

MICROORGANISMI AERODISPERSI IN AMBIENTI *INDOOR*: RISULTATI PRELIMINARI

Paola Margherita Bianca Gucci, Rossella Briancesco, Anna Maria Coccia, Ines Lacchetti,
Rosa Paradiso, Maurizio Semproni, Lucia Bonadonna
Dipartimento di Ambiente e Connessa Prevenzione Primaria, Istituto Superiore di Sanità, Roma

Introduzione

L'attenzione alla qualità dell'aria negli ambienti *indoor* è sempre più crescente sia da parte della Comunità scientifica internazionale che da parte di Istituzioni con competenze in materia di salute pubblica. Di fatto, l'impatto sulla salute della qualità dell'aria *indoor*, è notevole soprattutto se si considera che la maggior parte del tempo durante il giorno viene trascorso negli ambienti confinati (1-4).

Sistemi costruttivi finalizzati al risparmio energetico, ubicazione delle costruzioni e dei relativi ambienti interni, parametri microclimatici (aerazione, riscaldamento ecc.) influenzano la qualità dell'aria *indoor* (5-8).

La contaminazione dell'aria *indoor*, sia essa di natura chimica, fisica o biologica è originata da fonti sia esterne che interne. Con l'espressione "ambiente *indoor*" si definisce una tipologia specifica di ambienti confinati di vita e di lavoro non industriale che include, oltre alle abitazioni, tutti quei luoghi circoscritti e chiusi come le sedi professionali, i locali adibiti ad attività commerciali, culturali e ricreative quali centri sportivi, palestre, impianti natatori, le strutture comunitarie, i mezzi di trasporto sia pubblici che privati.

In questi ambienti una qualità dell'aria *indoor* non ottimale, costituisce un importante problema di sanità pubblica con ripercussioni sia economiche che sociali poiché il rischio, a differenza di quanto avviene nell'esposizione professionale, non è limitato a precise e distinte categorie selezionate, ma viene ad interessare indiscriminatamente la quasi totalità della popolazione e i suoi gruppi più suscettibili quali bambini, anziani e persone già affette da patologie croniche, come malattie cardiache, respiratorie, asma bronchiale, allergie (5, 9-14).

Processi infettivi, allergie o intossicazioni possono essere causati dalla presenza della frazione biologica respirabile aerodispersa nell'ambiente: il bioaerosol, che è costituito da agenti biologici vitali e non, loro metaboliti (enzimi e tossine), forme di resistenza (spore batteriche, fungine e cisti di protozoi e cianobatteri), nonché da derivati vegetali, umani e animali (15, 16).

L'insorgere di una patologia ascrivibile, pertanto, al bioaerosol è in funzione non solo delle sorgenti di contaminazione, sia esterne che interne all'edificio, ma anche del grado di ventilazione naturale o artificiale, di igiene, di umidità, delle abitudini degli occupanti e dei loro stili di vita, della tipologia e durata dell'esposizione (1, 5, 17). La complessità di variabili inerenti ad ogni microambiente e l'immunocompetenza specifica di ogni soggetto esposto, rendono difficilmente quantificabile l'esposizione umana agli agenti biologici presenti, rendendo di fatto complessa l'obiettivo classificazione delle patologie correlate, o correlabili, ad una data tipologia, e relativo livello, di inquinamento biologico.

È, inoltre, oggettivamente difficile valutare l'entità dell'esposizione mediante la determinazione di limiti di concentrazione; le sole misure normative fruibili dal settore inquinanti chimici aerodispersi all'esterno di un dato ambiente, non sono sufficienti ad assicurare la buona qualità dell'aria all'interno degli ambienti confinati sia a livello chimico che biologico.

Garantire condizioni di qualità biologica dell'aria *indoor* alla popolazione è un obiettivo perseguibile e raggiungibile, tuttavia, mediante un'azione di sorveglianza, espletata tramite controlli sistematici del bioaerosol. Un adeguato monitoraggio di parametri biologici condivisi è, pertanto, lo strumento essenziale in grado di individuare eventuali criticità o potenziali rischi per la salute e intervenire prontamente con le necessarie misure correttive. Ottenendo risultati interpretabili e confrontabili, si può tradurre in grandezze matematiche il grado di contaminazione e il relativo potenziale rischio (17).

Lo scopo di questo studio è stato quello di monitorare la qualità microbiologica dell'aria di tre differenti tipologie di ambienti *indoor* al fine di stimare il grado di contaminazione batterica e fungina presente. Si riportano, pertanto, i risultati delle concentrazioni microbiche ottenute nel bioaerosol campionato in un ufficio privato, in un'abitazione climatizzata artificialmente e in un impianto natatorio.

Metodologie di campionamento e analisi

Nella città di Roma sono state selezionate tre diverse tipologie di ambienti confinati:

- *Ufficio privato*, con superficie pari a 40 m² circa, situato al primo piano di un condominio privo di impianto di climatizzazione o di deumidificazione, ma provvisto di due grandi finestre. Il locale ospita cinque professionisti per un tempo medio di 8 ore al giorno. I campionamenti del bioaerosol sono stati condotti durante le ore di lavoro per un periodo di 10 mesi.
- *Abitazione*, con superficie pari a circa 150 m², situata nel centro urbano, al terzo piano di uno stabile costruito intorno al 1940 e provvisto di 7 apparecchiature di condizionamento attive da 12 mesi. Il bioaerosol è stato campionato nei locali in cui erano presenti gli impianti di condizionamento e le analisi microbiologiche sono state eseguite anche sulle polveri accumulate sui filtri.
- *Impianto natatorio*, struttura coperta costituita da un'area adibita a balneazione in cui è presente una vasca di 20 m di lunghezza, un solarium per i mesi estivi e un'area servizi. L'affluenza giornaliera varia da un minimo di 300 a 1200 bagnanti al giorno in funzione della stagione. Per la verifica della qualità dell'aria della piscina, l'indagine è stata svolta per un periodo di 8 mesi e i campionamenti sono stati eseguiti soltanto lungo il bordo vasca. Il trattamento dell'acqua in vasca viene effettuato mediante filtrazione e disinfezione con prodotti a base di cloro.

Analisi del bioaerosol

La raccolta dei campioni di bioaerosol è stata effettuata utilizzando il *Surface Air System* DUO SAS 360 (PBIInternational), campionatore attivo ad impatto ortogonale aspirante monostadio che mediante filtrazione attiva su doppia testata, aspira simultaneamente quantità prefissate di aria convogliate, attraverso una superficie forellata, su piastre Rodac di 55 mm di diametro contenenti i differenti substrati nutritivi agarizzati, specifici per il rilevamento dei vari microrganismi di interesse, consentendo una valutazione quantitativa diretta delle cellule batteriche vitali contabili presenti e subculturabili.

Tale strumento, inoltre, ha la particolarità di aspirare un flusso d'aria nominale di 180 l/min e captare, secondo il microrganismo ricercato, differenti volumi d'aria al fine di ottenere un recupero microbico quanto più possibilmente esaustivo.

Nel corso del campionamento la probabilità che più di un microrganismo o di una particella impatti sullo stesso punto della piastra è molto elevata e pertanto, unitamente allo strumento stesso, la ditta costruttrice fornisce la specifica tabella di conversione per la correzione statistica del dato ottenuto dal conteggio microbico (numero di colonie/piastra).

Per tutta la durata dei campionamenti, l'apparecchiatura è stata posizionata a 1,5 m da terra, distanza corrispondente all'altezza media delle prime vie respiratorie umane e per ogni parametro in indagine le captazioni del bioaerosol sono state eseguite in triplo (4).

Le piastre di raccolta, riposte in un contenitore termico refrigerato, sono state trasportate in laboratorio e successivamente incubate secondo le temperature e i tempi richiesti per la crescita dei differenti microrganismi indagati.

Analisi delle polveri

Quantità note della polvere raccolta dai filtri dell'impianto di climatizzazione domestico, sono state solubilizzate e omogeneizzate in soluzione peptonata salina, contenente Tween 80 all'1%. Allestite, quindi, le relative diluizioni seriali, aliquote pari a 0,5 mL sono state seminate in triplo sui terreni colturali agarizzati specifici, mediante la tecnica dello spatolamento su superficie. Le piastre sono state infine incubate alle temperature idonee per la crescita dei microrganismi indagati per la durata necessaria allo sviluppo delle colonie.

Parametri microbiologici

Il monitoraggio microbiologico ha previsto la ricerca di batteri eterotrofi a 20°C e 36°C, stafilococchi e miceti quali parametri principali per valutare il grado di contaminazione del bioaerosol e della polvere accumulata negli apparati filtranti dell'impianto di condizionamento dell'abitazione.

I terreni di coltura utilizzati, le temperature e i tempi di incubazione sono stati i seguenti:

- Plate Count Agar per la determinazione degli eterotrofi a 20°C e a 36°C incubati, rispettivamente, a (20±1)°C fino a 7 giorni e a (36±1)°C per 48 ore;
- Baird-Parker Agar per il rilevamento degli stafilococchi, incubati a (36±1)°C per 48-72 ore;
- Rose Bengal Chloranmphenicol Agar per la ricerca dei funghi, incubati a (20±1)°C, fino a 7 giorni.

Al termine del periodo d'incubazione si è proceduto al conteggio delle colonie tipiche sviluppatesi su tutte le repliche dei terreni di coltura seminati, registrando i risultati come media dei valori ottenuti.

Relativamente ai campioni di bioaerosol, i valori sono stati relazionati a quelli di riferimento della specifica tabella di conversione. I risultati ottenuti sono stati, infine, espressi come unità formanti colonia per volume di aria campionata (UFC/m³).

Per quanto riguarda le polveri raccolte dai filtri dei condizionatori, i risultati sono stati espressi in unità formanti colonia per grammo di peso secco di polvere (UFC/g_{ss}).

I generi fungini che avevano prodotto colonie sono stati identificati al microscopio tramite l'osservazione delle caratteristiche morfologiche e degli elementi strutturali evidenziati mediante colorazione al blu di lattofenolo.

Le colonie tipiche di stafilococchi, dopo isolamento e sub-coltivazione su idoneo substrato nutritivo di mantenimento, sono state sottoposte ad identificazione biochimica mediante gli appositi test miniaturizzati API STAPH (Biomérieux).

Risultati e discussione

In Tabella 1 sono riportate le concentrazioni dei microrganismi rilevati nei campioni di bioaerosol prelevati dall'ufficio.

Dall'esame dei risultati emerge che eterotrofi e funghi erano presenti con cariche contenute in un ordine di grandezza variabile tra 10^1 e 10^2 UFC/m³.

Gli eterotrofi a 20°C costituiscono un importante parametro indicatore di contaminazione ambientale potendo risiedere ovunque ci sia presenza di sostanza organica e di umidità, mentre gli eterotrofi a 36°C, tra i quali sono potenzialmente inclusi i patogeni convenzionali, possono essere ritenuti un valido indicatore di contaminazione di origine umana e animale.

Per quanto riguarda il parametro stafilococchi, le concentrazioni ottenute nel bioaerosol dell'ufficio sono state piuttosto basse; quando presenti sono risultate sempre inferiori o pari a 10^1 UFC/m³. Poiché questo parametro può essere un segnale di contaminazione di derivazione antropica, da quanto emerso si può dedurre, se non un limitato livello di frequentazione dell'ambiente, sicuramente un adeguato ricambio dell'aria.

I funghi sono risultati presenti in concentrazioni piuttosto uniformi e modeste, dell'ordine di 10^2 UFC/m³, che si dire, rappresenti un valore di fondo. Quando la loro presenza è in concentrazioni superiori a questi valori può manifestarsi una scarsa qualità dell'aria *indoor* e condizioni caratterizzate da umidità, polverosità e ridotta ventilazione. Alte concentrazioni di funghi possono causare reazioni di ipersensibilità, patologie infettive di natura respiratoria e/o allergica (18, 19).

Tabella 1. UFFICIO: risultati delle analisi microbiologiche effettuate su campioni di bioaerosol, espressi come UFC/m³

Campioni	Eterotrofi		Funghi	Stafilococchi
	20°C	36°C		
1	$5,0 \times 10^1$	$3,0 \times 10^1$	$2,1 \times 10^2$	$1,5 \times 10^1$
2	$1,1 \times 10^2$	$6,7 \times 10^1$	$2,5 \times 10^2$	$1,2 \times 10^1$
3	$8,0 \times 10^1$	$1,2 \times 10^2$	$1,4 \times 10^2$	10^0
4	$1,0 \times 10^2$	$3,0 \times 10^1$	$3,8 \times 10^2$	$7,0 \times 10^0$
5	$1,4 \times 10^2$	$6,0 \times 10^1$	$1,0 \times 10^2$	$1,3 \times 10^1$
6	$8,0 \times 10^1$	$6,0 \times 10^1$	$4,2 \times 10^2$	$4,0 \times 10^1$
7	$7,8 \times 10^1$	$5,6 \times 10^1$	$3,9 \times 10^2$	$3,4 \times 10^1$
8	$1,1 \times 10^2$	$6,7 \times 10^1$	$3,1 \times 10^2$	$2,8 \times 10^1$
9	$6,8 \times 10^1$	$6,0 \times 10^1$	$4,0 \times 10^2$	$4,4 \times 10^1$
10	$1,3 \times 10^2$	$6,5 \times 10^1$	$3,2 \times 10^2$	$2,9 \times 10^1$

La Tabella 2 mostra le concentrazioni dei microrganismi ritrovati nel bioaerosol dell'abitazione. Anche per il bioaerosol di questo ambiente le concentrazioni relative ai parametri eterotrofi (a 20°C e a 36°C) e ai funghi sono risultate piuttosto basse, con ordini di grandezza variabili tra 10^1 e 10^2 UFC/m³. Il parametro stafilococchi è risultato essere sempre presente ma in concentrazioni più che trascurabili.

Nella Tabella 3 sono riportati i risultati relativi alle concentrazioni dei microrganismi rinvenuti nei campioni di bioaerosol prelevati lungo i bordi della piscina.

Anche in questa tipologia di ambiente le concentrazioni degli eterotrofi (a 20°C e a 36°C) e dei funghi aerodispersi sono risultate piuttosto basse, con ordini di grandezza mai superiori a 10^2 UFC/m³. Per il parametro stafilococchi, le concentrazioni ottenute sono paragonabili a quelle riscontrate nell'abitazione e nell'ufficio e quindi anch'esse di contenuta entità.

Tabella 2. ABITAZIONE: risultati delle analisi microbiologiche effettuate su campioni di bioaerosol, espressi come UFC/m³

Campioni	Eterotrofi		Funghi	Stafilococchi
	20°C	36°C		
1	4,2×10 ¹	2,7×10 ¹	2,8×10 ²	1,1×10 ¹
2	1,0×10 ²	6,5×10 ¹	3,1×10 ²	9,0×10 ⁰
3	6,9×10 ¹	5,4×10 ¹	1,6×10 ²	4,0×10 ⁰
4	9,2×10 ¹	3,0×10 ¹	4,3×10 ²	1,1×10 ¹
5	1,2×10 ²	4,8×10 ¹	1,5×10 ²	1,2×10 ¹
6	7,6×10 ¹	5,2×10 ¹	4,7×10 ²	3,7×10 ¹
7	6,2×10 ¹	4,3×10 ¹	5,1×10 ²	3,0×10 ¹

Tabella 3. PISCINA: risultati delle analisi microbiologiche effettuate su campioni di bioaerosol, espressi come UFC/m³

Campioni	Eterotrofi		Funghi	Stafilococchi
	20°C	36°C		
1	4,1×10 ¹	5,0×10 ¹	2,7×10 ¹	1,3×10 ¹
2	1,2×10 ¹	2,7×10 ¹	3,3×10 ¹	1,2×10 ¹
3	9,0×10 ¹	8,6×10 ¹	8,0×10 ¹	1,0×10 ⁰
4	1,9×10 ¹	1,1×10 ¹	5,0×10 ⁰	2,0×10 ⁰
5	6,0×10 ¹	2,1×10 ²	6,0×10 ¹	8,8×10 ¹
6	8,0×10 ¹	2,6×10 ²	7,5×10 ¹	9,3×10 ¹
7	4,8×10 ¹	6,1×10 ¹	8,0×10 ⁰	10 ⁰
8	2,3×10 ¹	3,8 ×10 ¹	2,5×10 ¹	1,9×10 ¹

La Tabella 4 riporta le concentrazioni dei microrganismi nei campioni di polvere prelevati dai filtri dei condizionatori ubicati nei locali dell'abitazione.

In questa matrice tutti i parametri ricercati hanno esibito titoli piuttosto elevati, rispetto a quelli degli stessi microrganismi aerodispersi. In particolare, per quanto riguarda gli eterotrofi (a 20°C e a 36°C) e i funghi, le concentrazioni sono sempre risultate superiori a 10⁵ UFC/g_{ss}, con valori massimi di 10⁶ UFC/g_{ss}; debolmente inferiori, ma comunque elevate, sono risultate essere anche le concentrazioni degli stafilococchi.

Viene confermato che la polvere funga da substrato nutritivo favorevole alla sopravvivenza e all'accrescimento della componente microbica anche in ambienti il cui bioaerosol risulta debolmente contaminato da cellule vitali contabili.

Tabella 4. Risultati di concentrazioni dei microrganismi nei campioni di polvere prelevati dai filtri dell'impianto di condizionamento dell'abitazione, espressi come UFC/g_{ss}

Campioni	Eterotrofi		Funghi	Stafilococchi
	20°C	36°C		
1	2,1 × 10 ⁵	3,2 × 10 ⁵	2,0 × 10 ⁵	4,1 × 10 ³
2	1,1 × 10 ⁶	3,0 × 10 ⁵	3,2 × 10 ⁶	3,3 × 10 ⁴
3	6,0 × 10 ⁵	1,0 × 10 ⁶	8,1 × 10 ⁵	3,0 × 10 ⁴
4	2,2 × 10 ⁵	8,0 × 10 ⁵	4,3 × 10 ⁵	9,0 × 10 ⁵
5	3,3 × 10 ⁵	2,4 × 10 ⁵	9,0 × 10 ⁵	3,2 × 10 ⁵
6	7,0 × 10 ⁵	1,2 × 10 ⁶	8,0 × 10 ⁵	9,0 × 10 ⁵
7	1,2 × 10 ⁶	4,1 × 10 ⁵	3,2 × 10 ⁶	9,0 × 10 ⁵

La Tabella 5 illustra i generi di miceti identificati, rilevati nei campioni di bioaerosol e in quelli di polvere.

Tabella 5. Generi di miceti rilevati nel bioaerosol e nella polvere dei filtri dell'impianto di climatizzazione domestico

Genere di miceti	Polvere		Bioaerosol		
	Impianto di climatizzazione domestico		Abitazione	Ufficio	Piscina
<i>Alternaria</i> spp	-		+	+	+
<i>Aspergillus</i> spp	+		+	+	+
<i>Cladosporium</i> spp	+		+	+	-
<i>Graphium</i> spp	-		-	+	-
<i>Penicillium</i> spp	+		+	+	+
<i>Rhizopus</i> spp	-		+	+	-
<i>Syncephalastrum</i> spp	-		-	+	-
<i>Trichophyton</i> spp	-		-	-	+

+ = presenza; - = assenza

Alcuni generi come *Alternaria*, *Aspergillus* e *Penicillium* sono risultati presenti nel bioaerosol di tutti gli ambienti esaminati. L'esposizione a queste muffe è associata in letteratura ad una varietà di esiti negativi per la salute, tra cui disturbi del sistema respiratorio, ematologico, immunologico, neurologico e la loro diffusione in natura è ampiamente documentata (2, 12, 18).

Nei campioni di bioaerosol prelevati nell'ufficio sono stati evidenziati anche i generi *Graphium* e *Syncephalastrum*, specie comunemente presenti su materiale di origine vegetale e ad oggi non ritenuti responsabili di patologie umane specifiche. Il genere *Trichophyton* è risultato presente unicamente nel bioaerosol prelevato all'interno dell'impianto natatorio. Specie appartenenti a questo genere possono essere responsabili di infezioni dermatologiche come, ad esempio, il "piede d'atleta", patologia comune a molti sportivi e fruitori di tali strutture che si ritrovano a contrarla per contatto con superfici umide e contaminate; esso è, infatti, isolato frequentemente sulle superfici adiacenti agli impianti natatori, sui pavimenti delle docce e degli spogliatoi (20).

In Tabella 6 vengono riportate le specie di stafilococchi isolate e identificate presenti sia nei campioni di bioaerosol prelevati negli ambienti oggetto di studio che nella polvere proveniente dai filtri dell'impianto di climatizzazione dell'abitazione.

Tabella 6. Specie appartenenti al genere *Staphylococcus* rilevate nel bioaerosol e nella polvere dei filtri dell'impianto di climatizzazione domestico

Specie di <i>Staphylococcus</i>	Polvere		bioaerosol		
	Impianto di climatizzazione domestico		Abitazione	Ufficio	Piscina
<i>S. aureus</i>	-		-	-	+
<i>S. capitis</i>	+		+	+	+
<i>S. epidermidis</i>	+		+	+	+
<i>S. hominis</i>	+		+	+	+
<i>S. saprophyticus</i>	+		+	-	-
<i>S. sciuri</i>	-		-	+	-
<i>S. warneri</i>	+		-	+	-

+ = presenza; - = assenza

In tutti gli ambienti monitorati le specie maggiormente isolate sono risultate essere *S. capitis*, *S. epidermidis*, *S. hominis*, tutte ascrivibili alla predominante frequentazione antropica essendo gli stafilococchi parte del microbioma umano.

La specie *S. saprophyticus*, è stata isolata soltanto nei campioni di polvere e di bioaerosol raccolti nell'abitazione. Nel bioaerosol campionato nell'ufficio sono state rilevate, inoltre, le specie *S. sciuri* e *S. warneri*.

Il patogeno *S. aureus*, è stato isolato esclusivamente nel bioaerosol dell'impianto natatorio e in un unico campionamento.

Conclusioni

I risultati ottenuti da questo preliminare studio mostrano che le concentrazioni di carica batterica e fungina dei campioni di bioaerosol sono comparabili con i valori riscontrati in letteratura per analoghi ambienti (1-4).

I titoli microbici elevati, in particolare di funghi, rilevati sui filtri del sistema di condizionamento dell'abitazione, sebbene funzionante da un solo anno circa, sono causati da notevole accumulo di polvere e particolato sul filtro che diventa una matrice ideale di nutrimento e accrescimento per la flora microbica più diversificata. Tale colonizzazione ha potenzialmente determinato una immissione continua di bioaerosol nell'ambiente interessato (21, 22).

È opportuno, comunque, sottolineare che:

- per gli ambienti residenziali non esistono norme che disciplinano valori di riferimento che possano definire una soglia massima di esposizione al bioaerosol. A tutt'oggi sono disponibili, infatti, soltanto delle raccomandazioni e linee guida che evidenziano come gli occupanti di edifici in condizioni di visibile degrado, con palese umidità dei locali e/o presenza e odore di muffa, sono esposti a un maggior rischio di sintomi e di infezioni respiratorie e riacutizzazioni asmatiche (11, 17, 23);
- la lacuna normativa è determinata da diversificati fattori, primi tra tutti la difficoltà di correlare con certezza i rapporti dose-risposta, in funzione della tipologia di bioinquinamento *indoor*, dell'individuale suscettibilità e/o predisposizione e comunque la prerogativa che sintomi simili possono essere provocati da microrganismi differenti, adatti ad agire singolarmente o in sinergia;
- la mancanza di norme riguardo parametri e limiti di esposizione rende tutti gli studi e le ricerche nel campo del bioaerosol *indoor* complessi e di difficile interpretazione per consentire la definizione di strategie di prevenzione primaria;
- l'assenza di riferimenti prescrittivi, dettata anche dalla mancanza di metodiche analitiche univoche, che mirino all'efficienza-sensibilità-rapidità del metodo e del risultato, determina costantemente la sottovalutazione del problema;
- data la variabilità dei componenti del bioaerosol e la diversità degli ambienti residenziali, un quadro il più possibile rispondente alle reali condizioni di inquinamento biologico potrebbe essere delineato solo con l'uso di tecniche diverse di campionamento e di analisi, utilizzate in parallelo; condizione difficile, tuttavia, da applicare per i lunghi tempi analitici e di risposta, nonché per i costi in termini di risorse umane ed economiche;
- solo con l'uso di tecniche diverse di campionamento e di analisi, utilizzate in parallelo si potrebbe delineare un quadro maggiormente rispondente alle reali condizioni di inquinamento biologico, data la variabilità dei componenti del bioaerosol e la diversità degli ambienti residenziali. Tuttavia, i lunghi tempi analitici e per l'ottenimento dei

risultati, nonché i costi in termini di risorse umane ed economiche rendono tale condizione critica da applicare.

Diventa quindi ineluttabile monitorare gli ambienti confinati, comunque, mediante la tecnologia ad oggi disponibile e investire sulla consapevolezza e responsabilità individuale per aumentare le possibilità di controllo e minimizzare i rischi associati all'inquinamento *indoor* che, rispetto a quello *outdoor*, gli stessi occupanti di ambienti confinati contribuiscono a generare e inconsapevolmente subire.

Bibliografia

1. Kalogerakis N, Paschali D, LeKaditis V, Pantidou A, Eleftheriadis K, Lazaridis M. *Indoor air quality-bioaerosol measurements in domestic and office premises. J Aerosol Sci* 2005;36:751-61.
2. Golofit-Szymczak M, Gorny RL. Bacterial and fungal aerosols in air conditioned office buildings in Warsaw, Poland - The winter season. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics* 2010;16(4):465-76.
3. Ponsoni K, Gonçalves Raddi MS. *Indoor air quality related to occupancy at an airconditioned public building. Braz Arch Biol Techn* 2010;53(1):99-103.
4. Bonetta Sa, Bonetta Si, Mosso S, Sampò S, Carraro E. Assessment of microbiological *indoor* air quality in an Italian office building equipped with an HVAC system. *Environ Monit Assess* 2010;161:473-83.
5. Komada AM, McGee RI. Airborne microbial contaminants in *indoor* environments. Naturally ventilated and air-conditioned homes. *Arch Environ Health* 1996;41:306-11.
6. Nusca A, Bonadonna L. Ambienti confinati: sistemi di climatizzazione e rischi igienico-sanitari. *L'Igiene Moderna* 2002;117:167-77.
7. Seppänen O, Fisk WJ. Association of ventilation system type with SBS symptoms in office workers. *Indoor Air* 2002;12(2):98-112.
8. Mendell MJ, Lei-Gomez Q, Mirer AG, Seppänen O, Brunner G. Risk factors in heating, ventilating, and air-conditioning systems for occupant symptoms in US office buildings: The US EPA BASE study. *Indoor Air* 2008;18:301-16.
9. Burrell R. Microbiological agents as health risks in *indoor* air. *Environ Health Persp* 1991;95:29-34.
10. Douwes J, Thorne PS, Pearce N, Heederik D. Bioaerosol health effects and exposure assessment: progress and prospects. *Ann Occup Hyg* 2003;47(3):187-200.
11. Cavallo DM, Carrer P, Liotti F, Muzzi G. Qualità dell'aria degli ambienti confinati non industriali: indicazioni per la valutazione del rischio e la sorveglianza sanitaria. *Giornale Italiano di Medicina del Lavoro ed Ergonomia* 2004;26(4):416-28.
12. Zureik M, Neukirch C, Leynaert B, Liard R, Bousquet J, Neukirch F, Liard R. Sensitisation to airborne moulds and severity of asthma: cross sectional study from European Community respiratory health survey. *Brit Med J* 2002;325:411-4.
13. Dales R, Liu L, Wheeler AJ, Gilbert NL. Quality of *indoor* residential air and health. *Can Med Assoc J* 2008;179(2):147-52.
14. Mandal J, Brandl H. Bioaerosols in *indoor* environment - a review with special reference to residential and occupational locations. *The Open Environmental & Biological Monitoring Journal* 2011;4:83-96.
15. Bonadonna L, Marconi A. *Stato attuale e orientamento degli studi e delle ricerche sulla contaminazione biologica dell'aria degli ambienti chiusi (indoor)*. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 1990. (Rapporti ISTISAN 90/14).

16. Srikanth, P, Sudharsanam S, Steinberg, R. Bioaerosols in indoor environment: composition, health effects and analysis. *Indian Journal of Medical Microbiology* 2008;26:302-12.
17. WHO/Europe. *Guidelines for indoor air quality: dampness and mould*. Copenhagen: World Health Organization Regional Office for Europe; 2009.
18. Schwab CJ, Strauss DC. The roles of *Penicillium* and *Aspergillus* in sick building syndrome. *Adv Appl Microbiol* 2004;55:215-38.
19. Huttunen K, Rintala H, Hirvonen MR, Vepsäläinen A, Hyvärinen A, Meklin T, Toivala M, Nevalainen A. *Indoor* air particles and bioaerosols before and after renovation of moisture-damaged buildings: the effect on biological activity and microbial flora. *Environ Res* 2008;107(3):291-98.
20. Kamihama T, Kimura T, Hosokawa JI, Ueji M, Takase T, Tagami K. *Tinea pedis* outbreak in swimming pools in Japan. *Public Health* 1997;111(4):249-53.
21. Italia. Linee guida per la definizione di protocolli tecnici di manutenzione predittiva sugli impianti di climatizzazione. *Gazzetta Ufficiale - Serie Generale* n. 256, 3 novembre 2006.
22. Sublett JL. Effectiveness of air filters and air cleaners in allergic respiratory diseases: a review of the recent literature. *Current Allergy and Asthma Reports* 2011;11:395-402.
23. Italia. Accordo tra il Ministro della salute, le regioni e le province autonome sul documento concernente: “Linee-guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati”. *Gazzetta Ufficiale - Serie Generale* n. 276, 27 novembre 2001.