

Cristiano Vergani  
Responsabile R & S  
Deparia Engineering S.r.l.  
Email: [cristiano.vergani@deparia.com](mailto:cristiano.vergani@deparia.com)

## **“La filtrazione NBC negli edifici civili”**

*Esiste purtroppo la concreta possibilità di un atto di terrorismo nucleare, biologico o chimico sul territorio nazionale: cosa è realmente possibile fare per preservare l'aria degli ambienti civili dalla contaminazione?*

Nella attuale situazione politico-militare, il nostro Paese riveste il poco invidiabile ruolo di obiettivo sensibile: ciò significa che, potenzialmente, potremmo in ogni momento essere esposti ad un attacco terroristico devastante in una delle nostre aree urbane più affollate.

Il Ministero della Salute ha diramato delle circolari informative sugli agenti organici ed inorganici di probabile impiego terroristico, mentre tutte le autorità preposte alla sicurezza civile sono state allertate ed informate sulle procedure d'urgenza da adottare in caso di attentato.

In ambito militare, la predisposizione alla filtrazione ad altissima efficienza dell'aria di ventilazione degli uffici strategici e dei veicoli, rappresenta un fatto acquisito; in ambito civile troviamo invece ben poco. A differenza di quanto accade in altri Paesi, non esiste in Italia norma edilizia che imponga l'allestimento di almeno un locale protetto negli edifici di nuova realizzazione. Probabilmente qualche struttura particolarmente delicata dal punto di vista operativo o politico possiede locali attrezzati per la sopravvivenza in condizione di crisi ma, in generale, si tratta di vere e proprie eccezioni. Anche in campo privato c'è stata poca attenzione al fenomeno, a parte alcuni uffici di multinazionali che seguono comunque regole di sicurezza molto rigide.

Occorre dire che il vecchio concetto di rifugio tipo "rifugio antiatomico" non riveste quasi nessuna utilità contro il moderno terrorismo: tali rifugi erano concepiti per resistere alle deflagrazioni nucleari e al conseguente fall-out. Al giorno d'oggi, invece, potrebbe succedere che ai piani bassi di un grande complesso per uffici, qualcuno possa aprire un banale pacco postale, dotato di una piccola carica di esplosivo destinata a spargere intorno spore di antrace, oppure a frantumare delle fiale di gas nervino o di cesio radioattivo: in casi come questo, non c'è il tempo di raggiungere un rifugio. L'unica cosa ragionevole da fare è uscire all'esterno se si ha la fortuna di essere interposti tra la fonte di pericolo e l'uscita; altrimenti, si deve restare dove si è, isolandosi il più possibile dall'ambiente circostante.

Ma, come fare per creare preventivamente delle condizioni favorevoli alla sopravvivenza in un caso del genere? In USA ed in Israele, dove per owi motivi si è molto sensibili all'argomento, esistono già alcuni esempi di edifici dove gli impianti HVAC sono stati opportunamente modificati.

## Le caratteristiche degli agenti da filtrare

Un eventuale attacco terroristico potrebbe portare alla dispersione nell'aria di agenti nocivi appartenenti sostanzialmente a tre classi: nucleare, biologica e chimica. Nel primo caso, l'evento più temuto per la sua facile messa in opera è quello che implicherebbe l'uso di una cosiddetta "bomba sporca", ovvero un ordigno esplosivo tradizionale addizionato artigianalmente con degli isotopi usati in campo medico o industriale, come iodio, cobalto o cesio radioattivi. Un ordigno del genere provocherebbe una gravissima contaminazione diretta di tutte le superfici raggiungibili direttamente dall'esplosione, ed in più determinerebbe la formazione di una nuvola di polvere radioattiva dal potere contaminante gravissimo per estensione e persistenza. In questo caso i contaminanti da filtrare sarebbero assimilabili alla polvere, con particolare riguardo alla frazione particellare compresa tra 0,5 e 5 micron (frazione respirabile) che può rimanere in sospensione per centinaia di ore. Le particelle di diametro superiore ai 15-20 micron tendono invece a depositarsi a terra rapidamente.

Per quanto riguarda gli agenti di origine biologica, le dimensioni dei batteri possono variare da 0,3 a 35 micron, mentre le particelle virali sono molto più piccole, da 0,01 a 0,3 micron. In caso di utilizzo ai fini terroristici, virus, batteri e anche tossine (vedi oltre) devono essere diffusi sotto forma di aerosol: anche in questo caso rientriamo in un range di diametro particellare che va da 0,5 a 5 micron.

Gli agenti chimici possono essere diffusi sotto forma di gas e vapori, oppure di aerosol. L'aerosol è in genere riservato alle sostanze caratterizzate da pressioni di vapore molto elevate. Tutte queste sostanze devono essere efficacemente trattenute da filtri in grado di agire a livello molecolare.

## Accorgimenti da adottare negli impianti di condizionamento

Alcuni accorgimenti in fase di progettazione e realizzazione d'impianto possono contribuire a ridurre il rischio di introduzione e/o di circolazione di agenti nocivi all'interno delle canalizzazioni:

- segmentare e compartimentare l'impianto in più sezioni possibili, isolabili tra loro per mezzo di serrande automatiche a tenuta;
- le canalizzazioni devono essere realizzate scrupolosamente a tenuta e collegate per mezzo di flange e guarnizioni;
- bilanciare le portate in modo da mantenere una leggera pressione positiva all'interno dei locali frequentati, rispetto ai locali circostanti e all'ambiente esterno;
- posizionare le prese d'aria primaria nella zona più elevata dell'edificio, protette all'interno di opere in muratura aperte solo verso l'alto, protette da griglie anti-intrusione e da labirinto anti-pioggia, in zona illuminata e servita da telecamere;
- sostituire ai normali filtri di classe commerciale dei filtri di tipo NBC, eventualmente in un plenum parallelo a quello inizialmente previsto, collegato con valvole di commutazione a tenuta per passare rapidamente

da filtrazione normale a filtrazione NBC in caso di necessità considerare l'installazione di un sistema rapido per l'individuazione degli agenti nocivi per l'inserimento automatico dei filtri (attualmente sono disponibili sensori in tempo reale per contaminanti nucleari e chimici; per i contaminanti biologici esistono stazioni miniaturizzate di analisi con tempo di risposta intorno ai dieci-quindici minuti, ancora troppo elevato). In alternativa, i filtri supplementari devono essere inseriti automaticamente in caso di allarme generico proveniente da sensori di presenza, opacimetri, sensori di esplosione.

### Filtri di possibile impiego

Le soluzioni normalmente adottate per la filtrazione dell'aria in ambito civile, sono di solito rappresentate da unità di filtrazione inserite in un impianto canalizzato, disposte in modo da filtrare la sola aria esterna, oppure, se poste a valle di una serranda di miscelazione, possono filtrare anche una percentuale di aria di ricircolo. In genere sono composte da un prefiltro per le polveri grossolane, un filtro ad alta efficienza per il particolato più fine, seguito in alcuni casi da una unità per la filtrazione di gas e vapori a base di carbone attivo di qualità commerciale. Ammettendo di trovarci in presenza di una filtrazione allo stato dell'arte (eventualità rarissima), potremmo chiederci se, in tal caso, potremmo già ottenere una qualche forma di protezione utile dalle eventualità terroristiche; la risposta è decisamente negativa, in quanto questa tipologia di filtri è del tutto inadeguata a questa funzione. Se vogliamo individuare del materiale adatto, dobbiamo andare a scartabellare nei cataloghi riservati al settore militare. Questo non deve stupire, se si pensa che fino ad ora la "domanda" per questi prodotti è stata esclusivamente militare (con l'eccezione dei filtri HEPA e ULPA per i settori del nucleare e della microelettronica). Per di più, i filtri NBC utilizzati in ambito NATO derivano da progetti originali sviluppati dai militari stessi, coperti da brevetto: come vedremo, alcuni materiali impiegati in questi filtri sono del tutto specifici e frutto di ricerche e collaudi sul campo di battaglia.

Il filtro ideale deve essere in grado di sequestrare la totalità degli agenti nocivi in transito per tutta la durata della propria vita operativa; deve essere quindi ad altissima efficienza, a largo spettro d'azione e dotato di una sufficiente capacità. Deve essere efficace sul particolato più fine, fino alle dimensioni delle particelle virali (0,01 micron), in questo modo potranno efficacemente bloccare anche le particelle batteriche e fungine, caratterizzate da diametri maggiori. Il particolato veicola anche le particelle dotate di attività nucleare: perciò un primo stadio di filtrazione, costituito da una specie di "vaglio quasi-molecolare" in grado di trattenere gli agenti corpuscolati, ha il compito di trattenere i contaminanti biologici e quelli radioattivi. Questo primo stadio è in genere formato da più fogli in fibra di vetro o in polimero permeabile ad alte prestazioni, termosaldati e plissettati in pieghe piane e parallele. Nonostante l'utilizzo di materiali all'avanguardia, il design di questi filtri risale alla II Guerra Mondiale: poiché ha dato ottima prova di sé sul campo, non si vedono ragioni sufficienti per dover cambiare. L'efficienza è quella tipica HEPA, del 99,97% nei confronti delle particelle standard da 0,3 micron di diametro. La perdita di carico tipica è pari a 250 Pa con una velocità dell'aria pari a 1,3 m/s. La

perdita di carico a filtro esaurito può salire fino quasi a 600 Pa.

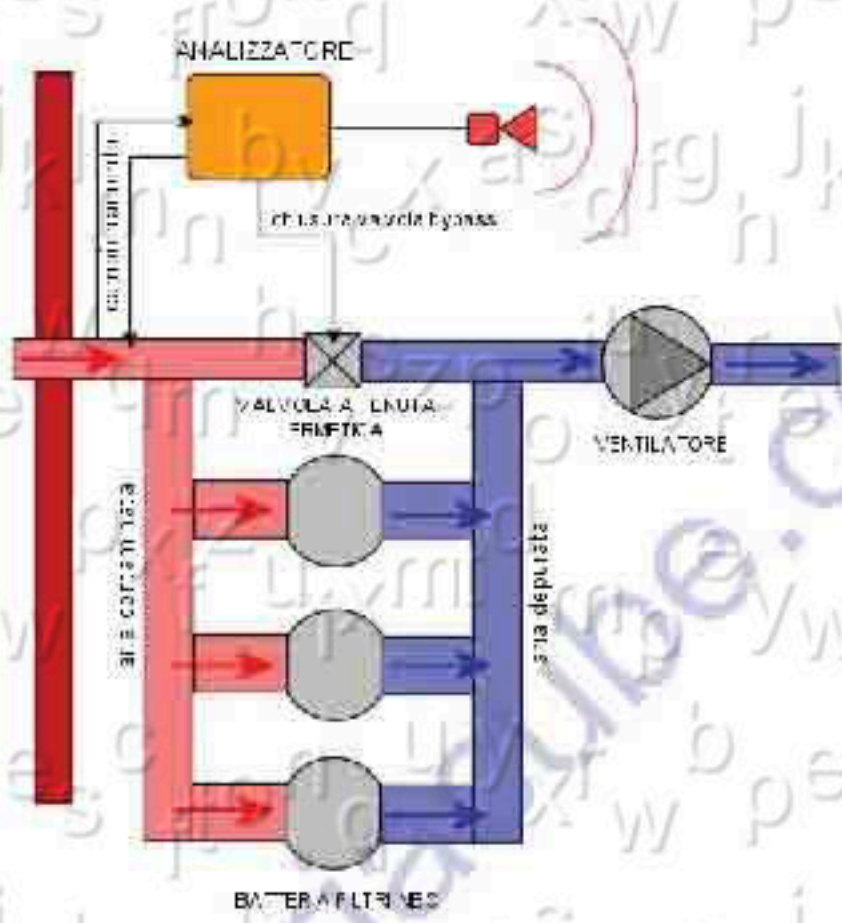
Per completare il filtro è necessario un secondo stadio per trattenere e neutralizzare gli agenti chimici gassosi. come nei filtri civili, a questo scopo si utilizzano dei carboni attivi. Quello che cambia è il tipo di carbone impiegato, di qualità senza compromessi e con impregnazioni del tutto particolari. L'area utile equivalente della superficie porosa può raggiungere i 1000 metri quadri per grammo. Questa enorme superficie è rivestita da uno strato infinitesimo di una speciale miscela di Rame, Argento, Zinco, Molibdeno e Trietilendiamina (ASZM-TEDA), allo scopo di promuovere delle reazioni di degradazione chimica delle molecole gassose trattenute. Questa formulazione è coperta da un brevetto della US Army ed è l'unica approvata per garantire le massime prestazioni operative. Purtroppo, l'impiego della miscela ASZM-TEDA è soggetto ad una specifica licenza dell' US Dept. of Commerce che ne fa lievitare il prezzo ed i tempi di consegna. Ad ogni modo esiste una alternativa, meno performante ma più disponibile, denominata GMS-70. Le sue prestazioni sono significativamente inferiori nei confronti dei cianuri, mentre rimangono elevate sui composti meno volatili. Per quanto riguarda le caratteristiche aerauliche, le perdite di carico sono sovrapponibili a quelle dello stadio precedente di tipo HEPA, con la differenza che non tendono ad aumentare durante la vita operativa del filtro.

La realizzazione meccanica che si è dimostrata più affidabile per questo genere di filtri è quella del barilotto flangiato: altri tipi di esecuzione richiedono attenzioni e precauzioni molto superiori per garantire una perfetta tenuta pneumatica e dovrebbero essere scartati a priori, anche se più economici. Naturalmente, le portate di lavoro si raggiungono ponendo in parallelo più moduli, singolarmente escludibili con valvole manuali in modo da semplificare il più possibile la manutenzione.



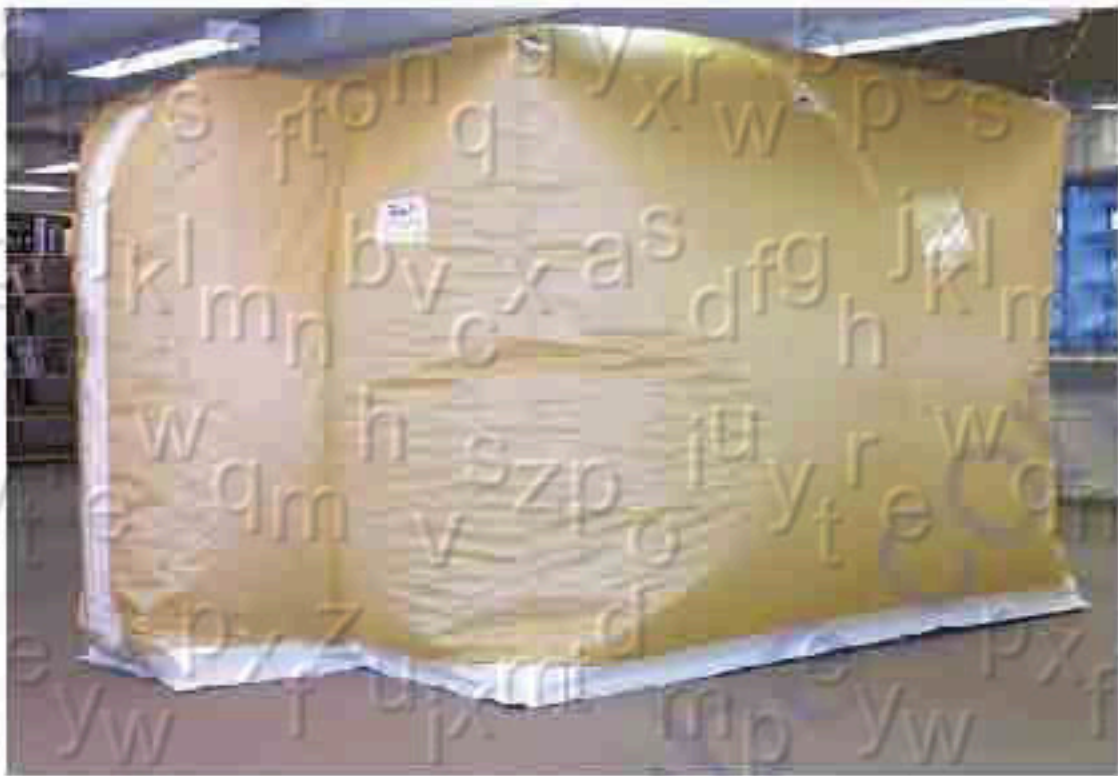
**Figura 1**

Impianto di filtrazione NBC per aria primaria, formato da tre unità in parallelo per un totale di 1500 mc/h.



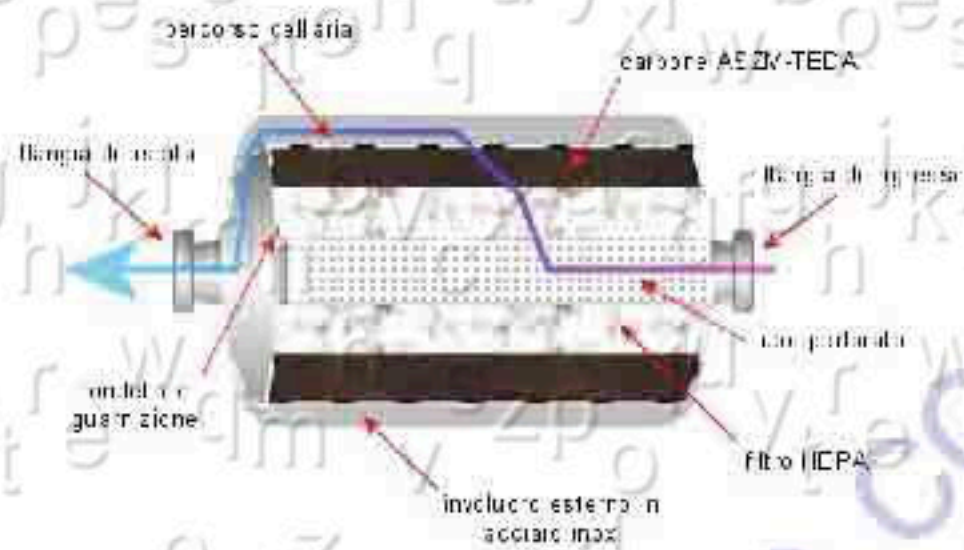
**Figura 2**

Schema dell'impianto di Figura 1.



**Figura 3**

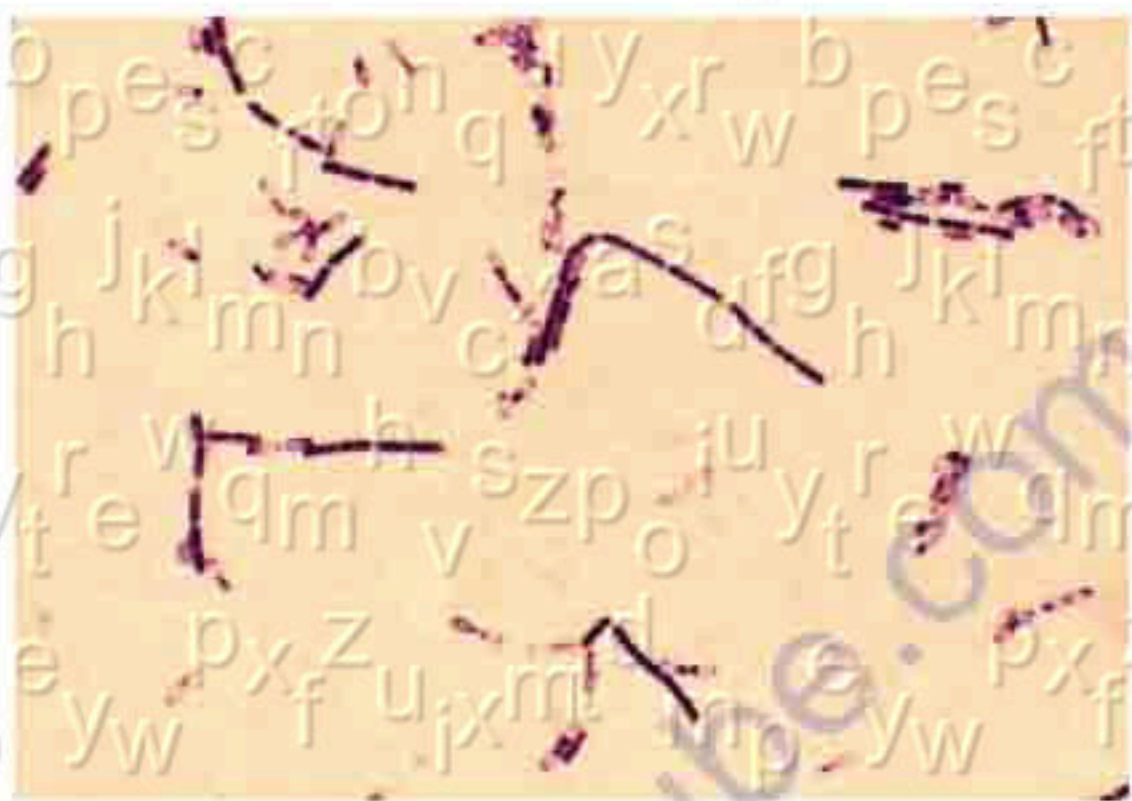
Rifugio gonfiabile di emergenza mantenuto in pressione da una unità di filtrazione aria di tipo NBC, azionabile anche a batteria e a manovella (non visibile nella foto). Questi rifugi permettono di ottenere un buon livello di difesa con una spesa contenuta, senza dovere modificare l'impianto di condizionamento originale.



**Figura 4**

Struttura interna di un filtro NBC a barilotto flangiato.





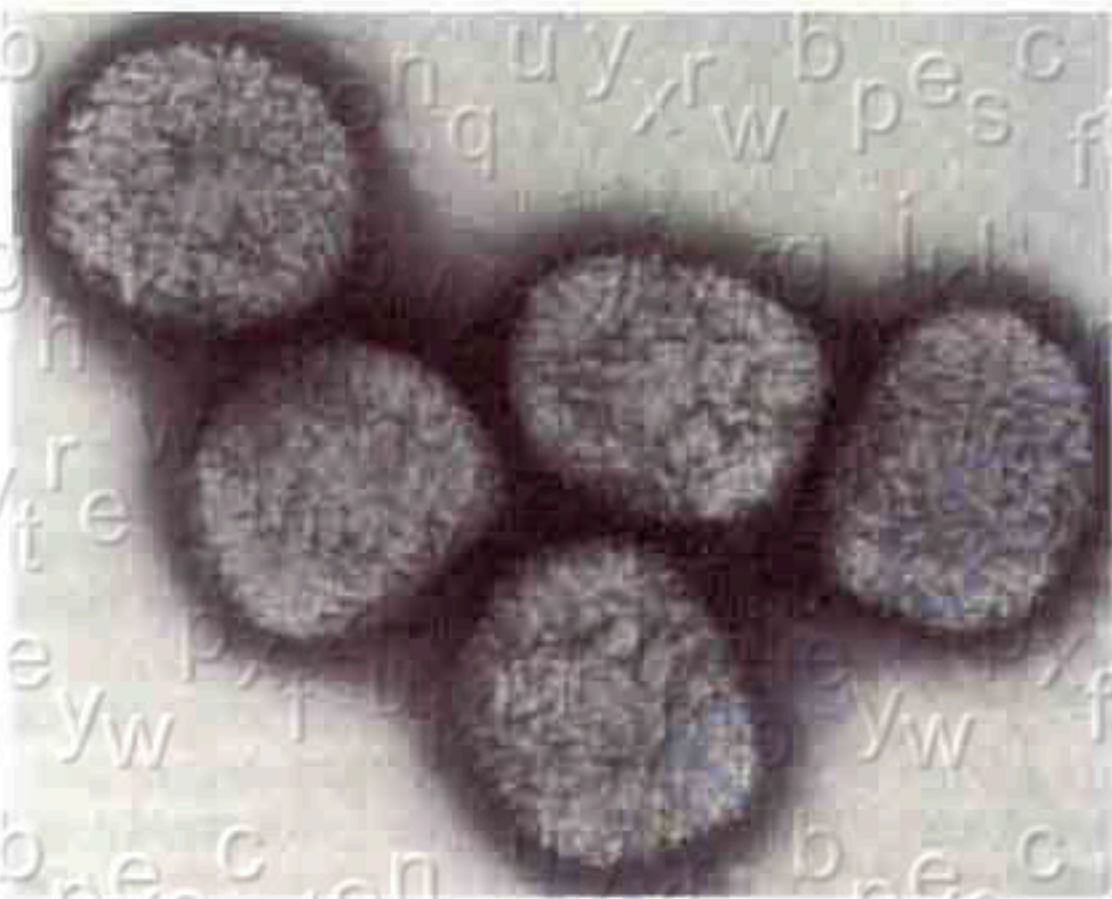
**Figura 5**

Microfotografía del *Bacillus anthracis* (agente del Carbonchio).



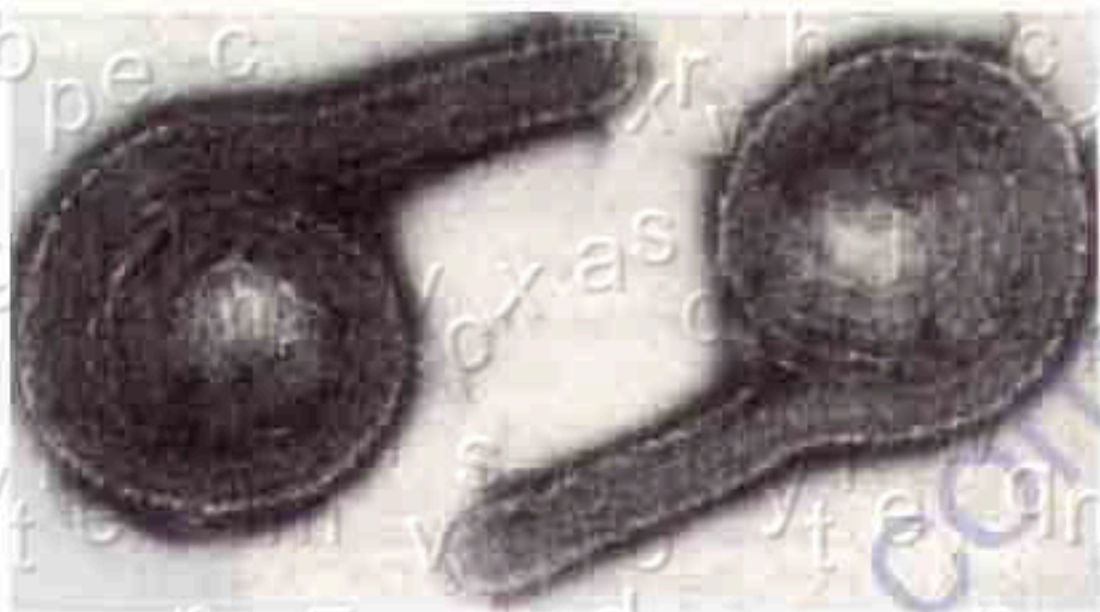
**Figura 6**

Tipizzazione metabolica del bacillo della peste (terza fila dall'alto).



**Figura 7**

Microfotografia al microscopio elettronico di *Variola major* (agente del Vaiolo).



**Figura 8**

Microfotografia al microscopio elettronico del Filovirus agente della febbre emorragica di Ebola.

## Gli agenti biologici

Carbonchio o Antrace, malattia causata dal batterio sporigeno *Bacillus anthracis*, caratterizzato da una forma a bastoncino. Le sue dimensioni sono di circa un micron di diametro per 3-5 di lunghezza. Le spore possiedono un diametro variabile da 2 a 6 micron. Ci si può infettare per contatto, ingestione od inalazione. Se disperso in forma liquida è aerosolizzabile con difficoltà. Esiste una polvere per uso bellico formata da spore micronizzate in laboratorio provenienti da ceppi modificati geneticamente.

Il Botulismo può condurre a morte attraverso la paralisi dei muscoli respiratori indotta dalle tossine del *Clostridium botulinum*. In genere la tossina si assume da alimenti contaminati e non viene diffusa da persona a persona. I sintomi possono essere trattati con la somministrazione di siero antitossinico polivalente, anche per aerosol.

La Peste è una malattia sostenuta dalla *Yersinia pestis*, che può infettare direttamente il sangue o la linfa, oppure direttamente i polmoni per via aerogena. Si potrebbe avere una diffusione su larga scala attraverso aerosolizzazione. E' possibile un contagio da persona a persona per via aerogena. Esiste un trattamento antibiotico per la terapia e la profilassi post-esposizione.

Il Vaiolo è trasmesso da un virus (*Variole major*), che si propaga per via aerogena. Rappresenta uno degli agenti più temuti per la sua contagiosità e perché la popolazione in generale non viene più vaccinata dalla fine degli anni '70. La vaccinazione può attenuare od evitare la malattia anche se effettuata fino a tre giorni dopo l'esposizione. Esistono ceppi modificati geneticamente.

La Tularemia è causata dal batterio *Francisella tularensis*, lungo da 0,2 a 0,7 micron per un diametro di circa 0,2 micron. Può trasmettersi per aerosol artificialmente diffuso, non si conosce una trasmissione diretta da persona a persona. E' disponibile un trattamento per la profilassi post-esposizione.

Le Febbri Emorragiche Virali sono sostenute da diverse famiglie di virus, in grado di trasmettersi per aerosol. Si tratta di virus difficili da isolare e coltivare in laboratorio, difficilmente utilizzabili in un attacco terroristico. Più terribile il contagio diretto da parte di soggetti infetti.

## Le Tossine

Le tossine sono molecole di origine biologica in grado di produrre effetti tossici di varia entità. Alcune, come l'enterotossina stafilococcica B (SEB) possono causare malesseri a dosi bassissime, ma possono avere effetti letali solo a dosi molto più elevate. Rappresentano un serio pericolo dal punto di vista terroristico perché alcune sono di facile preparazione ed inoltre possono essere aerosolizzate senza problemi. Quelle più potenti sono di natura proteica, sintetizzate da batteri. Esempi di questo tipo sono la tossina botulinica, quella difterica, la tossina del tetano. Le tossine di origine vegetale sono un po' meno potenti, ma sono molto più semplici da preparare, a costi molto bassi: un tipico esempio è la ricina, estraibile dai semi della pianta del ricino.

## Gli agenti chimici

Gli agenti nervini: questi composti chimici, una volta inalati, ingeriti o assorbiti attraverso la pelle, possono comportare movimenti muscolari scoordinati, seguiti da paralisi e quindi da morte, in genere per asfissia.

Il Tabun (GA) è un liquido leggermente ambrato od inodore che sviluppa vapori a temperatura ambiente. Il Tabun è il progenitore degli agenti nervini, sintetizzato in Germania prima della II Guerra Mondiale.

Il Sarin (GB) allo stato puro è inodore ed inodore. Vaporizza con grande facilità.

Il Soman (GD) è considerato il più attivo degli agenti nervini di classe G, per la rapidità con cui pervade il sistema nervoso della vittima.

Gli agenti V (VX, VX2) sono liquidi oleosi ad elevato punto di ebollizione. Sono estremamente tossici per contatto ma possono essere pericolosissimi anche per inalazione della piccola quantità di vapore che sviluppano.

Agenti tossici per il sangue: sono assorbiti per via aerogena ma hanno il sangue come organo bersaglio. Molti di questi composti sono a base di cianuro (AC, CK). Sono molto volatili e quindi caratterizzati da bassa persistenza. Possono essere nebulizzati oppure dispersi da razzi, granate, mine.

Agenti vescicanti: sono rapidamente assorbiti da pelle e mucose, provocando prima lesioni vescicolose e quindi la distruzione dei tessuti. Possono essere rilasciati in forma liquida o di gas.

Agenti soffocanti: provocano soffocamento attraverso l'induzione di edemi per irritazione dei tessuti respiratori. Si tratta soprattutto di Fosgene (CG) e Difosgene (DP). Tendono a permanere sul terreno.

Agenti lacrimogeni: famiglia composta da numerose sostanze variamente classificate (CS, CS1, CS2, CSX, CR, CN). Alcune di queste sono, oltre che lacrimogene, fortemente irritanti per la pelle e l'apparato respiratorio. Possono causare nausea e vomito. Possono essere letali se usate al chiuso.

Agenti incapacitanti: si tratta di psicofarmaci in grado di provocare inabilità temporanea, in genere dotati di un buon grado di maneggevolezza (la dose letale è molto superiore a quella d'uso normale).

## Internet

Informative del Ministero della Salute su Eventi Inattesi – Agenti Biologici e Chimici:

<http://www.ministerosalute.it/promozione/malattie/informativa.jsp?lista=0>

Selezione di fornitori specializzati in equipaggiamento NBC, sistemi di controllo ed analisi in tempo reale:

<http://www.army-technology.com/contractors/nbc/index.html>