

La misurazione in tempo reale del particolato fine prodotto da fumo di sigaretta negli ambienti indoor: risultati di uno studio pilota.

Real-time measurement of indoor particulate matter originating from environmental tobacco smoke: a pilot study.

Giovanni Invernizzi¹, Ario Ruprecht², Roberto Mazza³, Edoardo Majno³, Edoardo Rossetti³, Paolo Paredi⁴, Roberto Boffi³.

¹Task Force contro il Fumo, SIMG (Società Italiana di Medicina Generale)

²TECNIC - Tecnologie Analisi Polveri s.a.s, Milano

³Istituto Senza Fumo, Istituto Nazionale dei Tumori, Milano

⁴Respiratory Unit, Brompton Hospital, Londra

Corrispondenza a:
Giovanni Invernizzi
Via Della Michela, 17
23020 Prata Campportaccio (SO)
Tel.: 347 246 8282
e-mail: giovanni.invernizzi@novanet.it

Riassunto.

La disponibilità di una nuova tecnologia laser che permette di analizzare in continuo la concentrazione del particolato nell'aria ambiente per mezzo di strumenti portatili, consente di quantificare facilmente le polveri fini prodotte dal fumo di tabacco liberato negli ambienti indoor. In questo studio pilota abbiamo esaminato la concentrazione di polveri sospese totali (TSP) e delle polveri fini PM_{10} , PM_7 , $PM_{2,5}$, e PM_1 che si liberano nell'aria di una stanza per l'accensione di una singola sigaretta, e quella rilevata in un locale pubblico dotato di aree riservate fumatori/non-fumatori indipendenti. I risultati ottenuti confermano la fattibilità di questo tipo di indagini osservazionali "sul campo". Le concentrazioni di particolato indoor rilevate sono molto elevate, superiori di alcuni ordini di grandezza ai limiti di legge per l'outdoor. Questo tipo di analisi permetterà di riconoscere e apprezzare con tutta evidenza uno dei fattori di rischio più pericolosi a cui gran parte della popolazione è involontariamente esposta ogni giorno.

Parole chiave: fumo passivo, sigaretta, epidemiologia, particolato, inquinamento indoor, PM_{10}

Abstract.

Short-term measurement of suspended particulate matter has been recently made possible since the release of laser-operating portable instruments. Data of a pilot study of the feasibility of field evaluation of environmental tobacco smoke (ETS) with a portable instrument are reported. We analysed the concentrations of total suspended particle (TSP) and of the fine particles PM_{10} , PM_7 , $PM_{2,5}$, and PM_1 released indoor from a single cigarette, and their levels inside smoker- and non-smoking- areas of a restaurant. The results indicate that ETS creates high level indoor particulate pollution, with concentrations of PM_{10} exceeding air quality standards. This kind of field evaluation could allow a more careful assessing of short-term exposure to ETS and its relevance to public health.

Key words: environmental tobacco smoke, particulate matter, indoor pollution, PM_{10}

Introduzione

Secondo le stime dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) il particolato fine (particulate matter, PM) disperso nell'aria ambiente è responsabile di circa 500.000 decessi all'anno su base mondiale¹. Un eccesso di particolato di diametro inferiore a 10 micron (PM₁₀) nell'ambiente outdoor è associato a un aumento della mortalità soprattutto tra i soggetti affetti da patologie polmonari e cardiache. I dati italiani elaborati dal Centro europeo ambiente e salute dell'OMS su richiesta del nostro Ministero per l'Ambiente nelle 8 principali città italiane negli anni 1998-99, per una popolazione totale di 8,3 milioni di abitanti, stimano che concentrazioni medie di PM₁₀ superiori a una media di 20ug/m³/anno sono responsabili del 7 % dei decessi e dell'8% dei ricoveri². A questo vanno aggiunti il 35% dei casi di bronchite acuta e il 12% dei casi di riacutizzazione di asma al di sotto dei 15 anni di età. Il limite vigente per il PM₁₀ è di 40mcg/m³/24 ore, pena la limitazione del traffico fino al ripristino delle condizioni di normalità³. L'inquinamento atmosferico outdoor viene tenuto sotto controllo nelle aree cittadine a maggior traffico veicolare da centraline di misurazione che utilizzano campionamenti su base oraria e forniscono una media delle 24 ore. A fronte di questo monitoraggio delle polveri disperse nell'atmosfera, si è posta finora minore attenzione sull'inquinamento da polveri indoor, anche per le difficoltà logistiche che l'uso di apparecchiature voluminose ha finora comportato. Poiché una possibile fonte di particolato fine è il fumo di sigaretta⁴, anche il rischio da PM₁₀ da fumo passivo di tabacco indoor andrebbe considerato e valutato nelle sue reali dimensioni. La recente introduzione di nuovi strumenti di misurazione delle polveri tecnologicamente avanzati permette rilevazioni ambientali con apparecchiature di minimo ingombro, capaci di misurazioni in tempo reale, che permettono di monitorare esposizioni di picco limitate a periodi di pochi minuti. In questo lavoro presentiamo i risultati di rilevazioni del particolato fine disperso dal fumo di sigaretta in una situazione sperimentale e osservazioni sul campo in un ambiente pubblico in una situazione di normale attività quotidiana.

Materiali e Metodi. Per i rilievi è stato utilizzato un analizzatore di massa di particolato sospeso (analizzatore di massa di aerosol Modello GT-331 prodotto dalla Metone Instruments Inc., Grants

Pass, Oregon, USA) operante sul principio di diffrazione laser e secondo la teoria di Gustav Mie(vedi Appendice “A”). Questo sistema ottico presenta un errore intrinseco che viene compensato introducendo un fattore di correzione delle misurazioni ottenuto per comparazione con metodi gravimetrici certificati sia a livello Nazionale sia dalla US Environmental Protection Agency (vedi Appendice “B” e “C”). Lo strumento registra la concentrazione delle polveri su un campione aspirato alla portata di 3 litri/minuto, per un tempo di analisi di 4 minuti e ad intervalli tra un'analisi e l'altra programmabili da PC. Le polveri vengono suddivise nelle seguenti classi convenzionali: TSP come totale del particolato sospeso, e PM_{10} , PM_7 , $PM_{2,5}$, e PM_1 rispettivamente come particelle fino a 10, 7, 2,5 e 1 micrometri di diametro. Le concentrazioni delle polveri sono espresse in mcg/m^3 .

Una situazione sperimentale per osservare il contributo del fumo di sigaretta alla concentrazione indoor di polveri è stata realizzata in un locale dell'Istituto Nazionale dei Tumori di Milano nel mese di novembre 2001. Il locale, di $30 m^3$, era dotato di impianto di aerazione comune all'intero Istituto, con un ricambio d'aria di $60 m^3 / ora$. Sono stati rilevati in continuo i livelli di polveri basali (alle ore 9 del mattino con locale vuoto) e durante e dopo che era stata fumata una sola sigaretta. L'analizzatore veniva situato a parete all'altezza di circa 1,5 metri, al centro del locale e distante 2 metri dal fumatore.

I rilievi nel locale pubblico sono stati effettuati all'interno di un ristorante nel mese di ottobre 2001, situato nella zona centrale della città. Il locale, con una capacità complessiva di circa 80 persone, è suddiviso in due ampie sale di $270 m^3$ e $300 m^3$ rispettivamente fumatori e non-fumatori, separate da una zona centrale di ricevimento e buffet freddo di $110 m^3$. Entrambe le sale hanno impianto di aerazione indipendente. La cucina si trova decentrata e dotata di impianto di aerazione indipendente. Le condizioni climatiche erano buone, con clima leggermente ventilato, la temperatura esterna di $25^{\circ}C$, con 60 % di umidità relativa. Le misure sono iniziate con locali vuoti che si sono progressivamente riempiti fino alla loro massima capacità dopo l'ora di apertura. Il numero minimo di sigarette accese nella sala fumatori variava da una e un massimo di 5 - 6

sigarette contemporaneamente. L'analizzatore veniva situato a parete all'altezza di 1,5 metri e al centro del locali di rilevazione.

Risultati.

Nella Figura 1 è riportato l'andamento della concentrazione delle polveri fini in una stanza di 30m³ di volume prima e dopo il fumo di una sigaretta. In condizioni basali, con locale vuoto, i valori risultavano stabili fino al momento in cui veniva accesa la sigaretta all'interno (ore 11.35). Dopo pochi minuti dalle prime boccate si registrava un incremento delle polveri fini, con un picco di oltre 5300 mcg/m³, rappresentato in massima parte da PM_{2,5}. In Tabella 1 sono riportati in dettaglio i valori registrati. I valori di picco risultavano di 5310,76 mcg/m³, 5140,43 mcg/m³, 4975,40 mcg/m³, 4657,76 mcg/m³ e 434,03 mcg/m³ per TSP, PM₁₀, PM₇, PM_{2,5}, e PM₁, rispettivamente. La concentrazione regrediva a valori basali dopo circa 30'. La media dei valori basali delle polveri (deviazione standard) era di 120,64 (18,24) mcg/m³, 107,05 (17,03) mcg/m³, 91,27 (12,85) mcg/m³, 43,85 (3,33) mcg/m³, 24,71 (1,38) mcg/m³ per TSP, PM₁₀, PM₇, PM_{2,5}, e PM₁, rispettivamente. La media dei valori (deviazione standard) delle polveri registrati nei 30' dopo l'accensione della sigaretta era di 2037,17 (2094,14) mcg/m³, 1921,54 (2055) mcg/m³, 1826,35 (2022,71) mcg/m³, 1601,89 (1995,62) mcg/m³, 310,63 (172,77) mcg/m³ per TSP, PM₁₀, PM₇, PM_{2,5}, e PM₁, rispettivamente. La differenza tra i valori registrati nei due intervalli risultava statisticamente significativa (p < 0,05 test t di Student) per ogni specie di particolato studiata.

I risultati riportati in Figura 2 si riferiscono alla concentrazione delle polveri rilevata in due diverse aree dedicate di un ristorante. Le rilevazioni sono state effettuate tra le ore 19.45 e le ore 23.55. L'analizzatore di polveri è stato situato inizialmente nella zona non-fumatori, quindi trasportato nella zona fumatori e infine riportato nell'area non-fumatori, senza interrompere le registrazioni. A partire dall'apertura alle ore 19.45, la concentrazione delle polveri nel locale non-fumatori rappresentava la situazione outdoor di una zona molto trafficata della città, con valori di PM₁₀ tra 50 e 100 mcg/m³. Dopo circa 30' si assisteva ad ampie fluttuazioni di TSP legate al sollevamento

meccanico di particelle grossolane dovute alle turbolenze dell'aria causate dal passaggio di camerieri e clienti. Minori variazioni si verificavano per le altre frazioni. In Tabella 2 sono riportati in dettaglio i valori registrati. I valori di picco nella sala non-fumatori dalle ore 19.45 alle ore 21.35 risultavano di 218,12 mcg/m³, 149,58 mcg/m³, 119,73 mcg/m³, 94,43 mcg/m³ e 62,59 mcg/m³ per TSP, PM₁₀, PM₇, PM_{2,5}, e PM₁, rispettivamente. I valori medi (deviazione standard) nello stesso periodo di registrazione sono stati i seguenti: 199,80 (82,12) mcg/m³, 122,38 (43,42) mcg/m³, 87,78 (21,75) mcg/m³, 61,00 (8,86) mcg/m³ e 31,23 (4,37) mcg/m³ per TSP, PM₁₀, PM₇, PM_{2,5}, e PM₁, rispettivamente.

La Tabella 3 riporta i risultati delle analisi effettuate dalle ore 21.45 alle 23.05 nella sala fumatori. Si è registrato un incremento notevole delle polveri, con valori di picco di 391,51 mcg/m³, 319,28 mcg/m³, 291,24 mcg/m³, 293,04 mcg/m³ e 221,90 mcg/m³ per TSP, PM₁₀, PM₇, PM_{2,5}, e PM₁ rispettivamente. I valori medi (deviazione standard) nello stesso periodo di registrazione sono risultati 302,39 (46,48) mcg/m³, 230,75 (45,42) mcg/m³, 200,71 (55,58) mcg/m³, 189,67 (66,27) mcg/m³ e 138,66 (54,67) mcg/m³ per TSP, PM₁₀, PM₇, PM_{2,5}, e PM₁, rispettivamente.

I risultati delle rilevazioni ottenute dalle ore 23.15 alle ore 23.55 dopo aver riportato l'analizzatore nell'area non-fumatori sono presentate in Tabella 4. I valori di picco scendevano nuovamente a 207,48 mcg/m³, 130,09 mcg/m³, 107,02 mcg/m³, 66,75 mcg/m³ e 37,27 mcg/m³ per TSP, PM₁₀, PM₇, PM_{2,5}, e PM₁, rispettivamente, con medie (deviazione standard) di 176,08 (23,98) mcg/m³, 112,40 (11,41) mcg/m³, 94,85 (6,94) mcg/m³, 64,99 (2,00) mcg/m³ e 36,46 (0,67) mcg/m³ per TSP, PM₁₀, PM₇, PM_{2,5}, e PM₁, rispettivamente. La differenza dell'insieme delle rilevazioni registrate nell'area non-fumatori risultava statisticamente significativa da quelle rilevate nell'area fumatori per tutti i tipi di particolato studiato ($p < 0,05$ test t di Student).

Discussione.

La mancanza di normative precise negli ambienti di lavoro pubblici e privati provoca un'esposizione praticamente universale al fumo passivo, mentre è dimostrato che l'applicazione di una *smoking policy* efficace e condivisa, come avviene da qualche anno negli USA, può portare alla creazione di oltre il 70% di ambienti di lavoro smoke-free⁵. Le rilevazioni dell'inquinamento indoor da particolato fine causate da fumo di sigaretta rivestono un aspetto importante nella comprensione del fumo ambientale di tabacco come fattore di rischio, che secondo stime recenti è responsabile annualmente nei soli USA di 3.000 casi di tumore polmonare e di oltre 60.000 decessi per cardiopatia ischemica^{6,7}. I risultati ottenuti con l'analizzatore di massa di particolato sospeso, operante sul principio di diffrazione laser, dimostrano la fattibilità di un monitoraggio ambientale in tempo reale. La facile trasportabilità dello strumento e la sua affidabilità possono permettere di analizzare in dettaglio i carichi di esposizione al particolato indoor. Le osservazioni "sul campo" che abbiamo effettuato dimostrano la notevole massa di particolato fine (costituito in prevalenza da PM_{2,5}) che una sola sigaretta è capace di liberare nell'ambiente: si possono raggiungere concentrazioni molto superiori a quelle consentite per legge nell'ambiente outdoor anche in ambiente ventilato. I dati registrati sono da confrontare con quelli rilevati da Nelson e coll. testando nella "camera del fumo" diversi tipi di sigaretta⁴: una singola sigaretta dei 4 tipi in commercio studiate (100s commercial 100-mm full-flavor low "tar" cigarette (10.4 mg. "tar")) produceva nella camera di 45 m³ concentrazioni medie attorno ai 1700 mcg/m³ di TSP (Gravimetric RSP) in assenza di ricambio d'aria. Nel setting di registrazione da noi utilizzato, le concentrazioni di particolato fine decadevano nello spazio di 30': si trattava tuttavia di un ambiente "privilegiato", dotato di un sistema di ventilazione efficace, che non rappresenta ancora la comune realtà lavorativa di molti uffici.

I dati raccolti all'interno del ristorante autorizzano ad alcune considerazioni pratiche sulla smoking-policy nei locali pubblici: 1) la presenza di impianti di aerazione e filtrazione anche di ottima qualità e potenza non sono in grado di depurare le polveri fini e ultrafini (PM_{2,5}, e PM₁) generate

dal fumo di sigaretta (l'efficacia di captazione della maggior parte dei filtri attualmente in commercio si riduce notevolmente per particelle sotto ai 3-5 micrometri di diametro come quelle generate dalle sigarette) 2) nelle sale fumatori – che gli avventori scelgono deliberatamente a differenza dai dipendenti del locale - le concentrazioni di PM_{10} raggiungono valori superiori di alcuni ordini di grandezza rispetto alle normative di legge per l'outdoor 3) la separazione fisica del locale non-fumatori con impianto di aerazione indipendente è abbastanza efficace nel preservare l'ambiente dedicato ai non fumatori dall'inquinamento da fumo passivo.

Tenuto conto che nel nostro Paese il numero di locali pubblici di ristorazione e di uffici dotati di aree separate per non-fumatori con aerazione indipendente è modestissimo, si deve dedurre che un gran numero di cittadini viene quotidianamente esposto ad alte concentrazioni di particolato fine per periodi di tempo variabili da frazioni di ora a parecchie ore.

Una considerazione a parte meritano i dati rilevati ambientali di fondo – in assenza di fumo passivo - con l'analizzatore laser. In entrambe gli ambienti studiati – l'ufficio dell'Istituto Nazionale dei Tumori e il ristorante in zona centrale a Milano – si riscontravano valori indoor superiori a 100 mcg/m^3 , a fronte di dati ufficiali sia di picco che di media giornaliera inferiori (74 e 46 mcg/m^3 , rispettivamente) registrati nello stesso periodo dalla stazione di rilevamento dell'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente situata in zona limitrofa. Tale discrepanza può essere legata a varie cause. Ad esempio sorgenti di polveri indoor ridistribuite dagli impianti di aerazione, o alla concentrazione del particolato che viene trattenuto da pavimenti di stuoia o moquette. Uno studio comparativo dei diversi sistemi di rilevazione utilizzati è comunque auspicabile.

I limiti di legge per il PM_{10} outdoor si riferiscono alla concentrazione media nelle 24 ore, mentre i nostri dati dimostrano esposizioni “acute”. Tuttavia anche un'esposizione a concentrazioni elevate di particolato ambientale per periodi inferiori alle 12 ore è in grado di provocare disturbi di tipo respiratorio⁸, e un peggioramento dei sintomi con un maggior utilizzo di farmaci broncodilatatori risulta associato nei bambini asmatici all'esposizione a fumo passivo nel giorno precedente⁹. La rapidità dell'effetto del fumo passivo sul sistema circolatorio è stata dimostrata da Otsuka e coll.¹⁰:

è sufficiente un'esposizione di 30' a fumo ambientale di sigaretta per produrre alterazioni del flusso coronario nei soggetti non-fumatori.

Sulla pericolosità del fumo passivo è comunque emblematica la posizione dell'Organizzazione Mondiale della Sanità, che ha pubblicato un rapporto molto preoccupante per la salute nei paesi in via di sviluppo a causa del fumo derivante dalla combustione della legna e altre biomasse a scopo di cottura in migliaia di abitazioni rurali prive di sistemi di aerazione. Secondo i dati pubblicati questo tipo di inquinamento – analogo per composizione al fumo di tabacco - sarebbe responsabile di circa 2 milioni di decessi all'anno a causa di infezioni respiratorie nei bambini e bronchite cronica nelle massaie¹¹. Un altro campo di indagine è l'esposizione alle alte concentrazioni di particolato da fumo di tabacco che si raccolgono negli abitacoli degli autoveicoli, che possono estendersi per parecchie ore al giorno per determinate categorie professionali¹².

Conclusioni.

I dati presentati dimostrano la presenza di concentrazioni molto elevate di particolato fine da fumo di sigaretta negli ambienti pubblici abitualmente frequentati dai cittadini. La tecnologia utilizzata offre la possibilità di una misura veloce e precisa della salubrità degli ambienti di lavoro introducendo un ottimo indicatore dell'efficacia delle politiche aziendali di difesa della salute: il diritto del pubblico e dei non fumatori va tutelato escludendo il fumo dagli ambienti di lavoro e controllando anche che gli attuali sistemi di aerazione, spesso non in grado di filtrare il particolato più sottile prodotto dalla combustione del tabacco, non si limitino ad aspirarlo nelle "zone fumatori" più o meno clandestine per poi distribuirlo in tutti gli ambienti. L'utilizzo di una stessa misura per comparare l'inquinamento indoor e outdoor permette anche di mettere in discussione uno dei principali "bias" difensivi utilizzati dai fumatori nell'indicare nell'inquinamento outdoor la principale fonte di morbimortalità ambientale; la dimostrazione che una sigaretta in un ufficio è in grado di superare di molte volte la soglia di pericolosità stabilita per traffico e riscaldamento cittadino sottolinea la necessità di combattere l'inquinamento in tutte le sue forme senza "zone franche" psicologiche, politiche od economiche.

La disponibilità della nuova tecnologia di rilevazione con strumenti portatili capaci di registrare in continuo le concentrazioni di polveri fini permetterà di realizzare studi epidemiologici in grado di valutare con precisione il rischio per la salute causato da questo tipo di inquinante. Un prototipo di “dosimetro” ambientale tecnologicamente avanzato per polveri fini e altri inquinanti, è stato presentato recentemente e rappresenta un metodo di monitoraggio personale particolarmente accurato, indispensabile per studi di correlazione clinica sul campo¹³.

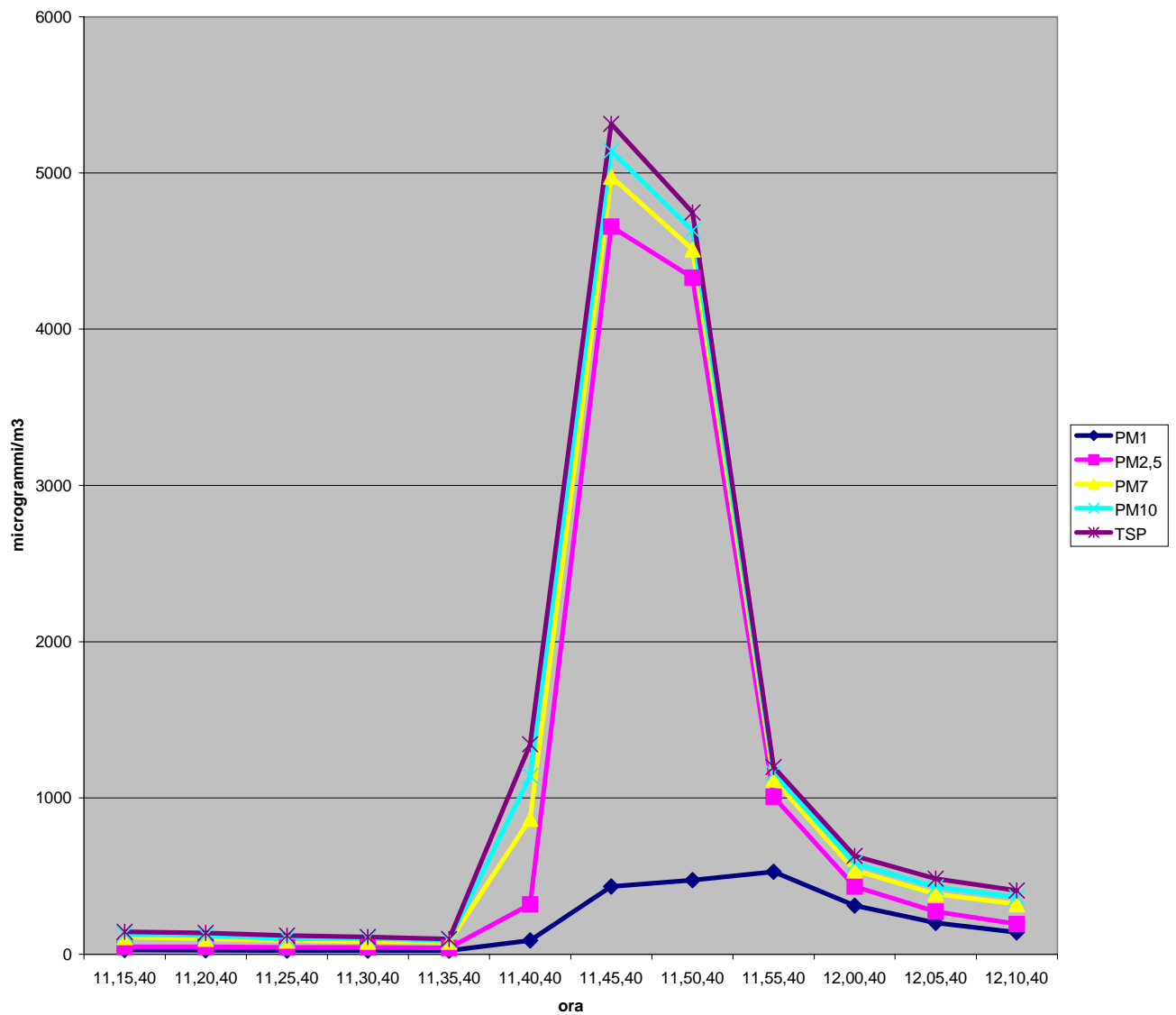
Bibliografia.

1. U.N. Environment Program and WHO Report. Air pollution in the world's megacities. A Report from the U.N. Environment Programme and WHO. *Environment* 1994; 36:5-37.
2. Ministero per l'Ambiente. *Relazione sullo Stato dell'Ambiente 2001*. 2001, 350.
3. Decreto Ministeriale 25.11.94 Allegato IV. Obiettivi di qualità per il PM₁₀, il benzene, gli IPA con riferimento al benzo(A)pirene. *Gazzetta Ufficiale Italiana* suppl. ord. 290 del 13.12 1994.
4. Nelson PR, Kelly SP, Conrad FW. Studies of environmental tobacco smoke generated by different cigarettes. *J. Air & Waste Manage. Assoc* 1998; 48:336-344.
5. BRFSS Coordinators. State-Specific Prevalence of Current Cigarette Smoking Among Adults and the Proportion of Adults Who Work in a Smoke-Free Environment --- United States, 1999. *MMWR* 2000; 49:978-982.
6. CDC. Smoking-attributable mortality and years of potential life lost---United States, 1984. *MMWR* 1997;46:444--51.
7. National Cancer Institute. Health effects of exposure to environmental tobacco smoke: the report of the California Environmental Protection Agency. Bethesda, Maryland: US Department of Health and Human Services, National Institutes of Health, National Cancer Institute. 1999; *NIH publication* no. 99-4645.
8. Delfino RJ, Zeiger RS, Seltzer JM, et al. Symptoms in pediatric asthmatics and air pollution: differences in effect by symptoms severity, anti-inflammatory medication use and particulate averaging time. *Environ Health Perspect* 1998; 106: 751-761.
9. Schwartz J, Timonen KL, Pekkanen J. Respiratory Effects of Environmental Tobacco Smoke in a Panel Study of Asthmatic and Symptomatic Children. *Am J Respir Crit Care Med* 2000; 161:802–806.

10. Otsuka R, Watanabe H, Hirata K, et al. Acute effects of passive smoking on the coronary circulation in healthy young adults. *JAMA* 2001; 286:436-441.
11. Bruce N, Perez-Padilla R, Albalak R Indoor air pollution in developing countries: a major environmental and public health challenge. *Bulletin of the World Health Organization* 2000; 78: 1078-1092.
12. Boffi R, Ruprecht A, Invernizzi G, et al. Fumo di sigaretta nelle automobili e negli autotreni: misurazioni delle concentrazioni di particolato fine e di monossido di carbonio all'interno degli abitacoli. In preparazione.
13. Chang LT, Suh HH, Wolfson JM et al. Laboratory and field evaluation of measurement methods for one-hour exposure to O₃, PM_{2.5} and CO. *J Air & Waste Manag Assoc* 2001; 51: 1414- 1422.

Gli autori esprimono il loro ringraziamento al Prof. Umberto Veronesi (Istituto Europeo di Oncologia, Milano) per il caloroso incoraggiamento, e al Dr. Paolo Crosignani (Unità Operativa di Epidemiologia e Prevenzione, Istituto Nazionale dei Tumori, Milano) e al Dr. Stefano Nardini (Divisione di Pneumologia, Ospedale di Vittorio Veneto) per i preziosi suggerimenti.

Conflitto di interesse: Ario Ruprecht è titolare della Tecnic s.a.s., azienda che opera nel campo delle misurazioni ambientali per conto di Enti pubblici e privati.



Figural. Concentrazioni indoor (mcg/m^3) delle polveri in un ufficio di $30 m^3$ provvisto di aerazione: effetto del fumo di una sigaretta all'interno del locale.
 Figure 1. Indoor concentrations (mcg/m^3) of particulate matter (PM) in a ventilated room of $30 m^3$: contribution of ETS from a single cigarette.

Intervallo	TSP	PM₁₀	PM₇	PM_{2,5}	PM₁
basale	120,64 (18,24)	107,05 (17,03)	91,27 (12,85)	43,85 (3,33)	24,71 (1,38)
dopo sigaretta	2285,72 (2158,85)	2181,08(2122,55)	2065,69 (2094,61)	1836,70 (2077,47)	338,98 (170,50)
valori picco	5310,76	5140,43	4975,40	4657,76	434,03

Tabella 1. Rilevazione del particolato prodotto dal fumo di una sigaretta in un ufficio di 30 m³ provvisto di aerazione. I valori sono espressi in mcg/m³ come medie (SD).

Table 1. Indoor concentrations of particulate matter (PM) in a ventilated room of 30 m³: contribution of ETS from a single cigarette. The values are expressed in mcg/m³ as mean (SD).

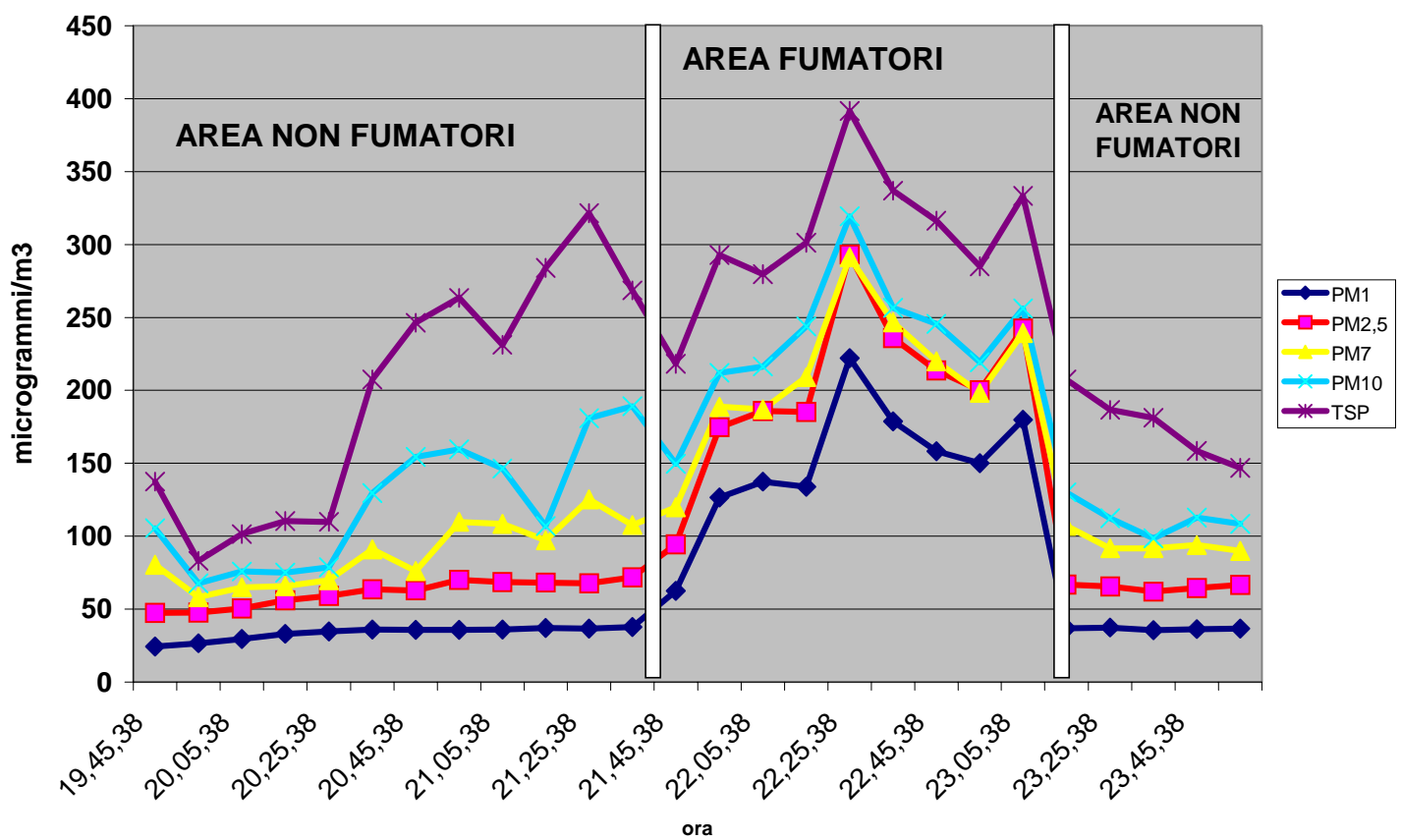


Figura 2. Concentrazioni delle polveri indoor in aree non-fumatori / fumatori indipendenti di un locale di ristorazione. I valori sono espressi in mcg/m^3 come medie (SD).

Figure 2. Indoor concentrations of particulate matter in non smoking and smoking areas at a restaurant. The values are expressed in mcg/m^3 as mean (SD).

Intervallo orario	TSP	PM₁₀	PM₇	PM_{2,5}	PM₁
medie ore 19.45–21.35	199,80 (82,12)	122,38 (43,42)	87,78 (21,75)	61,00 (8,86)	31,23 (4,37)
medie ore 23.15- 23.55	176,08 (23,98)	112,40 (11,41)	94,85 (6,94)	64,99 (2,00)	36,46 (0,67)
valori picco	218,12	149,10	119,73	94,43	62,59

Tabella 2. Rilevazione del particolato nell'area non-fumatori. I valori sono espressi in mcg/m³ come medie (SD).

Table 2. Concentrations of particulate matter in the non smoking area. The values are expressed in mcg/m³ as mean (SD).

Intervallo orario	TSP	PM₁₀	PM₇	PM_{2,5}	PM₁
medie ore 21.45–23.05	302,30 (46,48)	230,75 (45,42)	200,71 (55,58)	189,67 (66,27)	138,66 (54,67)
valori di picco	391,51	319,28	291,24	293,04	221,90

Tabella 3. Rilevazione del particolato nell'area fumatori. I valori sono espressi in mcg/m³ come medie (SD).

Table 3. Concentrations of particulate matter in the smoking area. The values are expressed in mcg/m³ as mean (SD).