

Corso teorico-pratico per l'uso di ozonizzatori nella sanitizzazione degli ambienti confinati antropici

**Circolare Ministero Salute del 22 Maggio 2020
Circolare Istituto Superiore Sanità del 15 Maggio 2020**

Docente Dr. Claudio Carboni – Biologo Consigliere ANP-Agenzia Nazionale per la Prevenzione

Introduzione: Igiene Ambientale

Gli ambienti confinati del comparto medico-ospedaliero, quali camere bianche e sale chirurgiche, camere di degenza pre- e post-operatoria, corridoi e salette di ricevimento aperte per gli incontri con i familiari, sono tra i più esposti a contaminazione ambientale da germi e virus patogeni. La vigilanza biologica consiste principalmente nel limitare le fonti di inquinamento, ma per la specifica presenza umana collettiva – pazienti, familiari, personale medico e paramedico – tale controllo si limita sia a regolarizzare al minimo l'orario delle visite di soggetti esterni alla struttura ospedaliera sia a monitorare i processi di igienizzazione delle superfici e dei punti critici infrastrutturali e di arredo individuati dal responsabile preposto alla vigilanza biologica.

Per chi si occupa di vigilanza biologica, il corpo umano (Foto 1 e 2) è uno dei maggiori vettori di agenti inquinanti fisici, chimici e biologici che possono condizionare negativamente l'ambiente confinato in cui vengono immessi, specie in assenza di adeguati sistemi di filtraggio dell'aria e ricondizionamento dei parametri igro-termici interni ed insufficiente prassi igienica per la sanificazione di tutte le superfici esposte.



- Foto 1 -



- Foto 2 -

Attualmente le procedure adottate sono quelle che utilizzano apparecchiature di ricambio dell'aria, con filtri che trattengono le principali impurità di tipo fisico, particolato aerodisperso, e biologico, spore e germi fino ad una grandezza di alcuni micron. Per la sanitizzazione delle superfici esposte attualmente vengono utilizzati, per la loro sperimentata efficacia, delle soluzioni acquose di sali di Cloro, elemento chimico nascente al momento del contatto con l'acqua, i cui fumi però sono fortemente tossici e corrosivi per le mucose nasali se appena inspirato.

In tale contesto metodologico si è inserito l'uso di apparecchiature, sia fisse che portatili, che producono Ozono.

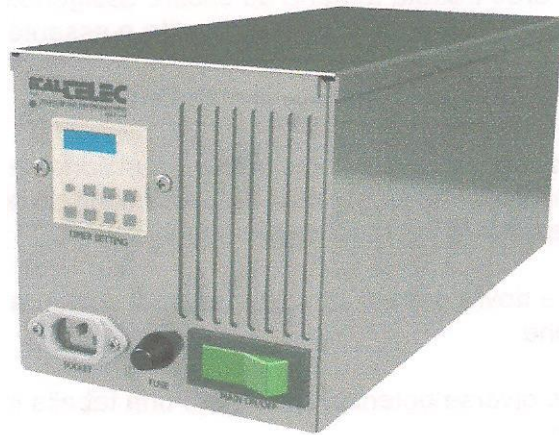
Caratteristiche chimico-fisiche dell'Ozono

L'Ozono è un gas che si forma, in maniera naturale, nell'atmosfera terrestre, in seguito all'azione di fenomeni quali fulmini e radiazioni ultraviolette ad alta energia. Le molecole di Ossigeno (O_2) si rompono producendo dei frammenti i quali, combinandosi con altre molecole di Ossigeno, producono Ozono (O_3). Foto 3.

OZONO O₃



- Foto 3 -



- Foto 4 - Ozonizzatore portatile

Il caratteristico odore fresco e chiaramente percepibile nell'aria dopo un temporale, con intensa caduta di fulmini e conseguente elevata carica elettrostatica, rappresenta l'Ozono appena generato in natura. L'Ozono però è un gas solo relativamente stabile a temperatura e pressione ambiente. La sua emivita nell'aria di circa 30 minuti. L'Ozono sotto forma di gas può essere generato con diversi metodi. I metodi più comuni sono l'effetto corona, fotochimico, elettrolitico e radiochimico.

Il primo generatore industriale di ozono fu ideato da Siemens nel 1957 ed era basato sull'effetto corona. Con il metodo fotochimico, l'Ozono si forma quando l'ossigeno, presente nell'aria, è esposto a raggi UV con lunghezza d'onda pari a 185 nm. L'energia delle radiazioni ultraviolette scinde alcune molecole di O₂ in due atomi di O che collidono con altre molecole di O₂ producendo Ozono (O₃). In questo sistema l'aria è soffiata in un cilindro posto attorno ad una lampada ad ultravioletti. Poiché le sorgenti di luce UV non sono monocromatiche, vengono generate onde di varia lunghezza, cosicché, in questo sistema l'Ozono viene simultaneamente prodotto e distrutto. La concentrazione dell'ozono dipende dalla potenza delle lampade usate, dal diametro del cilindro che circonda la lampada, dalla temperatura, dalla umidità, dall'ossigeno contenuto nell'aria e dalla quantità di aria che viene fatta passare attraverso il generatore.

Di recente i generatori di ozono non medici (ma sovente anche quelli per applicazioni mediche) sono a scarica coronale e cioè una piastra di ceramica che attraverso dei filamenti sottoposti a scariche elettriche, genera ozono trasformando l'ossigeno nell'aria da O₂ in O₃. (fig. 4)

Per monitorare la presenza e la quantità di Ozono prodotto, vengono impiegati sensori elettrochimici che rilevano le concentrazioni effettive nell'ambiente confinato e richiedono una minima manutenzione. Il tempo di preparazione per la produzione di Ozono richiede pochi minuti e il responso delle variazioni della concentrazione di Ozono nell'aria dell'ambiente confinato è rilevabile già dopo pochi secondi.

L'Ozono per la sua caratteristica chimica di instabilità – un atomo di O in più – genera un sistema ossidante altamente reattivo che si ripercuote sulla integrità strutturale delle molecole circostanti con cui interagisce e con un potere che è inferiore solo al Fluoro, ma superiore al Cloro.

L'Ozono reagisce sia con sostanze inorganiche che con le organiche. Nei confronti di quest'ultime agisce rapidamente dando luogo a numerose reazioni chimiche. Particolare è la reattività rispetto al doppio legame C=C delle sostanze organiche insature, reazione che è comunemente definita

ozonolisi: ciò accade quando l'ozono viene a contatto con i microrganismi cosicché questi vengono lisati o inattivati attraverso l'ossidazione della molecola di DNA. La membrana cellulare è il bersaglio principale dell'azione antimicrobica.

L'azione biocida dell'ozono si manifesta anche tramite l'attivazione della produzione, all'interno degli stessi microrganismi, sia di composti endogeni catalitici, quali acqua ossigenata, perossidi ed ossigeno singoletto, sia tramite attivazione della fagocitosi e delle citochine.

Il tempo di contatto e il dosaggio per la disinfezione con Ozono sono molto più bassi e più efficaci se comparati a molti altri disinfettanti; tale gas infatti è un potente antimicrobico ad ampio spettro in grado di agire su batteri, virus e funghi. Prove sperimentali ne hanno dimostrato l'efficacia per il tempo di processo di sanitizzazione.

Attività antibatterica

In test effettuati in soluzioni acquose a concentrazioni note di organismi patogeni, è stato osservato che l'Ozono già in minime dosi di 0,35 mg/L, determina un abbattimento di 100.000 cellule su una popolazione di 1.000.000 di colonie per ml dei seguenti organismi:

E. coli, *Vibrio cholerae*, *Salmonella typhi*, *Yersinia enterocolitica*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Aeromonas hydrophila*, *Listeria monocytogenes* e *Staphylococcus aureus*.

Con una dose di 0,50 mg/L di Cloro, la riduzione risulta molto minore per i microrganismi testati (eccetto *Vibrio cholerae*); solo utilizzando una concentrazione di 2 mg/L di Cloro è possibile avere una efficacia assimilabile a quella dell'utilizzo dell'Ozono.

Per le spore di *Bacillus subtilis* la riduzione osservata, immettendo ozono ad una concentrazione di 0,35 mg/L, è stata al massimo di 1000 colonie per ml, mentre non si sono ottenuti effetti significativi con il cloro nelle condizioni suddette.

E' dimostrata inoltre l'efficacia dell'ozono nell'inattivare spore di *Bacillus* spp. E *Clostridium* spp. Foto 5 e 6.

L'efficacia dell'attività dell'ozono è stata valutata anche nei confronti di *Staphilococcus Aureus* meticillina-resistente (MRSA), batterio che è diventato un importante problema durante la chemioterapia nel decennio passato, a causa della sua resistenza ai comuni disinfettanti; in questo caso l'Ozono ossida in maniera efficace le pareti cellulari e le membrane citoplasmatiche dei batteri MRSA. L'effetto microbicide dell'Ozono avviene nei primi 5 secondi del trattamento. Foto 7.

Soluzioni con componenti cosmetici o medicamentosi e contenenti anche Ozono, potrebbero essere utili per ridurre il numero di infezioni causate da disinfezioni inadeguate a combattere nuove specie resistenti. Tra i primi hanno dimostrato efficacia miscele di oli naturali dopo arricchimento di Ozono stabilizzato in sospensione.

Applicazioni dell'Ozono biogeno si sono rivelate efficaci anche nel campo alimentare ed in quello delle acque potabili. Tra gli alimenti viene efficacemente utilizzato sia per l'eliminazione di batteri presenti nel latte trattato sia nel comparto ittico ed in particolare contro i batteri *Pseudomonas putrida*, *Shewanella putrefaciens*, *Brochothrix thermosphacta*, *Enterobacter sp.* e *Lactobacillus plantarum* , presenti nei pesci.

Sono stati studiati infine la riduzione ed eliminazione di batteri patogeni quali l'*E. coli enterotossigeno O157:H7* dopo irradiazione con raggi gamma e trattamento con ozono. Si è appurato che sono necessari una dose di radiazioni gamma di 1,5 kGy o un trattamento da 3 a 18 ppm di Ozono, per una durata di 20 – 50 minuti, per assicurare l'eliminazione dell' *E. coli O157:H7*.



- Foto 5 -



- Foto 6 -

TEMPI MINIMI NECESSARI PER LA DISTRUZIONE DI ALCUNI MICRORGANISMI CON LA STERILIZZAZIONE AD OZONO

ISTITUTO D'IGIENE UNIVERSITA' DI PERUGIA

BATTERI		SPORE	
Strep. Lactis	0'14"	Pencilim roqueforti	0'45"
Strep. Hemolyticus (alpha Type)	0'09"	Pencilim Expansum	0'36"
Staph Aureus	0'10"	Pencilim Digitalum	2'26"
Staph Albus	0'10"	Aspergillus Glaucus	2'26"
Micrococcus sphaeroides	0'25"	Aspergillus Flavus	2'45"
Sarcina Lutea	0'44"	Aspergillus Niger	9'10"
Pseudonomas Fluorescens	0'10"	Rhizopus nigricans	6'06"
Listeria Monocitogenes	0'11"	Mucor Racemosus (A)	0'58"
Proteus Vulgaris	0'13"	Mucor Racemosus (B)	0'58"
Serraia marcenses	0'10"	Oospora Lactis	0'18"
Bacillus subtilis	0'18"		
Bacillus subtilis spores	0'36"	FERMENTI	
Spirillum rubrum	0'10"	Saccharomyces elipsoideus	0'22"
Escherichia Coli	1'00"	Saccharomyces sp.	0'29"
Salmonella Typi	3'00"	Saccharomyces cerevisiae	0'22"
Shigella dysenteriae	1'00"	Lievito di birra	0'11"
Brucella Albortus	1'00"	Lievito di pane	0'14"
Staphilococcus			
Pyogenes aureus	10'00"		
Vibrio cholerae	10'00"		
	20'00"		
		ALCUNI AGENTI BIOLOGICI DA IMPIANTI DI CONDIZIONAMENTO	
PROTOZOI	5'30"	Morbo del legionario	
Paramecium	0'36"	Legionella pneumophila	19'
Nematote EGGS	0'36"	Legionella SPP	19'
Algae		Microbacterio paratuberculosis	19'
		Virus ebola	20'
VIRUS	0'10"	Virus respiratorio sinci nuale	20'
Bacteriphage (E. Coli)			21'
Tabacco Mosaic	0'10"		
Influenza	12'15"		

- Foto 7 -

Attività antivirale

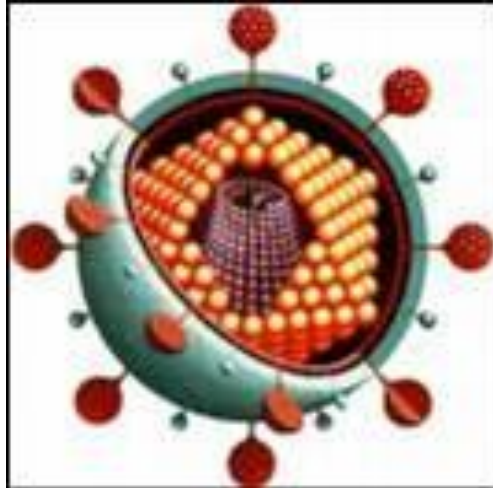
L'ozonizzazione è stata usata con successo per l'inattivazione di virus patogeni degli animali da laboratorio. L'Ozono (> 100 ppm) , in presenza di acqua, in condizioni quindi di umidità, risulta fortemente letale contro quattro virus ad RNA tra cui HVJ, virus dell'encefalomielite murina di Theiler (TMEV), Reovirus tipo 3 (RV), ed epatite virale murina (MHV). Test per valutare l'effetto antivirale dell'Ozono sono stati svolti utilizzando 1ml di sospensione di virus in acqua deionizzata o in soluzione salina.

Un titolo di 1.000.000 di unità formanti placca di TMEV in una soluzione altamente stabile nei riguardi dei trattamenti fisici, si azzerava in 1 ora se sottoposto a 300 ppm di Ozono, con una umidità dell'80% e temperatura di 22-25 °C.

HVJ e MHV sono risultati più suscettibili del TMEV al trattamento con Ozono. RV si è dimostrato il più resistente dei quattro virus testati.

Katzenelson et al., riferiscono di un processo di ozonizzazione in due fasi per l'inattivazione dei virus, la cui maggiore resistenza ai disinfettanti rispetto ai batteri è nota. La prima fase dura meno di 10 secondi, con una attivazione del 99% e la seconda fase dura alcuni minuti per completare l'eliminazione dei microrganismi. L'Ozono è stato applicato in diverse concentrazioni comprese tra 0,07 e 2,5 mg, ma l'efficacia è risultata indipendente dalla concentrazione.

L'elevata resistenza dei virus è causata dalla formazione di aggregati. La possibilità di sottoporre gli aggregati di *Poliovirus* ad ultrasuoni di 100 W per 2 minuti a 20 mhz, causa la rottura degli aggregati e li rende altamente suscettibili all'Ozono. Foto 8.



- Foto 8 -

Applicazioni

L'Ozono è un disinfettante naturale che non rilascia residui chimici ed è pertanto totalmente ecologico e compatibile con i protocolli ISO 14000 ed EMAS.

Oltre alla sanificazione ed alla sterilizzazione di ambienti e superfici di qualsiasi tipo, quali camere bianche, laboratori, ambulatori, l'Ozono è utilizzato con successo nel trattamento per la distruzione di Ossido di Carbonio ed abbattimento di polveri, fumi ed esalazioni oleose in ambienti confinati. L'Ozono ha dimostrato grande efficacia e sicurezza nell'abbattimento microbiologico, nella gestione di unità di trattamento aria, sistemi di filtrazione, canali di distribuzione aria con un'alta densità di persone che determinano conseguentemente alti rischi di contaminazione. I costi sociali ed i disagi generati dall'incuria degli impianti centralizzati di trattamento dell'aria, sono la causa ogni anno di numerosi casi di allergie e malattie dell'apparato respiratorio. I sistemi di ozonizzazione sono di facile installazione e gestione, specie per i modelli di apparecchiature portatili e sono applicabili su impianti sia nuovi che già esistenti, facilitando la norma UNI 14654 che prevede l'obbligo di effettuare la pulizia e le manutenzioni necessarie al fine di evitare la diffusione di contaminanti negli ambienti e nei locali serviti.

Le macchine sono dotate di tutti i sistemi di controllo necessari per garantire un funzionamento sicuro ed affidabile nel completo rispetto delle norme vigenti.

L'Ozono viene anche utilizzato in soluzioni contenenti prodotti cosmetici e medicamentosi per aumentarne l'efficacia nei problemi cutanei derivanti da problemi circolatori ed infettivi. Una delle basi naturali utilizzate è l'olio d'oliva biologico ozonizzato al 20%.

L'ozonizzazione dell'olio d'oliva ha peculiarità non presenti in altri prodotti. L'ozono lega alle catene lipidiche dell'olio d'oliva gli ozonidi e gli ozonuri che:

- con estrema facilità si veicolano all'interno della cellula della pelle;
- attivano all'interno delle cellule la glicolisi e numerosi catalizzatori enzimatici con conseguente attivazione del metabolismo cellulare (svegliano le cellule);
- trasportano l'ossigeno derivato dall'ozonizzazione (l'ozono si trasforma rapidamente in ossigeno nel processo di formazione degli ozonidi e degli ozonuri) aumentando l'ossigenazione cellulare e locale;
- sono in grado di veicolare facilmente i farmaci all'interno delle cellule con conseguente potenziamento dei loro effetti.

Il risultato è una attivazione del microcircolo con conseguente effetto drenante, decongestionante, di eliminazione dei radicali liberi e di migliore ossigenazione locale.

Sicurezza e tossicità

L'Ozono è uno degli agenti ossidanti più altamente attivi, con una forte tossicità per animali, piante e altri organismi viventi

L'Ozono è un gas tossico, e come il cloro può causare malattie e morte se inalato in grandi quantità. La tossicità dell'ozono dipende dai suoi livelli nell'ambiente e dalle condizioni d'azione, come la durata dell'esposizione all'inalazione. I sintomi dell'intossicazione come l'irritazione delle prime vie aeree e della trachea, compaiono velocemente ad una dose di 0,1 ppm. Al persistere in tale esposizione insorgono altri disturbi oltre a più gravi irritazioni della parete superiore della trachea, quali mal di testa, dolore al torace, tosse e secchezza delle fauci. Problemi alla vista si

incominciano a verificare dopo una esposizione di 3-6 ore in presenza di concentrazioni tra 0,1 e 0,5 ppm. Concentrazioni e tempi di esposizione più elevati (5-10 ppm) determinano aumento dei battiti cardiaci, edema polmonare. Una concentrazione di Ozono di 50 ppm o superiore, è potenzialmente fatale.

Nei limiti di concentrazione previsti per la sicurezza e la tossicità previsti dalla UE (0,1-0,3 mg/m³/h), l'Ozono è compatibile con le attività umane tanto che dal 26 Giugno 2001 la FDA ammette l'impiego di ozono anche nei processi produttivi dell'industria alimentare. L'Ozono è impiegato per la disinfezione dell'acqua imbottigliata sin dal 1982 e dal 1984 tutte le piscine di nuoto dei giochi olimpici devono essere purificate con Ozono. In data 31 Luglio 1996 con protocollo n. 24482, il Ministero della Sanità ha riconosciuto l'Ozono come "Presidio Naturale per la Sterilizzazione degli Ambienti "