

# UN PRATICO INDICATORE DELL'ESPOSIZIONE PASSIVA AL FUMO DI TABACCO\*

G. RIPANUCCI\*\*, A. BERGAMASCHI\*\*, U. VERDEL\*\*\*

## 1 *Introduzione.*

In questi ultimi anni l'attenzione è andata sempre più spostandosi, in tema di salute nei luoghi di lavoro, dai rischi "classici" a forte e relativamente ben conosciuto impatto, verso quei fattori di nocività che, svolgendo un ruolo più insidioso e meno appariscente, sono stati troppo a lungo trascurati o sottostimati. Si vedano, tra tutti, gli esiti dello studio del Comitato Paritetico delle Commissioni Lavoro della Camera e del Senato per l'indagine conoscitiva sulla sicurezza e igiene del lavoro, che ha evidenziato, attraverso la pubblicazione della cosiddetta "relazione Smuraglia" (Senato della Repubblica, 1997), tra le altre, proprio l'esigenza di andare alla ricerca delle "malattie perdute" collegabili al lavoro, per provvedere alla loro prevenzione, così come alla loro copertura indennitaria. Il fumo passivo può rientrare, entro certi limiti, tra questi fattori. La sua importanza a livello assicurativo va oggi evidenziandosi, in quanto è tutto l'inquinamento indoor che viene alla ribalta, anche per il fatto che la platea degli assicurati si va ampliando, come avviene ad esempio a cagione della legge 17 maggio 1999, n. 144, che all'art. 55 detta disposizioni in materia di assicurazione contro gli infortuni sul lavoro e le malattie professionali, prevedendo tra esse (co. 1, lettera i) l'estensione dell'obbligo assicurativo ai lavoratori dell'area dirigenziale.

L'esposizione passiva al fumo di tabacco è un fattore importante nella valutazione della qualità dell'aria indoor (WHO, 1999).

E' questo un problema che concerne un po' tutti i lavoratori operanti in ambienti confinati, per quanto sia evidente che maggior rilevanza relativa esso assume per i soggetti di profilo dirigenziale o impiegatizio, questi ultimi già in gran parte assicurati a causa del diffuso utilizzo di apparecchiature informatiche. Non si tratta, a ben vedere, di un fattore di rischio "nuovo", bensì di una possibile concausa di work related diseases a carico di non-fumatori, che può essere

\* Ricerca realizzata nell'ambito della Convenzione INAIL - Università di Roma Tor Vergata.

\*\* Università degli Studi di Roma "Tor Vergata" - Cattedra di Medicina del Lavoro.

\*\*\* INAIL, Direzione Generale, Consulenza Tecnica Accertamento Rischi Prevenzione e Protezione.

minimizzata ed in prospettiva annullata con opportuni interventi di progettazione ambientale e di organizzazione del lavoro. Ma per intervenire in tal senso è necessario, prima di tutto, essere in condizione di procedere con speditezza ed affidabilità a quantificare l'esposizione passiva al fumo di tabacco.

## 2 *Scopo del lavoro.*

La combustione del tabacco rilascia nell'ambiente un aerosol comprendente un'ampia varietà di particelle solide e liquide e di composti chimici in fase gassosa. La misura di tutti questi componenti non è praticamente fattibile. Pertanto, è necessario ricercare un indicatore (marker) che, quando misurato, mostri con accuratezza la frequenza, la durata e l'entità dell'esposizione al fumo passivo (OSHA, 1994).

L'anidride carbonica e l'ossido di carbonio, che, nella componente in fase di gas del fumo di tabacco, sono quantitativamente predominanti, non possono essere considerati adeguati indicatori. Infatti, l'anidride carbonica è anche il principale bioeffluente e quindi, in ambienti indoor, la sua concentrazione nell'aria s'incrementa soprattutto in funzione del numero di persone presenti; se è vero che il fumo di tabacco innalza il valore di fondo della concentrazione dell'ossido di carbonio, è da tener conto che l'incremento è strumentalmente rilevabile solo quando la presenza del fumo nell'aria è in quantità di un certo rilievo.

Attualmente, per la facilità della loro misura, la nicotina in fase di vapore e la frazione respirabile del particolato aerodisperso sono gli indicatori del fumo di tabacco comunemente utilizzati.

Il ricorso all'impiego di un fotometro laser automatico, in alternativa al metodo classico del campionamento su filtro, per la misura della concentrazione del particolato aerodisperso, offre vantaggi di notevole valenza:

- la misura è di facile esecuzione e permette controlli pressoché istantanei (pochi minuti);
- con rilievi di lunga durata, la registrazione in continuo della concentrazione permette di osservarne le fluttuazioni nel tempo;
- la misura basata sul metodo fotometrico permette di tener conto non solo della componente solida del particolato ma anche di quella liquida, quest'ultima mal rilevabile, a causa della parziale evaporazione del liquido, con il tradizionale campionamento su filtro.

Nel fumo di tabacco le particelle liquide, di dimensioni inferiori al micron e caricate elettricamente, sono presenti in concentrazione molto elevata (OSHA, 1994). La Tabella 1 affianca all'elenco dei vari componenti in forma particellare le quantità dosate nel fumo espirato dai fumatori (*mainstream smoke*) ed in quello del pennacchio che si diffonde dal punto di combustione del tabacco (*sidestream smoke*).

Abbiamo avuto modo di rilevare strumentalmente la predominanza delle particelle liquide su quelle solide. In una stanza fumatori si è eseguito un tradizionale campionamento su filtro. Osservato in microscopia elettronica a scansione (SEM), il filtro, carico di oltre 1 mg di "polvere", è apparso quasi vuoto. Evidentemente, sotto il vuoto spinto della camera di vaporizzazione dell'oro (tecnica di preparazione del campione per l'analisi al SEM), la componente liquida era evaporata.

Tabella 1

Componenti della fase particellare del fumo di tabacco (OSHA, 1994). (MS = mainstream smoke, SS = sidestream smoke)

Componenti	Quantità in MS	Rapporto SS/MS	Componenti	Quantità in MS	Rapporto SS/MS
Particelle contenenti idrocarburi policiclici aromatici	15-40 µg	1,3 - 1,9	Chinolina	0,5 - 2 µg	3 - 11
Nicotina	1 - 2,5 mg	2,6 - 3,3	Harman (1 - metil - 9H - pirido [3, 4 - b] - indolo)	1,7 - 3,1 µg	0,7 - 1,7
Anatabina	2 - 20 µg	< 0,01 - 0,5	N - nitrososnicotina	200 - 3000 ng	0,5 - 3
Fenolo	60 - 140 µg	1,6 - 3,0	NNK (4 - [N - metil - N - nitrosammino] - 1 - [3 - piridil] - 1 - butanone)	100 - 1000 ng	1 - 4
Catecolo	100 - 360 µg	0,6 - 0,9	N - nitrosodietanolamina	20 - 70 ng	1,2
Idrochinone	110 - 300 µg	0,7 - 0,9	Cadmio	110 ng	7,2
Anilina	360 ng	30	Nichel	20 - 80 ng	13 - 30
2 - Toluina	160 ng	19	Zinco	60 ng	6,7
2 - Naftilamina	1,7 ng	30	Polonio-210	0,04 - 0,1 pC	1,04
4 - Amminodifenile	4,6 ng	31	Acido benzoico	14 - 28 µg	0,67 - 0,95
Benzo[a]antracene	20 - 70 ng	2 - 4	Acido lattico	63 - 174 µg	0,5 - 0,7
Benzo[a]pirene	20 - 40 ng	2,5 - 3,5	Acido glicolico	37 - 126 µg	0,60 - 0,95
Colesterolo	22 µg	0,9	Acido succinico	110 - 140 µg	0,43 - 0,62
γ - butirrolattone	10 - 22 µg	3,6 - 5,0	PCDD e PCDF	1 pg	2

Con il presente lavoro si vuol dimostrare che, in ambienti indoor inquinati dal fumo di tabacco, la misura della concentrazione del particolato aerodisperso eseguita con un fotometro laser automatico rappresenta un indicatore ad elevata sensibilità e rappresentatività.

### 3 Materiali e metodi.

Per la misura fotometrica, in  $\text{mg}/\text{m}^3$ , della concentrazione del particolato aerodisperso si è utilizzato uno strumento portatile, del peso di 1,5 kg, che può essere alimentato a batteria o, con adattatore, con la corrente alternata di rete. Uno specifico software permette ogni tipo di elaborazione computerizzata dei dati memorizzati. La Tabella 2 riporta le principali specifiche del fotometro.

Tabella 2

Principali specifiche del fotometro.

Tipo di sensore	A diffusione di luce a 90°, diodo laser
Campo di misura	0,001 - 100 $\text{mg}/\text{m}^3$ (calibrato sulla frazione respirabile dello standard ISO 12103, A1 test dust)
Risoluzione	$\pm 0,1\%$ della lettura o $\pm 0,001 \text{ mg}/\text{m}^3$ , quando è maggiore
Stabilità dello zero	$\pm 0,001 \text{ mg}/\text{m}^3$ sulle 24 ore, utilizzando la costante di tempo di 10s
Diametro delle particelle	0,1 - 10 µm
Flusso di prelievo	1,4 - 2,4 litri/minuto
Costante di tempo	Impostabile da 1 a 60 secondi
Memorizzazione	>31000 (periodo di memorizzazione di 21 giorni ad 1 dato/minuto)
Intervallo di lettura	Impostabile da 1 secondo ad 1 ora

I valori della concentrazione del particolato aerodisperso forniti da quest'apparecchio automatico sono stati confrontati con quelli acquisiti, con misure in parallelo, con rilievi gravimetrici di tipo tradizionale.

I prelievi sono stati eseguiti sia all'aperto sia in ambienti d'ufficio. Di questi ultimi sono state indagate stanze dove il divieto di fumo era rigorosamente rispettato, stanze con fumatori e corridoi o atri nei quali era permesso fumare. Di notevole rilevanza è la precisazione che questi ultimi ambienti erano comunicanti con le stanze senza fumatori. Conseguentemente, non è da escludere un inquinamento dell'aria da fumo di tabacco anche negli uffici senza fumatori, anche se l'impianto d'immissione d'aria *primaria* (aria esterna trattata dall'impianto di condizionamento) avrebbe dovuto mantenere in leggera sovrappressione questi locali.

#### 4 Risultati e discussione.

I risultati dei rilievi, svolti in parallelo con le due diverse apparecchiature, sono graficamente visualizzati nelle Figure 1 e 2.

Il grafico di Figura 1 A, mostra che i valori ottenuti all'esterno con le due tecniche di prelievo sono sufficientemente paragonabili. La polvere aerodispersa in ambiente esterno ha quindi caratteristiche simili allo standard ISO 12103, A1 sul quale è stato calibrato lo strumento.

Diversa è la situazione in ambienti indoor come quelli in discorso. Anche in assenza del fumo di tabacco, l'apparecchio indicherebbe comunque una concentrazione maggiore, per il prevalere del particolato organico (di minor peso specifico) su quello minerale. L'inquinamento da fumo di tabacco, mai del tutto assente, come detto, esalta la differenza tra i valori, come mostrano i grafici B, C, D di Figura 1.

Il più ampio campo di valori ottenibili con la misura fotometrica permette di rilevare differenze dell'inquinamento anche di minima entità, normalmente non rilevabili con il tradizionale metodo gravimetrico. È come osservare con la lente d'ingrandimento il fenomeno dell'inquinamento particellare di un ambiente.

La registrazione in continuo della concentrazione della "polvere" permette di esaminare con accuratezza la frequenza, la durata e l'entità dell'esposizione al fumo passivo. Le registrazioni di Figura 2, eseguite in stanze con fumatori, evidenziano perfino quante sigarette sono state fumate nel periodo di misura. Le registrazioni permettono anche di avere indicazioni sul tempo necessario all'impianto di ventilazione del locale a ridurre la concentrazione nell'aria del fumo. La fase terminale della registrazione nella stanza n. 35 mostra la riduzione dell'inquinamento ottenuto con l'apertura della finestra dell'ufficio.

Un altro dato di particolare interesse è stato ottenuto dopo il rilievo nella stanza n. 34 (si precisa che la registrazione ha avuto inizio ad ambiente già inquinato). Dopo aver tenuto aperta per mezz'ora la finestra del locale, il fotometro ha mostrato per la mezz'ora seguente, a finestra chiusa ed in assenza di personale, una concentrazione media di  $0,10 \text{ mg/m}^3$ , contro i  $0,05 \text{ mg/m}^3$  ottenuti con il controllo gravimetrico tradizionale. Ricordando che un'ora prima dall'inizio della sperimentazione nella stanza, in assenza di personale, entrambe le apparecchiature avevano indicato un valore di fondo di  $0,049 \text{ mg/m}^3$ , è evidente il permanere nel locale di un inquinamento da fumo non rilevato dalla gravimetria con filtro.

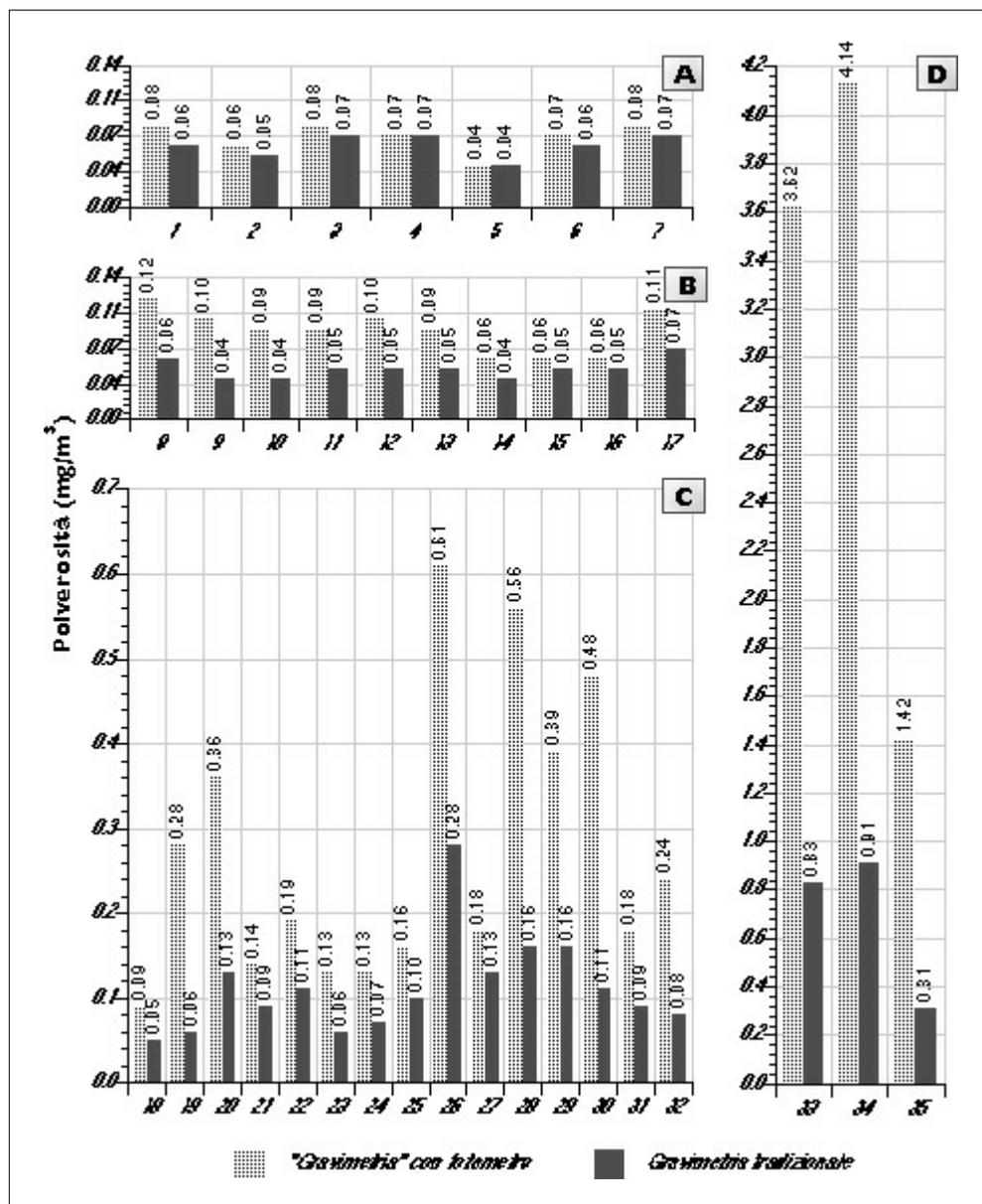


Fig. 1: Confronto tra valori di polverosità registrati con fotometro e col metodo gravimetrico all'esterno (A), in uffici senza fumatori (B), in atri e corridoi con permesso di fumare (C), e in sale fumatori (D).

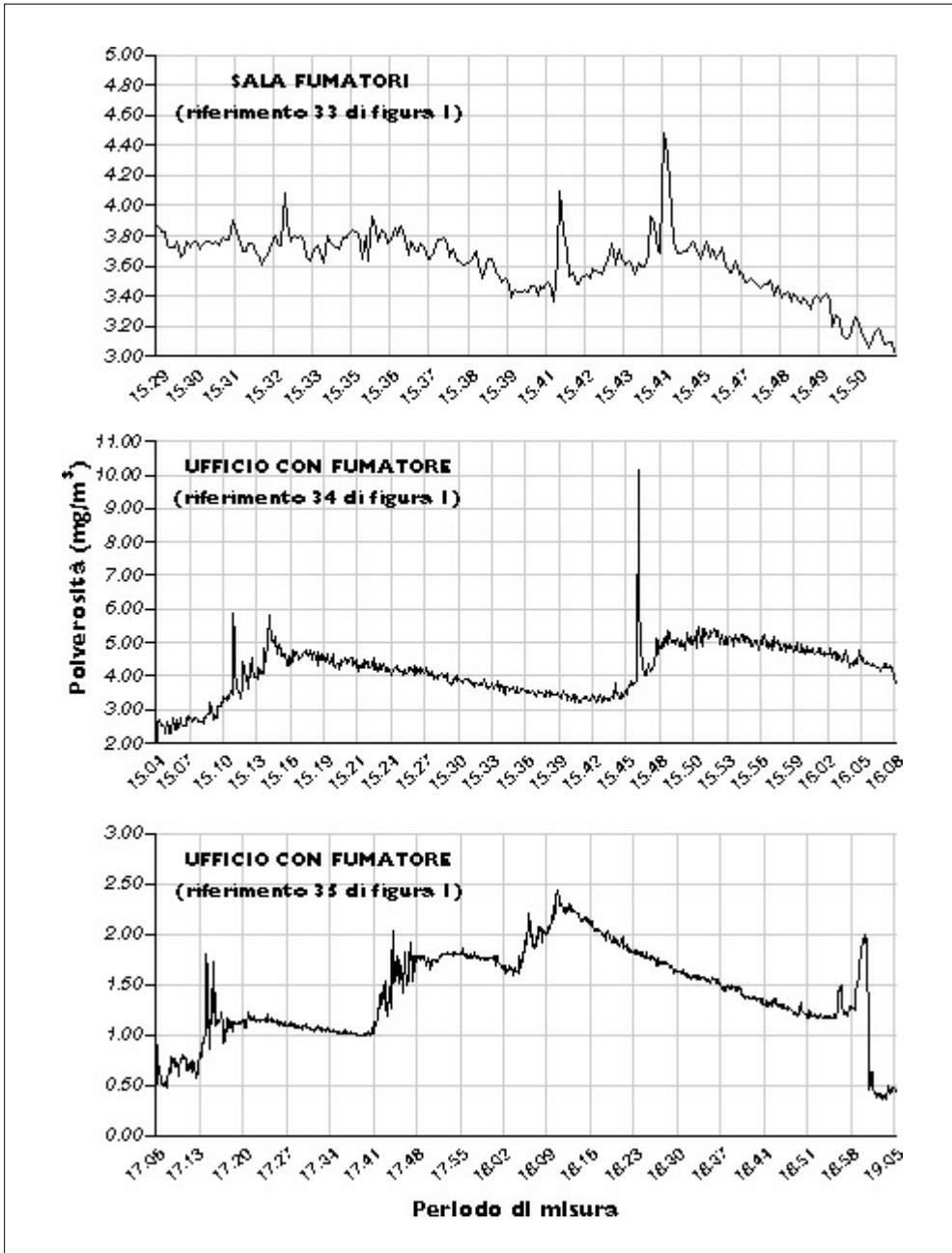


Fig. 2: Andamento nel tempo della concentrazione del particolato aerodisperso in una sala fumatori (rif. 33) con immissione artificiale d'aria e in due uffici con ventilazione naturale (rif. 34 e 35).

## 5 Conclusioni.

Lo studio condotto non ha permesso soltanto di dimostrare l'utilità dell'impiego di un fotometro per il controllo in ambienti indoor dell'inquinamento particolare, soprattutto se dovuto al fumo di tabacco.

Si è rilevato anche che gli usuali impianti di ventilazione degli ambienti d'ufficio non sono assolutamente in grado di diluire, in modo efficace, la concentrazione nell'aria del fumo di tabacco. Le portate d'aria primaria normalmente immesse nelle stanze d'ufficio sono, infatti, calcolate per ridurre a valori accettabili i bioeffluenti (anidride carbonica ed odori). In presenza di fumatori, le portate d'aria da immettere in una stanza debbono essere nettamente superiori, come mostra la Tabella 3.

Tabella 3

*Portate d'aria esterna in presenza di fumatori*

Portate d'aria esterna in litri al secondo per persona (CEN.1994)

Nessun fumatore	20% di fumatori	40% di fumatori	100% di fumatori
10	20	30	60

Nei locali dove si fuma frequentemente, siano essi sale per fumatori o atri o corridoi dove è permesso fumare, è indispensabile, oltre ad un maggior apporto d'aria esterna necessaria per diluire il fumo, anche metterli in depressione, con un adeguato impianto d'estrazione dell'aria.

La stessa WHO raccomanda, laddove non è possibile proibire di fumare negli edifici, di mettere a disposizione locali confinati per fumatori, serviti da impianti di ventilazione autonoma, e posti in depressione con estrazione dell'aria scaricata direttamente all'esterno; in questi locali deve essere immesso un elevato volume d'aria per singolo fumatore.

In accordo con la necessità di scaricare direttamente all'esterno l'aria estratta, anche l'ASHRAE (1999) raccomanda che l'aria estratta non sia riciclata.

Soltanto in tal modo si può impedire l'esposizione al fumo di tabacco del personale che occupa le stanze comunicanti con questi ambienti altamente inquinati.

### RIASSUNTO

L'esposizione al fumo passivo è un fattore importante nella valutazione della qualità dell'aria indoor. Essa può a buon diritto rientrare tra le concause delle malattie collegabili al lavoro (work related diseases) di interesse prevenzionale ed assicurativo. Ciò anche in virtù dell'intervenuto ampliamento dell'obbligo assicurativo alle figure impiegatizie e dirigenziali. La combustione del tabacco rilascia nell'ambiente un aerosol comprendente un'ampia varietà di particelle solide e liquide e di composti chimici in fase gassosa. La misura di tutti questi componenti non è praticamente fattibile. Pertanto, è necessario ricercare un

indicatore che, quando misurato, mostri con accuratezza la frequenza, la durata e l'entità dell'esposizione al fumo passivo.

La combustione del tabacco nei luoghi di lavoro confinati produce un aerosol contenente un'ampia varietà di solidi, liquidi (concentrazione molto elevata di particelle inferiori al micron caricate elettricamente) e composti chimici in fase gassosa.

Attualmente, per la loro semplicità di misura, i vapori di nicotina e il particolato aerodisperso sono gli indicatori più comunemente usati per il fumo passivo.

La misura con un fotometro laser automatico rappresenta un indicatore ad elevata sensibilità e rappresentatività. Il maggior vantaggio dell'utilizzo di questo strumento è la sua capacità di rilevare la totalità delle particelle in fase liquida come quelle del fumo di tabacco, componente che non può essere misurata accuratamente col metodo gravimetrico tradizionale, a causa della parziale evaporazione dal filtro.

Il presente studio dimostra anche che gli edifici devono essere provvisti di locali confinati per fumatori, serviti da impianti di ventilazione autonoma, e posti in depressione con estrazione dell'aria scaricata direttamente all'esterno; in questi locali deve essere immesso un elevato volume d'aria per singolo fumatore.

#### SUMMARY

Exposure to environmental tobacco smoke is an important factor in indoor air quality assessment. It can be included in the aggravations (pre-existing causes) of work related diseases, which interest prevention and insurance activity. In this sense, we must also consider the relatively recent increase of the compulsory insurance field, now including employees and managers.

The burning of tobacco in indoor workplaces releases an aerosol containing a large variety of solid, liquid, and gas phase chemical compounds. Measurement of all components in tobacco smoke is not feasible. Therefore, it becomes necessary to identify a marker which, when measured, will accurately represent the frequency, duration and magnitude of the exposure to environmental tobacco smoke.

The burning of tobacco in indoor workplaces gives rise to an aerosol containing a large variety of solid, liquid and gas phase chemical compounds (electrically charged submicron particles at very high concentration).

Presently, vapor phase nicotine and respirable suspended particulate matter (ETS - RSP) are the most commonly used markers for environmental tobacco smoke because of their easiness of measurement.

ETS measurement with an automatic laser photometer is a sensitive and representative marker. A major advantage of using this instrument is its ability to measure volatile aerosols such as liquid particles of tobacco smoke: these cannot be accurately measured gravimetrically because of evaporation from the collection filter.

The present study also shows that buildings should be provided with enclosed, separately-ventilated, negatively-pressurized smoking rooms, with direct external exhaust; these smoking rooms should provide a high volume of outdoor air per smoker.

## BIBLIOGRAFIA

**AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, INC. (ASHRAE):** STANDARD 62 - 1999: VENTILATION FOR ACCEPTABLE INDOOR AIR QUALITY, ASHRAE, Atlanta (USA), 1999.

**EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN):** PREN 1752 VENTILATION FOR BUILDINGS. DESIGN CRITERIA FOR THE INDOOR ENVIRONMENT, CEN, Brussels, 1994.

**OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION (OSHA):** FEDERAL REGISTER #: 59:15968-16039; TYPE: PROPOSED; SUBJECT: INDOOR AIR QUALITY, 04/05/1994, [http://www.osha-slc.gov/FedReg\\_osh\\_data/FED19940405.html](http://www.osha-slc.gov/FedReg_osh_data/FED19940405.html).

**SENATO DELLA REPUBBLICA:** DOCUMENTO APPROVATO DALLA 11<sup>a</sup> COMMISSIONE PERMANENTE A CONCLUSIONE DELL'INDAGINE CONOSCITIVA SULLA SICUREZZA E L'IGIENE DEL LAVORO, Atti parlamentari, Doc. XVII, n. 4: 1-90, 1997.

**WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO):** GUIDELINES FOR AIR QUALITY, WHO, Geneve, 1999 [http://www.who.int/environmental\\_information/Information\\_resources/documents/Air\\_quality](http://www.who.int/environmental_information/Information_resources/documents/Air_quality)