/hr) identificata come QGEN.

Successivamente si potrà considerare o meno la possibilità di inserire un impianto per la riduzione delle cariche virali con un diverso rendimento depurativo.

L'aria potrà essere espulsa all'esterno completamente oppure riciclata in parte dopo miscelazione con l'aria pulita esterna.

L'obiettivo è comprendere, dimostrandolo matematicamente, se il ricircolo determina o meno concentrazione dell'inquinante nel tempo oppure l'effetto contrario, così da apportare certezze sull'argomento dibattuto.

Facendo riferimento allo schema di fig.A il calcolo della concentrazione dell'inquinante nel tempo è rappresentabile in modo semplice procedendo a partire dall'ambiente di lavoro in sequenza per successivi bilanci materiali ad intervalli orari attraverso la seguente formula che si richiama a quella di tipo generale indicata in precedenza:

$$C_{1 \text{ vol}} = (\text{Vol} * C_{0 \text{ vol}} + P_B * C_B + Q_{\text{GEN}}) / (\text{Vol} + P_B)$$

Dove:

P_B è la portata a valle del punto di miscelamento = (Ric + Paria est.);

Ric è la portata di Ricircolo;

Paria est. è la portata di aria esterna pulita;

$C_{0 \text{ vol}}$ è la concentrazione iniziale nel volume del locale;

$C_{1 \text{ vol}}$ è la concentrazione all'ora successiva;

$$C_B \text{ (concentrazione dopo miscelamento)} = [(Ric * C_{ric}) + (P_{ariaest} * C_{ariaest})] / P_B ;$$

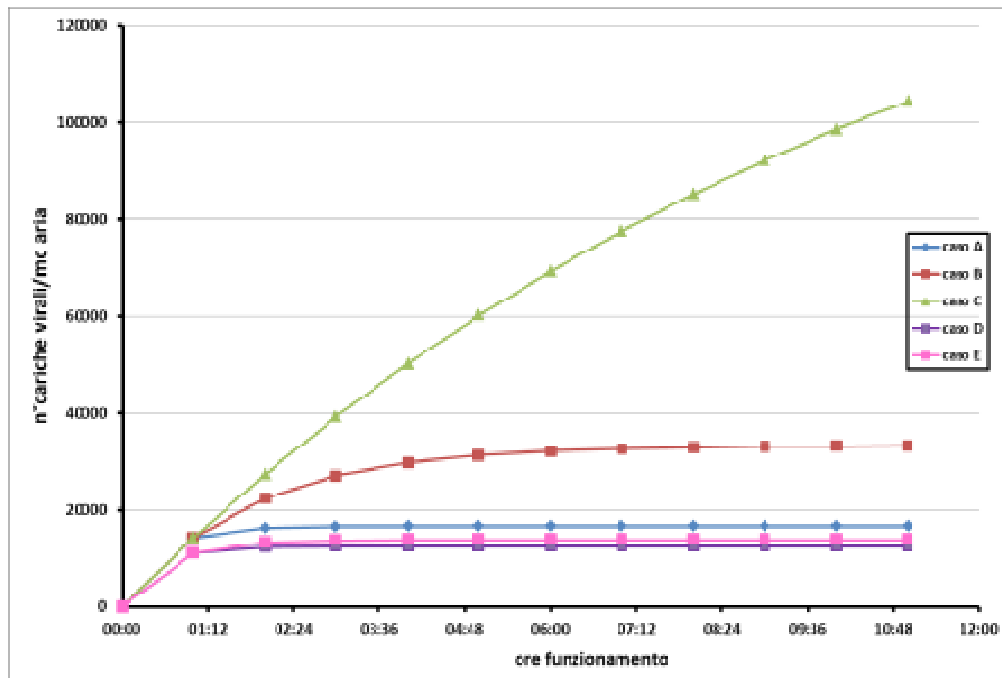
C_{ric} è la concentrazione nella corrente di ricircolo.

$C_{ariaest}$ (corrispondente all'aria pulita esterna) = 0.

Non si deve commettere l'errore di massimizzare il termine al denominatore aumentando la portata di Ricircolo ritenendo che ne derivi un effetto di diluizione .

Tale circostanza, come vedremo, si verifica solo se si aumenta la portata di aria pulita esterna in quanto l'effetto del ricircolo si fa sentire al numeratore nel termine ($P_B * C_B$).

Bene ha fatto quindi l'ISS a sottolineare la necessità della chiusura del ricircolo là dove sia tecnicamente realizzabile.



Rappresentazione del profilo di concentrazione nei casi descritti

Interpretando le ultime disposizioni contenute nei documenti emanati dalla Conferenza Stato - Regioni si può pensare di venire meno a questa indicazione solo se la soluzione ipotizzata porterà ad un miglioramento della situazione di Riferimento (Caso A).

I casi considerati sono rappresentati nel grafico di cui sopra che li ricomprende.

Caso A) - tutta aria esterna con la quale si garantiscono 6 Ricambi del volume del locale con aria pulita. La curva verrà presa a riferimento e confrontata con quelle corrispondenti ai casi successivi.

Caso B) - in questo caso si mantengono i volumi totali di aria immessa nel locale, ma si riduce al 50% la quota di aria pulita prelevata dall'esterno a vantaggio del ricircolo.

Il peggioramento della concentrazione del nostro inquinante indesiderato è evidente.

Caso C) - si mantengono i volumi totali di aria riimmessa nel locale, ma si riduce ulteriormente fino al 10% la quota relativa all'aria pulita esterna a vantaggio del ricircolo. Il peggioramento è ancora più evidente.

La simulazione matematica condotta per i casi B e C giustifica la scelta operata dall'ISS di indicare la chiusura della serranda del ricircolo come azione di massima sicurezza per i lavoratori e/o soggetti che comunque possono accedere ad un locale che presenta tali condizioni operative in quanto si verifica un chiaro effetto di concentrazione e non di diluizione dell'inquinante.

Caso D) - con il quale si portano i Ricambi di aria pulita prelevata dall'esterno ed immessa nel locale da 6 ad 8. Come era facilmente prevedibile si abbassa ulteriormente la concentrazione rispetto a quella di Riferimento.

Vediamo cosa succede con il successivo

Caso E) - quando si ipotizza di operare garantendo di immettere gli 8 volumi di aria all'interno del locale, ma si riduce la quota prelevata pulita dall'esterno al 50% a vantaggio del ricircolo.

In questo caso viene ipotizzato però di sottoporre l'aria alla purificazione attraverso l'uso di un idoneo sistema (es. Filtro assoluto con aggiunta di una sezione di sterilizzazione capace di raggiungere rendimenti depurativi reali dal 80% fino al 99% che come è ovvio rappresenta l'obiettivo che dobbiamo conseguire).

In quest'ultimo caso si concretizza un effetto migliorativo rispetto al caso A) molto simile a quello descritto con il caso D) e quindi si può considerare, se realizzabile, da accettare come eventuale proposta alternativa alla chiusura delle serrande di ricircolo.

E' evidente che questa ipotesi di lavoro debba essere dimostrata fattibile nella realtà, e documentata analiticamente efficace ed efficiente con test di prova certificati. Dovrà altresì essere accompagnata da idonei sistemi di controllo dei parametri gestionali che garantiscono le performance, e quindi prima di essere messa in atto deve avere il via libera da parte dell'ISS.

4.2 - Criteri generali di idoneità dei Sistemi filtranti

Partendo dal presupposto che nella realtà in alcuni ambienti particolari (sale operatorie, reparti con presenza di infetti, pur precisando che in questi ultimi casi si interviene solo sull'aria esterna senza consenso al ricircolo, ed altre particolari applicazioni dove si richiede un altissimo grado di purezza dell'aria immessa in circolo) questa possibilità è concessa a livello normativo se sono presenti idonei sistemi di filtrazione e sterilizzazione, ci siamo chiesti se abbinando il grado di rendimento depurativo garantito

da tali apparecchiature e materiali si possa rientrare nei requisiti di massima sicurezza.

Come abbiamo visto, la risposta, in linea teorica è positiva e facilmente dimostrabile attraverso la semplice applicazione di un bilancio materiale tra le diverse sezioni dell'impianto.

Poichè dobbiamo confrontarci con un inquinante veicolato da minutissime gocce di saliva, non solide, facilmente sminuzzabili, per di più soggette a secondo delle condizioni microclimatiche a processi di condensazione o di evaporazione, bisogna essere consapevoli che una volta intercettate nei sistemi di filtrazione possono sempre intervenire fenomeni fisici quali il trascinarsi delle particelle a valle del filtro che riducono il rendimento depurativo dello stesso.

Di conseguenza può essere valutata la possibilità di deumidificare l'aria prima del filtro assoluto per garantirne più a lungo un rendimento elevato, e comunque devono essere associate anche idonee sezioni di sterilizzazione (es. con lampade UV/C) del materiale intercettato prima della riimmissione in ambiente.

Nulla vieta che anche altri sistemi di filtrazione e sterilizzazione dell'aria possano essere utilizzati purchè sia documentabile in modo certo l'efficacia con alti rendimenti nei confronti del Coronavirus.

Fermo restando che allo stato attuale devono essere messe in atto tutte le misure previste nel recente documento approvato dalla conferenza stato regioni, ivi compresa la chiusura dei ricircoli dell'aria se tecnicamente possibile, ne consegue che a nostro avviso l'ISS potrà sempre valutare, in alternativa alla chiusura del ricircolo e solo per alcune applicazioni dove sussistono condizioni che lo rendono praticabile e necessario per la presenza di condizioni di sovraffollamento (supermercati, condomini, uffici pubblici, alberghi, scuole, cinema, teatri...), l'adozione di sistemi di filtrazione assoluta dell'aria abbinati ad una successiva idonea sezione di sterilizzazione oppure altri sistemi di pari efficacia.

La stessa Regione Toscana si è espressa con l'emanazione dell'Ordinanza n.65 del 10 giugno 2020 aprendo a tale possibilità nel momento in cui sottolinea che occorre favorire il ricambio d'aria negli ambienti interni.

In ragione dell'affollamento e del tempo di permanenza degli occupanti, dovrà essere verificata l'efficacia degli impianti al fine di garantire l'adeguatezza delle portate di aria esterna secondo le normative vigenti. In ogni caso, l'affollamento deve essere correlato alle portate effettive di aria esterna.

Per gli impianti di condizionamento è obbligatorio, se tecnicamente possibile, escludere totalmente la funzione di ricircolo dell'aria. In ogni caso vanno rafforzate ulteriormente le misure per il ricambio d'aria naturale e/o attraverso l'impianto, e va garantita la pulizia, ad impianto fermo, dei filtri dell'aria di ricircolo per mantenere i livelli di filtrazione/rimozione adeguati.

Se tecnicamente possibile, va aumentata la capacità filtrante del ricircolo, sostituendo i

filtri esistenti con filtri di classe superiore, ma garantendo il mantenimento delle portate.

A nostro avviso si deve interpretare in modo più ampio il concetto dell'aumento della capacità filtrante con la garanzia che deriva dall'abbinamento ad una sezione di sterilizzazione.

5 .Approccio Probabilistico - Classificazione del rischio

Siamo tutti concordi nel classificare il rischio indotto dal Coronavirus per le caratteristiche tossicologiche, le modalità di diffusione, il vasto ambito territoriale interessato, nonché il danno provocato ad una popolazione numerosa, come un Evento ad Alto Rischio Potenziale.

Importante in questo senso richiamare la definizione di agente biologico da art 267 comma a) del D.Lgs 81/08, che risulta giustamente omnicomprensiva, classificando come agente biologico *“qualsiasi microorganismo, anche se geneticamente modificato, coltura cellulare ed endoparassita umano che potrebbe provocare infezioni, allergie o intossicazioni”*.

Esistono tuttavia, come ben noto, diversi gradi di patogenicità e di virulenza

E dunque gli agenti biologici, con riferimento anche all'articolo 268 del Testo Unico, sono suddivisi in quattro gruppi di rischio ed il nostro caso è classificabile nel Gruppo 4 in quanto:

1. **Agente biologico del gruppo 4:** “un agente che può provocare malattie gravi in soggetti umani e costituisce un serio rischio per i lavoratori e può presentare un elevato rischio di propagazione nella comunità; non sono disponibili di norma efficaci misure profilattiche e terapeutiche”.

Una volta accertato che si ricade nel gruppo 4 per la gravità del rischio ci sembra ovvio che andranno attuate tutte quelle attività che permettono di attenuare la diffusione del virus.

6 - Scelta della strategia più efficace - Principio della massima cautela

Per quanto detto in precedenza bene ha fatto l'ISS., in prima analisi, a definire una strategia che ha portato ad adottare misure che offrissero la massima garanzia di tutela della salute, richiamando in tal senso il Principio della Massima Cautela.

Considerato poi che il rischio è distribuibile su più componenti in quantità percentuali diverse, certe ma non ben definibili in valore assoluto, e in particolare riconducibile a

- 1) inalazione di goccioline di saliva umana emessa;
 - 2) contatto ravvicinato e diretto con persone infette;
 - 3) contatto con superfici contaminate dal virus;
 - 4) inalazione di goccioline veicolate da impianti di ricircolo dell'aria condizionata;
- all'interno del rapporto n.5 l'ISS ha indicato azioni conseguenti di tipo preventivo da

adottare come strategia di contenimento nel contesto di una situazione di emergenza.

In particolare nelle Linee di indirizzo per la riapertura delle Attività economiche e produttive recentemente emanate dal Governo su indicazione dell'ISS al fine di garantire i ricambi ottimali di aria esterna si conclude sulla necessità di escludere il ricircolo.

Questa necessità è condivisibile ed è stata sempre da noi sostenuta come misura da adottare nell'emergenza, ma nel frattempo, come ingegneri, ci dobbiamo porre anche un'altra domanda: "Esistono percorsi alternativi che ci offrano perlomeno lo stesso grado di sicurezza?"

Inoltre non dobbiamo dimenticare che stiamo operando per ridurre contemporaneamente l'entità e la probabilità che il rischio si concretizzi, che l'adozione dell'insieme di tutte le misure vada in questa direzione e che molta importanza nella gradazione delle misure da adottare assume quindi anche il fattore affollamento, tanto che questo concetto è giustamente sottolineato nel Rapporto n.33 dell'ISS adattando ai diversi casi l'entità delle misure.

7 -Considerazioni sull' idoneità dei Sistemi filtranti da applicare ad impianti di dimensioni medio - grandi

7.1 – Abbattimento del bioaerosol

Per quanto noto ad oggi, il meccanismo di propagazione del coronavirus nell'aria è legato alla propagazione delle droplet sulle quali si annida. Ci troviamo pertanto di fronte ad un bioaerosol, per quanto disperso, che può essere veicolato nelle condotte di ventilazione.

Il metodo comune di abbattimento degli aerosol è l'utilizzo di filtri HEPA e ULPA.

Il processo si basa pertanto sul principio di allontanamento del virus mediante abbattimento delle droplet che costituiscono appunto il veicolo di diffusione dell'agente patogeno.

Con il termine filtro HEPA (dall'inglese High Efficiency Particulate Air filter) si indica un particolare sistema di filtrazione ad elevata efficienza di fluidi - liquidi o gas.

I filtri HEPA fanno parte della categoria dei cosiddetti "filtri assoluti", a cui appartengono anche i filtri ULPA (Ultra Low Penetration Air). Il termine "filtro assoluto" è giustificato dal fatto che i filtri HEPA e ULPA hanno una elevata efficienza di filtrazione. In particolare, i filtri HEPA presentano un'efficienza di filtrazione compresa tra l'85% (H10) e il 99,995% (H14), mentre i filtri ULPA presentano un'efficienza di filtrazione tra il 99,9995% (U15) e il 99,99995% (U17).

In accordo alle norme UNI EN 1822. sono raggruppati in 5 classi (da H10 ad H14) con caratteristiche prestazionali crescenti.

Le classificazioni dei filtri ad alta efficienza fanno riferimento alla norma EN 1822.

Trattandosi però di filtrazione di un liquido in un gas, resta il dubbio che l'efficienza di tali filtri possa rimanere alta a causa della coalescenza delle droplet una volta catturate con possibili fenomeni di ulteriore trascinamento a valle del filtro delle particelle di dimensioni più ridotte.

Si propone pertanto una riflessione sull'impiego in generale di un sistema supplementare che comunque intervenga prima del filtro per deumidificare l'aria entrante.

L'aria di ricircolo, filtrata e possibilmente disidratata, è opportuno che sia ulteriormente trattata mediante bombardamento a raggi UV/C prima di essere miscelata con l'aria proveniente dall'esterno. Questa tipologia di purificazione dell'aria viene esaminata nel dettaglio per l'importanza che può rivestire nel paragrafo che segue.

Qualora l'espulsione dell'aria esausta facesse prevedere il rischio di trasferimento all'esterno di potenziali fonti di contagio, si può valutare l'opportunità di un trattamento mediante convogliamento dell'aria in un bruciatore per la termodistruzione.

In sintesi esistono più possibili trattamenti di sterilizzazione (raggi UV/C, vapore ..) che possono essere impiegati comunque con costi sostenibili ad integrazione dei filtri attualmente in uso che nello specifico devono essere indirizzati verso l'utilizzo di materiali perlomeno di classe H14 come consigliano l'ISS e le norme di buona tecnica.

7.2 – Il trattamento dell'aria condizionata canalizzata con radiazioni UV-C

I sistemi centralizzati di aria condizionata, per la presenza del ricircolo dell'aria, possono distribuire ovunque agenti contaminanti (virus e batteri).

Il fenomeno, altamente probabile, è causato dalle possibili carenze della filtrazione tradizionale, cattiva manutenzione, e da presenza di sporco e umidità nelle condotte.

Il rapporto dell'ISS n.25/2020-versione 15 maggio 2020, in merito all'utilizzo dei raggi ultravioletti riporta quanto segue.

Tipicamente, le lampade germicida utilizzate in sistemi di sterilizzazione hanno emissione dominante intorno alla lunghezza d'onda di 253 nm (nanometri). Vengono in genere filtrate le componenti con lunghezza d'onda inferiore a 250 nm, per prevenire il rischio di produzione di Ozono. In questi casi la lampada è definita "ozone free".

La radiazione UV-C ha la capacità di modificare il DNA o l'RNA dei microorganismi impedendo loro di riprodursi e quindi di essere dannosi. L'azione virucida e battericida, dei raggi UV-C è stata dimostrata in studi sul virus MHV-A59, un analogo murino di MERS-CoV e SARS-CoV-1.

I Raggi UV funzionano con il Coronavirus Sars-Cov-2?

Al momento non sono disponibili test specifici sulla resistenza agli UV del Coronavirus SARS-Cov-2, sono però da sottolineare alcuni esempi di letteratura scientifica circa il

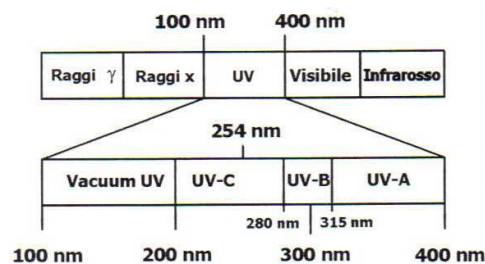
trattamento UV-C di virus molto simili, come quello della SARS-1 o della MERS.

Si stima che il virus Coronavirus SARS-CoV-2 possa sopravvivere sulle superfici fino a nove giorni sulla base della sua somiglianza a SARS e MERS.

La tecnologia UV è risultato uno strumento valido nella lotta contro H1N1, SARS, MERS e ora potrebbe esserlo anche contro COVID-19.

La porzione ultravioletta dello spettro elettromagnetico possiede delle caratteristiche utilmente sfruttabili in numerose applicazioni.

In particolare, nel trattamento dell'aria, è importante la capacità dei raggi ultravioletti di interagire con determinate specie chimiche a livello molecolare.



L'azione biocida della radiazione ultravioletta di tipo UV-C (cioè avente lunghezza d'onda compresa tra 280 e 100 nm) dipende dal danneggiamento delle molecole di DNA del microrganismo esposto.

Negli impianti canalizzati, gli emettitori di raggi ultravioletti possono essere installati in diverse localizzazioni, principalmente all'interno dei canali ed in corrispondenza delle unità di trattamento aria.

In genere, è consigliabile privilegiare l'installazione nelle UTA, dove è maggiore la probabilità di sviluppo per muffe e colonie batteriche (ad es. Legionella), a causa della probabile presenza di condensa.

Inoltre, nelle unità di trattamento vi sono condizioni più favorevoli dal punto di vista della velocità dell'aria, che rappresenta uno dei fattori più critici per un efficace dosaggio dell'irradiazione determinando la durata dell'esposizione sui microrganismi in transito.

Determinazione del dosaggio e dimensionamento

Ogni microrganismo possiede una propria sensibilità specifica all'irraggiamento UV/C. In letteratura esistono diverse tabelle che elencano il valore individuale, per le principali specie batteriche, fungine e virali, del coefficiente "k", espresso in m² trattabili per ogni Joule (Watt per secondo) irraggiato. Più basso è il valore di k, maggiore è la resistenza del microrganismo ai raggi ultravioletti.

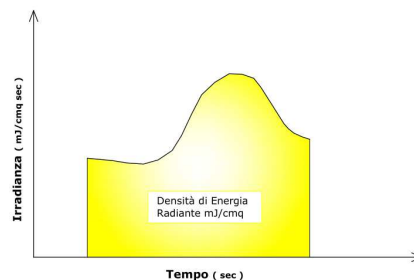
Senza entrare nello specifico della progettazione dei sistemi radianti, ci possiamo limitare ad evidenziare alcuni concetti fondamentali.

Irradianza (Intensità)

Espressa in watts o milliwatts per centimetro quadrato (W/cm^2 o mW/cm^2) che possono anche esprimersi in $\text{mJ}/\text{cm}^2\text{s}$;

Potenza radiante totale di tutte le lunghezze d'onda (da tutte le direzioni) incidenti sull'unità di superficie (cm^2);

Densità di Energia Radiante Espressa in joules o millijoules per centimetro quadrato (J/cm^2 o mJ/cm^2)



Molto più complessa, rispetto alla sterilizzazione di una superficie, è la determinazione della dose assorbita dai microrganismi trasportati dal flusso d'aria, perché entrano in gioco molte altre variabili (disomogeneità della distribuzione dei bersagli, turbolenza del flusso, variazioni nella riflettività delle pareti, ecc.).

A tale proposito è consigliabile tenere una velocità dell'aria di progetto più bassa possibile (non superiore a 1 m/s). Infatti, al crescere della velocità, diminuisce notevolmente la dose di UV/C assorbita dai microrganismi e si riduce in modo sensibile anche il rendimento della lampada esposta al flusso.

Inoltre, è utile prevedere l'utilizzo di una o più lampade tubolari poste centralmente alla condotta, con l'asse maggiore coincidente con la direzione del flusso.

Bisogna osservare poi che l'energia erogata non corrisponde mai alla dose effettivamente assorbita dal microrganismo che è sempre minore (per effetto di mascheramento, turbolenza, ecc.).

Per questo motivo, si dovrà aggiungere al valore teorico un margine di sicurezza (almeno 10÷15% rispetto alla dose teorica).

La potenza emessa dalla radiazione UV/C è calcolata in funzione della portata d'aria in maniera che la dose erogata sia sufficiente a inibire la duplicazione del DNA distruggendo i microrganismi.

Al momento sappiamo che SARS e virus influenzali simili hanno una dose di inattivazione tra gli 8.000 e 20.000 microJ/cm², e che quindi si potrebbe sperimentare un sistema partendo per sicurezza da valori erogati superiori a 20.000 microJ/cm².

Tuttavia, grazie a uno studio dell'Istituto Nazionale di Astrofisica e Università degli Studi di Milano, svolto in collaborazione con l'Istituto Nazionale dei Tumori di Milano e l'Irccs Fondazione Don Gnocchi di Milano, è stato possibile valutare sperimentalmente gli effetti virucidi dell'irradiazione UV/C sul virus Sars-Cov-2, per diverse dosi di illuminazione e concentrazioni del virus.

Lo studio sperimentale ha permesso di stabilire quale livello di illuminazione garantisce sia l'inattivazione del virus che l'inibizione della sua replicazione.

Dopo un'accurata campagna di test condotti presso l'ospedale Sacco di Milano, i ricercatori hanno scoperto che una dose UV/C di soli 3.7 mJ/cm² è sufficiente per ottenere un'inattivazione di un fattore mille su un campione la cui densità del virus è paragonabile a quella osservata nell'infezione da SARS-COV-2, mentre una completa inibizione di tutte le concentrazioni virali è stata osservata con 16.9 mJ/cm².

Nota la densità dell'energia radiante fornita dal sistema di lampade installate (mJ/cm²) possiamo ottenere il tempo di esposizione necessario e di conseguenza il tempo di permanenza relativo alla camera di esposizione in rapporto alla portata dell'aria da trattare.

Pur rimanendo in attesa di dati esatti per l'inattivazione di un flusso di aria, l'Istituto di Ricerca di cui sopra precisa inoltre che:

«I livelli di abbattimento richiesti nella disinfezione sono sempre abbastanza elevati. Il fattore 1000, che si ottiene con la dose minima UV/C, vuole dire avere eliminato il 99.9 per cento del virus che è un ottimo risultato per molte applicazioni, ma in alcuni ambiti ospedalieri non è sufficiente. Bisogna arrivare a 99.99 per cento, quindi 10 mila. In questi casi si dovrà aumentare la dose UV/C fornita.

Il risultato ottenuto è molto positivo soprattutto perché la dose UV/C non è molto elevata. Questo significa che in un sistema di disinfezione di questo tipo, potrebbero essere sufficienti pochi secondi di trattamento per avere una buona disinfezione della superficie utilizzando lampade di adeguata potenza».

Quanto sopra avvalorerebbe la scelta di consigliare questa applicazione soprattutto per impianti di medio grandi dimensioni presenti in attività quali cinema, teatri, supermercati etc.. (fonte MEDIA INAF)

Ovviamente, tutti i dati sopra riportati relativi alla dose efficace sono relativi ad ipotesi di lavoro e vanno di conseguenza testati su impianto pilota.

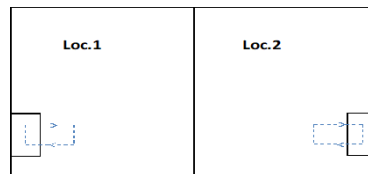
È giusto ricordare inoltre che l'utilizzo dei raggi UV/C non è da intendersi come sostitutivo all'uso dei disinfettanti di altra natura ma come tecnologia fisica ed ecologica

che in combinazione con i tradizionali metodi può fare una grande differenza nel controllo delle contaminazioni di ogni tipo.

(dove non diversamente indicato, i dati sono stati ricavati ed interpretati da pubblicazioni varie presenti su internet).

8 - Schemi semplificati di diverse tipologie di impianti

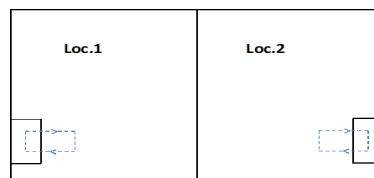
Allo scopo di fornire un quadro riepilogativo di più facile consultazione le diverse tipologie di impianti vengono rappresentate utilizzando gli schemi semplificati di seguito riportati.



Schema A di impianto di climatizzazione (senza effetto di Miscelazione di aria tra gli ambienti attigui ma con semplici ricircoli dell'aria all'interno dello stesso locale).

La ventilazione può avvenire solo richiamando aria pulita dall'esterno attraverso le finestre e il virus non può passare da un locale all'altro, conseguentemente vale la pena considerare la possibilità di inserire un ventilatore dedicato che richiami aria dall'esterno, in modo temporizzato, per ottemperare nel più funzionale dei modi a quanto previsto dal Rapporto n.33 dell'ISS.

Qualora a servizio di una singola proprietà valutare misure straordinarie solo nel caso di presenza di infetti.



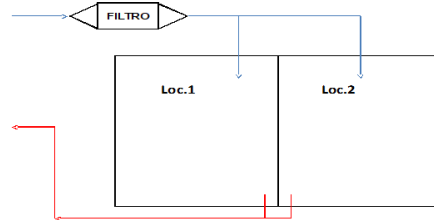
Schema B impianto di condizionamento centralizzato con miscelazione dell'aria tra i 2 locali adiacenti.

In questo caso manca l'immissione di aria esterna e quindi può rappresentare una situazione di pericolo concreto, quindi è sicuramente la configurazione più rischiosa e pertanto ne andrebbe escluso il funzionamento.

Solo l'introduzione di aria esterna e la dotazione di idonei sistemi di filtrazione e sterilizzazione e una loro periodica verifica riguardo all'efficienza di abbattimento, nonché una sanificazione delle prese d'aria e dei condotti lo renderebbero compatibile.

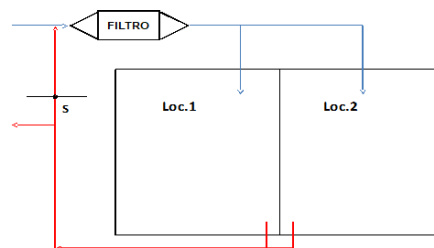
Potrebbe essere il caso di impianti a servizio delle residenze con redistribuzione dell'aria in tutte le proprietà del condominio. Le prime soluzioni da adottare devono prevedere

l'opportunità di aprire e ventilare in modo naturale e, se fattibile, installare un impianto aggiuntivo di aerazione forzata dell'aria per la singola unità abitativa con prelievo dall'esterno per garantire un adeguato ricambio dell'aria e determinare una conseguente diluizione dell'inquinante patogeno.



Schema C Impianto di condizionamento con immissione di aria esterna

E' ovvio che questa configurazione offre garanzie di igiene e sicurezza per gli utilizzatori in quanto con questa tipologia di impianti si riduce la concentrazione del virus nei locali (un esempio è rappresentato dalle sale operatorie dove si lavora in sicurezza a tutta aria esterna filtrando e sterilizzando l'aria prelevata per garantire il massimo grado di purezza).



Schema D Impianto di condizionamento centralizzato a tutta aria esterna

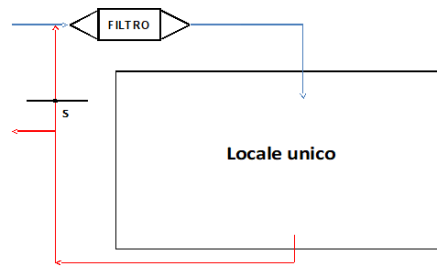
Con questa configurazione ci garantiamo un ricambio di aria pulita prelevata dall'esterno, ma solo nel caso in cui sia installato un idoneo sistema di filtrazione e sterilizzazione, la cui efficacia ed efficienza di filtrazione è certificata e autorizzata dagli organi di controllo competenti. Questo consentirebbe di ricircolare aria all'interno dei locali alla luce delle considerazioni fatte nel paragrafo che descrive i livelli di concentrazione del virus in funzione delle quote di aria esterna e di aria ricircolata.

Se non fosse documentata la presenza del sistema di purificazione deve sempre intervenire la chiusura della serranda del ricircolo e l'apertura della serranda che espelle l'aria contaminata.

E' evidente che l'aria deve essere espulsa senza creare inconvenienti igienico sanitari sull'esterno con modalità che consentano di allontanarsi dai luoghi frequentati. In alternativa, se fattibile, dotare le uscite di idoneo sistema filtrante e sterilizzante o convogliare l'aria verso impianti che consentano di bruciare in modo controllato l'aria espulsa.

Se ciò non fosse tecnicamente possibile, è naturale procedere alla segregazione dei

condotti .



Schema E Impianti di condizionamento asserviti ad un unico locale

Potrebbe essere il caso di supermercati, cinema, teatri, uffici postali...

In questo caso valgono le considerazioni fatte a commento della configurazione di cui alla schema D precedentemente esposto

9 -Ventilazione dell'aria in ambiente ospedaliero alla luce del rischio di infezione da Covid 19

E' necessario parlando di un presidio ospedaliero partire in qualsiasi studio di modifiche dalle caratteristiche preesistenti nelle tipologie di degenze che verranno ad essere coinvolte nella gestione dei pazienti COVID . Tali tipologie sono le seguenti:

Malattie infettive (degenze protette)

- sono dotate di camere in cui si possono mantenere pressioni negative/positive in base alla tipologia di paziente (infettivo/immunodepresso);
- Il numero di ricambi/h di solito >12 ;
- filtro HEPA in uscita;
- impianto elettrico standard per locali ad uso medico di gruppo 1.

Terapie intensive

- sono composte da uno o più ampi locali multi postazione e un numero ridotto di locali ad un'asola postazione per casi di soggetti con patologie infettive;
- impianto elettrico di gruppo 2, ovvero adatto a collegare apparecchiature elettromedicali di tipo salvavita;
- Il condizionamento dei locali avviene mediante filtri assoluti con un numero di ricambi/h ≥ 6 ;

- i locali vengono normalmente tenuti in pressione positiva e non è presente filtro HEPA in uscita.

Terapie sub intensive

- sono locali con caratteristiche dell'impianto elettrico analoghe alle terapie intensive (gruppo 2);
- in genere non sono dotati di filtraggio assoluto dell'aria.

Degenze normali

- sono locali con impianto elettrico standard;
- ricambio aria con circa 3 volumi/h senza filtrazione in maniera assoluta;
- normalmente è presente una pressione positiva;
- Non sono presenti filtri HEPA in uscita.

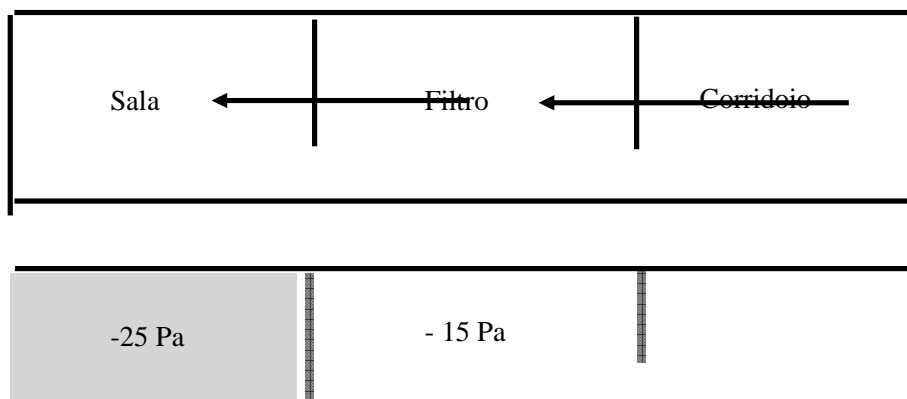
L'ampliamento del numero di posti letto da utilizzare per l'incremento dei ricoveri dovuto all'emergenza COVID ha riguardato in una prima fase le aree per acuti.

Le terapie intensive che hanno avuto da ricoverare pazienti infettati da Covid 19 si sono trovati inizialmente con la necessità di rendere utilizzabili le sale con multi postazioni essendo insufficienti le sale per infetti mono postazione esistenti.

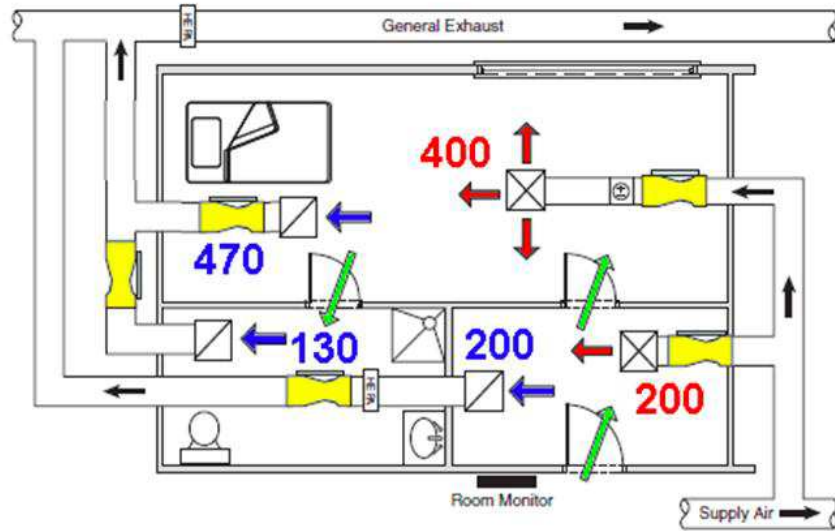
Si sono pertanto create delle zone filtro per accesso alla sala creando le necessarie differenze di pressione, assicurando nella sala una pressione negativa con flusso dell'aria dai locali adiacenti nel senso della camera di degenza.

Gli operatori sanitari e gli utenti dell'ospedale sono in tale modo preservati dalla contagiosità del paziente.

Le configurazioni di pressione a cui tendere per pazienti infettivi contagiosi è in generale la seguente:



Nel caso di locale mono paziente uno schema tipo della distribuzione dell'aria è rappresentato nel seguente esempio:



Un punto nella ventilazione dell'aria in ambito ospedaliero è relativo all'espulsione dell'aria dagli ambienti infetti. Normalmente nei reparti di malattie infettive vengono montati filtri assoluti con sistema 'Canister in Bag' sulle canalizzazioni di espulsione. Tali applicazioni sono indubbiamente costose, ma necessarie nei reparti con una potenziale carica microbica inquinante maggiore mentre l'installazione di sistemi di filtraggio con tali caratteristiche in tutti gli impianti non appare percorribile né motivata. L'impossibilità tecnica deriva dal fatto che non è in generale possibile trasformare un impianto esistente in un impianto con grado di filtrazione H13 (in espulsione) per ovvie ragioni di prevalenza dei ventilatori. Pertanto si devono adottare altre soluzioni sostitutive per rendere idonei i reparti di terapia intensiva in cui vengono ricoverati pazienti infetti da Covid-19.

Le accortezze che vengono normalmente adottate si possono riassumere in:

- verificare che le espulsioni in esterno delle UTA e/o dei cassonetti di estrazione non siano prossime a punti sensibili (aree di transito, prese di aria di altre UTA non filtrate HEPA, finestre, ecc.);
- dirottare/convogliare le espulsioni che sono attualmente in corrispondenza di corpi ricettori sensibili, e che non è possibile dotare di filtrazione adeguata, verso altre aree con cuffie alle canalizzazioni o segregando le aree a rischio di contaminazione con schermi e/o recinzioni al fine di evitare transiti del personale manutentivo o non;

- segnalare adeguatamente le aree di espulsione aria di reparti COVID non filtrati H13 per definire un'area di rispetto;
- incrementare il grado di filtrazione esistente nei limiti delle prevalenze utili nette. Ad esempio, migliorare l'efficienza dei filtri piani (da G1 a G4 e da M5 a M6) dei filtri a tasche (da F7 a F9) e dei filtri assoluti (da H10 a H14);
- valutare l'inserimento di dispositivi germicidi sulle espulsi.

Le radiazioni ultraviolette germicide (UVGI) sono sempre più utilizzate in applicazioni per il condizionamento di ambienti con contaminanti biologici. I microrganismi aerotrasportati presenti nell'aria vengono distrutti efficacemente in caso di esposizione diretta a UVGI nella gamma di lunghezze d'onda di 200-270 nanometri, in condizioni idonee di esposizione, durata e intensità.

I sistemi UVGI possono essere utilizzati efficacemente per eliminare i microrganismi ed impedire la loro crescita sulle apparecchiature della distribuzione dell'aria.

Va tenuto presente che tali sistemi sono meno efficaci quando l'aria ha umidità oltre il 70% circa.

Non è sempre facile verificare l'inefficienza di queste apparecchiature (ad esempio lampade). Le polveri diminuiscono l'efficacia degli UVGI. Per questo ed altri motivi i raggi UVGI non possono essere considerati sostitutivi della filtrazione ad alta efficienza ma è corretto accettarlo come protezione "supplementare" capace di ridurre l'indice di rischio magari abbinato ad incremento del grado di filtrazione esistente nei limiti delle prevalenze utili nette dove l'installazione di filtri assoluti comprometterebbe l'equilibrio dell'impianto.

Impiego di sale operatorie per soggetti COVID positivi

Si intende in questa fase per interventi chirurgici in pazienti COVID 19 individuare sale operatorie, con relativa presala, dedicate a questa casistica. Occorre trovare risposta alla duplice esigenza di prevenire da un lato le infezioni chirurgiche, mediante la ventilazione a pressione positiva, la filtrazione e un adeguato numero di ricambi/aria, e assicurando le condizioni per ridurre la contaminazione del campo operatorio, dall'altro di impedire la propagazione di aerosol nelle aree contigue al di fuori della sala operatoria e di assicurare le condizioni di sicurezza per gli operatori isolando il sistema sala operatoria + presala mettendo la presala in pressione negativa e la sala operatoria in pressione positiva.

La presenza di pressione negativa in presala deve essere chiaramente indicata.

La presala in tal caso è da utilizzare, ove possibile, per le manovre che generano aerosol, adottando le adeguate procedure, sia al termine delle manovre stesse che nella collocazione temporale della seduta, per ridurre al massimo la possibilità di diffusione nei locali direttamente comunicanti.

Quindi le configurazioni di pressione per le sale operatorie da utilizzare per pazienti COVID+, in relazione a quanto sopra descritto, prevedono il mantenimento della pressione positiva della sala con flusso dell'aria dello stesso locale nella direzione dei locali adiacenti, con incremento, ove possibile, del numero dei ricambi/aria, e la creazione di un'area antistante con pressione negativa.

Il paziente in questo modo è preservato dall'ambiente esterno mentre l'esterno è preservato dalla eventuale contagiosità del paziente tramite il filtro in depressione

Ambienti con sistema di raffrescamento con condizionatori

Per quanto riguarda gli ambienti al di fuori dei reparti di malattie infettive e terapie intensive dove il raffreddamento dei locali è affidato a climatizzatori occorre porre particolare attenzione alle attività di "Igienizzazione" e "Disinfezione", attività riferibili alla manutenzione ordinaria del complesso impiantistico e che possono essere condotte solo da imprese impiantistiche abilitate ai sensi del DM 37/08.

L'attività di sanificazione e igienizzazione dei terminali, dovrà essere così articolata:

Unità interne

- Rimozione della scocca del climatizzatore;
- Asportazione dei filtri e collocazione degli stessi in sacchetti idonei sigillati;
- Pulizia della scocca esterna e delle sezioni di ripresa e di mandata aria tramite aspirazione successiva detersione per la rimozione della sporcizia (solo per unità interne modello a parete, a soffitto, cassetta e fan coil);
- Pulizia delle batterie di scambio tramite aspirazione e detersione per la rimozione di sporcizia;
- Pulizia dei ventilatori tramite aspirazione e detersione per la rimozione della sporcizia;
- Nebulizzazione di prodotti disinfettanti e igienizzanti* sulle sezioni di transito aria del climatizzatore, sui filtri puliti e sulle batterie di scambio;
- Collocazione di filtri puliti in sede;
- Rimontaggio della scocca del climatizzatore;
- Apposizione di adesivo con data delle attività effettuate.

Unità esterne

- Pulizia della scocca tramite aspirazione e successiva detersione per la rimozione di sporcizia;

- Pulizia delle batterie di scambio tramite aspirazione e detersione per la rimozione di sporcizia;
- Apposizione di adesivo con data delle attività effettuate.
- *Indicazioni del Ministero della Salute emesse in data 22 febbraio 2020 (0005443-22/02/2020-DGPRES-DGPRES-P)
- Al termine delle operazioni il tecnico rilascia il report con la descrizione delle attività svolte.

9.1 -Conclusioni sulle tecniche da adottare per il trattamento dell'aria.

Appurato quindi che le particelle possono rimanere in sospensione a seconda delle proprie dimensioni, che le stesse sono catturabili dall'impianto di aspirazione e condizionamento dell'aria, e che se riciclate all'interno del locale di lavoro determinano un incremento progressivo della loro concentrazione, risulta indispensabile la presenza di un sistema di filtraggio dell'aria, anche se per le caratteristiche fisiche del mezzo contenente il virus (soluzione acquosa) si possono determinare trascinalenti a valle del filtro sia pure di classe alta .

Si rende necessario integrare i sistemi di filtrazione esistenti in particolare per impianti di medio grande dimensione, per i quali non sia possibile chiudere le serrande di ricircolo, in ragione del fatto che sono destinati ad attività con alta probabilità potenziale di contagio per l'affollamento (vedi cinema, teatri, supermercati, uffici pubblici etc...).

Le soluzioni devono essere attuabili semplicemente ed anche sostenibili secondo criteri di proporzionalità alle dimensioni degli impianti presenti o delle strutture interessate, non devono determinarsi stravolgimenti dei parametri di funzionamento né alterazioni della coppia portata/prevalenza, e devono essere conservate condizioni ottimali di comfort termico per gli utenti.

Si può pensare di indirizzare la ricerca, nell'immediato futuro, verso soluzioni che prevedano la presenza di una deumidificazione preliminare alla filtrazione assoluta dell'aria contaminata, e di aggiungere a valle di quest'ultima una sezione di sterilizzazione che può essere ottenuta o tramite una corrente di vapore o attraverso bombardamento con raggi UV/C.

Entrambe le soluzioni sono potenzialmente efficaci contro il virus .La prima comporta una maggiore complessità realizzativa e potrebbe essere congeniale ad impianti di maggiori dimensioni ai quali meglio si adatterebbe, la seconda è consigliabile in ogni caso ed avrebbe il pregio di costi sostenibili e di una facile applicazione .

In merito all'utilizzo delle lampade UV molto incoraggianti sono gli esiti dei primi studi condotti dall'Istituto Sacco di Milano.

In ogni caso pur essendo certi della loro efficacia crediamo sia doveroso verificarne

sperimentalmente l'efficienza che sono in grado di garantire.

In particolare per la tecnica con raggi UV/C sono da confermare i tempi di contatto per raggiungere il massimo abbattimento, dal momento che gli stessi determinano le dimensioni del volume tecnico entro il quale installare le lampade.

Si sottolinea l'importanza che riveste il ruolo della manutenzione degli impianti di abbattimento dei filtri delle lampade etc.. per la continuità dell'efficienza e dell'efficacia degli stessi indispensabile per garantire la sicurezza degli utenti e dei lavoratori

Le nostre considerazioni portano quindi ad un percorso da mettere in atto che prevede il coinvolgimento, da parte dei gestori e dei costruttori degli impianti, degli Istituti di Ricerca dai quali tutti attendiamo con fiducia risposte rapide.

La prima parte di questa pubblicazione prende in considerazione aspetti tecnici costruttivi degli impianti di ventilazione meccanica esistenti, che dovrebbero essere modificati o adeguati al fine di garantire condizioni maggiori di tutela nei confronti dell'utenza che vive l'ambiente in cui sono installati ed in funzionamento; chiaramente tale aspetto risulta di fondamentale e primaria importanza, sebbene rivesta un ruolo altrettanto significativo la gestione operativa e pertanto la manutenzione degli impianti stessi.

Nei prossimi paragrafi si danno alcune indicazioni in merito, che assieme al corretto funzionamento dell'impianto, debbono costituire un presupposto imprescindibile per un contrasto efficace alla diffusione del virus, soprattutto in considerazione della novità che questo ha apportato nella vita della popolazione ed in particolare nei fruitori di ambienti condizionati con impianti di ventilazione meccanica.

10 - Ruolo della manutenzione degli impianti-Protocollo da adottare per una loro corretta gestione e manutenzione. Sanificazione degli impianti.

10.1 Manutenzione ordinaria e sanificazione degli impianti di condizionamento e/o ventilazione

I consigli riguardo la manutenzione ordinaria ed alla sanificazione dell'Istituto Superiore di Sanità del 12 marzo 2020 sono abbastanza scarni e concentrati nel concetto di pulizia ed arieggiamento dei locali, oltre che della pulizia regolare dei filtri installati sull'impianto di condizionamento e sul consiglio di utilizzo di filtri più efficienti.

Anche il Rapporto ISS COVID-19 • n. 5/2020: Indicazioni ad interim per la prevenzione e gestione degli ambienti indoor in relazione alla trasmissione dell'infezione da virus SARS-CoV-2 - versione del 23 marzo 2020 riporta Misure generali per gli ambienti domestici e Misure generali per gli ambienti lavorativi.

Con la Rev. 2 dello stesso rapporto del 25/05/2020 si individuano nuove procedure di prevenzione e protezione previste nella “nuova fase 2” per rispondere alle esigenze di protezione e prevenzione della salute del personale e della collettività.

Premesso che non esistono altre indicazioni ufficiali sulla manutenzione ordinaria e sulla sanificazione degli impianti in relazione al fenomeno Covid-19, ci si riferisce a quanto presente attualmente in letteratura ed a livello normativo con particolare attenzione ai rischi riguardanti agenti patogeni differenti, quali ad esempio la legionella, veicolati dai movimenti di aria, tenendo in conto tutte le differenze esistenti tra virus e batteri.

10.2 –Normativa applicabile

Analizzando le fonti normative ci si riferisce infatti a linee guida ed ASR:

Impianti di climatizzazione: salute e sicurezza nelle attività di ispezione e bonifica, INAIL, 2017.

Linee guida per la prevenzione ed il controllo della legionellosi, INAIL, 2015.

Accordo Conferenza Stato-Regioni del 2007.02.2013 “PROCEDURA OPERATIVA PER LA VALUTAZIONE E GESTIONE DEI RISCHI CORRELATI ALL’IGIENE DEGLI IMPIANTI DI TRATTAMENTO ARIA” e correlate Leggi Regionali.

Linee guida per la prevenzione ed il controllo della legionellosi 2006.11.03.

Accordi Stato – Regioni del 5 ottobre 2006 attraverso le “Linee Guida per la definizione di protocolli tecnici di manutenzione predittiva sugli impianti di climatizzazione”

Il 4 febbraio 2005 è stato pubblicato in Gazzetta Ufficiale N.28 un accordo tra il Ministero della Salute e le Regioni e le Province autonome di Trento e di Bolzano, avente ad oggetto “Linee guida recanti indicazioni sulla legionellosi per i gestori di strutture turistico - ricettive e termali”.

A norme tecniche nazionali:

UNI EN 15780 (2011) “Ventilazione degli edifici – Condotti- Pulizia dei sistemi di ventilazione”.

UNI EN 12097 (2007) “Ventilazione degli edifici - Rete delle condotte - Requisiti relativi ai componenti atti a facilitare la manutenzione delle reti delle condotte”.

Ed internazionali:

EN 16798-3 “Energy performance of buildings – Ventilation for buildings – Part 3: for non-residential buildings – performance requirements for ventilation and room conditioning systems (Modules M5-1, M5-4)

NADCA – ACR Lo Standard NADCA per la valutazione, la pulizia e il ripristino degli impianti HVAC – 2013

10.3 -Sanificazione

La definizione di **sanificazione** è contenuta nel DECRETO MINISTERIALE 7 luglio 1997, n. 274 Regolamento di attuazione degli articoli 1 e 4 della legge 25 gennaio 1994, n. 82, per la disciplina delle attività di pulizia, di disinfezione, di disinfestazione, di derattizzazione e di sanificazione

Il significato della parola “sanificazione” è il seguente: pulizia + disinfezione, dove per pulizia si intende l’asportazione meccanica di tutto ciò che si trova su una superficie ed è indesiderato (detriti, particolato, ecc.) e per disinfezione si intende una procedura atta ad eliminare o distruggere i microrganismi patogeni, ma non necessariamente tutte le forme microbiologiche, su soggetti inanimati mediante l’applicazione di idonei agenti fisici o chimici.

Le aziende iscritte alla C.C.I.A.A. con il Codice ATECO N 81.22.02, che rappresenta le “Altre attività di pulizia specializzata di edifici e di impianti e macchinari industriali sono abilitate alla sanificazione dei locali e degli impianti.

10.4 - Manutenzione Ordinaria

Ora è necessario chiarire il concetto di “**manutenzione ordinaria**” (UNI 11414:2011 3.8): “Tipologia di interventi manutentivi durante il ciclo di vita, atti a: - Mantenere l’integrità originaria del bene - Mantenere o ripristinare l’efficienza dei beni - Contenerne il normale degrado d’uso - Garantire la vita utile del bene - Far fronte ad eventi accidentali (Definizione tratta dalla UNI 11063:2002, punto 4.1)”.

Come è evidente, la sanificazione non è compresa nelle attività di manutenzione ordinaria e deve, pertanto, seguire un suo percorso anche in riferimento agli impianti.

10.5 - Indicazioni per la manutenzione e la sanificazione degli impianti

Chiarito che i riferimenti legislativi e tecnici vanno ben oltre il DM 274/1997, c’è da dire che la qualità dell’aria di qualunque ambiente interno è in strettissima correlazione con il funzionamento di impianti ed apparecchiature di controllo del microclima, laddove esistenti.

Con una differenza molto importante: un ambiente sporco PUÒ sporcare un impianto (non è detto, perché l’impianto può essere perfettamente filtrato ed a tenuta) mentre un impianto sporco SICURAMENTE sporca l’ambiente interno.

Pertanto, è evidente che la parola “sanificazione” deve essere riferita sia agli ambienti sia agli impianti e quando si mettono in essere attività di sanificazione è necessario e

imprescindibile operare con i requisiti di conoscenza, perizia ed esperienza richiesti per ciascuna delle due applicazioni.

10.6 - Ambienti con sistema di raffrescamento con condizionatori

L'attività di sanificazione e igienizzazione dei terminali, dovrà essere così articolata:

Unità interne

- Rimozione della scocca del climatizzatore;
- Asportazione dei filtri e collocazione degli stessi in sacchetti idonei sigillati;
- Pulizia della scocca esterna e delle sezioni di ripresa e di mandata aria tramite aspirazione successiva detersione per la rimozione della sporcizia (solo per unità interne modello a parete, a soffitto, cassetta e fan coil);
- Pulizia delle batterie di scambio tramite aspirazione e detersione per la rimozione di sporcizia;
- Pulizia dei ventilatori tramite aspirazione e detersione per la rimozione della sporcizia;
- Nebulizzazione di prodotti disinfettanti e igienizzanti* sulle sezioni di transito aria del climatizzatore, sui filtri puliti e sulle batterie di scambio;
- Collocazione di filtri puliti in sede;
- Rimontaggio della scocca del climatizzatore;
- Apposizione di adesivo con data delle attività effettuate.

Unità esterne

- Pulizia della scocca tramite aspirazione e successiva detersione per la rimozione di sporcizia;
- Pulizia delle batterie di scambio tramite aspirazione e detersione per la rimozione di sporcizia;
- Apposizione di adesivo con data delle attività effettuate.
- *Indicazioni del Ministero della Salute emesse in data 22 febbraio 2020 (0005443-22/02/2020-DGPRES-DGPRES-P)
- Al termine delle operazioni il tecnico rilascia il report con la descrizione delle attività svolte.

11 -Normativa generale di riferimento

Delibera del Consiglio dei Ministri 31 gennaio 2020 – Dichiarazione dello stato di emergenza in conseguenza del rischio sanitario connesso all'insorgenza di patologie derivanti da agenti virali trasmissibili

Dpr 14 gennaio 1997 Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento alle regioni e alle province autonome di Trento e di Bolzano, in materia di requisiti strutturali, tecnologici ed organizzativi minimi per l'esercizio delle attività sanitarie da parte delle strutture pubbliche e private

Direttiva 2000/54/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 18 settembre 2000, relativa alla protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da un'esposizione ad agenti biologici durante il lavoro.

D.Lgs 81/08 definizione di agente biologico da art 267 comma a)

Articolo 272 - Misure tecniche, organizzative, procedurali

Articolo 273 - Misure igieniche

Articolo 274 - Misure specifiche per strutture sanitarie e veterinarie

Articolo 275 - Misure specifiche per i laboratori e gli stabulari

Articolo 276 - Misure specifiche per i processi industriali

Articolo 277 - Misure di emergenza

Protocollo condiviso di regolamentazione delle misure per il contrasto e il contenimento della diffusione del virus Covid-19 negli ambienti di lavoro”

Legge n. 35/2020 di conversione del Decreto Legge n. 19/2020, con misure urgenti per fronteggiare l'emergenza epidemiologica da COVID-19

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

Norme uni

UNI 10347: 1993 - Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Energia termica scambiata tra una tubazione e l'ambiente circostante - Metodo di calcolo.

UNI 10349: 1994 - Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici.

UNI EN 12097:1999 Ventilazione negli edifici - Rete delle condotte - Requisiti relativi ai componenti atti a facilitare la manutenzione delle reti delle condotte .

UNI EN 13779: 2008 Ventilazione degli edifici non residenziali - Requisiti di prestazione per i sistemi di ventilazione e di condizionamento.

UNI 10339:1995 - Impianti aeraulici a fini di benessere - Generalità, classificazione e requisiti - Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura

INAIL nota 149/2020 – disposizioni per la prevenzione del contagio sui luoghi di lavoro in applicazione al D.Lgs. 81/08 e gestione degli impianti di condizionamento e ventilazione nei luoghi di lavoro

Nonostante che l'INAIL abbia chiarito in data 15/05/2020 che l'infortunio sul lavoro per Covid-19 non è collegato alla responsabilità penale e civile del datore di lavoro, se questi ha applicato il protocollo anti-contagio previsto dai vari DPCM che si sono susseguiti durante la fase emergenziale, è utile ricordare quali siano gli obblighi previsti dal D.Lgs. 81/08 in relazione ai luoghi di lavoro ed agli impianti di condizionamento e di ventilazione ivi installati.

Ai sensi dell'art. 64 del D.Lgs. 81/08 (TITOLO II I luoghi di lavoro), il datore di lavoro deve provvedere affinché i luoghi di lavoro e gli impianti vengano sottoposti a regolare manutenzione tecnica (co. 1 let. c)) e vengano sottoposti a regolare pulitura (co. 1 let. d)), onde assicurare condizioni igieniche adeguate.

In particolare nell'ALLEGATO IV - Requisiti dei luoghi di lavoro, al p.to 1.9 Microclima, 1.9.1. Aerazione dei luoghi di lavoro chiusi è specificato che:

1.9.1.2. Se viene utilizzato un impianto di aerazione, esso deve essere sempre mantenuto funzionante. Ogni eventuale guasto deve essere segnalato da un sistema di controllo, quando ciò è necessario per salvaguardare la salute dei lavoratori.

1.9.1.3. Se sono utilizzati impianti di condizionamento dell'aria o di ventilazione meccanica, essi devono funzionare in modo che i lavoratori non siano esposti a correnti d'aria fastidiosa.

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

1.9.1.5. 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.

12 – Riferimenti bibliografici e normativi

G. G. Brown, “Le operazioni fondamentali dell'industria chimica” Cap. 7 moto dei solidi in seno ai fluidi.

Coulson and Richardson “Chemical engineering” vol. II, cap. 4 motion of particles in a fluid.

Industrial Ventilation, A Manual of Recommended Practice, 16th edition (ACGIH),Section 7-Make-up and Recirculation air.

Rielaborazione di articoli e dati estrapolati da internet

Rapporto ISS COVID-19 n. 19/2020 - Versione del 25 aprile 2020.

Rapporto ISS COVID-19 n. 5/2020 Rev. 2 - Versione del 25 maggio 2020.

Rapporto ISS COVID-19 n.33/2020 - Versione del 25 maggio 2020.