

Comitato scientifico consultivo COVID-19

*Aria pulita nel contesto 26 maggio 2023
di circolazione di agenti patogeni*

Commissionato da	Su iniziativa del Comitato
Contatto	kommunikation@ethrat.ch
Sito web	comitato-scientifico-covid19.ch

Altri collaboratori (in ordine alfabetico):

Prof. Dott.ssa Tamar Kohn, EPFL – confermato

Prof. Dott. Dusan Licina, EPFL – confermato

Prof. em. Dott. Thomas Peter, Politecnico Federale di Zurigo – confermato

Dott. Michael Riediker, direttore SCOEH – confermato

Aria pulita nel contesto di circolazione di agenti patogeni

1 Situazione di partenza

L'obiettivo del presente documento è sottolineare come i benefici dell'aria pulita e le osservazioni formulate nella fase acuta della pandemia di COVID-19 conservino la propria validità anche nella fase post-acuta e per altre malattie trasmissibili per via aerea.

Esaminiamo i notevoli benefici che la ventilazione e la filtrazione dell'aria negli edifici hanno apportato alla salute delle persone. Per quanto riguarda le malattie infettive, in particolare, si ritiene che una buona ventilazione dell'aria interna comporti generalmente una riduzione del carico di agenti patogeni. Analizziamo inoltre le sfide e le incertezze relative alla quantificazione dell'incidenza delle misure in materia di aria pulita sui contagi, quelle collegate al garantire aria pulita assicurando il comfort per le persone all'interno degli edifici in questione, e che siano all tempo stesso efficienti dal punto di vista energetico, nonchè

quelle relative alla caratterizzazione dei rischi potenziali di alcune misure proposte per la pulizia dell'aria.

La presenza di aria pulita all'interno degli edifici influisce sulla salute, sul benessere umano complessivo, sulle prestazioni lavorative e sull'apprendimento ([link](#), [link](#)). Di conseguenza, l'aria pulita potrebbe comportare anche implicazioni economiche rilevanti ([link](#)). Per «aria pulita» si intende «aria non inquinata». Secondo la definizione dell'OMS: «L'inquinamento dell'aria è la contaminazione dell'ambiente interno o esterno da parte di qualsiasi agente chimico, fisico o biologico che modifichi le caratteristiche naturali dell'atmosfera» ([link](#)).

L'OMS sottolinea come l'inquinamento dell'aria in ambienti interni sia un fattore importante per diverse malattie, come ad esempio le patologie cardiovascolari e, in particolare, quelle respiratorie ([link](#), [link](#), [link](#)). Per quanto riguarda le malattie infettive, l'aria pulita (ovvero l'aria priva di aerosol carichi di agenti patogeni) può ridurre il contagio per via aerea. Non si tratta di una nuova scoperta, bensì di una constatazione la cui importanza è stata evidenziata nel corso della pandemia. In particolare, nel contesto del SARS-CoV-2, l'OMS, così come le autorità e le organizzazioni in Svizzera e all'estero, hanno ribadito l'importanza della ventilazione per garantire aria pulita e, dunque, ridurre il carico di agenti patogeni ([link](#), [link](#), [link](#), [link](#), [link](#), [link](#)).

Riassumiamo brevemente gli aspetti principali della trasmissione per via aerea attraverso aerosol carichi di agenti patogeni (sezione 2) e le possibili misure per ridurre il numero di tali agenti patogeni nell'aria (sezione 3).

2 Stato attuale delle conoscenze scientifiche

2.1 Trasmissione attraverso aerosol e aria pulita

Gli agenti patogeni respiratori vengono trasmessi (i) a breve distanza (nei modelli di stima dell'esposizione, si parla in tal caso anche di «campo stretto») durante le interazioni ravvicinate attraverso goccioline e particelle di aerosol e (ii) a lunga distanza attraverso particelle di aerosol trasportate e accumulate nel «campo largo» (si veda anche [link](#) per una discussione sulle dimensioni delle goccioline e sulle modalità di trasmissione nel contesto del virus SARS-CoV-2). Constatiamo che una terza via di trasmissione è quella per fomite; tuttavia, non ne discuteremo ulteriormente in questa sede, concentrandoci invece sulla trasmissione per via aerea.

COVID-19

È più probabile che la trasmissione avvenga quando le persone si trovano a una distanza ravvicinata piuttosto che quando sono lontane le une dalle altre: l'esposizione alle goccioline avviene solo quando le persone sono molto vicine tra loro. Infatti, le concentrazioni di aerosol sono più elevate in direttamente della sorgente, riducendosi con l'aumentare della distanza ([link](#)). Inoltre, vi è motivo di ritenere che le particelle di dimensioni maggiori presentino un numero più elevato di virus ([link](#), [link](#)) e che molto probabilmente l'esposizione a una nube di particelle di dimensioni diverse ad alte concentrazioni esponga al massimo rischio di infezione. Tuttavia, la trasmissione a lunga distanza potrebbe avere un'incidenza particolarmente rilevante in ambienti di grandi dimensioni, scarsamente ventilati e con un elevato numero di occupanti: in queste circostanze, se da un lato pochi corrono il rischio di una trasmissione a breve distanza dalle persone a loro vicine, dall'altro il numero di persone a lunga distanza è nettamente maggiore e, di conseguenza, molte di queste sono esposte alla concentrazione di aerosol carichi di agenti patogeni. Quando si considera il rischio di trasmissione, si devono includere tutti gli spazi interni in cui le persone si trovano insieme o in successione, ad esempio anche i corridoi, i servizi igienici, ecc. Oltre al livello di concentrazione dell'aerosol, anche la durata del soggiorno influisce sulla dose risultante.

I rischi di trasmissione a breve distanza possono essere ridotti mantenendo la distanza e indossando una mascherina chirurgica o un facciale filtrante altamente efficace (FFP2) (si veda ad es. [link](#)). Le mascherine e i dispositivi FFP2 (senza valvola) sono efficaci nel prevenire sia l'espiazione di goccioline (controllo della sorgente) che l'inalazione di goccioline o di aerosol (controllo delle infezioni). I dispositivi FFP2, in particolare, offrono una protezione eccellente dalle inalazioni. Tuttavia, per una persona a rischio, la protezione è più efficace se tutte le persone indossano una mascherina chirurgica rispetto a uno scenario in cui solo questa persona indossa un dispositivo FFP2 e nessun'altra indossa una mascherina o un dispositivo FFP2 [link](#). Se negli ambienti interni si ha una disposizione fissa dei posti a sedere, la trasmissione a breve distanza potrebbe essere ulteriormente ridotta con l'impiego di sistemi di ventilazione personale.

La trasmissione a lunga distanza attraverso gli aerosol può essere ridotta migliorando la qualità dell'aria con misure mirate in materia di "aria pulita". In questo caso, la ventilazione manuale (o naturale) (con l'ausilio di sensori di CO₂) oppure meccanica assicura la diluizione dell'aria e il trasporto verso l'esterno degli aerosol carichi di agenti patogeni, la filtrazione dell'aria depura il flusso d'aria in transito rimuovendo gli aerosol e la disinfezione uccide o inattiva gli agenti patogeni negli aerosol. È prevista l'introduzione di nuovi concetti nella costruzione degli edifici ([link](#)) per applicare queste misure e ridurre la concentrazione di aerosol carichi di agenti

patogeni, garantendo al contempo l'efficienza energetica e il comfort per le persone nell'edificio.

Si prevede che le misure in materia di aria pulita per migliorare la qualità dell'aria avranno maggiore impatto sulla prevenzione della trasmissione a lunga distanza. Rispetto all'esposizione a breve distanza, lontano dalla sorgente gli agenti patogeni sono più diluiti, rendendo quindi necessaria una minore riduzione degli agenti patogeni per portare le concentrazioni nell'aria al di sotto della dose infettiva minima. Inoltre, il tempo che un agente patogeno impiega per raggiungere il campo più lontano accresce l'efficacia dei metodi di purificazione e di disinfezione dell'aria. L'incidenza dipende anche dal tasso di emissione di agenti patogeni che, per un certo ambiente e con determinate impostazioni di ventilazione, definisce il tasso di crescita dei livelli di agenti patogeni e quindi l'efficacia delle misure supplementari da adottare in materia di aria pulita.

Il grado di riduzione complessiva della trasmissione per via aerea in seguito all'introduzione di misure in materia di aria pulita dipende dall'importanza della trasmissione a lunga distanza per l'agente patogeno specifico (rispetto alla trasmissione a breve distanza), che a sua volta dipende, tra gli altri fattori, dalla dose infettiva minima, dalla capacità dell'agente patogeno di sopravvivere nel tempo in particelle di dimensioni diverse e dalla vicinanza tra le persone.

Inoltre, le mascherine chirurgiche e, ancora di più, i dispositivi FFP2 possono ridurre la concentrazione di aerosol carichi di agenti patogeni a lunga distanza, impedendo l'espiazione delle goccioline che formano gli aerosol (controllo della sorgente) e l'inalazione degli aerosol (controllo delle infezioni). Pertanto, queste misure sono efficaci sia nella trasmissione a breve distanza che in quella a lunga distanza.

Poiché la trasmissione avviene in occasioni diverse e attraverso modalità diverse, è altrettanto importante sottolineare come in genere sia richiesto un «modello a formaggio svizzero» ([link](#)) per limitare la diffusione, interrompendo il percorso degli agenti patogeni da una persona infetta a una sana, ove le misure in materia di aria pulita forniscono uno degli strati di protezione.

3 Possibili linee d'intervento

I metodi per ridurre la concentrazione nell'aria di aerosol carichi di agenti patogeni includono: (i) prevenire il rilascio e l'inalazione di aerosol, (ii) assicurare il ricambio d'aria per diluire e trasportare verso l'esterno gli aerosol carichi di agenti patogeni, (iii) rimuovere tali aerosol con l'ausilio di filtri, (iv) inattivarli disinfettando l'aria e (v) potenzialmente modulare il pH nell'aria interna. La soluzione al punto (i) può essere realizzata tramite l'utilizzo di mascherine e dispositivi FFP; il suo impatto e le sue conseguenze sono state discusse in altri documenti, come ad esempio in questo [link](#), e non saranno oggetto di ulteriore analisi in questa sede. Nel presente documento, ci concentreremo invece sulle misure in materia di aria pulita (ii-v), esaminandone l'incidenza sulla trasmissione e concludendo la sezione con domande aperte, seguite da rischi e benefici che vanno oltre la riduzione della trasmissione; si veda ad es. anche [link](#) per dettagli sulle possibili misure.

3.1 Ventilazione

Il ricambio d'aria diluisce le concentrazioni di aerosol in uno spazio specifico e nel tempo. Il ricambio d'aria può avvenire tramite ventilazione manuale o meccanica. Considerando il medesimo tasso di ricambio d'aria all'ora, la ventilazione meccanica costante produce in genere concentrazioni inferiori a causa dell'accumulo durante le fasi non ventilate con la ventilazione manuale.

Diversi studi hanno rilevato una correlazione tra la riduzione dell'incidenza/della trasmissione di malattie infettive nell'essere umano e l'aumento della ventilazione. Ad esempio:

- uno studio osservazionale ha rilevato una riduzione dell'incidenza della tubercolosi in seguito all'aumento della ventilazione ([link](#));
- uno studio condotto in un ospedale ha rilevato che «la conversione della tubercolina tra gli operatori sanitari era strettamente correlata a una ventilazione inadeguata nelle stanze generiche dei pazienti e al tipo e alla durata del lavoro, ma non alla ventilazione nelle stanze di isolamento per infezioni respiratorie» ([link](#));
- per il virus SARS-CoV-2, uno studio condotto in Italia ha rilevato che «nelle aule dotate di sistemi di ventilazione meccanica, il rischio di infezione tra gli studenti era diminuito almeno del 74% rispetto a un'aula con sola ventilazione naturale [...]» ([link](#));
- sempre per il virus SARS-CoV-2, la rilevazione di tassi di incidenza diversi su due autobus poteva essere correlata alla ventilazione ([link](#));

COVID-19

- uno studio computazionale ha rilevato una riduzione della trasmissione dell'influenza ([link](#));
- focolaio d'influenza su un aereo in cui il sistema di ventilazione non era in funzione ([link](#));
- una buona ventilazione in reparti con casi isolati di SARS poteva ridurre la carica virale nell'ambiente e i contagi fra il personale sanitario ([link](#)) (maggiori informazioni sulla SARS [link](#), [link](#), [link](#)).

Il ricambio d'aria può anche alterare l'umidità relativa dell'aria negli spazi interni, in particolare durante la stagione fredda. Nello specifico, facendo entrare aria fredda dall'esterno in inverno senza essere riumidificata e riscaldando successivamente l'ambiente, i livelli di umidità relativa all'interno si abbassano, favorendo secondo alcuni studi la sopravvivenza di agenti patogeni ([link](#), [link](#)) e la trasmissione del virus influenzale ([link](#)). Inoltre, la disidratazione delle mucose per via di una bassa umidità relativa potrebbe ridurre la risposta immunitaria e quindi creare condizioni favorevoli per l'infezione da virus influenzale ([link](#)), perlomeno nei topi. Si ipotizza che a rendere la mucosa più suscettibile sia in particolare l'abbassamento dei livelli di umidità (piuttosto che i valori assoluti) ([link](#)). I sistemi di ventilazione meccanica con recupero del calore e trasferimento dell'umidità contrastano questo fenomeno. Tuttavia, anche l'umidità non deve essere troppo alta, altrimenti c'è il rischio di malattie respiratorie causate da batteri e muffe ([link](#), [link](#), [link](#), [link](#)).

D'altro canto, l'aria esterna può portare con sé acidi volatili (ad es. acido nitrico) che, a contatto con l'aria interna, acidificano le particelle di aerosol cariche di agenti patogeni. Questo processo riduce la persistenza di alcuni agenti patogeni sensibili agli acidi (ad es. virus influenzale), ma potrebbe anche avere effetti immunomodulatori e aumentare così la suscettibilità ai virus trasmissibili per via aerea nelle persone presenti.

La ventilazione può essere gestita con l'ausilio di sensori di CO₂ per supportare tassi di ventilazione elevati in ambienti ad alta densità di occupazione e garantire il risparmio energetico quando la densità di occupazione si riduce o è pari a zero. Il tasso di ricambio d'aria deve essere proporzionato rispetto al tasso di inattivazione dei virus nelle particelle di aerosol. Se l'agente patogeno nell'aria ha, ad esempio, un'emivita di 60 minuti (come riportato per il virus SARS-CoV-2 [link](#)), quattro ricambi d'aria all'ora (ACH) farebbero chiaramente la differenza, mentre 0,2 ACH non produrrebbero effetti considerevoli. Si noti che quattro ACH è un tasso che generalmente è possibile ottenere solo con la ventilazione meccanica. Aumentare il flusso d'aria è più efficace in situazioni di scarsa ventilazione. In ambienti già ben ventilati, infatti, per

ottenere un effetto simile è necessario aumentare sensibilmente il flusso d'aria ([link](#), [link](#), [link](#), [link](#)), provocando di conseguenza un aumento sproporzionato dei consumi energetici. La sfida sta nel ricercare un compromesso ottimale tra rischio di infezione e dispendio di energia. Occorre inoltre individuare una soluzione per evitare i flussi d'aria che espongono gli individui a un elevato rischio di infezione ([link](#), [link](#)).

La **ventilazione manuale (o naturale)** avviene aprendo le finestre. I sensori di CO₂ rappresentano una soluzione relativamente economica (< CHF 100 l'uno) per verificare che le finestre vengano aperte con la giusta frequenza, evitando però che ciò avvenga troppo spesso e quindi che si sprechi energia ([link](#)). È importante sottolineare che, sebbene questi sensori possano essere una guida preziosa, ci sono alcuni elementi da tenere a mente quando li si utilizza. Innanzitutto, i sensori misurano le concentrazioni di CO₂, ma non gli agenti patogeni o le concentrazioni di aerosol nell'aria. La concentrazione di aerosol carichi di agenti patogeni non è influenzata dal numero di persone non infette presenti nell'ambiente, bensì soltanto da quelle infette. Inoltre, mentre in molte circostanze le concentrazioni di CO₂ e di aerosol espirati sono per lo più strettamente correlate (si veda ad es. [link](#)), potrebbero esserci occasioni in cui i sensori di CO₂ non riflettono in modo preciso le concentrazioni di aerosol, come ad esempio nel caso di una filtrazione dell'aria supplementare o di una maggiore espirazione di aerosol, ad esempio mentre si canta. Non va inoltre dimenticato che la frequenza di ventilazione ottimale varia in funzione della persistenza del virus infettivo nell'aria (si veda ad es. [link](#)). Tutto ciò genera una certa incertezza riguardo a un regime di ventilazione ottimale.

La **ventilazione meccanica** può ottimizzare la ventilazione dell'ambiente e il flusso d'aria e può essere realizzata con sistemi mobili o con un sistema di ventilazione integrato nell'edificio. Si vedano anche [link](#), [link](#) e [link](#). I sistemi di ventilazione meccanica principali sono due: la ventilazione a dislocamento e quella a flusso misto. Con la ventilazione a dislocamento non c'è una miscelazione uniforme, ma un flusso d'aria diretto: di solito l'aria viene condotta verso il pavimento, sale verso il soffitto nel caso di fonti di calore come le persone e viene scaricata lì. Sebbene la prima sembri funzionare meglio in situazioni ideali (poco movimento, poca conversazione, nessuno sbalzo termico nell'ambiente), in contesti reali viene spesso incoraggiato l'uso della ventilazione a flusso misto ([link](#)).

La **ventilazione personalizzata** è un'innovazione nei sistemi di ventilazione. Questo sistema riduce l'esposizione agli aerosol carichi di agenti patogeni in modo nettamente migliore rispetto alle comuni modalità di ventilazione a flusso misto o a dislocamento ([link](#), [link](#)). Tuttavia, tra i limiti di ordine pratico del sistema vi è il fatto che questo debba essere utilizzato in contesti

fissi, in quanto il sistema non dispone della flessibilità necessaria per rispondere a eventuali variazioni a livello di disposizione o di progettazione nell'ambiente in cui è montato. Inoltre, richiede un lavoro maggiore in termini di condutture il quale, a seconda dell'installazione, può essere esteticamente problematico e può comportare maggiori costi di installazione e manutenzione.

3.2 Filtri dell'aria

I **filtri dell'aria** possono ridurre le concentrazioni di aerosol in ambienti chiusi ([link](#), [link](#)). In particolare, alcuni studi sperimentali dimostrano che i filtri dell'aria possono ridurre la concentrazione dell'RNA del virus SARS-CoV-2 in ambienti ospedalieri ([link](#), [link](#)), in contesti di assembramento ([link](#), [link](#)) e in una scuola svizzera ([link](#)). Inoltre, tali filtri potrebbero ridurre il rischio di infezione sugli aerei ([link](#)). Diversi studi di modellazione suggeriscono che l'impiego di filtri dell'aria abbia ridotto la trasmissione del virus SARS-CoV-2 ([link](#)). Tuttavia, nessuno studio condotto nella pratica quotidiana è stato in grado di dimostrare o negare chiaramente l'effetto diretto dei filtri dell'aria sul contagio fra individui del virus SARS-CoV-2 o di altri virus respiratori ([link](#)) (riteniamo che quanto riportato da uno studio svizzero volto a valutarne l'effetto sia non conclusivo, [link](#)). L'assenza di risultati chiari è dovuta soprattutto a grandi problemi metodologici legati agli studi in condizioni di vita reale. Alcuni degli studi hanno valutato solo la presenza o meno di un dispositivo di filtraggio dell'aria. Tuttavia, si dovrebbe anche valutare se i dispositivi sono in funzione, a quale livello e con quale tipo di filtro. In sostanza, sebbene i filtri dell'aria riducano la quantità di aerosol in ambienti chiusi, continua a non essere chiaro fino a che punto la ventilazione in ambienti non chiusi renda superfluo l'impiego di filtri dell'aria ([link](#)) (non è sempre evidente quale sia il corretto posizionamento e la dimensione richiesta al fine di garantire risultati benefici, [link](#)).

3.3 Luce ultravioletta

È possibile utilizzare la luce ultravioletta come disinfettante per distruggere gli agenti patogeni nell'aria e sulle superfici, si veda ad es. [link](#), 4.10 e [link](#). La maggior parte delle frequenze UV è nociva per la pelle e per gli occhi degli esseri umani e tali frequenze vengono quindi utilizzate in sistemi chiusi o per un'irradiazione germicida ultravioletta solo nella parte superiore degli ambienti ([link](#), [link](#)). Sembra fare eccezione la luce Far-UV nella lunghezza d'onda tra 200 e 220 nm, ritenuta sicura per la pelle e per gli occhi degli esseri umani con intensità germicide altamente efficaci ([link](#), [link](#), [link](#), [link](#), [link](#), [link](#), [link](#), [link](#)). Tuttavia, in presenza di inquinanti atmosferici volatili spesso rilevati in ambienti interni, la luce UV può

COVID-19

contribuire alla formazione di polveri sottili e di altri inquinanti atmosferici secondari che potrebbero avere effetti nocivi sugli esseri umani ([link](#)) in ambienti non sufficientemente ventilati. Sono in corso delle ricerche per comprendere meglio gli effetti, si veda ad es. [link](#). Resta inoltre ancora da chiarire se il rispetto di tassi di ventilazione minimi possa essere sufficiente per controllare tali rischi secondari riconducibili ai metodi di disinfezione dell'aria.

3.4 Modulazione del pH

Attualmente sono in corso ricerche per stabilire se la **modulazione del pH dell'aria negli spazi interna** sia un altro modo per migliorare la qualità dell'aria. Gli acidi e le basi influenzano la qualità dell'aria negli spazi interni ([link](#)). Tuttavia, non è chiaro come il pH debba essere regolato per generare un effetto positivo. I gas che formano acidi abbassano il pH degli aerosol. Uno studio suggerisce che questo può ridurre la durata di vita di alcuni patogeni batterici e virali presenti nell'aria ([link](#)); un altro studio conclude che l'abbassamento del pH prolunga la durata di vita ([link](#)). Tuttavia, questi gas sono anche inquinanti atmosferici che hanno dimostrato di ridurre l'immunità dell'ospite e di aumentare il rischio di infezioni ([link](#), [link](#)). C'è incertezza sull'intervallo ottimale per l'eventuale uso di gas acidificanti come disinfettanti. Inoltre, non è chiaro se le misure di pulizia dell'aria negli spazi interni discusse in precedenza modifichino in modo significativo il pH dell'aria.

3.5 Riepilogo

Ventilazione

La ventilazione è correlata a una diminuzione dei contagi in ambienti interni. Questa correlazione è stata riscontrata in molti studi e suggerisce un effetto causale, seppur difficile da quantificare. L'effetto della ventilazione sul contagio potrebbe essere particolarmente accentuato per gli agenti patogeni con potenziale di super-diffusione in ambienti interni, come il virus SARS-CoV-2. La ventilazione può quindi essere uno strumento importante contro le infezioni trasmissibili per via aerea.

Mantenere una ventilazione adeguata è importante non solo per ridurre il rischio di infezioni trasmissibili per via aerea, ma anche per il benessere umano complessivo, le prestazioni lavorative e l'apprendimento ([link](#), [link](#)) con chiare implicazioni economiche ([link](#)).

Tuttavia, se la ventilazione viene effettuata senza recupero dell'umidità, l'afflusso di aria fredda durante i mesi invernali abbassa i livelli di umidità relativa, rendendo le mucose più suscettibili

alle infezioni. Il che significa che la ventilazione dovrebbe andare di pari passo con l'umidificazione dell'ambiente. La ventilazione senza recupero di calore può accrescere i consumi energetici in quanto richiede un riscaldamento supplementare.

Filtri dell'aria

Per quanto riguarda la filtrazione dell'aria, sebbene contesti plausibili e studi in laboratorio e sul campo ne dimostrino l'efficacia nel ridurre la quantità di agenti patogeni nell'aria, non esistono studi epidemiologici inconfutabili relativi alla sua incidenza sulla trasmissione tra individui. Tuttavia, i filtri dell'aria apportano grandi benefici per la salute in generale in quanto liberano l'aria da pollini e altre sostanze inquinanti.

Disinfettanti UV

Per i disinfettanti UV, le incertezze legate all'incidenza sulla trasmissione sono simili a quelle espresse per i filtri dell'aria. È importante sottolineare che i disinfettanti UV potrebbero aumentare il numero di nanoparticelle e gas organici nell'aria, con conseguenze sconosciute sulla salute degli esseri umani. Non si sa ancora molto su questi potenziali rischi. Non è inoltre chiaro fino a che punto aspetti come il posizionamento del sistema, la regolazione dell'intensità e le misure di accompagnamento debbano essere perfezionate per ottenere il risultato desiderato, tenendo allo stesso tempo sotto controllo i rischi.

Modulazione del pH

Non si sa ancora abbastanza sulla rilevanza e sull'incidenza del controllo del pH per poter utilizzare questa soluzione come misura in materia di aria pulita.