

ARPAT

**Agenzia regionale
per la protezione
ambientale
della Toscana**

Settore tecnico
CEDIF

IL BENZENE NELLA CITTÀ DI FIRENZE

**Atti del seminario
19 aprile 1999 - Firenze**



ARPAT
Direzione generale
Settore tecnico CEDIF

**IL BENZENE NELLA
CITTA' DI FIRENZE**

ATTI DEL SEMINARIO
19 APRILE 1999, FIRENZE

IL BENZENE NELLA CITTA' DI FIRENZE

ATTI DEL SEMINARIO
19 APRILE 1999, FIRENZE

*a cura della sezione ARPAT-CEDIF
Documentazione e informazione sul
rapporto tra ambiente e salute*

© 2000 ARPAT

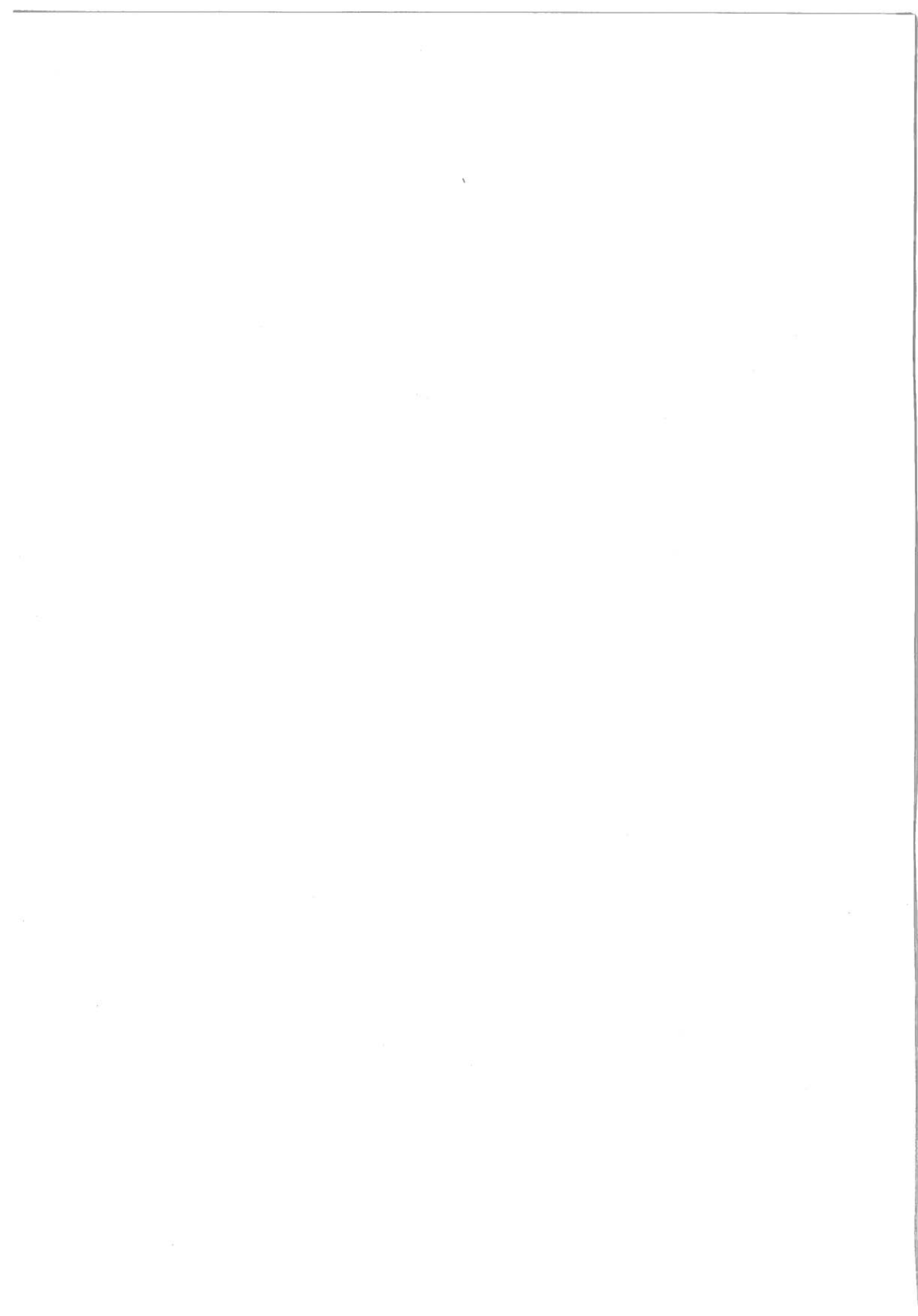
Coordinamento editoriale: Pietro Bertoli, ARPAT, Settore tecnico CEDIF

Redazione: Francesca Baldi, Silvia Saponi, ARPAT, Settore tecnico CEDIF

Realizzazione editoriale: Litografia I.P., Firenze

INDICE

<i>Presentazione degli atti</i> Alessandro Lippi	p. 5
<i>Introduzione al Seminario</i> Sergio Paderi Paolo Menichetti	8 9
<i>Valutazione del rischio cancerogeno del benzene</i> Adele Seniori Costantini	11
<i>Esperienza di monitoraggio nell'area fiorentina</i> Angiolo Baroni	17
<i>Monitoraggio ambientale del benzene e strategie di campionamento, dati e valutazioni</i> Matteo Bruni, Daniele Grechi, Elisabetta Marini	21
<i>Valutazioni di esposizione personale a benzene per il monitoraggio ambientale</i> Serena Perissi	39
<i>Monitoraggio biologico del benzene</i> Paolo Bavazzano	44
<i>Esposizione a benzene di un gruppo di edicolanti fiorentini: risultati di una campagna di monitoraggio ambientale e biologico</i> Gaetano Marchese	46
<i>Esperienze di monitoraggio su addetti ai distributori di carburante e su addetti a garages e parcheggi coperti</i> Francesco Carnevale, Antonella Ciani Passeri, Carla Sgarrella	50
<i>Monitoraggio ambientale e biologico della esposizione a benzene dei vigili urbani di Firenze</i> Adolfo Pompetti	58
<i>Contributo dell'epidemiologia a un progetto di sorveglianza dell'esposizione a benzene nella città di Firenze</i> Eva Buiatti, Alberto Baldasseroni	60
APPENDICI	65



PRESENTAZIONE

Nella premessa al Piano Sanitario Nazionale 1998-2000 si evidenzia come la tutela della salute richieda un approccio interdisciplinare e si postula, per l'organizzazione sanitaria, non solo un salto di qualità in termini di produttività ed efficienza, ma anche una "politica intersettoriale" che consenta di affrontare gli obiettivi, soprattutto di natura preventiva, che il Piano si propone di perseguire nel triennio.

Gli importanti ed innovativi orientamenti spingono, quindi, verso un salto di qualità nel rapporto tra Agenzie di protezione ambientale ed Aziende sanitarie, ovvero verso il passaggio da episodiche sinergie, nel quadro di una separazione programmatoria, ad una pratica di congiunta progettualità che, pur nell'autonomia delle rispettive competenze, sappia ispirarsi a quello che l'OMS ha definito il "paradigma socio-ecologico di salute".

Il punto di partenza di tale progettualità dovrà sempre più essere costituito dalla conoscenza dell'andamento epidemiologico delle patologie che possono essere ricondotte a problematiche ambientali, sia direttamente (esposizione all'inquinamento atmosferico ed acustico, contaminazione chimica degli alimenti e delle acque destinate al consumo umano), che indirettamente (bioaccumulazione attraverso la catena alimentare di microinquinanti organici e così via).

Le diverse pressioni e matrici ambientali che ARPAT intende porre sotto controllo sempre più efficacemente, attraverso gli obiettivi programmatici definiti nei vari anni, dovrebbero, dunque, essere indagate ed affrontate anche in un'ottica epidemiologica, che sappia correlare lo stato di "salute ecologica" del territorio con lo stato di salute delle popolazioni in esso residenti ed operanti.

In tal senso il Programma ARPAT 1998 poneva già la questione dello sviluppo di una attività permanente e qualificata di epidemiologia ambientale, questione che resta tuttora aperta nella nostra regione.

In attesa di una più precisa definizione delle competenze e delle sinergie necessarie a questo tipo di ricerca da parte della Regione Toscana, ARPAT a partire dal 1999, se possibile, opererà mediante apposita convenzione in collaborazione con il CSPO dell'Azienda Ospedaliera di Careggi, con l'Azienda Ospedaliera "Meyer" e, ovviamente, con l'Azienda Sanitaria Locale di Firenze, cominciando, intanto, ad avvalersi del patrimonio conoscitivo esistente e con particolare riferimento agli inquinanti con potere cancerogeno.

L'inquinamento atmosferico delle grandi aree urbane naturalmente fa parte delle tematiche di interesse prioritario in un progetto come questo.

Negli ultimi anni si è sviluppata una copiosa normativa in relazione all'ambiente urbano e all'inquinamento da traffico, che fissa valori di riferimento per i livelli ambientali di inquinamento dell'aria:

- livelli di attenzione/allarme (polveri, biossido di zolfo, ossido di carbonio, biossido di azoto, ozono)
- valori obiettivo (polveri inalabili, benzene, benzo(a)pirene)

Questa normativa ambientale, oltre alle pubbliche amministrazioni, ha interessato e impegnato numerosi operatori che, a seguito della riforma del 1994 (sancita dalla

consultazione referendaria del 1993), si sono trovati ricollocati in organizzazioni separate (l'azienda sanitaria e l'agenzia per la protezione ambientale) con propri sistemi strategici, interrompendo il rapporto di lavoro così come si era configurato negli anni di sviluppo della Sanità Pubblica nata dalla riforma del 1978.

Il nuovo scenario istituzionale, sulle tematiche ambientali di rilevanza sanitaria ha saputo creare comunque momenti di incontro e confronto molto significativi, che si collocano non tanto nella sfera di intervento mirata alla acquisizione dei dati, ma in quella ancor più impegnativa della valutazione dei contesti ambientali e della elaborazione di proposte di intervento e di modifica degli impatti sfavorevoli. Molto spesso gli incontri sono stati promossi dalle stesse amministrazioni locali, chiamate a gestire i problemi della qualità dell'aria e della salute della popolazione e in primo luogo dai comuni.

Il seminario realizzato ad aprile, *"Il benzene nella città di Firenze"*, di cui qui si raccolgono e si diffondono gli atti, è stata una occasione di confronto sui problemi che un particolare inquinamento dell'aria urbana - quello dovuto ad un noto cancerogeno - pone sia per la qualità dell'aria, sia per l'esposizione della popolazione residente nell'area cittadina.

Un ulteriore passo verso l'intersectorialità, a cui il Piano Sanitario Nazionale fa riferimento, che si è compiuto in questo seminario è quello di avere allargato ai lavoratori all'aperto lo studio dell'esposizione a benzene che avviene nell'ambiente esterno, approccio che, vogliamo ricordare, è stato perseguito anche nei confronti dell'inquinamento stagionale da ozono, benché non espressamente richiesto dalla normativa che regola episodi acuti di smog.

La conoscenza dell'ambiente è un obiettivo fondamentale per quanti sono chiamati a governare il territorio e a predisporre politiche ed azioni reali di tutela o di sviluppo.

I dati ambientali dell'aria in Toscana e in particolare a Firenze, rappresentano da qualche anno un patrimonio di conoscenza ampiamente disponibile, grazie alle iniziative periodiche intraprese per la loro presentazione pubblica a vari livelli della società ed altresì grazie ai numerosi strumenti di diffusione messi in atto: dalle pagine delle Reti civiche, ai CD-ROM della Provincia e della Regione, ai quaderni ARPAT, etc., come indicano i numerosi riferimenti raccolti in un'appendice di questo volume.

Le indagini ambientali di cui più spesso si parla sono quelle relative al monitoraggio dei parametri chimici attuato dalla rete urbana di rilevamento provinciale, ma esistono anche numerose altre fonti di informazione, che potranno meglio essere rappresentate via via che si completa in Toscana il progetto SIRA, Sistema informativo regionale ambientale. Abbiamo, ad esempio, i risultati delle campagne di monitoraggio biologico con licheni (per la provincia di Firenze esse coprono ormai tutti i comuni) e con altri vegetali; le campagne di studio e di controllo dei fumi di scarico degli autoveicoli; l'inventario provinciale delle emissioni; gli studi di correlazione fra andamento di CO e benzene e fra intensità di traffico e benzene; la modellistica previsionale abbinata alla meteorologia; etc.

Sarebbe auspicabile disporre di altrettante informazioni su eventuali danni sanitari dell'inquinamento urbano, anche se è noto che questi dati sono particolarmente difficili da ottenere e da valutare sistematicamente a livello locale, dove possiamo se mai disporre di qualche studio settoriale ultraspecialistico e di flussi non elaborati di segnalazioni di

disturbi e di patologie che arrivano dai cittadini alle varie discipline ospedaliere, ai medici curanti, all'igiene pubblica ed anche agli stessi Dipartimenti provinciali ARPAT.

Per quanto riguarda l'inquinamento urbano, proprio il Dipartimento ARPAT di Firenze ha partecipato al Progetto SIDRIA (Studi Italiani sui Disturbi Respiratori nell'Infanzia e l'Ambiente), inerente gli inquinanti così detti tradizionali (polveri, ossidi di azoto), che ha interessato le popolazioni di alcune zone nell'ambito di Firenze, Prato, S.Croce sull'Arno, Empoli, Siena.

E' nostro interesse accrescere la capacità ARPAT di portare un valido contributo alla ricerca futura, a partire dagli studi di approfondimento che faranno seguito alle esperienze presentate in questi atti, così come continueremo a perfezionare gli strumenti di raccolta e di valutazione dei dati sui rischi ambientali legati all'inquinamento atmosferico.

Abbiamo voluto assumerci la pubblicazione e la diffusione dei contributi del seminario "*Il benzene nella città di Firenze*" convinti che il risultato delle nostre attività non sarà mai soddisfacente se non mettiamo altrettanto impegno, se non addirittura maggiore, al trasferimento delle informazioni che vengono a essere prodotte dagli studi.

Dedichiamo in modo particolare questa raccolta alle altre 22 città italiane che, come Firenze, stanno elaborando piani di studio e di intervento per migliorare la qualità dell'aria, nonché a tutti i soggetti chiamati a realizzare questo obiettivo.

Alessandro Lippi
Direttore generale ARPAT

INTRODUZIONE AL SEMINARIO

Sergio Paderi

Assessore all'Ambiente e alla Vivibilità

Comune di Firenze

(Vicolo S. Maria Maggiore, 1 - 50123 Firenze - Tel. 055-2767928-918 Fax 2767916)

La città di Firenze possiede una delle migliori reti di rilevamento sullo stato dell'atmosfera tra quelli esistenti nelle grandi aree urbane italiane. Questo grazie ad un impegno svolto ormai da parecchi anni dalle istituzioni locali e supportato da un ottimo livello di gestione scientifica della rete e dei dati garantito dalle strutture ARPAT di Firenze.

Anche grazie a queste conoscenze è stato possibile approntare misure per il miglioramento dello stato dell'aria a Firenze, la cui evoluzione è riportata fedelmente dalla rete.

Abbiamo condizioni ottime ma certo non sufficienti per garantire la conoscenza della "salute della città". Occorre infatti lavorare per consentire collegamenti sempre più importanti tra l'attività di monitoraggio sugli inquinanti presenti nell'atmosfera e gli effetti che sulla salute dei fiorentini l'inquinamento provoca.

Il benzene, tipico inquinante prodotto dal traffico veicolare, è tra quelli che più preoccupa la popolazione per la accertata cancerogenicità e per la difficile battaglia per la eliminazione dai gas di combustione dei motori endotermici.

E' stata dunque più che opportuna, da parte della Azienda sanitaria di Firenze in collaborazione con il Comune di Firenze e con l'ARPAT, l'organizzazione di una giornata dedicata al benzene e allo studio di alcune fasce di categorie sociali particolarmente esposte all'inquinamento da benzene.

Dal Seminario sono emerse alcune considerazioni di grande interesse per la ricerca scientifica e per gli amministratori, che sicuramente diventeranno un riferimento per ulteriori approfondimenti e per approntare provvedimenti coerenti.

Un ringraziamento ai soggetti istituzionali per avere consentito la realizzazione del seminario ed ai ricercatori che hanno garantito un ottimo livello di approccio ad un tema così delicato quale quello della tutela della salute dei cittadini di Firenze.

Paolo Menichetti

Direttore Generale

Azienda Sanitaria di Firenze

(Piazza S. Maria Nuova, 1 - 50122 Firenze - Tel. 055-27581)

Alla vigilia del terzo millennio nei paesi ad alto sviluppo socio economico, quali appunto il nostro, abbiamo assistito ad un notevole spostamento della patologia osservabile nella popolazione; infatti da una prevalenza di quella di tipo infettivo e infettivo-diffusivo siamo andati verso un progressivo incremento della patologia di tipo cronico-degenerativo e neoplastico.

Tutto ciò è senza dubbio correlabile ad un miglioramento delle condizioni di vita in generale, con un conseguente incremento della "speranza di vita media", così come alla presenza di efficaci presidi farmacologici preventivi e terapeutici, che hanno drasticamente ridimensionato il fattore di rischio biologico come causa di malattia, fattore che, ancora nei primi anni cinquanta costituiva una delle principali cause di morbidità e di mortalità. D'altro canto, una serie di fattori propri di un tipo di società sviluppata, caratterizzata da forte concentrazione nei nuclei urbani, ha portato a modificazioni consistenti, in senso negativo, negli stili di vita della popolazione. Modificazioni che vanno dai disordini nutrizionali, alla ridotta attività fisica ed, ancora, a situazioni di stress legate proprio ai problemi determinati dall'affollamento tipico di queste realtà, realtà che risentono, fra l'altro, del degrado complessivo dell'ecosistema in cui si trovano ad insistere.

Tutti i fattori sopra ricordati appaiono incidere sulla prevalenza delle patologie di tipo cronico degenerativo e neoplastico più di quanto sarebbe prevedibile, rispetto all'incremento della vita media della popolazione.

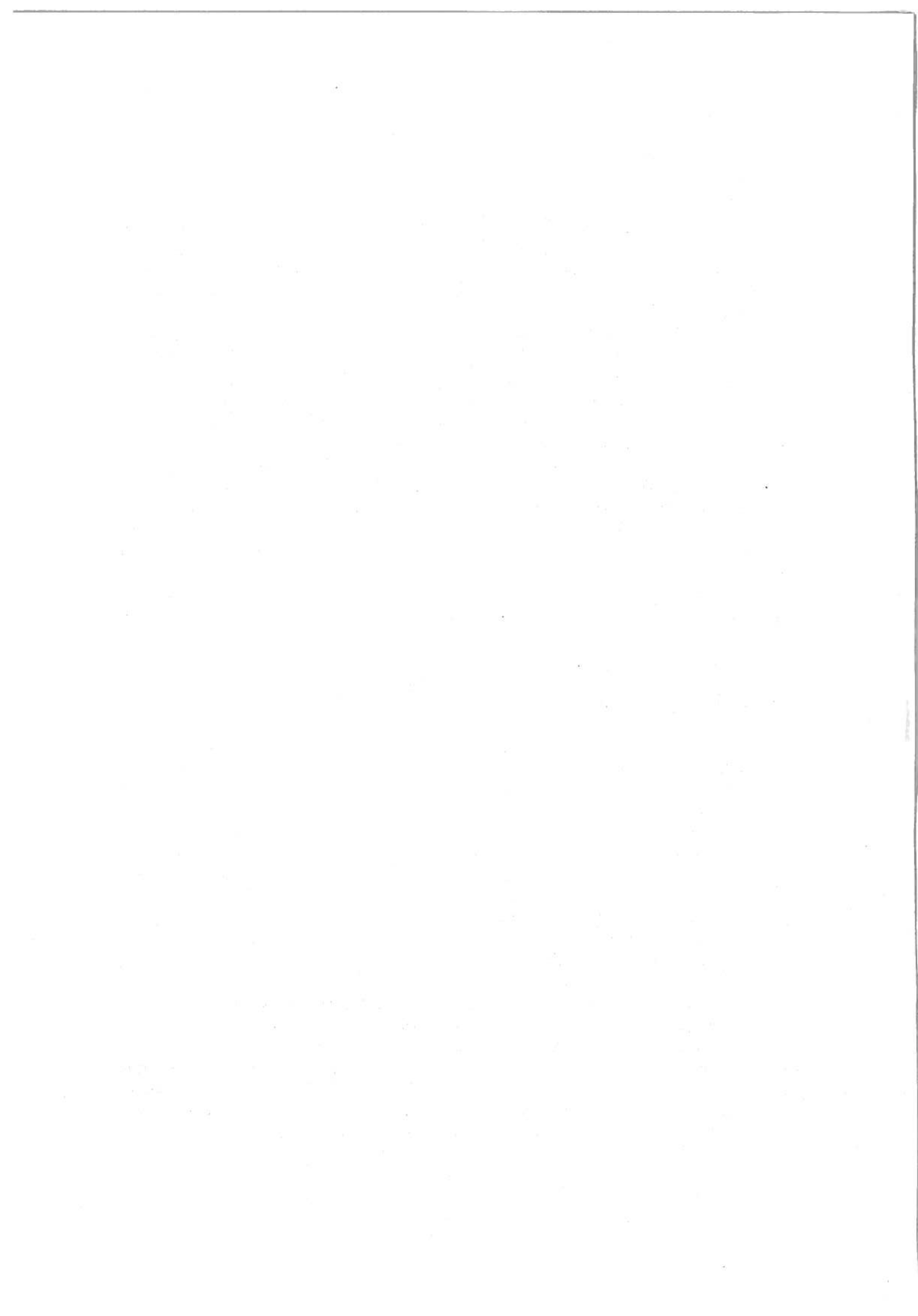
In questo contesto l'inquinamento atmosferico da traffico veicolare, specie in una città come Firenze, caratterizzata, non solo nel centro storico, da strade strette con scarsa ventilazione e da uno dei rapporti fra numero di auto e motoveicoli rispetto agli abitanti fra i più elevati in Europa, rappresenta, senza dubbio uno dei principali fattori di criticità da porre sotto controllo.

L'Azienda sanitaria di Firenze congiuntamente all'Amministrazione comunale, all'Azienda ospedaliera Careggi e all'Agenzia regionale per la protezione ambientale, ha pertanto voluto sviluppare questa esperienza di monitoraggio dei livelli di esposizione ad alcuni inquinanti atmosferici, prevalentemente correlabili al traffico veicolare, su gruppi particolari di popolazione, individuabili come a potenziale maggior rischio.

Questa esperienza, illustrata nel convegno di oggi, più che per le ricadute operative immediate in termini di interventi e/o provvedimenti correttivi da assumere, ha una sua rilevanza intrinseca come modello di collaborazione fra più organi tecnici ed enti portatori di proprie competenze specifiche e di compiti fra loro complementari.

Essa mostra quale debba essere la strada da seguire anche in futuro per intraprendere iniziative in un settore complesso che richiede di essere esaminato sotto molteplici punti di vista, quale quello delle problematiche sottese allo studio dell'inquinamento atmosferico in ambiente urbano e ai successivi interventi che si rendessero necessari alla luce dei risultati emersi.

Ritengo che la metodologia adottata sia meritevole di essere incoraggiata e portata ad ulteriore sviluppo, rendendola da momento sperimentale di studio a vero e proprio strumento di monitoraggio ed osservatorio di questo come di altri problemi che vedono intersecarsi competenze ambientali, sanitarie e di gestione del territorio.



Adele Seniori Costantini

CSPO Unità di Epidemiologia – A.O. Careggi

(Via di San Salvi, 12 – 50135 Firenze – Tel. 055-6263709 – fax 055-6263706)

Gli effetti che il benzene produce a seguito di esposizioni croniche sono principalmente di tre tipi: danni ematologici, danni genetici ed effetto oncogeno. Vi è una sostanziale coincidenza degli effetti nell'uomo e nell'animale sperimentale (EPA, 1993).

I danni ematologici consistono in leucopenia ed anemia, fino anche all'anemia aplastica.

I danni genetici consistono in alterazioni dei cromosomi (effetto clastogeno).

L'effetto oncogeno consiste sostanzialmente in un aumentato rischio di leucemia (in particolare del tipo mieloide acuta); anche altri tumori del sangue, fra cui il mieloma multiplo, sono stati riportati in eccesso tra gli esposti a benzene.

Non è definito con certezza se la prima tappa del processo cancerogenetico consista in un danno al DNA, cioè se il benzene agisca con un meccanismo d'azione di tipo genetico (Pitot, 1996).

Cancerogenicità del benzene

La dimostrazione del potere leucemogeno del benzene è derivata dalla descrizione di una serie di casi di leucemia (per lo più del tipo mieloide acuta) in operai dell'industria tipografica, calzaturiera e pellettiera, in Francia, Italia e Turchia che erano stati pesantemente esposti a benzene durante gli anni '40 e '50 e inizi anni '60 (Aksoy, 1974; Vigliani, 1963) e da successivi studi epidemiologici sugli addetti all'industria chimica, petrolchimica e della gomma, condotti in alcuni paesi europei, negli USA ed in Cina (Rinsky, 1981, 1987; Infante, 1977; Yin, 1987).

La IARC ha classificato il benzene come cancerogeno certo per l'uomo nel 1982; alcuni anni dopo sono stati pubblicati studi che ne dimostravano la cancerogenicità sperimentale in ratti e topi (IARC, 1987).

Gli studi epidemiologici che hanno evidenziato l'effetto cancerogeno del benzene hanno esaminato il rischio per popolazioni pesantemente esposte a benzene nell'ambiente di lavoro; in particolare i valori di concentrazione considerati erano nel range di 30-300 ppm. Studi recentemente condotti su popolazioni lavorative esposte a bassi livelli di benzene - concentrazioni dell'ordine di 1 ppm o minori - non hanno evidenziato un rischio di leucemia (Lynge, 1997; Wong, 1995).

A fronte di tali dati negativi si deve però considerare che non si sa se per il benzene esiste un livello di sicurezza al di sotto del quale non si verifichino effetti: in assenza di tali conoscenze, per il benzene come per gli altri cancerogeni, si deve ritenere che non esista un livello "soglia". A partire da questa considerazione organismi nazionali ed internazionali - come l'EPA, la CCTN, la Commissione della CE - ritengono che sia opportuno pensare che comunque esista un rischio, anche se molto piccolo, per esposizione a bassi livelli di concentrazione di benzene e che, per tutelare la salute della collettività, sia opportuno procedere a fare stime di rischio per le basse esposizioni e individuare quindi le concentrazioni di benzene a cui corrispondono rischi così bassi da potersi considerare "trascurabili".

Standard per il benzene nell'ambiente di vita e di lavoro

Nel corso degli anni le esposizioni lavorative a benzene si sono notevolmente ridotte e sono drasticamente cambiati i valori massimi permessibili di benzene. Considerando il periodo più recente, si è passati dai 10 ppm come Threshold Limit Value (TLV) previsto nel 1977 dalla Conferenza Americana degli Igienisti Industriali (ACGIH) e adottato fino al 1997, ai 0.5 ppm come TLV (2.5 ppm, come Short Term Exposure Level, STEL) nel 1997.

Oggi il valore proposto come standard da parte dell'OSHA è 1 ppm; il limite indicato nella direttiva della Commissione delle Comunità Europee e attualmente in vigore è di 1 ppm; in alcuni paesi in Europa e in America altri organismi hanno proposto come limite valori tra 0.5 e 10 ppm (Verma, 1999). In Italia dal 1963 è vietato l'uso di benzene come solvente in una serie di prodotti per l'industria e ne è permesso l'uso solo come impurezza (in quantità inferiori al 1%).

Per quanto riguarda l'ambiente di vita, nelle aree metropolitane le concentrazioni ambientali variano da alcune unità a 150-1200 µg/mc; dunque di due-tre ordini di grandezza inferiori a quelle lavorative (1 ppm = 3.200 µg/mc).

In Italia la legislazione prevede un limite di 10 µg/mc, il decreto ministeriale del 25/11/94 ha infatti introdotto tale valore come obiettivo di qualità dal 1 gennaio 1999. La legislazione vigente stabilisce inoltre che il contenuto di benzene nelle benzine sia ridotto all'1%.

Stime del rischio alle basse esposizioni

In assenza di dati sugli effetti a bassi livelli, vengono effettuate "stime del rischio", cioè estrapolazioni a partire dai rischi degli esposti a livelli elevati, assumendo che non esista un livello di soglia, e si effettuano stime del numero di casi che si possono verificare a bassi livelli.

Tali stime di rischio sono effettuate facendo una serie di assunzioni sul modello di rischio (addittivo o moltiplicativo) e sull'andamento dose/risposta.

Lo studio più informativo sul rischio di leucemia è lo studio sugli esposti a benzene nell'industria della gomma negli USA (Rinsky, 1987); su di esso si basano la maggior parte delle stime.

Le stime effettuate risentono, evidentemente, delle incertezze relative alle assunzioni su cui sono basate, soprattutto quelle riguardanti la relazione dose/risposta. Di tale relazione non si conosce l'andamento alle basse esposizioni, non si sa cioè se sia di tipo lineare (che significa che il rischio aumenta in modo direttamente proporzionale all'aumentare dell'esposizione o, viceversa, si riduce in maniera direttamente proporzionale al diminuire dell'esposizione) o invece di tipo esponenziale (il rischio aumenta in modo esponenziale all'aumentare dell'esposizione o, viceversa, si riduce bruscamente, fino a tendere a zero, al ridursi dell'esposizione). La stima dei casi dovuti alle esposizioni basse, assumendo una relazione di tipo esponenziale, è minore rispetto a quella che risulta dall'assunzione della linearità dell'associazione dose/risposta. A secondo del modello adottato, dunque, le stime variano; il range è ampio.

A partire dallo studio di Rinsky (considerando diverse combinazioni dei seguenti fattori: modello addittivo o moltiplicativo, andamento lineare o non lineare della relazione dose/risposta, due diversi set di misure di esposizione, misure di esposizione cumulativa o pesata), le stime del rischio unitario vanno da 8.6 casi x 100.000 esposti a

2.5 casi per 100 esposti a 1 ppm (Crump, 1994). Accettando la linearità della relazione dose/risposta, il range delle stime si riduce ed è tra 7.1 per 1000 e 2.5 per 100, dipendendo dal set di misure di esposizione utilizzato.

L'EPA nel 1998, per motivi di tutela della salute della collettività, ha ritenuto di basarsi sulle stime fondate sulla linearità della relazione dose/risposta, affermando che non ci sono prove sufficienti per dire che non sia tale.

La stima di rischio unitario (di cancro) dell'EPA, " INHALATION UNIT RISK ESTIMATE", è 8.3×10^{-6} x microgrammo/metrocubo⁻¹

Ciò vuol dire che, se una persona è esposta per tutta la vita (*lifetime*) a valori di concentrazione di benzene dell'ordine di 0.1 µg/mc, avrà una probabilità di sviluppare una neoplasia, come diretta conseguenza di tale esposizione, non superiore a 1 su 1.000.000, che equivale a una probabilità non superiore a 1 su 100.000 per esposizione ad aria contenete 1 µg/mc di benzene e non superiore a 1 su 10.000 per esposizioni pari a 10 µg/mc di benzene

La WHO nel 1996, adottando parimenti il criterio della linearità della relazione dose/risposta, e calcolando la media geometrica del range delle stime effettuate da Crump, aveva indicato come unità di rischio: 6 x 1.000.000 per l'esposizione a 1µg/mc; conseguentemente le concentrazioni che corrispondono a un eccesso pari a 1x 10.000, 1x 100.000, 1x 1.000.000 sono rispettivamente uguali a 17, 1.7, 0.17 µg/mc; la WHO aveva anche indicato il valore limite di 0.17 µg/mc (associato a un rischio *lifetime* pari a 1 x 1.000.000)

Valori di riferimento per l'esposizione benzene in ambiente urbano

Recentemente il gruppo di lavoro sul benzene della Commissione della Comunità Europea ha rivisto la letteratura disponibile, al fine di proporre nuovi valori medi di concentrazione di benzene "accettabili" nell'ambiente urbano. Ha valutato che 1-10 µg/mc rappresentano un range di valori di esposizione cui corrispondono "rischi accettabili". La proposta, non ancora ratificata della Commissione della CE, stabilisce una concentrazione di benzene in aria pari a 5 microgrammi/metrocubo.

Come già ricordato, la legislazione italiana prevede un limite di 10 µg/mc, secondo il decreto ministeriale del 25/11/94, che ha introdotto tale valore come obiettivo di qualità dal 1° gennaio 1999. L'attuale legislazione stabilisce inoltre che il contenuto di benzene nelle benzine sia ridotto al 1%.

Previsione dell'impatto del benzene per quanto riguarda il rischio oncogeno nella popolazione

Date queste stime di "rischio unitario" si possono fare previsioni del numero di casi di leucemia che si possono verificare in una popolazione esposta a diversi livelli di concentrazione di benzene

Nel 1994 la Commissione Tossicologica Nazionale (CCTN) ha proceduto ad effettuare una stima del numero di casi di leucemia che si verificheranno nell'intera popolazione italiana a seguito dell'esposizione a benzene (ISS, 1995). I parametri su cui tale stima è stata basata sono: (i) le concentrazioni di benzene rilevate negli anni 1983-1987 in diversi siti urbani in Italia; (ii) i dati di incidenza di leucemia stimati per l'Italia dai registri tumore.

Si è stimato che in Italia, come conseguenza dell'esposizione a benzene in aria derivante dal traffico motorveicolare, si verificheranno annualmente un numero medio di leucemie variabile tra 17 e 246. In altre parole, ogni 1000 leucemie che si verificano nella popolazione sarebbero da attribuire al benzene da un minimo di 3 a un massimo di 50. L'ampiezza del range della stima è conseguenza delle diverse assunzioni. C'è da dire che le misure di esposizione su cui si basa la CCTN sono i dati disponibili in quegli anni, che presentano limiti di completezza e di interpretazione in merito alla loro adeguatezza a definire l'esposizione dei cittadini.

Valutazione dell'esposizione a benzene nella città di Firenze

Dato lo stato delle conoscenze descritto in questa relazione, si rende opportuno innanzitutto valutare cosa è necessario fare per stimare quali siano le reali condizioni di esposizione della popolazione a benzene (e più in generale agli inquinanti emessi dai motorveicoli).

Lo studio epidemiologico sull'effetto leucemogeno del benzene, in relazione a livelli di esposizione quali quelli che si verificano in ambiente urbano, non appare essere lo strumento più adeguato, in relazione alla rarità della patologia, a meno di ipotizzare studi multicentrici di grandi dimensioni. Si tratta cioè di passare da un sistema che rileva la concentrazione del benzene in aria ad un sistema che permetta anche di stimare le reali condizioni di esposizione dei residenti. Ciò significa:

- (i) fare una verifica di quali misure ambientali sono disponibili e quali altre misure sarebbe necessario acquisire per valutare la reale esposizione dei cittadini. Le rilevazioni che sono effettuate da ARPAT e dalla ASL infatti servono a verificare il raggiungimento degli obiettivi di qualità che sono fissati dalla legislazione italiana o a rispondere ai dettati della legge 626/94, quando si tratta di misure su gruppi di lavoratori. Cosa diversa è definire l'esposizione del cittadino o meglio di fasce della popolazione cittadina;
- (ii) tenere conto di una serie di parametri, oltre che di tipo ecologico anche individuale - come il tempo passato a casa, al lavoro, all'aria aperta, in auto, ed anche il tipo di lavoro - e fornire stime utilizzando modelli che tengano conto dei parametri suddetti;
- (iii) valutare l'opportunità di misurare l'esposizione a benzene della popolazione e la dose interna di benzene, attraverso il monitoraggio biologico.

Bibliografia

AKSOY M., ERDEN S., DINCOL G., Leukemia in shoe workers exposed chronically to benzene, *Blood* 1974, 44, pp. 837-841;

CRUMP KS., Exposure-response analyses of Pliofilm cohort, Work supported by Western States Petroleum Association, 1992 (draft);

CRUMP KS., Risk of benzene-induced leukemia: a sensitivity analysis of the Pliofilm cohort with additional follow-up and new exposure estimates, *J. Toxicol Environ Health* 1994, 42, pp. 219-242;

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, Integrated Risk Information System (IRIS) on Benzene, Environmental Criteria and Assessment Office, Office on Health and Environmental Assessment, Office of Research and Development, Cincinnati OH, 1993;

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, Overall Evaluation of carcinogenicity: An Updating of IARC Monographs, Volumes 1 to 42, IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic risks to Humans, suppl 7, 1987, Lyon;

INFANTE PF., RINSKY RA., WAGONER JK., YOUNG RJ., Leukemia in benzene workers, Lancet 1977, 2, pp. 76-78;

INFANTE PF., RINSKY RA., WAGONER JK., YOUNG RJ., Benzene and Leukemia, Lancet, 1977, 2, pp. 867-869;

ISTITUTO SUPERIORE DELLA SANITÀ, Raccolta dei pareri espressi dalla commissione Consultiva Tossicologica Nazionale nel 1994, Relazioni dell'Istituto Superiore della Sanità, 1995, 2;

LYNGE E., ANDERSEN A., NILSSON R. ET AL., Risk of cancer and exposure to gasoline vapours, AM J Epidem, 1997, 145, pp. 449-458;

RINSKY RA., YOUNG RJ., SMITH AB., Leukemia in benzene workers, Am J Ind Med, 1981, 2, pp. 217-245;

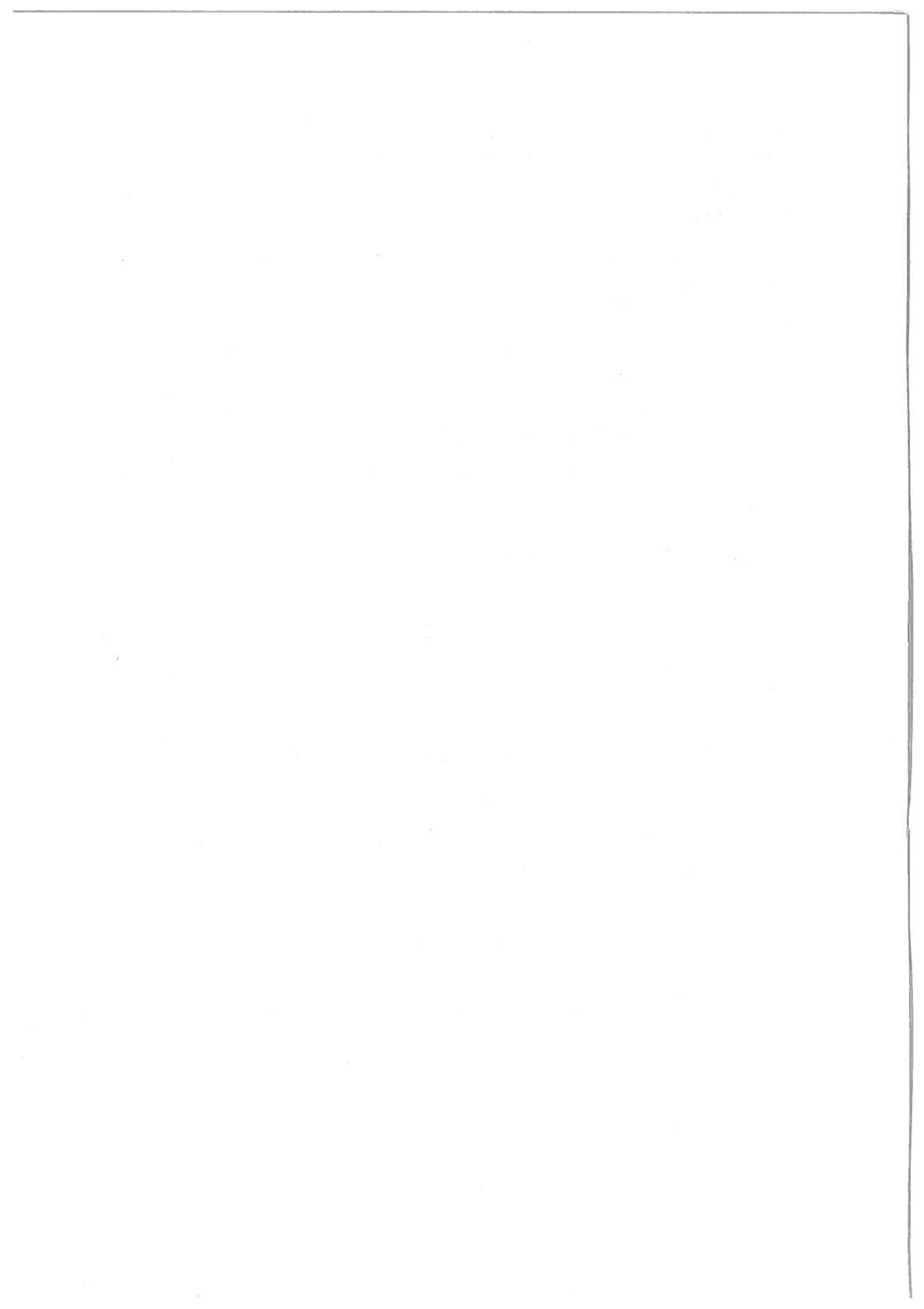
RINSKY R., SMITH AB. HORNUNG R. ET AL., Benzene and leukemia: an epidemiologic risk assessment, N. Engl. J. Med., 1987, 316, pp. 1044-1050;

PITOT HC., Stage in neoplastic development, in SCHOTTENFELD D., FRAUMENI JF. jr (a cura), Cancer Epidemiology and Prevention, New York, Boston, 1996;

VERMA DK., DES TOMBES K., Measurement of Benzene in the Workplace and Its Evolution Process, Part. I, Overview, History, and Past Methods, Am Ind Hyg Ass J. 1999, 60, pp. 38-47;

WONG O., RAABE GK., Cell-type-specific leukemia analyses in a combined cohort of more than 208000 petroleum workers in the United States and in the United Kingdom, 1937-1989, Regul Toxicol Pharmacol, 1995, 21, pp. 307-321;

YIN SN., LI GL. TAIN FD ET AL., Leukemia in benzene workers: a retrospective cohort study, Br. J. Ind. Med., 1987, 44, pp. 124-128.



Angiolo Baroni

Direttore del Dipartimento di Prevenzione

Azienda Sanitaria di Firenze

(Via di S. Salvi, 12 - 50135 Firenze - Tel. 055-5663666 - 5663658 - fax 055-5663665)

Quella che sarà oggi illustrata, negli interventi che seguiranno, è da considerarsi senza dubbio un'esperienza per molti versi originale e di grosso interesse, soprattutto per gli "addetti ai lavori". Ciò in quanto al di là dei valori numerici emersi dalle indagini svolte, a mio avviso, l'aspetto di maggior rilevanza è che si è prefigurata una metodologia di lavoro integrata che vede più Enti e soggetti, con ruoli e professionalità diverse, operare in collaborazione nell'affrontare un problema di estrema rilevanza, quale quello connesso all'inquinamento ambientale in un'area urbana. Metodologia, questa, che se, da esperienza episodica temporanea, riusciremo a prolungare nel tempo, anche attraverso la costituzione di un vero e proprio osservatorio epidemiologico che elabori i dati raccolti, potrebbe portare a ricadute concrete in termini di controllo dell'inquinamento da benzene e, più in generale, da traffico in ambiente urbano, così come in termini di verifica della validità o meno dei cambiamenti attuati come conseguenza di interventi sul parco dei veicoli circolanti o di eventuali provvedimenti tesi a ridistribuire, o a limitare il traffico nella nostra città (Tab.1).

Tab. 1- Scopo delle indagini

- 1) Valutare i livelli espositivi delle categorie lavorative prese in esame a benzene e a IPA (stima della dose esterna e della dose interna)
 - 2) Valutare la correlazione tra le concentrazioni rilevate con campionamenti personali e le concentrazioni atmosferiche rilevate in corrispondenza delle centraline di campionamento della qualità dell'aria urbana
 - 3) Stimare l'esposizione della popolazione fiorentina a benzene e IPA attraverso i dati di monitoraggio della qualità dell'aria, utilizzando anche i dati del monitoraggio ambientale personale
 - 4) Impostare un nuovo protocollo di sorveglianza sanitaria delle categorie di lavoratori esposti ad inquinamento atmosferico urbano
-

Non mi soffermo sul problema della cancerogenicità del benzene, ormai nota da decenni e che è stata in precedenza ricordata. Nel nostro caso, questo composto, contenuto in varia percentuale nei carburanti, è stato scelto fra altri parametri di inquinamento urbano indagabili e talora indagati nelle esperienze cui facciamo oggi riferimento, in quanto si presta bene come indicatore attendibile dell'inquinamento che è legato alla qualità del parco veicolare circolante e alla concentrazione del traffico veicolare stesso, al contrario di altri inquinanti quali l'ozono o gli stessi ossidi d'azoto che, per motivi diversi, presentano comportamenti non altrettanto correlabili (Fig.1).

Fig. 1 – Cancerogeni noti e metaboliti valutabili nelle urine

❖ **BENZENE**

⇒ ACIDO TRANS, TRANS MUCONICO URINARIO

❖ **BENZO-(A)-PIRENE**

⇒ 1-IDROSSIPIRENE URINARIO

D'altra parte il benzene è stato oggetto di numerose recenti normative che, proprio per le caratteristiche sopra ricordate di potenziale cancerogenicità e stretta correlazione con il traffico veicolare, stabiliscono già dal 1999 un suo contenimento nell'ambiente a 10 µg/mc. Comunque, già oggi, la Comunità Europea propone una direttiva che pone, come prossimo obiettivo da raggiungere da parte dei paesi membri entro i prossimi anni, quello di abbassare ulteriormente la soglia fino a 5 µg/mc, quindi un dimezzamento dell'attuale livello di accettabilità.

In questo contesto abbiamo voluto verificare quale fosse la situazione in una città di medie dimensioni, caratterizzata da alti livelli di motorizzazione privata e con condizioni orografiche non favorevoli, quali quelle riscontrabili, appunto, a Firenze.

L'originalità di questo lavoro consiste fra l'altro nel tentativo di verificare la possibilità di incrociare i dati ARPAT ottenuti dalle centraline fisse di monitoraggio ambientale, con i dati di esposizione che si ottenevano dalla raccolta in gruppi particolari di popolazione, sia mediante campionamenti ambientali con campionatori personali direttamente applicati ai soggetti controllati, sia con le misure di dose assorbita ottenute attraverso il contemporaneo dosaggio nelle urine degli stessi soggetti di un metabolita del benzene quale l'acido trans-trans muconico (Fig. 2).

Fig. 2 – Esposizione di lavoratori ad inquinamento atmosferico urbano

❖ **BENZENE**

❖ **IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI (IPA)**

❖ **OZONO**

❖ **BIOSSIDI DI AZOTO**

❖ **BIOSSIDO DI ZOLFO**

❖ **MONOSSIDO DI CARBONIO**

❖ **POLVERI**

I gruppi di popolazione prescelti, tutti volontari, preventivamente ed adeguatamente informati sul significato dello studio, sono stati individuati fra le categorie che in linea di massima si possono considerare, in ragione del loro lavoro, potenzialmente a maggior rischio di esposizione ad inquinamento da traffico veicolare in ambiente urbano e quindi anche a benzene.

In particolare, sono stati oggetto di controllo con le modalità e con i risultati che saranno successivamente illustrati, un gruppo di vigili urbani del Comune di Firenze, un gruppo di addetti alla raccolta rifiuti del Consorzio Quadrifoglio, un gruppo di edicolanti ed infine un gruppo di addetti a garages e parcheggi coperti, tutti operanti nel contesto urbano di Firenze (Fig.3).

Fig. 3 - Categorie di lavoratori

STUDIATI

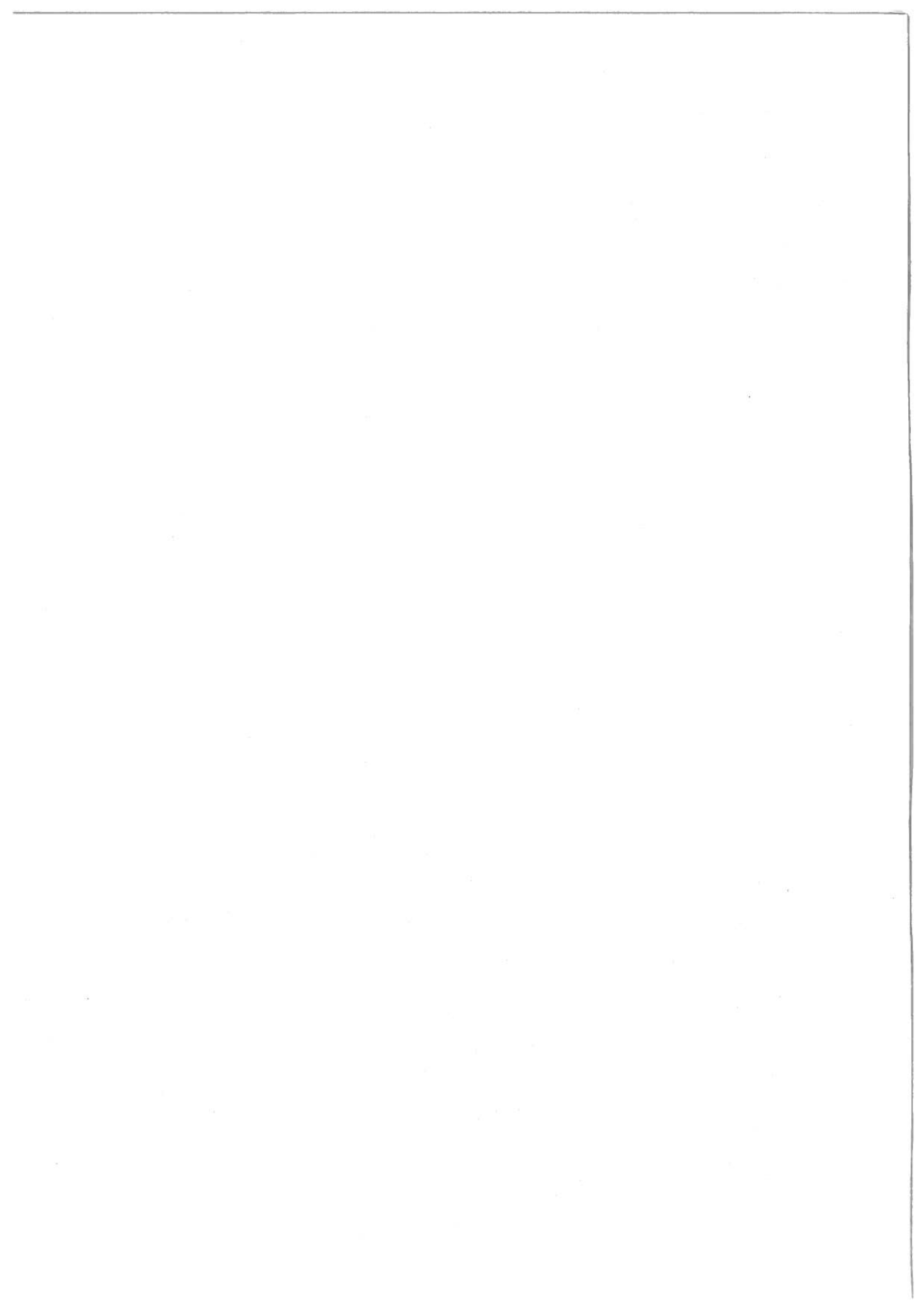
- ☐ ADDETTI A GARAGE E PARCHEGGI COPERTI
- ☐ VIGILI URBANI
- ☐ OPERATORI ECOLOGICI
- ☐ EDICOLANTI

DA STUDIARE

- ☐ RESTAURATORI DI EDIFICI
 - ☐ EDILI STRADALI
 - ☐ POSTEGGIATORI
-

Di tali esperienze sarà trattato in dettaglio negli interventi che seguiranno, in questa sede mi preme rimarcare come questa sia stata un'importante esperienza che ha visto collaborare ed impegnarsi su un tema di estrema rilevanza e di comune interesse, quale quello della tutela della salute pubblica in ambiente urbano, più Enti e soggetti quali in particolare: il Dipartimento Provinciale di Firenze dell'ARPAT; l'Azienda Sanitaria Locale di Firenze, con le sue articolazioni del Dipartimento di Prevenzione e, successivamente, con la U.O. di Epidemiologia; l'Azienda ospedaliera di Careggi con l'intervento della U.O. Epidemiologia del C.S.P.O.; il Comune di Firenze; il Consorzio Quadrifoglio; le rappresentanze dei lavoratori interessati, fino a gruppi di lavoratori singolarmente contattati, come nel caso degli edicolanti.

Alla luce delle considerazioni sin qui fatte, intendo concludere con l'auspicio che questa esperienza non solo si mantenga nel tempo, ma che piuttosto si allarghi anche ad altri gruppi di popolazione, sia a potenziale più alta esposizione, quali ad esempio gli addetti alla manutenzione stradale o i conducenti di taxi, sia a gruppi di cittadini individuati in base alle diverse zone di residenza e/o alle fasce di età considerate più sensibili. Tutto ciò, ovviamente, nei limiti delle risorse di personale e di attrezzature che potranno essere messe in campo. Ritengo sarebbe comunque auspicabile che la giornata odierna porti ad iniziative di monitoraggio nel tempo quali quelle proposte.



Matteo Bruni, Daniele Grechi, Elisabetta Marini

U.O. Tutela della qualità dell'aria

ARPAT, Dipartimento provinciale di Firenze

(Via Ponte alle Mosse, 211 - 50144 Firenze - Tel. 055-3206243, fax 055-3206218)

Origine dell'inquinamento da benzene

L'inquinamento da benzene nelle aree urbane è da attribuirsi quasi esclusivamente al traffico veicolare dei veicoli alimentati a benzina (Fig. 1). La maggior parte di questo inquinante, circa l'85%, ha origine allo scarico dei veicoli dove il benzene è presente sia come incombusto, essendo un componente della benzina, che come prodotto di riarrangiamento di idrocarburi aromatici presenti nella benzina stessa. Una parte, circa il 15%, deriva invece dalle emissioni evaporative, dovute sia ai ripetuti trasferimenti di carburante dalla produzione al serbatoio del singolo veicolo, che alle perdite dal vano motore, anche durante la sosta (Fig. 1).

Aspetti normativi

In Italia la Legge 413/97 ha imposto limiti di concentrazione per il benzene e per gli idrocarburi aromatici totali contenuti nelle benzine con e senza piombo (*super* e *verde*) pari rispettivamente all'1% e 40% v/v (Fig. 2).

La normativa ha fissato per il benzene, con il DM Ambiente 25 Novembre 1994, per le città con numero di abitanti superiore a 150.000 (in Toscana per Firenze, Prato e Livorno) un "obiettivo di qualità" pari a $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, fino al 31.12.98, e pari a $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a partire dall'1.01.99. L'obiettivo di qualità viene definito come valore medio annuale di riferimento da raggiungere e rispettare a partire da una determinata data. Non dovrebbe essere interpretato come soglia di concentrazione di breve periodo (ora, giorno) da non superare. Le misure devono essere svolte in siti urbani diversamente caratterizzati per la distanza dalla sorgente traffico: stazioni di tipo A (parco urbano), di tipo B (zona residenziale) e di tipo C (in prossimità di strade con traffico intenso).

In base al Decreto 23 Ottobre 1998, noto come "*decreto benzene*", che si applica ai comuni con più di 150.000 abitanti e dove si superano gli obiettivi di qualità, i sindaci dovranno provvedere alla predisposizione di piani di intervento programmati, strutturali ed a lungo termine, in modo da ricondurre i valori medi annuali delle concentrazioni di benzene entro il "valore obiettivo".

Variabili che influenzano la concentrazione atmosferica di benzene

La misura puntuale delle concentrazioni di benzene è soggetta alle seguenti variabilità (Fig. 3):

- spaziale, in funzione della distanza dall'asse stradale (Fig. 4);
- stagionale, in funzione delle caratteristiche meteorologiche prevalenti che determinano, mediamente, condizioni di maggiore stabilità atmosferica in periodo invernale (Fig. 5);
- giornaliera e oraria, in funzione della intensità e della fluidità del traffico nei diversi giorni della settimana (feriale, festivo, sabato) e nelle diverse ore del giorno (Fig. da 6 a 10).

La variabilità nelle condizioni meteorologiche può determinare andamenti dei livelli ambientali di benzene (e di tutti gli inquinanti in genere) anomali o sensibilmente diversi dall'andamento medio, in situazioni meteorologiche estreme, quali presenza di vento con velocità superiore a 3 m/s (situazione altamente dispersiva) o persistente stato di inversione termica al suolo durante tutto l'arco delle 24 ore (situazione di alta stabilità atmosferica sfavorevole alla dispersione), come mostrato in Figura 11.

Andamento delle concentrazioni medie annuali di benzene rilevate a Firenze

Il monitoraggio di benzene effettuato in questi anni nella stazione di viale F.lli Rosselli, posizionata in un sito prossimo a intensi flussi di traffico (circa 5000 veicoli/ora per molte ore al giorno), ha permesso di evidenziare un trend delle concentrazioni in diminuzione nel periodo di indagine dal 1995 al 1998 (Fig. 12).

Tale riduzione è da interpretare come effetto dovuto sia al rinnovo del parco veicolare (catalizzazione), che alla progressiva riduzione del tenore di benzene nelle benzine (Fig. 13 e 14). Il rinnovo del parco autoveicolare dei veicoli alimentati a benzina, oltre a ridurre le complessive emissioni allo scarico, riduce anche le emissioni di tipo evaporativo dal vano motore, in quanto i veicoli catalizzati sono equipaggiati con motore ad iniezione e non a carburatore.

Nonostante questo decremento, le concentrazioni medie annuali di benzene, misurate o stimate attraverso l'accertata correlazione con le concentrazioni di ossido di carbonio, nei siti ad alto traffico dell'area urbana di Firenze risultano nel range di 11-19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ovvero superiori al "valore obiettivo" in vigore dall'anno 1999, mentre nelle aree residenziali risultano nel range di 5-7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Stima delle quote di emissione dalle diverse categorie di veicoli e trend previsto

Si stima che l'intero parco circolante dei ciclomotori nell'area urbana di Firenze sia responsabile di circa il 40% dell'inquinamento da benzene e che l'intero parco circolante delle auto a benzina non catalizzate sia responsabile di circa il 50% (Fig.15).

E' iniziata la commercializzazione di ciclomotori a più basso impatto ambientale che, con l'adozione della marmitta catalitica, presentano emissioni di benzene ridotte (50-80% di abbattimento).

In considerazione della progressiva sostituzione di veicoli non catalizzati con veicoli catalizzati (auto e ciclomotori), il trend dei livelli di benzene atteso per i prossimi anni è certamente positivo. Tuttavia, un ulteriore significativo contributo in termini di riduzione delle emissioni potrebbe essere acquisito imponendo la catalizzazione dei ciclomotori circolanti di più recente costruzione (circa il 50% del totale circolante). Si stima che questo contributo potrebbe portare alla ulteriore riduzione dei livelli medi annuali di benzene di circa 1-2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Fig. 16).

figura 1: Origine dell'inquinamento da benzene

Origine dell'inquinamento da benzene nelle aree urbane

L'inquinamento da benzene è dovuto a tutti i veicoli alimentati a **benzina**

<p><i>85 % emissioni allo scarico</i></p> <p>come incombusto</p> <p>per riarrangiamento di altri idrocarburi</p>	<p><i>15 % emissioni evaporative</i></p> <p>per movimentazione di carburante dalla produzione al consumo</p> <p>dal vano motore anche durante la sosta</p>
---	---

figura 2: Aspetti normativi

Legge 413/97

benzene ed idrocarburi aromatici totali:
tenore massimo consentito nella benzina verde e super
a decorrere dal 1° Luglio 1998 :

<i>Benzene</i>	<i>Idrocarburi Aromatici Totali</i>
1 % v/v	40 % v/v

D.M. Ambiente 25 Novembre 1994

Obiettivi di qualità per il benzene (media annuale)

<i>Dal 01.01.1996 al 31.12.1998</i>	<i>Dal 01.01.1999</i>
15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

D.M. Ambiente 23 Ottobre 1998

Stabilisce dei criteri in base a cui i Sindaci
predispongono piani di intervento per il contenimento
delle concentrazioni di benzene e la riconduzione
della media annuale entro il "valore obiettivo".

figura 3: variabili

La concentrazione ambientale di benzene è soggetta a:

- **Variabilità spaziale**
funzione della distanza dall'asse stradale
- **Variabilità stagionale**
funzione delle condizioni meteorologiche
- **Variabilità oraria**
funzione dei flussi di traffico

figura 4: variabilità spaziale

BENZENE: medie annuali rilevate a Firenze nel parco urbano (Boboli), in area residenziale (Bassi), in sito ad alto traffico (Rosselli) – Anno 1996.

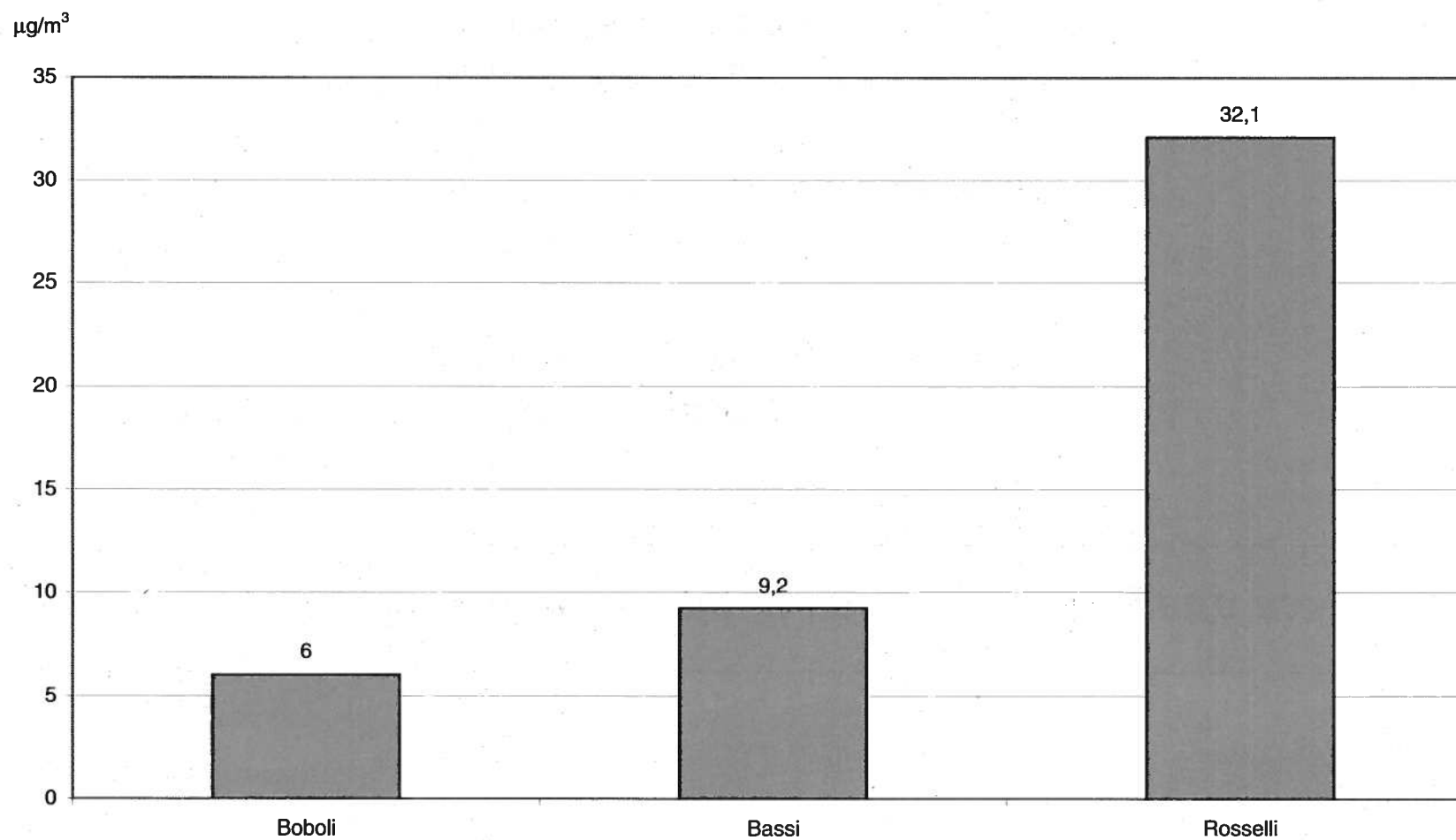


figura 5: anno tipo

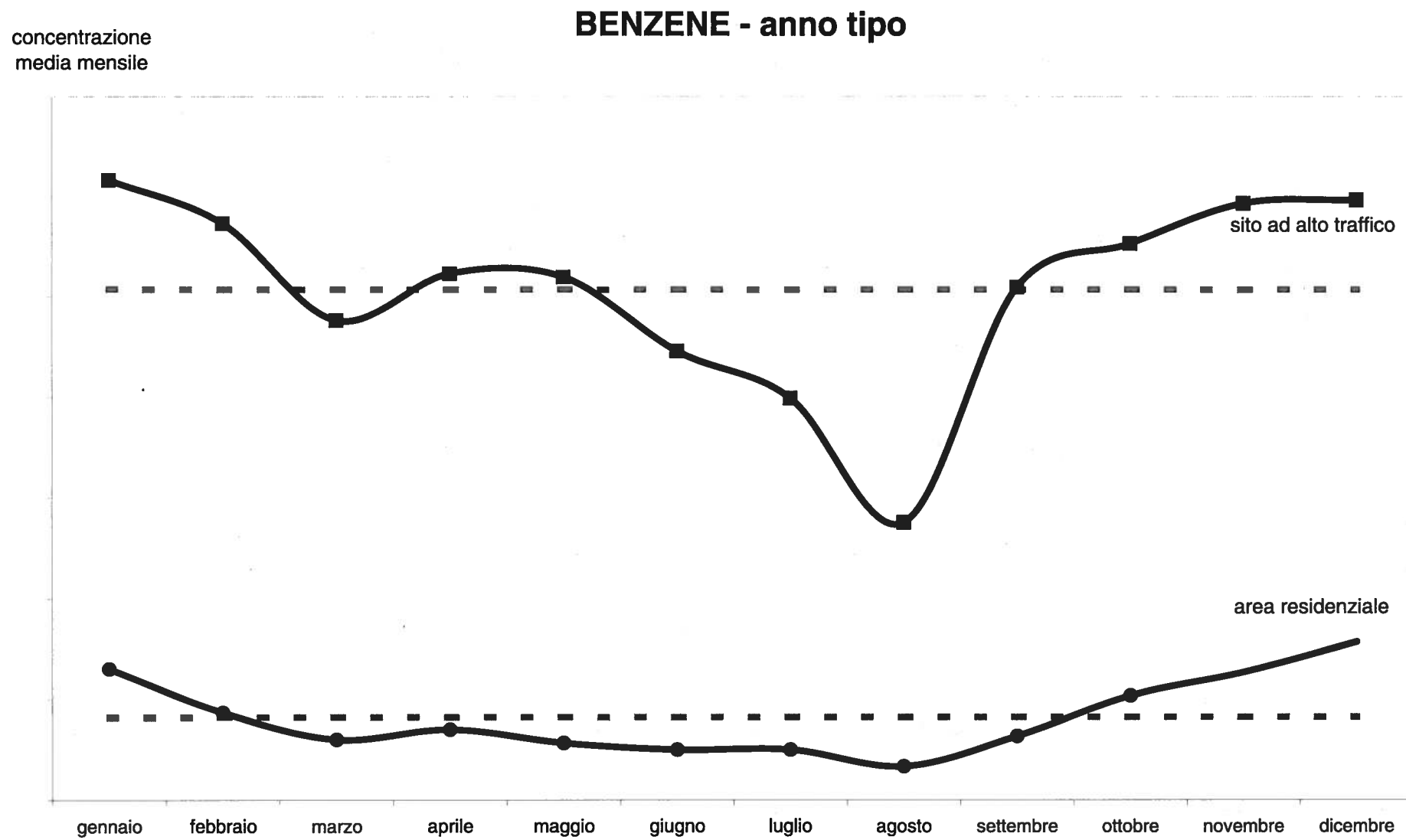


figura 6: settimana tipo

concentrazione
media giornaliera

BENZENE - settimana tipo

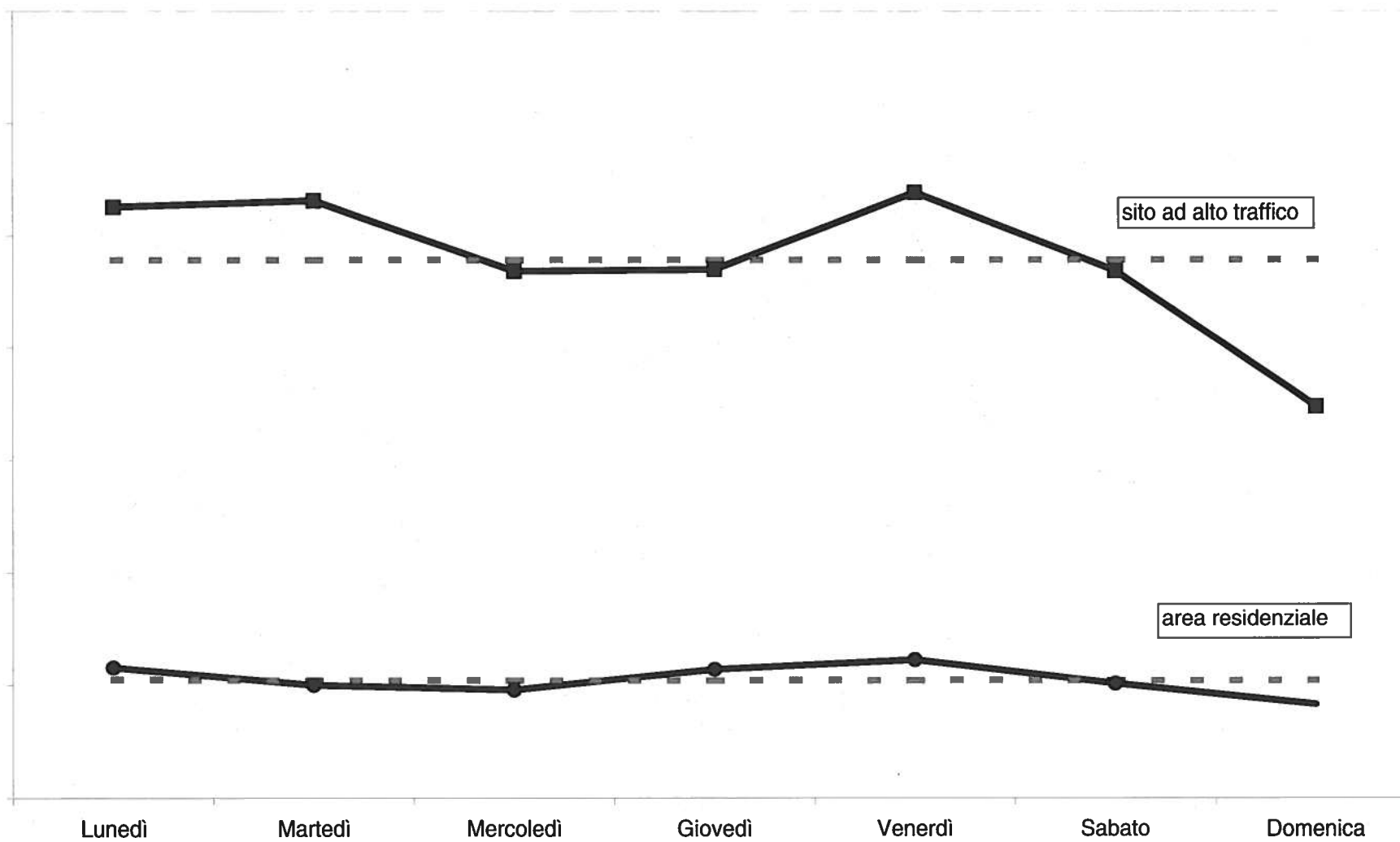


figura 7: giorno ferialo tipo

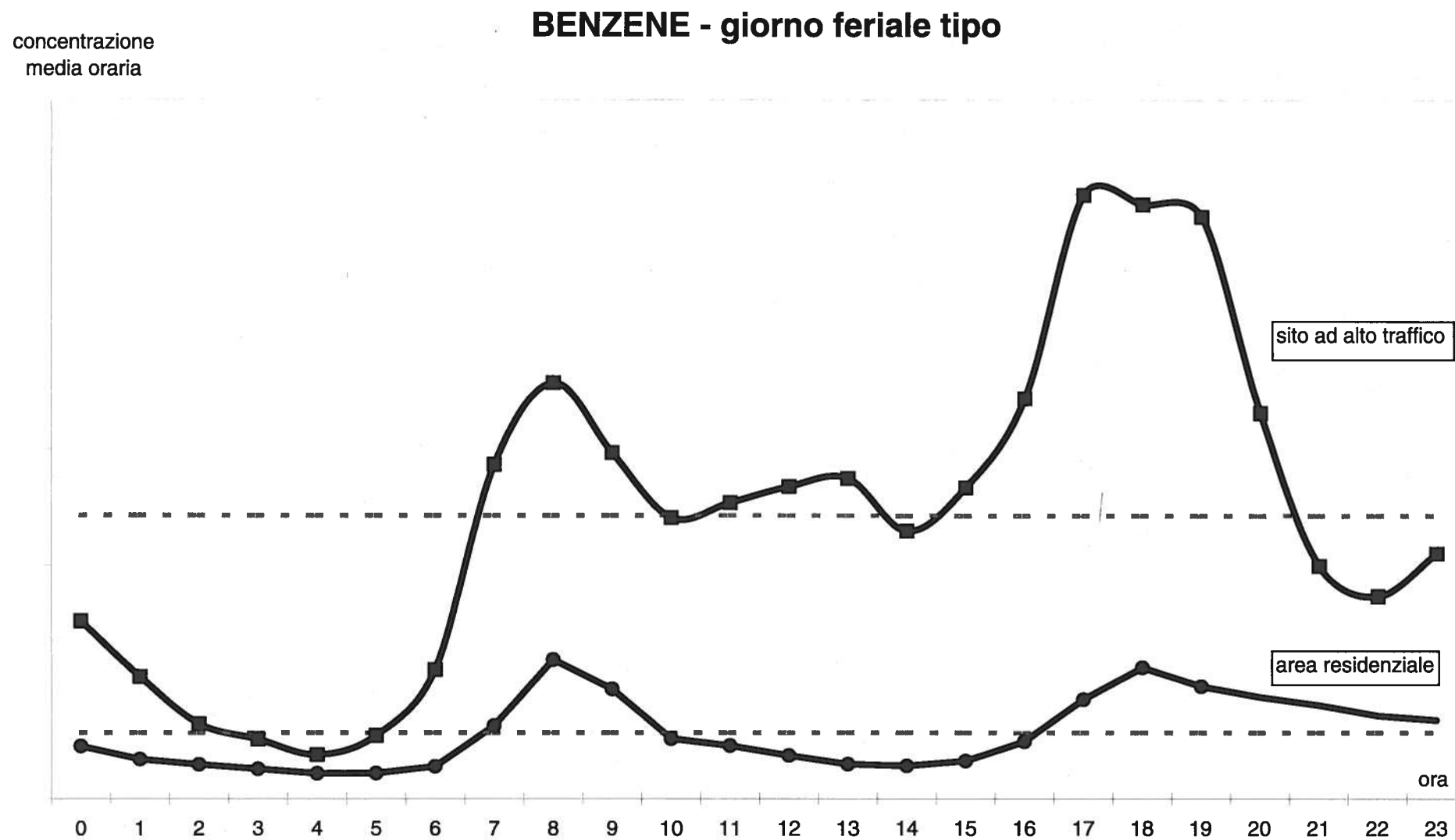


figura 8: sabato tipo

concentrazione
media oraria

BENZENE - sabato tipo

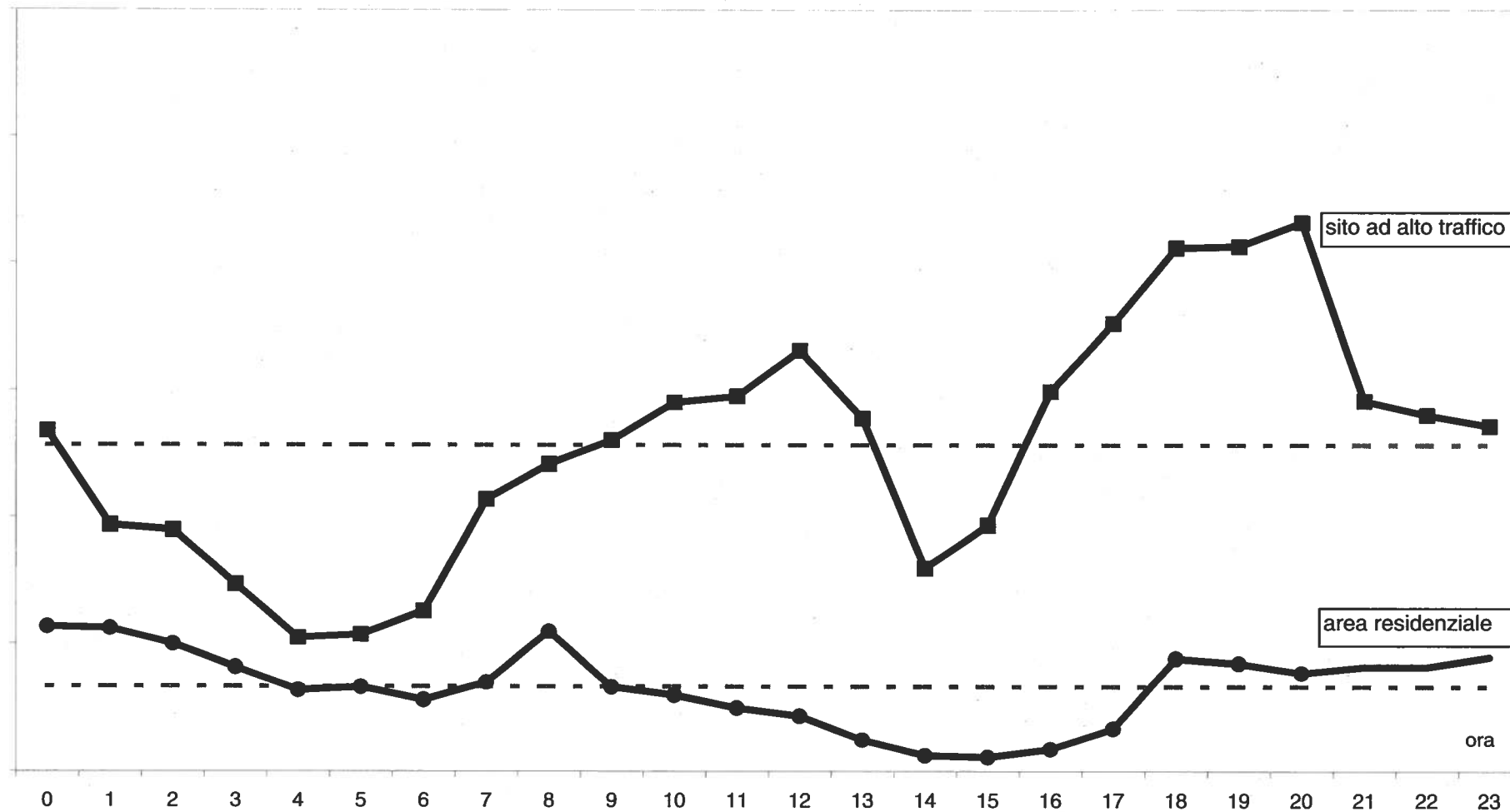


figura 9: giorno festivo tipo

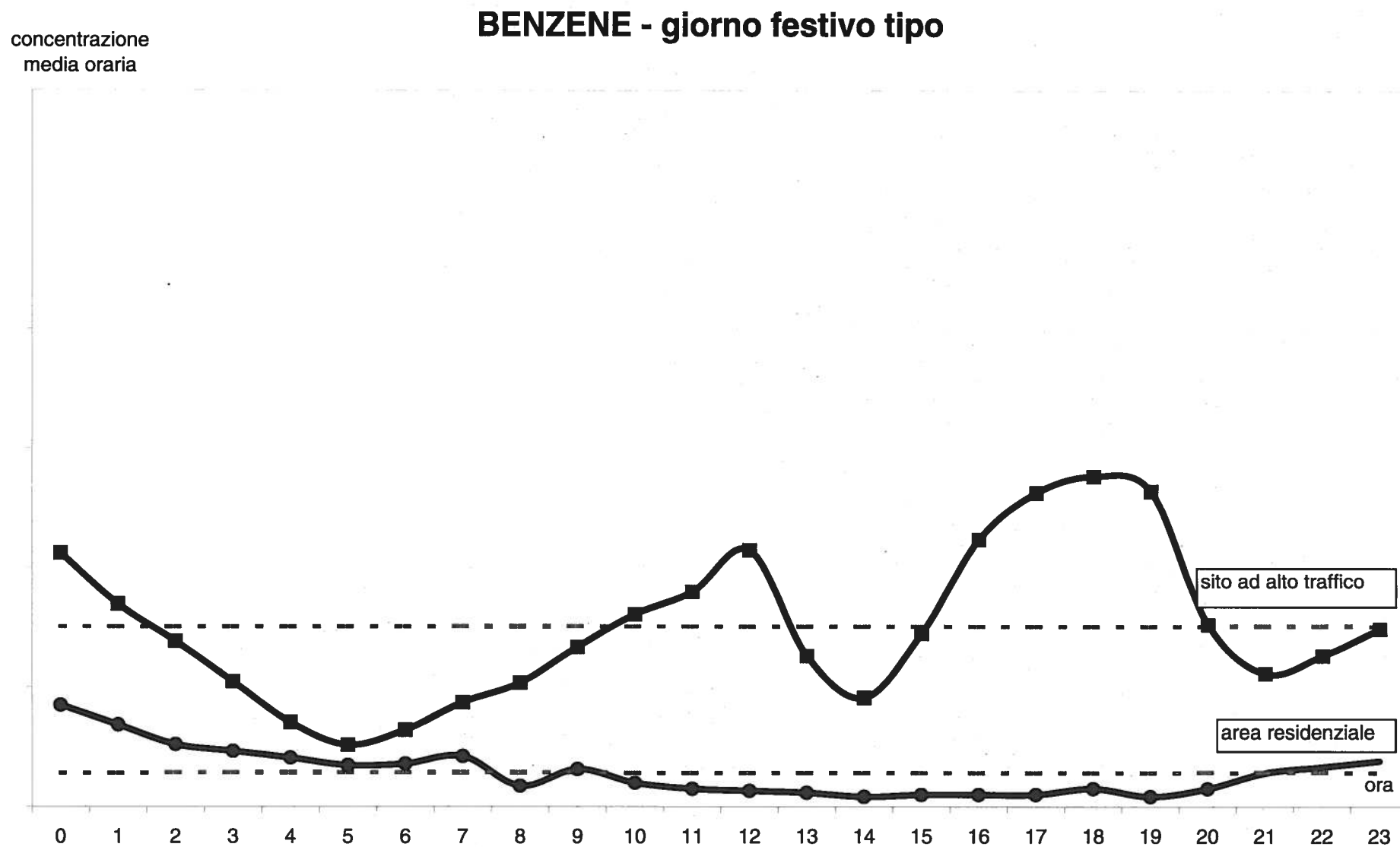


figura 10: traffico giorno tipo

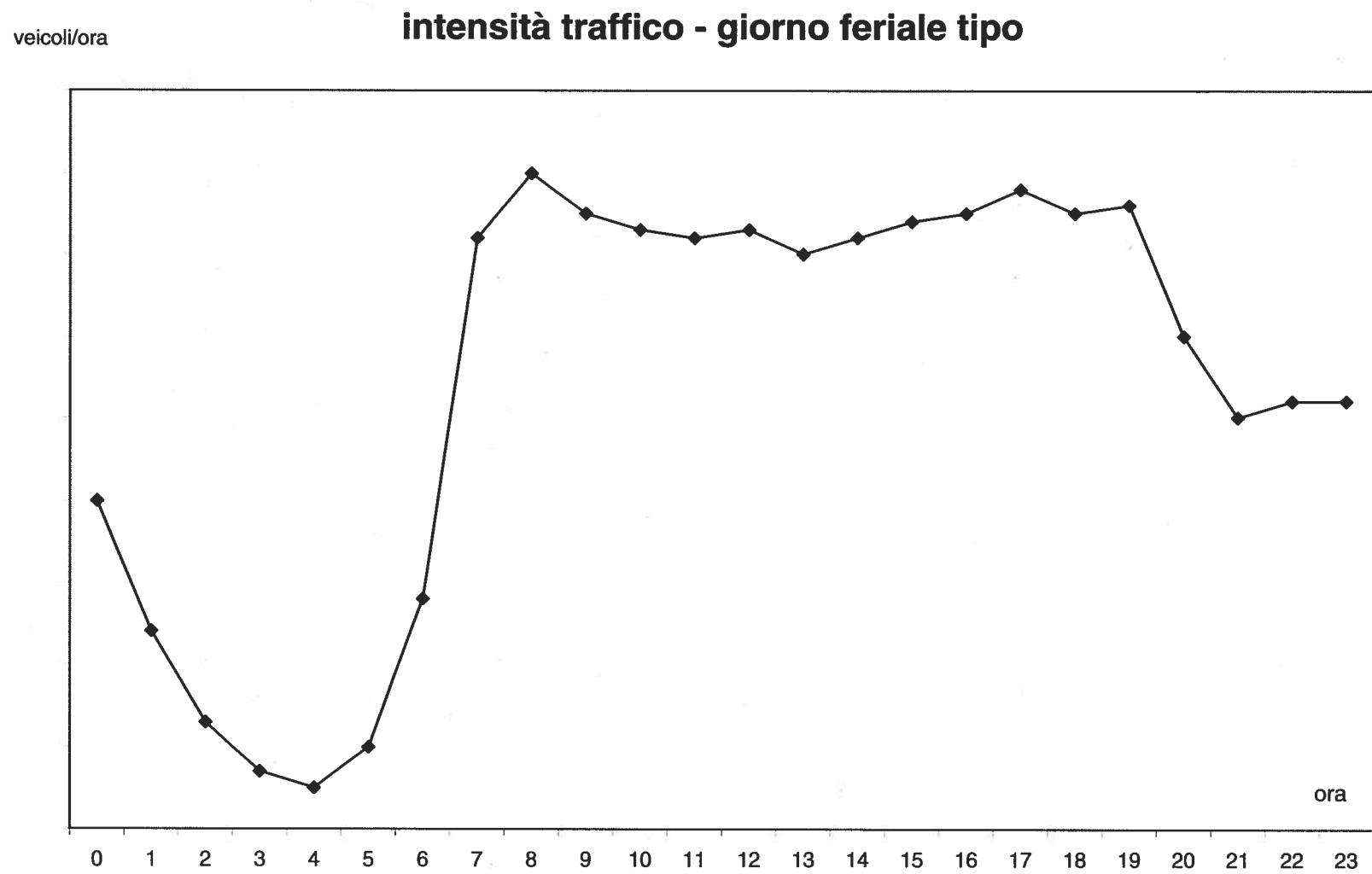


figura 11: effetto stabilità atmosferica

Andamento delle concentrazioni di benzene

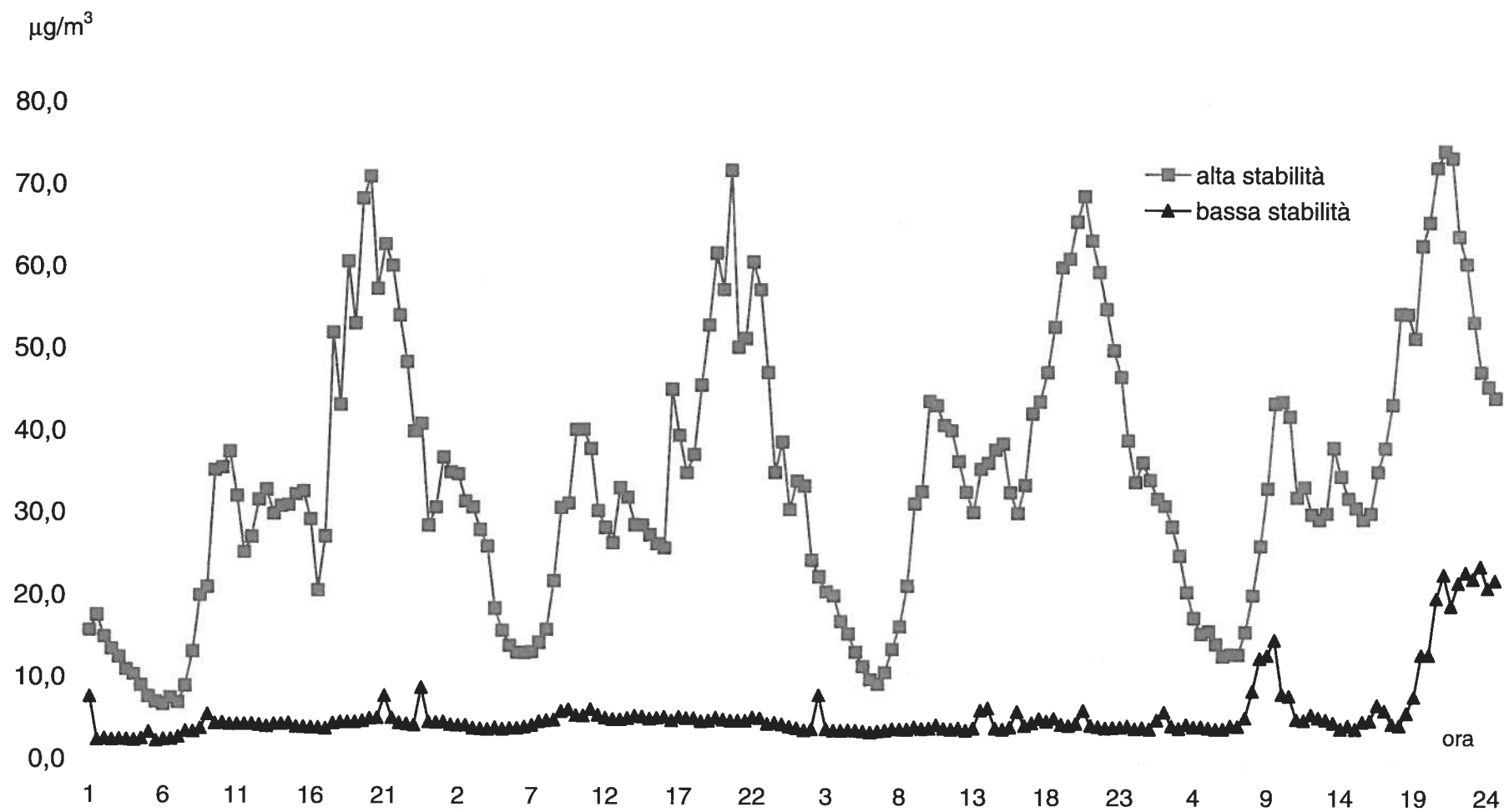


figura 12: trend

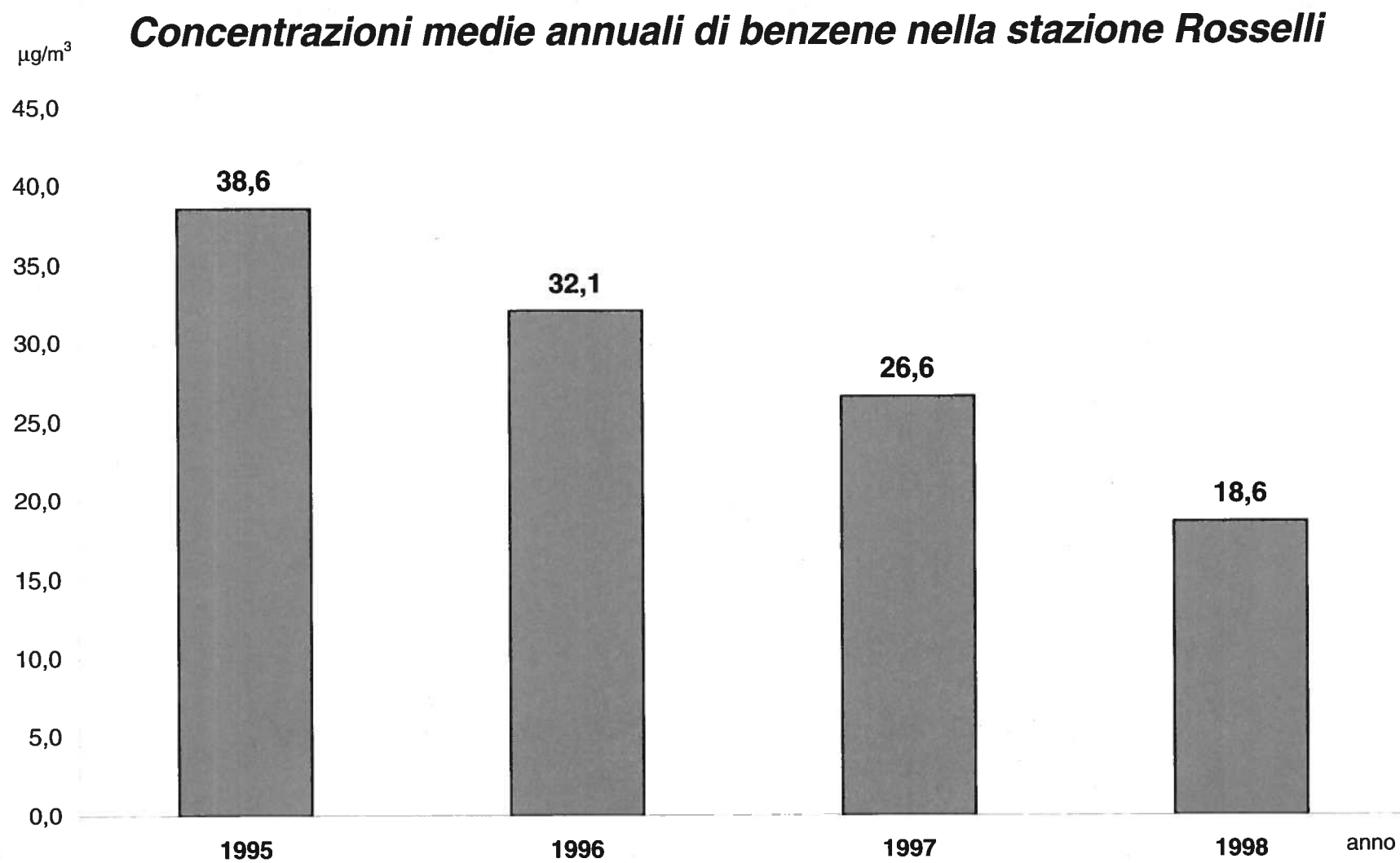
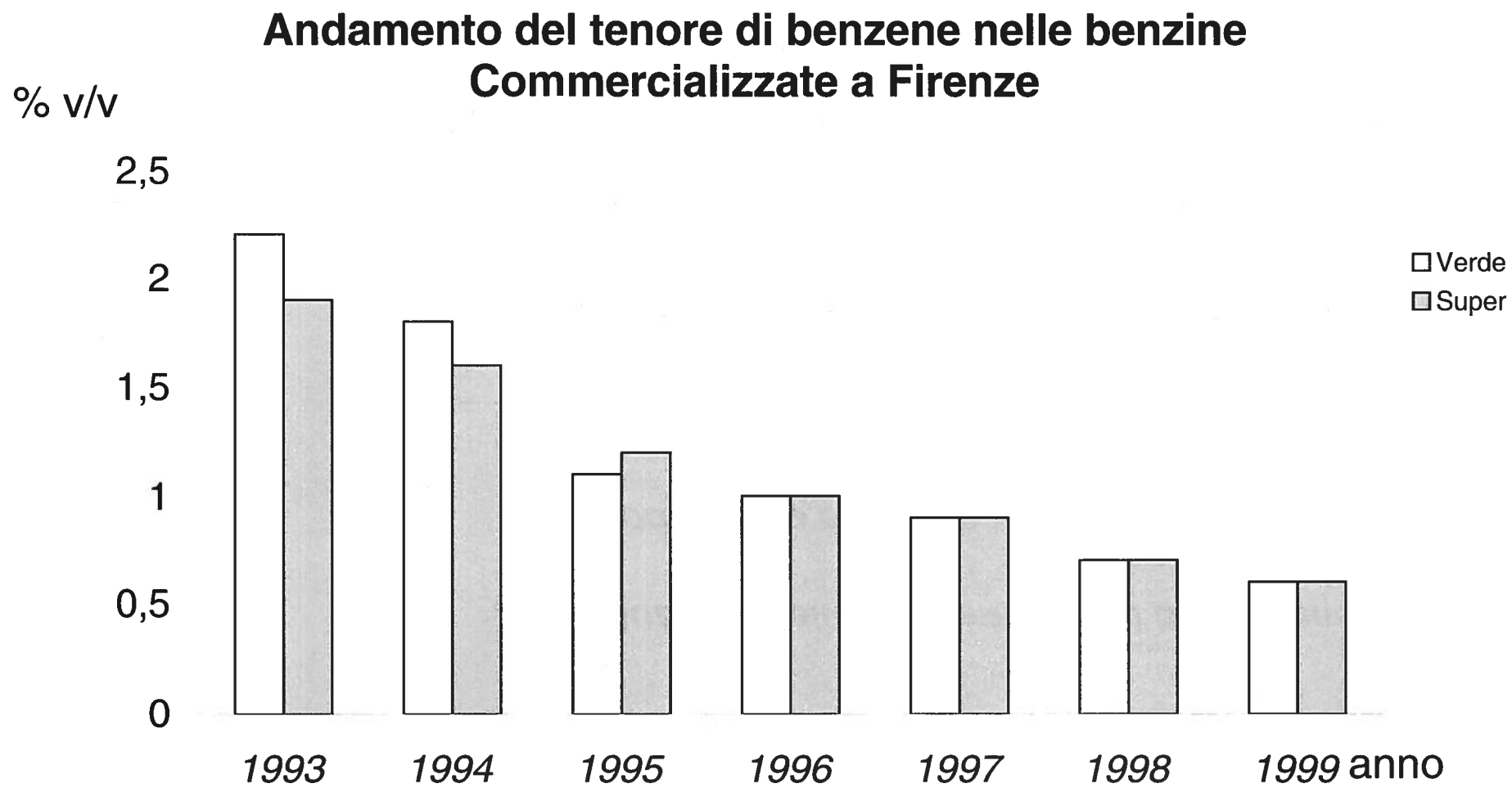


figura 13: motivi riduzione

***La riduzione delle concentrazioni di benzene
aerodisperso è dovuta principalmente a:***

- A) Rinnovo del parco autoveicolare circolante**
- B) Riduzione del tenore di benzene nei carburanti**

Figura 14: Trend benzine



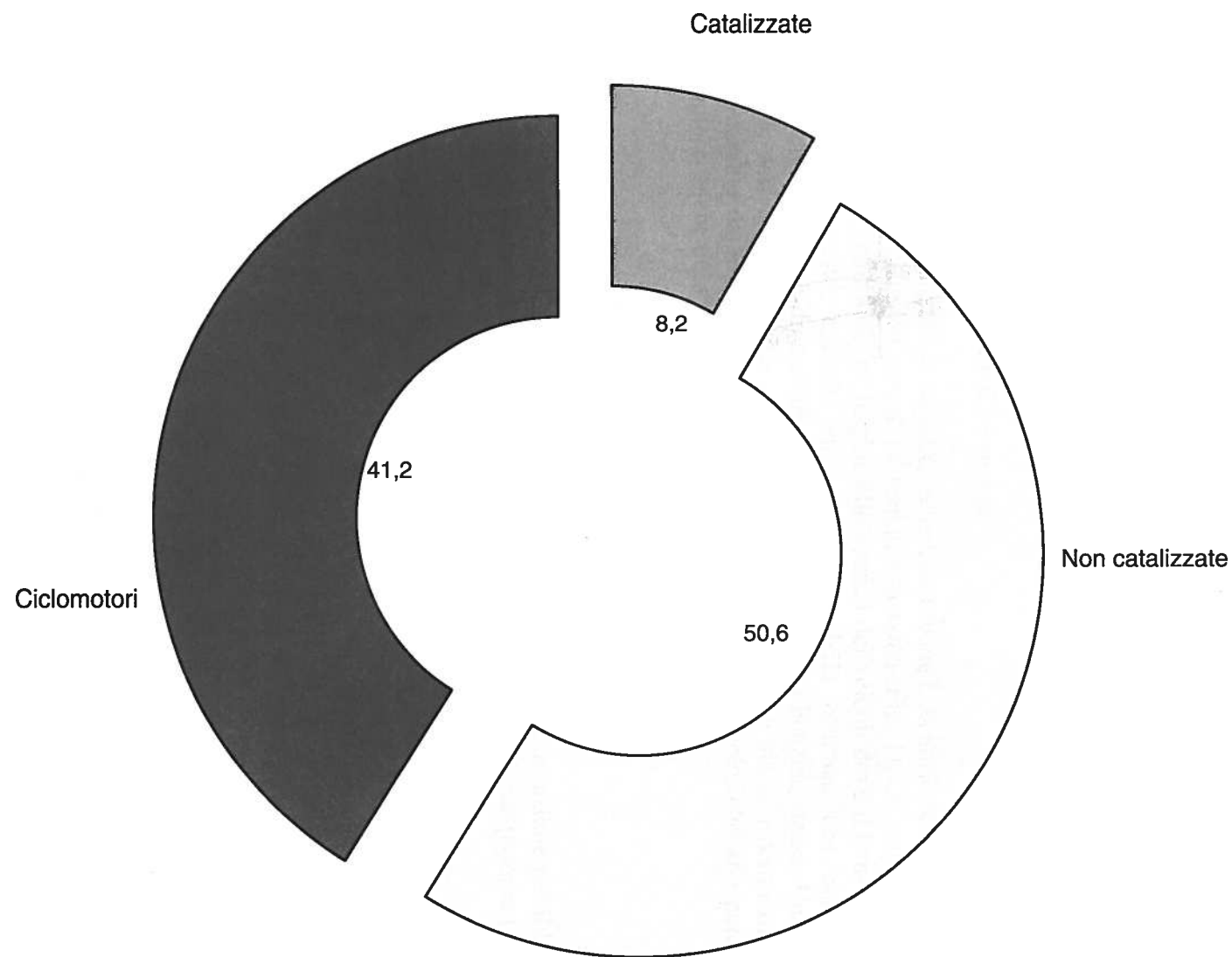
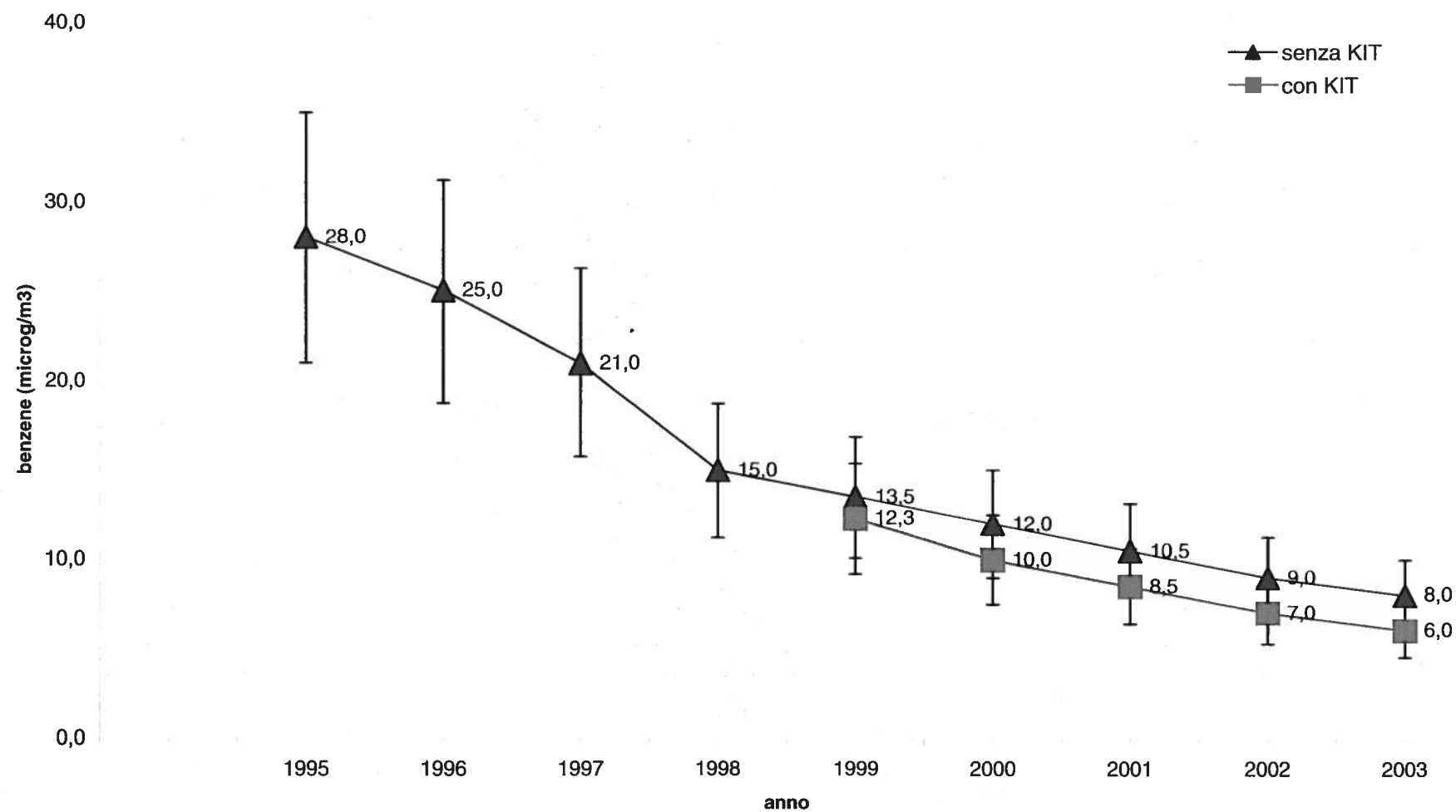


Figura 15 - Quote percentuali di emissione dalle diverse categorie di veicoli.
Inquinante: benzene (C_6H_6).

figura 16: trend previsto

Proiezione con e senza KIT di catalizzazione per ciclomotori (EFFICIENZA 80%).



VALUTAZIONI DI ESPOSIZIONE PERSONALE A BENZENE PER IL MONITORAGGIO AMBIENTALE

Serena Perissi

Azienda Sanitaria di Firenze

Sezione Igiene Industriale

(Via della Cupola, 64 - 50145 Firenze - Tel. 055-300592)

In un'ottica diversa rispetto ai dati rilevati dal sistema di monitoraggio ARPAT si collocano i dati raccolti dall'Azienda Sanitaria sulle popolazioni lavorative.

Il compito di chi applica la disciplina dell'igiene industriale è quello di individuare e valutare gli agenti di rischio, correlandoli alla possibilità di effettuare un'azione preventiva idonea a garantire la salute degli addetti, minimizzando l'esposizione agli agenti di rischio, sia attraverso interventi di tipo strutturale e organizzativo procedurale, sia attraverso una mera riduzione dell'agente stesso (Tab. 1).

Tab. 1 – Obiettivi della strategia di controllo di un ambiente di lavoro

-
- ❖ QUANTIFICARE I LIVELLI DI ESPOSIZIONE E INDIVIDUARE I RISCHI
 - ❖ INDIRIZZARE LA SCELTA DI INTERVENTO PIU' IDONEA A TUTELARE LA SALUTE DEGLI ADDETTI E A MINIMIZZARE I LIVELLI DELL'AGENTE DI RISCHIO
 - ❖ VERIFICARE L'EFFICACIA DELLE PROCEDURE ADOTTATE E DEGLI INTERVENTI REALIZZATI
 - ❖ GARANTIRE IL MANTENIMENTO DI CONDIZIONI IGIENICO AMBIENTALI ADEGUATE
-

Tale compito ed anche il percorso logico da seguire per ottemperarlo è tra l'altro affermato con forza dall'art. 3 del D.lgs. 626/94 (Misure generali di tutela).

Gli strumenti che normalmente utilizza l'igiene industriale per questo tipo di valutazione sono i campionamenti personali, effettuati secondo una strategia che assicuri, per quanto possibile, una corretta caratterizzazione dell'ambiente di lavoro in termini di livelli e di variabilità della concentrazione degli agenti di rischio, attraverso l'individuazione di un certo numero di addetti che siano rappresentativi di una mansione. Ovviamente la scelta del campione è critica per capire se si fotografa una situazione media sia una situazione acuta.

Con questo approccio, alla luce di una sempre maggiore emergenza del problema benzene (insieme agli altri inquinanti dovuti al traffico cittadino) è venuta forte, da parte degli addetti alla tutela della salute nei luoghi di lavoro, l'esigenza di valutare l'esposizione a questa sostanza, per quelle categorie di lavoratori che, a causa della loro tipologia di lavoro, trascorrono molte ore a contatto diretto con l'inquinamento dovuto al traffico. Sulla base di alcuni dati di letteratura disponibili, dei recenti cambiamenti avviatisi nel parco macchine e della specificità strutturale della città di Firenze, si è dato l'avvio alla progettazione di una campagna di monitoraggio dei vigili urbani del Comune di Firenze e degli operatori ecologici dell'ente gestore della raccolta dei rifiuti solidi urbani.

Oltre agli scopi descritti, questo lavoro aveva anche quello di trovare un'eventuale correlazione tra i dati di esposizione personale e quelli della rete di monitoraggio cittadino di ARPAT, pur avendo presenti le differenze fra i due livelli di controllo (Tab. 2).

Tab. 2 – Livelli di controllo del benzene

MICRO

- monitoraggio dei lavoratori applicato a piccole porzioni di territorio
- a piccoli gruppi di persone
- non vuole mediare se non all'interno della mansione, anzi cerca di individuare i picchi

MACRO

- la rete di monitoraggio cittadino interessa un vasto territorio
 - interessa tutta la popolazione
 - media tra situazioni ad alto e basso rischio
-

Il campione da sottoporre ad indagine è stato individuato pertanto in due zone in qualche modo confrontabili con le centraline di tipo B (in zona residenziale) e con quelle di tipo C (in zona ad alto traffico). Complessivamente dodici operatori che operano approssimativamente nella zona di tipo C ed otto nella zona di tipo B, sono stati monitorati per tre giorni (con l'esclusione del sabato e del lunedì) nel corso delle loro normali mansioni; l'esperimento è stato ripetuto nella stagione estiva ed in quella invernale. Anche nel campione degli operatori ecologici si è cercato di riprodurre la stessa distribuzione, con qualche complicazione in più. I vigili urbani sono stati monitorati per tutto il turno di lavoro, mentre gli operatori ecologici solo durante la fase di rimozione cassonetti, che ha una durata media di quattro ore ed è la fase che li costringe a lavorare in strada.

E' ovvio che un'operazione di questo genere, se pur nata per verificare in qualche modo l'effetto del benzene da traffico su alcune categorie di popolazione lavorativa a rischio, deve essere valutata nell'ambito igienistico industriale per gli obiettivi che gli sono peculiari, che consistono essenzialmente nel prendere provvedimenti che riducano o eliminino direttamente, ove possibile, la presenza degli operatori dalla strada, poiché non è possibile attuare il controllo dell'agente di rischio.

In un'ottica ancora più orientata in tal senso, si inserisce la valutazione dell'esposizione a benzene degli addetti alla distribuzione di carburante. Infatti, in questo caso, l'esposizione è dovuta ad una sostanza presente nel ciclo lavorativo ed è quindi di tipo prevalentemente professionale, con scarse correlazioni con l'intensità del traffico nelle zone limitrofe, vista anche l'attuale collocazione delle stazioni di servizio, quasi tutte defilate rispetto all'asse di viabilità ordinaria (Tab. 3).

Tab. 3 – Ipotesi di distribuzione dei rischi in base alla zona di collocazione dell'attività e all'attività stessa.

Tipo di lavoratori	Rischio Traffico	Rischio Attività
Vigili urbani	++	+
Operatori Ecologici	++	++
Parcheggiatori al chiuso	+	+++
Edicolanti	++	++
Benzinai		++++

+ : contributo di rischio minimo; ++++: contributo di rischio massimo

Ancora si può parlare di esposizione di tipo professionale vera e propria per i dati raccolti per gli addetti ai parcheggi coperti, poiché in tale attività lavorativa incidono in modo precipuo il livello di organizzazione del traffico all'interno dell'ambiente di lavoro e le eventuali dotazioni strutturali di questo. Ad ognuno degli interventi sopradescritti sono seguiti cambiamenti procedurali o strutturali sull'organizzazione del lavoro, già attuati o in fase di attuazione

Certo è interessante l'idea di poter utilizzare uno strumento del livello micro per monitorare anche la popolazione generale, uno strumento capace di leggere tante e così specifiche situazioni, quali quelle che abbiamo richiamate e che saranno ulteriormente illustrate in seguito. Tuttavia bisogna aver presente che l'operazione di estrazione di un campione efficace e rappresentativo in una popolazione più grande, è notevolmente più complessa di quella che si può effettuare nelle popolazioni lavorative, che hanno una numerosità molto ridotta e gradi di organizzazione più elevati. Pertanto il tentativo di stimare anche l'esposizione generale, che è stato fatto in collaborazione con la struttura di Igiene pubblica della città di Firenze, che verrà illustrato più avanti, sicuramente si scontra con il microambiente modificante che si può creare intorno all'attività lavorativa studiata (quella di rivendita di giornali), rispetto alla situazione di esposizione riferibile al cittadino comune.

Uno studio attento potrebbe portarci ad individuare una popolazione veramente rappresentativa che, affiancata alla rete cittadina di monitoraggio ambientale, potrebbe funzionare da indicatore di effetto di trasformazioni della organizzazione del traffico sia localizzate, che di portata più ampia.

Indipendentemente dalle prospettive future, tutti gli interventi descritti sono stati effettuati al fine di permettere un miglioramento della qualità di vita di alcuni gruppi.

Tutti i campionamenti per il benzene sono stati effettuati con un metodo di campionamento passivo su carbone attivo ed analizzati previo desorbimento con solfuro di carbonio, con tecnica gascromatografica con rivelatore ad ionizzazione di fiamma. Durante i campionamenti anche il personale fumatore non ha fumato.

Le tabelle 4 e 5 riportano i risultati delle indagini svolte sugli operatori ecologici. Dalla lettura dei dati ambientali personali risultano concentrazioni più elevate nel periodo estivo che in quello invernale; i dati di monitoraggio biologico seguono questo andamento solo nelle zone residenziali, a basso traffico. Sembra ipotizzabile, quindi, una maggiore importanza dell'organizzazione del lavoro per l'esposizione degli operatori ecologici, rispetto alle caratteristiche di densità del traffico, che risultano influire, invece, sull'esposizione dei vigili urbani, come sarà evidenziato nelle relazioni successive.

Tab. 4 – Campionamenti personali di operatori ecologici, concentrazioni di benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Zona Urbana	Inverno		Estate	
Residenziale	osservazioni	30	osservazioni	30
(Tipo B)	media	17,01	media	69,3
	range	(5 – 26,6)	range	(55,3 – 83,5)
Alto traffico	osservazioni	30	osservazioni	30
(Tipo C)	media	21,7	media	57,1
	range	(12,1 - 70)	range	(20,1 – 89,1)

Tab. 5 – Monitoraggio biologico di operatori ecologici, concentrazioni di acido t-t' muconico urinario ($\mu\text{g}/\text{g}$ creatinina)

Zona	Inverno		Estate	
Residenziale	osservazioni	30	osservazioni	30
(Tipo B)	mediana	19	mediana	67,5
	range	(0 – 143)	range	(23 – 516)
Alto traffico	osservazioni	28	osservazioni	30
(Tipo C)	mediana	60,5	mediana	20
	range	(0 - 149)	range	(0 – 190)

MONITORAGGIO BIOLOGICO DEL BENZENE

Paolo Bavazzano

Azienda Sanitaria di Firenze

U.O. Tossicologia Occupazionale

(Via della Cupola, 64 - 50145 Firenze - Tel. 055-301242, fax 055-301377)

Diversi sono i possibili indicatori biologici di esposizione a benzene, dalla quota immodificata ai metaboliti. Per motivi di praticità, in questa occasione vengono presi in considerazione i soli indicatori determinati nelle urine.

Il compartimento urinario, infatti, costituisce la sede di eliminazione dei metaboliti del benzene (intorno al 50%) e della sostanza immodificata (sotto l'1%). Il picco di eliminazione dei metaboliti è alla fine del turno di lavoro, che costituisce perciò il momento più appropriato per la raccolta dell'urina.

Una delle difficoltà proprie del monitoraggio biologico del benzene è costituita dal fatto che circa il 60% delle esposizioni professionali sono al di sotto di 0.1 ppm (320 µg/m³). Tra queste ritroviamo le esposizioni dovute all'inquinamento ambientale da traffico veicolare. Esamineremo brevemente le vie metaboliche del benzene.

A - I metaboliti della "*via fenolica*" rappresentano la quota più importante dal punto di vista quantitativo (circa il 40% del benzene assorbito) e sono: FENOLO (monoidrossibenzene), CATECOLO (1,2-diidrossibenzene), CHINOLO (idrochinone o 1,4-diidrossibenzene), BENZENETRIOLO (1, 2, 4-triidrossibenzene). Questi metaboliti non sono in grado di evidenziare esposizioni inferiori a 10 ppm di benzene. In base alle rette di regressione dei livelli di fenolo contro i livelli ambientali di benzene, si ha una media di circa 15 mg/g creatinina di fenolo per livelli pari a zero di concentrazione ambientale di solvente. Per il fenolo e gli altri metaboliti esiste pure il problema dell'inibizione metabolica indotta dalla presenza contemporanea del toluene.

B - La "*via glutationica*" comporta la reazione tra l'intermedio benzenico elettrofilo (il benzene ossido) ed il gruppo nucleofilo della cisteina del glutatione, con formazione di S-cistein complesso glutationico. Questo poi subisce il distacco della glicina e dell'acido glutammico con formazione di un acido premercapturico, che viene in seguito acetilato a livello del gruppo aminico della cisteina. Il derivato costituisce l'acido mercapturico specifico, più idrosolubile dell'acido pre-mercapturico e quindi più facilmente eliminabile con le urine. Questo composto è l'N-acetil-S-fenilcisteina ed è stato proposto quale indicatore biologico di esposizioni anche inferiori a 1 ppm di benzene. La percentuale di benzene assorbito eliminato come acido mercapturico specifico è compresa tra 0.05 e 0.3%. Dato che questo composto è meno tossico del benzene, la via glutationica viene considerata una via di disintossicazione.

C - La "*via dell'acido trans,trans-muconico*" comporta l'apertura dell'anello benzenico (struttura chimica notoriamente stabile), attraverso l'intervento di diossigenasi. La percentuale di benzene assorbito che si trasforma in questo metabolita è di circa il 2%. L'acido t,t-muconico viene escreto con le urine con un tempo di dimezzamento di circa 6 ore. L'acido muconico si è rivelato un buon indicatore anche per esposizioni inferiori a 1 ppm. Comunque è più sensibile dei metaboliti fenolici, mentre è stato osservato che anche l'acido sorbico (conservante comunemente utilizzato per gli alimenti e anche fungicida) metabolizza a acido t,t-muconico. Esiste un'elevata variabilità interindividuale di biotrasformazione del benzene in acido muconico, spiegabile su base genetica. La presenza di una coesposizione a toluene riduce notevolmente l'eliminazione urinaria di acido muconico, portando la percentuale di metabolizzazione del benzene dal 2% a circa

lo 0.6%. Per il 1999 l'Associazione degli igienisti industriali americani (ACGIH) ha proposto per l'acido t,t-muconico un valore limite di 500µg/g creatinina.

D - Gli addotti. Il benzene ossido si lega con legame covalente a complessi macromolecolari cellulari, provocando una modifica strutturale a livello delle matrici biologiche. Tale modificazione è il primo passo verso un effetto tossico (lesione chimica). L'ipotesi di ricerca è che l'entità degli addotti formati sia proporzionale alla probabilità che una sostanza sia cancerogena, cioè si tende a quantificare gli addotti al fine di indicare un "covalent binding index (CBI)": più alto è il CBI maggiore è il livello di cancerogenicità di una sostanza. Nell'uomo è stato studiato un addotto con l'albumina plasmatica ed è stata studiata una correlazione lineare con i livelli ambientali di benzene (l'S-fenilcisteina in albumina). Interessante poi lo sviluppo di metodi per evidenziare addotti con l'emoglobina (ad esempio N-fenilvalina). Tali addotti infatti sarebbero l'espressione di dosi cumulate nel corso della vita media dei globuli rossi (quattro mesi).

A partire dal 1997, l'Unità operativa di Tossicologia occupazionale dell'Azienda Sanitaria fiorentina ha effettuato il monitoraggio biologico dell'esposizione a benzene nell'area urbana mediante l'acido *trans,trans*-muconico, determinato nelle urine raccolte a fine turno di lavoro in gruppi di vigili urbani, edicolanti, operatori ecologici, garagisti.

Nella Tabella 1 sono riportati i livelli dell'indicatore ritrovati in soggetti non professionalmente esposti a benzene, selezionati fra i dati di letteratura più recenti in base anche alla omogeneità della metodica analitica utilizzata. Questi dati costituiscono il gruppo di valori di escrezione urinaria attesi nella popolazione generale: attraverso di essi verranno poi letti i risultati ottenuti nei vari gruppi di esposti, con l'obiettivo di valutarne l'effettiva differenza sul piano statistico e soprattutto tossicologico.

Come sarà chiaro dopo aver visto i risultati delle varie campagne di campionamento, riportati dalle altre relazioni al convegno, si può affermare che l'inquinamento da benzene in area urbana pare contribuire a far diventare fumatori gli esposti non fumatori. E questo potrebbe non essere banale.

Tab. 1 - Livelli di acido t,t-muconico nelle urine (µg/g creat.) di soggetti non esposti (fumatori e non).

Casistica*		Osservazioni n°	Range	Mediana	Media	Anno
Firenze	NF	44	0 - 103	23		1999
Pavia	NF	10			44.2 (± 34.9)	1999
	F	10			149.9 (± 80.3)	
Francia		27	11 - 175	33		1998
Germania	F	32	60 - 390	130		1997

*NF = non fumatori; F = fumatori

ESPOSIZIONE A BENZENE DI UN GRUPPO DI EDICOLANTI FIORENTINI: RISULTATI DI UNA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO AMBIENTALE E BIOLOGICO

Gaetano Marchese

Azienda Sanitaria di Firenze

U.O. Igiene e Sanità Pubblica - Zona Firenze

(Via di San Salvi, 12 - 50135 Firenze - Tel. 055 6263640 - FAX 055 263629)

Il traffico autoveicolare è diventato negli ultimi anni la causa principale dell'inquinamento atmosferico nelle maggiori città italiane e costituisce un problema di notevole interesse per la Sanità Pubblica, in quanto possono risultare esposti a questa fonte di inquinamento ampie fasce di popolazione, non solo per motivi professionali, come è il caso di parcheggiatori, tassisti, edicolanti, vigili urbani, operatori ecologici, ect., ma anche a motivo della residenza abitativa.

Gli studi sugli effetti dell'inquinamento atmosferico pongono particolare attenzione su inquinanti come il benzene, alcuni Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) e il benzo(a)pirene in primo luogo, inseriti dalla IARC rispettivamente fra i cancerogeni certi per l'uomo (gruppo 1) e come probabili cancerogeni (gruppo 2A).

Tra l'altro, il Decreto del Ministero dell'Ambiente del 25.11.94 fissa obiettivi di qualità per la concentrazione in aria di questi due inquinanti: una media annuale che a decorrere dall'1.1.99 è diventata per il benzene di 10 µg/mc e per il benzo(a)pirene di 1 ng/mc; trattandosi di due inquinanti con rischio di cancerogenicità non è stato definito un valore limite massimo, che implicitamente è lo zero. L'obiettivo di qualità viene inteso come il livello medio cui si deve tendere al fine di rendere trascurabile e/o accettabile il rischio sanitario per la popolazione esposta.

Il recente Decreto del 23.10.98 dei Ministeri della Sanità e dell'Ambiente, impone per le città con oltre 150.000 abitanti, tra cui Firenze, una programmazione di interventi preventivi sulla base non solo di valutazioni ambientali ma anche di valutazioni sanitarie riferite all'esposizione della popolazione residente agli inquinanti riportati nell'allegato IV del Decreto sopra citato: benzene, IPA e PM10 (frazione respirabile delle particelle sospese).

Pertanto, ben si inserisce in questo quadro normativo il programma di lavoro pluriennale, di seguito riportato, della U.O. di Igiene e Sanità Pubblica dell'Azienda Sanitaria di Firenze, in quanto può fornire un contributo alla valutazione dell'esposizione ai suddetti inquinanti ed alla comunicazione dei rischi connessi per la popolazione.

Nei giorni 3, 4 e 5 giugno 1998, per il periodo estivo, e nei giorni 19, 20 e 21 gennaio 1999, per il periodo invernale, si sono svolte due campagne di monitoraggio biologico ed ambientale di un gruppo di edicolanti della città di Firenze, finalizzate ad una più approfondita valutazione dell'esposizione umana agli inquinanti atmosferici originati dal traffico urbano, benzene e idrocarburi policiclici aromatici (IPA) in particolare.

Il suddetto programma, svolto in collaborazione con altre strutture del Dipartimento della Prevenzione (U.O. Tossicologia Occupazionale e Sezione di Igiene Industriale), prevedeva di sottoporre al monitoraggio 10 edicole, le difficoltà che sono emerse, a causa delle limitate risorse disponibili, hanno impedito di effettuare periodi di monitoraggio omogenei e confrontabili per tutti gli edicolanti.

Sono state pertanto studiate solo 5 edicole, localizzate sia su strade ad intenso traffico (3), sia a traffico meno intenso (2). Nelle 2 campagne di monitoraggio, estiva ed invernale, sono stati effettuati, per i tre giorni successivi infrasettimanali indicati sopra, 30 campionamenti personali ambientali, utilizzando campionatori di tipo passivo a carbone

attivo per la determinazione del benzene e campionatori personali di tipo attivo su filtro in teflon per la raccolta della frazione degli IPA presenti sul particolato aerodisperso. Il campionamento è stato effettuato per un periodo di circa 5 ore nell'ambiente dell'edicola.

Al termine del periodo di campionamento personale, è stato raccolto per ogni edicolante un campione di urina per la determinazione dei metaboliti urinari del benzene e del pirene: l'acido trans-trans-muconico per il benzene e l'1-idrossipirene per il pirene, scelto come tracciante per gli IPA.

I risultati del monitoraggio ambientale e biologico relativi al benzene, oggetto del seminario odierno, sono riportati nelle 2 tabelle che seguono, rispettivamente per il periodo estivo e invernale.

Tab. 1 – Campionamenti ambientali e biologici di cinque edicolanti in tre giorni del periodo estivo (1998)

Data	Edicola	Benzene	t,t'muconico
		µg/mc	µg/g creat
3 giugno	G1	43,70	244
	G2	50,00	88
	G3	54,30	267
	G4	51,00	36
	G5	41,40	41
4 giugno	G1	63,50	45
	G2	92,10	68
	G3	56,90	165
	G4	51,00	40
	G5	39,40	67
5 giugno	G1	35,00	70
	G2	47,10	97
	G3	58,50	174
	G4	53,40	31
	G5	30,80	42
Mediana		51,00	68
Range		30,80 – 92,10	31 - 267

Tab. 2 – Campionamenti ambientali e biologici di cinque edicolanti in tre giorni del periodo invernale (1999).

Data	Edicola	Benzene µg/mc	t,t'-muconico µg/g creat.
19 gennaio '99	G1	50,1	28
	G2	70,2	111
	G3	63,5	160
	G4	65,5	31
	G5	67,3	193
20 gennaio '99	G1	50,80	54
	G2	71,00	78
	G3	63,00	142
	G4	63,90	54
	G5	89,80	256
21 gennaio '99	G1	60,70	56
	G2	74,00	- -
	G3	69,60	180
	G4	56,10	55
	G5	72,60	122
Mediana		65,50	122
Range		50,10 – 89,80	28 - 256

Al fine di rispettare le norme sulla tutela della privacy e dei dati personali degli edicolanti, che con grande cortesia hanno partecipato alla campagna di monitoraggio, abbiamo omesso il nome della strada dove si trova l'edicola.

Ciascun edicolante è contrassegnato con la sigla da G1 a G5 volendo classificare l'edicola in rapporto all'intensità di traffico della strada ove essa è posizionata, si possano individuare 3 categorie: alto traffico per G2, G3, G5; medio traffico per G1 e basso traffico per G4. L'edicola G4, pur avendo un traffico meno intenso dell'edicola G1, che si trova invece posta su una strada più ampia, fa rilevare, rispetto a quest'ultima, concentrazioni di benzene più elevate in 4 giorni su 6, in relazione alla difficoltà di dispersione degli inquinanti dovuta alla configurazione urbanistica di molte strade di Firenze, con sede stradale stretta in rapporto all'altezza degli edifici.

A seguito dei risultati ottenuti si ritiene di poter fare le seguenti considerazioni:

- i livelli ambientali di benzene sono risultati influenzati dall'intensità del traffico, anche se tale correlazione è risultata più evidente nel monitoraggio invernale rispetto a quello estivo;
- le concentrazioni urinarie di acido t,t'-muconico, prodotto nell'organismo umano a seguito di assorbimento di benzene, evidenziano una bassa esposizione al solvente; infatti i valori medi di acido t,t'-muconico calcolati sul totale dei 15 campioni di urina ottenuti in estate e dei 14 in inverno, sono coerenti con i valori attesi nella popolazione generale (fino a 300 µg/g nei soggetti non fumatori) e con i dati in letteratura;

- gli edicolanti sono sicuramente una categoria di lavoratori, che a causa del posizionamento dell'edicola a bordo strada da una parte, e per la limitata superficie del locale che favorisce l'accumulo dall'altra, sono esposti a concentrazioni significative di benzene; al fine di migliorare tale situazione ambientale, potrebbero essere utili degli accorgimenti che possano favorire il ricambio forzato dell'aria interna;
- un'ultima considerazione da fare è in relazione alla situazione di inversione termica, con notevole ristagno degli inquinanti, coincisa con il periodo di monitoraggio invernale; infatti in 2 giorni su 3 era in atto il blocco delle auto non catalizzate, anche se dalle concentrazioni rilevate di benzene, non si è verificato alcun miglioramento.

I dati rilevati non permettono analisi più estese e valutazioni di rischio per i cittadini residenti in abitazioni limitrofe alle edicole oggetto del monitoraggio. Accertato però che le emissioni da traffico sono la principale causa dell'accumulo degli inquinanti in concomitanza di eventi meteorologici favorevoli, come d'altronde i dati ambientali rilevati da ARPAT confermano, è bene comunque adottare un criterio cautelativo e favorire quei provvedimenti che, in una logica moderna di rapporto costi-benefici, possano realmente portare ad un contenimento delle emissioni, ed in tal modo possa proseguire il trend in decremento di alcuni inquinanti, tra cui il benzene, che si registra dal 1995 in poi.

In conclusione, quale contributo alla pianificazione di futuri programmi di sorveglianza, in base alla variabilità riscontrata tra i valori di esposizione ambientale e le concentrazioni del metabolita urinario, questa indagine suggerisce che ciascun edicolante dovrebbe essere monitorato un giorno alla settimana per ottenere una misura accurata dell'intensità media annuale di esposizione.

Ci preme ringraziare i Signori edicolanti che con tanta gentilezza hanno collaborato all'iniziativa, ed anche gli Operatori della U.O. Tecnici di prevenzione che hanno operato con precisione per il buon esito del monitoraggio, in un'ottica nuova di Sanità Pubblica.

ESPERIENZE DI MONITORAGGIO SU ADDETTI A DISTRIBUTORI DI CARBURANTE E SU ADDETTI A GARAGES E PARCHEGGI COPERTI

F. Carnevale, A. Ciani Passeri, C. Sgarrella

Azienda Sanitaria di Firenze

S.PISLL zona 1

(V.le Guidoni, 178 A bis - 50127 Firenze - Tel. 055-4224406 - fax 055-4224405)

Con il D.Lgs. 626/94 che definisce cancerogeno una sostanza o un prodotto, cui è attribuita la frase di rischio R45 "può provocare il cancro" o R49 "può provocare il cancro per inalazione". Tenuto conto che la benzina, secondo i criteri della Unione Europea, relativi alla classificazione dei preparati pericolosi, contiene, fra l'altro, benzene in concentrazione superiore allo 0,1% in peso, essa viene perciò a essere classificata, come cancerogeno con obbligo di frase di rischio R45.

La Legge n. 413/97 "Misure urgenti per la prevenzione dell'inquinamento atmosferico da benzene" prevede che entro il luglio 1998 il tenore massimo consentito di benzene nelle benzine dovrà essere pari all'1% in volume e per gli idrocarburi aromatici totali pari al 40% in volume. Un'ulteriore riduzione del tenore massimo di idrocarburi aromatici nelle benzine sarà stabilita a decorrere dal 1° luglio 2000. Si ricorda che, prima del decreto, il contenuto del benzene nelle benzine era intorno a valori del 2% ed in alcuni periodi ha raggiunto picchi del 5%.

La Direttiva 97/42/CE su protezione dei lavoratori dalla esposizione dagli agenti cancerogeni, non ancora recepita in Italia, nella logica già introdotta dal D.Lgs. 626/94, ribadisce l'importanza di definire un valore limite per l'esposizione a cancerogeno e di procedere alla valutazione dell'esposizione, che ovviamente non dovrà mai superare il valore limite.

Nel caso del benzene si stabilisce un valore limite per l'esposizione professionale uguale a 3,25 mg/mc (per metro cubo di aria a 20° C e 760 mm di mercurio di pressione), misurati o calcolati in relazione ad un periodo di riferimento di otto ore. E' previsto un valore limite transitorio di 9,75 mg/mc, consentito sino a tre anni dalla data di entrata in vigore del nuovo valore limite. Inoltre la stessa direttiva richiama l'attenzione sull'importanza dell'assorbimento per via cutanea del benzene come sostanziale contributo al carico corporeo totale della sostanza.

Tab. 1 - Riferimento per esposizioni professionali a benzene

ACGIH, 1997	valore limite	1.6 mg/mc
Direttiva 97/42/CE	valore limite	3.25 mg/mc
	valore limite transitorio	9.75 mg/mc

Il benzene è un noto cancerogeno multipotente per l'uomo riconosciuto da molto tempo, per cui con la legge 245 del 1963 se ne limitava l'uso (congiuntamente ai suoi omologhi) in alcune attività lavorative.

La problematica relativa alla qualità dell'aria ambiente da una parte, e dall'altra la valutazione dell'esposizione a cancerogeni nei luoghi di lavoro ha richiamato l'attenzione sulle condizioni di igiene del lavoro di due categorie professionali: gli addetti alla distribuzione di carburante e gli addetti dei garage - parcheggio.

Dai dati disponibili della letteratura scientifica più recente (Tabella 2) si desume che l'esposizione media a benzene per i benzinai durante il loro turno di lavoro, è in termini numerici, circa 5-10 volte più elevata di quella della popolazione generale e contemporaneamente è circa 150 volte più bassa del precedente TLV (32 mg/mc) dell'ACGIH, che ora tuttavia è stato abbandonato. L'attuale valore proposto dalla ACGIH nel 1997 è di 1.6 mg/mc di aria (1600 µg/mc).

Tab. 2 - Alcune indagini sui livelli di esposizione a benzene tra gli addetti all'erogazione di carburante pubblicate negli anni 1995 - 1996

Autori	Impianti o addetti	Media (µg/mc)	Range (µg/mc)
Betta e coll. Trento, 1995	9 impianti	163	(25 - 444)
USSL Cat. Med.Lav. Brescia, 1996	43 addetti	348*	(40-926)*
Castellino e coll. Roma, 1996	42 impianti	310	-
Sernia Roma, 1996	29 addetti	259.28	(15 - 1086)
Brugnone e coll. Verona, 1996	26 impianti	256	(20 - 1310)

* Campionatori passivi

Esperienze di monitoraggio del benzene negli addetti alla distribuzione di carburante e negli addetti dei garage - parcheggio

Nei mesi di gennaio e febbraio 1998 è stato programmato un intervento per valutare l'esposizione professionale a benzene degli addetti alla distribuzione di carburante, che ha coinvolto la U.O. di Tossicologia Industriale e la Sez. Igiene Industriale dell'Azienda Sanitaria di Firenze ed alcuni Servizi di Igiene e Sicurezza sui Luoghi di Lavoro dell'Azienda Sanitaria di Firenze, di Prato e di Empoli ed inoltre i medici competenti di quelle stesse aziende.

E' stato condotto un monitoraggio ambientale del benzene su 8 distributori di carburanti non dotati di pompe per il recupero dei vapori di benzina, così dislocati sul territorio: 5 nella zona periferica in prossimità di autostrade o grandi vie di comunicazioni, 2 in autostrada e 1 in centro urbano di Firenze. I campionamenti sono stati effettuati su 21 addetti mediante campionatori personali passivi per tutto il turno lavorativo su tre giorni. I risultati sono riportati nella Tabella 3.

Tab. 3 - Monitoraggio ambientale del benzene ($\mu\text{g}/\text{mc}$) relativo a 8 distributori di carburante (5 nella periferia, 1 nel centro urbano, 2 autostradali) della zona di Firenze, periodo gennaio - febbraio 1998

Zona	N° osservazioni	Media ($\mu\text{g}/\text{mc}$)	Mediana ($\mu\text{g}/\text{mc}$)	Range ($\mu\text{g}/\text{mc}$)
Periferia	36	51.61	39.6	(4.1 - 135.1)
Centro	9	84.68	79.8	(16.2 - 229.5)
Autostrada	15	48.52	40.5	(5.1 - 173.3)

Nel commento dei risultati deve essere posta l'attenzione al fatto che il valore medio del benzene relativo ai campionamenti effettuati in un distributore del centro urbano è più alto degli altri valori medi riscontrati nei distributori delle zone periferiche e autostradali. Questo dato, pur con il limite di essere il risultato di un monitoraggio condotto su un solo distributore di benzina, fa riflettere su due possibili spiegazioni della differenza dei valori misurati: da una parte, una maggiore esposizione legata a caratteristiche proprie dell'impianto (più vecchio come strutture ed arredi) e, dall'altra, una quota più consistente di benzene dovuta all'inquinamento ambientale relativa alla zona di ubicazione.

Pur non potendo confrontare direttamente il livello di inquinamento di benzene dell'aria ambiente di quelle specifiche zone, con i valori da noi rilevati, ci sembra però di poter ipotizzare che essi possano essere più elevati rispetto al valore medio a cui è esposta la popolazione cittadina.

I risultati del monitoraggio biologico aggiungono nuovi elementi alla discussione. E' stato monitorato l'acido trans-trans-muconico, metabolita del benzene, in campioni di urina raccolti all'inizio e alla fine del turno lavorativo in 3 giorni di osservazione su 21 addetti alla distribuzione di carburante degli stessi impianti oggetti del monitoraggio ambientale. Complessivamente sono state determinate 62 coppie di valori relativi all'inizio e al fine turno lavorativo. I risultati sono riportati nella tabella 4.

Benché sia difficile fare delle inferenze conclusive tra i valori ambientali di benzene e i valori del suo metabolita urinario (t-t-MA), risulta che i delta, cioè la differenze dei valori tra inizio e fine turno lavorativo sono significativi nella maggioranza dei lavoratori monitorati. Ciò induce a pensare che in quell'area, durante il turno lavorativo, si verifica un incremento dell'assorbimento di benzene.

Tab. 4 - Monitoraggio biologico dell'acido trans-trans muconico urinario (t-t-MA µg/g di creatinina) in 21 addetti alla distribuzione di carburante di 8 distributori nella città di Firenze, periodo gennaio – febbraio 1998

Monitoraggio *	t-t – MA inizio turno	t-t- MA fine turno
N° osservazioni	62	62
Media	54.08	85.48
Mediana	43.5	79.5
Range	(0.1 – 180)	(0.1 – 190)

* Valore di riferimento del t-t MA: fino a 300 µg/g creatinina (non fumatori)

Pertanto sulla base dei dati di letteratura e dei risultati di questa indagine si è attivato un programma e un controllo per fare applicare misure tecniche e organizzative tali da ridurre l'esposizione.

Tra le prime, ricordiamo quella stabilita dalla legge 413/97 per cui, dalla data di entrata in vigore della legge, tutte le pompe di distribuzione delle benzine presso gli impianti nuovi ed, entro il 1/7/2000, tutta l'intera rete preesistente di distribuzione del carburante dovranno essere attrezzate con dispositivi di recupero dei vapori di benzina, secondo le caratteristiche tecniche stabilite con specifico decreto.

Per quanto riguarda le misure procedurali, si è considerato che le fasi del rifornimento di carburante a cui prestare maggiore attenzione sono le seguenti:

- asportazione del tappo dal serbatoio delle autovetture;
- sgancio della pistola di erogazione dalla colonnina;
- inserimento della pistola nel serbatoio dell'autovettura;
- erogazione del carburante;
- asportazione della pistola dal serbatoio dell'autovettura e aggancio della stessa alla colonnina.

Pertanto i comportamenti da osservare nell'eseguire tali operazioni sono i seguenti:

- porsi lateralmente all'apertura del serbatoio;
- mantenere una posizione eretta;
- non porsi sottovento;
- non stazionare in prossimità dell'apertura del serbatoio ed utilizzare, ove presente, il predeterminatore. In questo caso è buona norma, una volta impostata la richiesta di carburante, allontanarsi durante la fase di erogazione;
- evitare la fuoriuscita accidentale del prodotto;
- asportare la pistola dopo adeguato sgocciolamento nel serbatoio dell'auto.

Si è anche predisposto un analogo protocollo per gli utenti del self-service, in considerazione della tendenza delle compagnie petrolifere ad aumentare il numero dei distributori self-service, come è già in atto in altri paesi europei.

Sulla sorveglianza sanitaria le indicazioni date sono state riprese dalle linee guida delle Regioni per gli esposti a sostanze cancerogene. Esse propongono una visita medica con periodicità almeno annuale, eventuali esami ematochimici e strumentali secondo indicazioni motivate del medico competente.

Analogamente si è voluto valutare l'esposizione professionale a benzene negli addetti dei garage-parcheggio. L'osservazione svoltasi nei mesi invernali 1998/99 ha riguardato finora 5 garage-parcheggio coperti del centro di Firenze. E' stato effettuato un monitoraggio ambientale degli inquinanti aerodispersi per tutto il turno di lavoro mattutino su tre giorni lavorativi, di cui uno è il sabato, caratterizzato da un maggior flusso di autoveicoli. Per la valutazione dell'esposizione a benzene ambientale sono stati eseguiti campionamenti personali di tipo passivo, con successiva determinazione dell'analita con metodo gas-cromatografico. In questo caso sono stati presi in considerazione anche gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), che non verranno qui trattati. Nella Tabella 5 sono riportati i risultati ottenuti.

Nonostante l'esiguità del numero dei dati di osservazione e alcune caratteristiche dei garage non completamente sovrapponibili fra loro, per diverso afflusso di autoveicoli, per presenza o meno di sistema di ventilazione artificiale o per diversa areazione naturale (presenza di finestre, seminterrato ecc.) si è voluto comunque, per una più sintetica presentazione dei dati, procedere ad una loro elementare elaborazione. Inoltre questi dati, si sono confrontati con i risultati del monitoraggio biologico, eseguito in concomitanza di quello ambientale, mediante ricerca dell'acido trans-trans muconico in campioni di urina raccolti a fine turno lavorativo su tre giorni nei 9 addetti degli stessi garage. Per poter procedere alla elaborazione dei dati sono stati eliminati 4 valori di t-t MA, in quanto calcolati su campioni di urina troppo diluiti. Di conseguenza sono stati eliminati i corrispondenti valori di benzene ambientali determinati sugli stessi soggetti.

Tab. 5 - Monitoraggio ambientale e biologico in cinque garage del centro storico di Firenze su nove addetti (periodo dicembre 1998 e gennaio 1999)

Monitoraggio	Benzene (mg/mc)	t-t-MA * (µg/g creatinina)
Mediana	99.5	156.5
Media	105.9	147.5
Range	(75 - 217)	(14 - 275)
N. osservazioni	22	22

*Valore di riferimento del t-t MA : fino a 300 µg/g creatinina (non fumatori)

Da una prima lettura si evidenzia una esposizione a benzene dello stesso ordine di grandezza di quelle rilevate per gli addetti alla distribuzione di carburante. Il livello di esposizione deve essere imputato all'emissione di gas di scarico degli autoveicoli in ambiente chiuso. Ciò è particolarmente evidente in uno dei garage monitorati, dove i valori dell'ultimo giorno riferiti ad un sabato, con alto flusso in entrata di autoveicoli, sono molto più alti di quelli dei giorni precedenti, e in particolare il valore riferito ad un operatore, che in quella giornata è stato addetto fisso alla sbarra di entrata per indirizzare il traffico all'interno del garage.

Rimane sempre da chiarire quanto contribuisca su tale assorbimento l'esposizione a benzene dell'aria ambiente urbana, rispetto a quella specificamente professionale, cioè del garage come ambiente confinato.

Comunque i risultati dell'indagine sono tali da suggerire nell'immediato, da parte del datore di lavoro, l'adozione di misure organizzative e procedurali tese a ridurre l'esposizione. Sono state date in tal senso le seguenti indicazioni:

- impedire lo stazionamento dei veicoli con il motore acceso all'interno dei garage;
- posizionare sbarre automatiche all'uscita ed all'entrata del locale;
- disporre una segnaletica orizzontale per indirizzare il traffico all'interno del garage in modo da rendere non necessaria la presenza di un operatore;
- predisporre un'adeguata ventilazione del locale stesso.

Considerazioni conclusive

Ci sembra che il quadro generale, sia per i distributori che per i garage, sia caratterizzato da una situazione di attenzione complessa ed ancora meritevole di ulteriori approfondimenti. A determinare questa condizione influiscono:

- la situazione urbana e la sua qualità dell'aria, è utile capire quale è la quota di benzene ambientale rispetto alle esposizioni strettamente professionali;
- i distributori di benzina come i garage parcheggio sono classicamente luoghi di lavoro trascurati da un punto di vista di igiene del lavoro, soprattutto per quanto riguarda l'esposizione a cancerogeni. In questi casi, più che in altri, siamo in una fase di transizione nella applicazione di nuove indicazioni normative sulle caratteristiche dell'aria ambiente, di indicazioni di bonifiche sui luoghi di lavoro e sulla loro valutazione;
- sono necessari ulteriori dati di tipo tecnico e maggiori e più coerenti iniziative di prevenzione, proprio sulla scorta del 626, e quindi un maggior protagonismo dei datori di lavoro e delle loro organizzazioni.

In sintesi, i risultati sopra descritti indicano sia la necessità di adottare misure di bonifica, di tipo tecnico ed organizzativo, che di monitorare nel tempo i risultati degli interventi.

Infine, sulla risoluzione di questi problemi occupazionali, una volta che sono state adottate quelle misure sopra descritte, pesa il risultato della iniziativa più generale volta a minimizzare l'impatto legato all'ambiente urbano ed in particolare al traffico veicolare.

ALL' ATTENZIONE DEGLI ADDETTI AL RIFORNIMENTO

GLI ADDETTI ALLA DISTRIBUZIONE DEI CARBURANTI POSSONO INALARE VAPORI DI BENZINA CHE CONTENGONO BENZENE SOSTANZA CANCEROGENA PER L'UOMO.

IL CONTENUTO DI BENZENE NELLE BENZINE E' BASSO, UTILIZZANDO COMPORTAMENTI E NORME IGIENICHE IDONEE L'ESPOSIZIONE A VAPORI DI BENZINA DURANTE IL RIFORNIMENTO PUO' ESSERE BEN CONTROLLATA CON INDUBBIO VANTAGGIO DEL LAVORATORE.

LE FASI DEL RIFORNIMENTO A CUI PRESTARE PARTICOLARE ATTENZIONE SONO LE SEGUENTI:

- 1) ASPORTAZIONE DEL TAPPO DEL SERBATOIO DELLE AUTOVETTURE
- 2) SGANCIO DELLA PISTOLA DI EROGAZIONE DALLA COLONNINA
- 3) INSERIMENTO DELLA PISTOLA NEL SERBATOIO DELL'AUTOVETTURA
- 4) EROGAZIONE DEL CARBURANTE
- 5) ASPORTAZIONE DELLA PISTOLA DAL SERBATOIO DELL'AUTOVETTURA E RIAGGANCIO DELLA STESSA ALLA COLONNINA

COMPORTAMENTI DA OSSERVARE NELL'ESEGUIRE TALI OPERAZIONI:

- NON PORSI DINANZI L'APERTURA DEL SERBATOIO
- MANTENERE UNA POSIZIONE ERETTA
- NON PORSI SOTTOVENTO
- NON STAZIONARE IN PROSSIMITA' DELL'APERTURA DEL SERBATOIO ED UTILIZZARE OVE PRESENTE IL PREDETERMINATORE. IN QUESTO CASO E' BUONA NORMA UNA VOLTA IMPOSTATA LA RICHIESTA DI CARBURANTE ALLONTANARSI DURANTE LA FASE DI EROGAZIONE
- EVITARE LA FUORIUSCITA ACCIDENTALE DEL PRODOTTO
- ASPORTARE LA PISTOLA DOPO ADEGUATO SGOCCIOLAMENTO NEL SERBATOIO DELL'AUTO

- IN CASO DI EVENTUALI SGOCCIOLAMENTI ANCHE IN FASE DI RIFORNIMENTO DELLE COLONNINE SI DEVE EFFETTUARE UNA PULIZIA IMMEDIATA DEL PIAZZALE
- MINIMIZZARE IN CASO DI "PIENI" IL RABOCCO FINALE PER EVITARE ULTERIORE INALAZIONE DI VAPORI DI BENZINA
- INSERIRE IL BLOCCO LEVA DELLA PISTOLA PER LA EROGAZIONE AUTOMATICA PER POTERSI ALLONTANARE DURANTE LA FASE DI RIFORNIMENTO
- ALTERNARSI NELL'ARCO DELLO STESSO TURNO LAVORATIVO ALLA EROGAZIONE DEI DIVERSI PRODOTTI ED ALTRE EVENTUALI ATTIVITA'
- DISTANZIARSI DAL VEICOLO IN PARTENZA IN MODO DA EVITARE I FUMI EMESSI DAL TUBO DI SCAPPAMENTO

NORME IGIENICHE DA OSSERVARE PER CONTENERE ULTERIORMENTE L'ESPOSIZIONE

- MANTENERE LA DIVISA PULITA SOSTITUENDOLA IN CASO DI IMBRATTAMENTO
- UTILIZZARE GUANTI CON LE SEGUENTI CARATTERISTICHE :RESISTENTI ALL'AZIONE LESIVA DEL SOLVENTE (BENZINA) ,FACILI DA INDOSSARE
- EVITARE L'USO DI SOLVENTI IMPROPRI PER LAVARSI LE MANI
- UTILIZZARE SEMPRE MATERIALE CARTACEO DI CONSUMO,DA GETTARE IN APPOSITI CONTENITORI BEN CHIUSI DOPO L'USO

MONITORAGGIO AMBIENTALE E BIOLOGICO DELLA ESPOSIZIONE A BENZENE DEI VIGILI URBANI DI FIRENZE

Adolfo Pompetti

Medico Competente

Comune di Firenze

(Viale Gramsci, 16 - 50125 Firenze - Tel.055-2758431)

Nel 1997, in qualità di medico competente del Comune di Firenze, al fine di definire l'esposizione agli inquinanti atmosferici dei vigili urbani, ho progettato uno studio di esposizione a benzene e idrocarburi policiclici aromatici (IPA), condotto poi in collaborazione con altre strutture del Dipartimento di Prevenzione dell'Azienda Sanitaria di Firenze (U.O. Tossicologia Occupazionale e Sezione di Igiene Industriale). Nell'occasione di questa giornata di studio sul benzene nella città di Firenze, promossa dall'Amministrazione comunale, riporto i soli dati relativi al benzene.

Sono state effettuate due campagne di monitoraggio, nei mesi di gennaio-febbraio e giugno-luglio, per valutare l'esposizione a benzene e verificare se esistessero differenze fra gruppi operanti in aree con diversa densità di traffico e per studiare le variazioni indotte dalle diverse condizioni climatiche, in inverno e in estate.

Alla determinazione del benzene nell'aria (campionamento personale) è stato affiancato un monitoraggio biologico.

Materiali e metodi

Il monitoraggio ha coinvolto un campione di 21 Vigili Urbani (tutti non fumatori) divisi in due gruppi, operanti in due diverse zone con alta e bassa densità di traffico, per circa 5 ore giornaliere. Nel periodo invernale sono stati effettuati, in tre giorni infrasettimanali, 61 campionamenti; nel periodo estivo i campioni raccolti sono stati 60. Il campionamento è durato per tutte le 5 ore trascorse in ambiente esterno, in orario diurno, escludendo i giorni di sabato a lunedì, nei quali frequentemente si verificano riduzioni del traffico veicolare.

Sono stati utilizzati campionatori personali passivi e carbone attivo per la determinazione del benzene (tecnica gas-cromatografica). Al termine di ogni turno di lavoro, sono state raccolte le urine di ogni soggetto per la determinazione dell'acido trans-trans-muconico (con tecnica HPLC-UV).

Risultati

Il monitoraggio ambientale del benzene ha mostrato nella zona di alto traffico una maggiore concentrazione rispetto a quella a basso traffico, sia in inverno che in estate, e la differenza è statisticamente significativa. Nessuna differenza significativa è stata rilevata tra i campionamenti invernali e quelli estivi.

Il monitoraggio biologico ha mostrato un'ampia dispersione delle concentrazioni di acido t,t-muconico, che, a questi bassi livelli di esposizione a benzene, non permette d'identificare le differenze nei livelli di esposizione indicate dai dati ambientali, nei due gruppi di vigili (Tab.1).

Tab. 1 Monitoraggio ambientale e biologico dei Vigili urbani di Firenze

MONITORAGGIO		INVERNO		ESTATE	
		Zona BT*	Zona AT*	Zona BT	Zona AT
Benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	media	1.5 (± 1.1)	4.6 (± 5.3)	1.3 (± 0.4)	4.9 (± 3.6)
	range	nd-4.9	0.2-24.6	0.1-2.1	nd-23.4
	osservazioni	N=25	36	24	36
Acido t-t' muconico urinario ($\mu\text{g}/\text{g}$ creatinina)	media	100.8 (± 104.4)	57.5 (± 40.3)	51.2 (± 52.8)	31.6 (± 11.4)
	range	30-560	10-180	2.4-181.8	0.05-209.1
	osservazioni	N=25	36	24	36

BT = basso traffico; AT = alto traffico

Conclusioni

Lo studio ha indicato una bassa esposizione a benzene per i vigili urbani di Firenze nell'anno 1997. Studi analoghi condotti nel 1995 sui vigili urbani di Padova e Brescia avevano mostrato esposizioni più alte, con intervalli di variazione di 14-104 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a Padova e di 35-60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a Brescia. E' comunque evidente, e statisticamente significativa, una maggiore esposizione nelle zone urbane a maggiore densità di traffico.

CONTRIBUTO DELL' EPIDEMIOLOGIA A UN PROGETTO DI SORVEGLIANZA DELL'ESPOSIZIONE A BENZENE NELLA CITTÀ DI FIRENZE

Alberto Baldasseroni, Eva Buiatti

Azienda Sanitaria di Firenze

UO di Epidemiologia

(Villa Margherita - Viale Michelangelo, 41 - 50125 Firenze - Tel. 055-6577404)

Nell'affrontare un problema come quello del rischio per la salute dovuto alla presenza nell'aria ambiente di un tossico come il benzene è forse utile un rapido sguardo al passato recente. La "Malaria urbana", così definita da Giovanni Berlinguer in una famosa silloge di scritti edita da Feltrinelli (Berlinguer, 1976), colpisce con i suoi effetti negativi da molto tempo gli abitanti delle grandi città. Durante gli anni settanta fu in gran voga occuparsi di piombo nell'aria, diffuso dagli autoveicoli e contenuto nelle benzine come antidetonante. Il modello tossicologico di quel metallo pesante può essere utile per cogliere alcune analogie e numerose differenze nello scenario che è oggetto di queste considerazioni.

L'inquinamento da piombo come modello "ante litteram": analogie e differenze

Tra le analogie andranno segnalate la medesima fonte inquinante, rappresentata in entrambi i casi dal traffico autoveicolare; le popolazioni coinvolte, tra le quali per esempio quelle dei vigili urbani furono a lungo ed estesamente studiate (Baldasseroni *et al.*, 1981); l'evoluzione del progressivo controllo della fonte di emissione, consistente essenzialmente nella diminuzione di contenuto del piombo come antidetonante nelle benzine, fino alla sua sostanziale eliminazione. Le differenze tuttavia sono molto rilevanti: intanto il modello tossicologico è completamente differente. Nel caso del piombo ci si trovava infatti di fronte a un tossico con tempi di dimezzamento biologico medio-lunghi (alcuni mesi nelle cellule del sangue), adatto a un controllo biologico della dose assorbita e accumulata nell'organismo, per il quale gli effetti di dose-risposta sono noti e predittivi di danni a livello individuale. Nel caso, viceversa, del benzene si ha a che fare con un tossico dal veloce metabolismo nell'organismo (in poche ore viene praticamente eliminato del tutto), i cui metaboliti tossici sono solo parzialmente noti e solo recentemente resi disponibili per una misura in vivo. Infine, gli effetti avversi per la salute del benzene sono difficilmente prevedibili a livello individuale. Il modello di rischio per la salute nel primo caso sarà definibile come deterministico, nel secondo come stocastico, in relazione alle alterazioni della funzione ematica, renale, nervosa periferica per il piombo, agli effetti cancerogeni principalmente per la serie ematica nel caso del benzene.

Complessivamente si può senz'altro affermare che il controllo dell'esposizione e degli eventuali danni per la salute dovuti al solvente sia assai più difficile che non il controllo del metallo pesante.

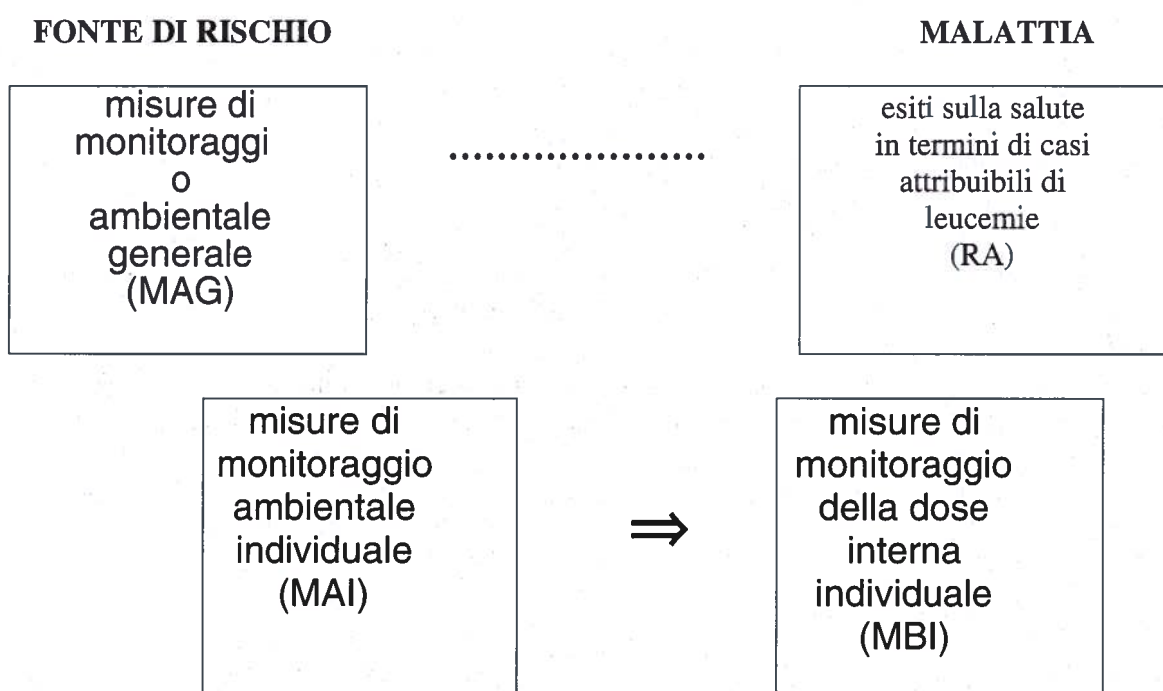
Gli strumenti a disposizione

Semplificando si può dire che abbiamo a disposizione quattro tipi di misure utili allo scopo:

- 1- Misure di inquinamento ambientale nell'aria ambiente generale (Monitoraggio Ambientale Generale-MAG)
- 2- Misure di inquinamento ambientale nell'aria ambiente di particolari soggetti (Monitoraggio Ambientale Individuale-MAI)
- 3- Misure di dose interna individuale (Monitoraggio Biologico Individuale-MBI)
- 4- Stime d'impatto sulla popolazione (Stima dei Rischi Attribuibili-RA)

Il MAG è basato su misure dell'aria ambiente ottenute da stazioni di captazione fisse o mobili, collocate in particolari punti della città. Il MAI si basa invece su campionatori individuali indossati da soggetti che forniscono dati sui livelli di esposizione individuale di gruppi di individui appartenenti a vari sottogruppi della popolazione che in città vive e lavora. Il MBI presuppone la raccolta di campioni biologici da soggetti analoghi ai precedenti e viene spesso associato al MAI per completare uno studio della relazione tra livelli di esposizione e dose assorbita. Come noto, il MBI offre alcuni vantaggi rispetto al MAI per quanto riguarda l'integrazione nel tempo dei valori riscontrati (limitata, per altro, nel modello tossicologico del benzene); la stima della variabilità biologica individuale nei meccanismi di detossificazione; la relativa facilità nella raccolta del campione quando esso sia rappresentato dalle urine, come nel caso del benzene. La stima dei RA, infine, esula da misure dirette e strumentali dei livelli di inquinamento o di dose assorbita, riferendosi piuttosto a esercizi ipotetico-deduttivi sui rischi per la salute delle popolazioni, dati i livelli di esposizione (nel caso del benzene, stimati attraverso il MAG) e assumendo stime di Rischio Relativo (forza dell'associazione tra fattore di rischio e danno alla salute) provenienti da altre popolazioni già studiate. In Figura 1 è schematicamente riportato il rapporto esistente tra queste quattro misure.

Fig. 1 Strumenti a disposizione per interventi di sanità pubblica



Come detto, le stime di RA saranno basate su dati di MAG, anche se la "distanza" in termini di catena deterministica tra esposizione al fattore nocivo, così come misurata dal MAG, e danno alla salute valutato con i comuni metodi di misura della frequenza di malattia (tassi di incidenza e/o prevalenza e/o mortalità) sarà molto grande, rendendo problematico il tentativo di inferire modifiche nelle misure di malattia a partire da modifiche nelle misure di esposizione.

Diversa la situazione nel caso del MAI e del MBI (Fig. 1) che si presentano molto più vicini, in termini di modello biologico. E' quindi ragionevole attendere un immediato riflesso sul MBI di variazioni nei livelli di esposizione misurate dal MAI. Questo secondo modello si colloca però lontano da una stima degli effetti sulla salute in termini di malattia, anche se gli sviluppi più recenti del MBI per il benzene sembra consentano la misurazione di metaboliti del tossico attivi nella catena causale che porta all'incremento del rischio di patologia tumorale, permettendo quindi di lavorare con indicatori più specifici del rischio principale per la salute. Inoltre il modello del MAI-MBI risulta giustamente adottabile solo nel caso in cui i livelli di esposizione siano tali da consentire una buona correlazione con i livelli di dose assorbita.

In Fig. 2 sono riportati, a mo di esempio, tre diagrammi di dispersione relativi a un ipotetico inquinante messo in relazione con i livelli biologici riscontrati negli esposti. La situazione più comune nei setting industriali di alcuni anni fa era quella mostrata nel diagramma A, dove a livelli di esposizione elevati facevano riscontro livelli di metabolita nei liquidi biologici proporzionalmente elevati. Attualmente la situazione di più frequente riscontro è quella mostrata nel diagramma B, dove la relazione tra esposizione e assorbimento si mantiene a livello di gruppo, ma i limiti d'incertezza a livello individuale crescono notevolmente. Nel diagramma C viene esemplificata la possibile evoluzione del quadro descritto, quando i livelli di esposizione si abbassino ulteriormente, fino al punto in cui ogni rapporto tra l'andamento di esposizione e assorbimento sia perduto, pregiudicando in tal caso l'utilità del modello di monitoraggio proposto. Quest'ultima situazione può riconoscere anche altre cause, non ultima quella rappresentata dai limiti di sensibilità analitica dei metodi strumentali disponibili.

Una possibile ipotesi di lavoro

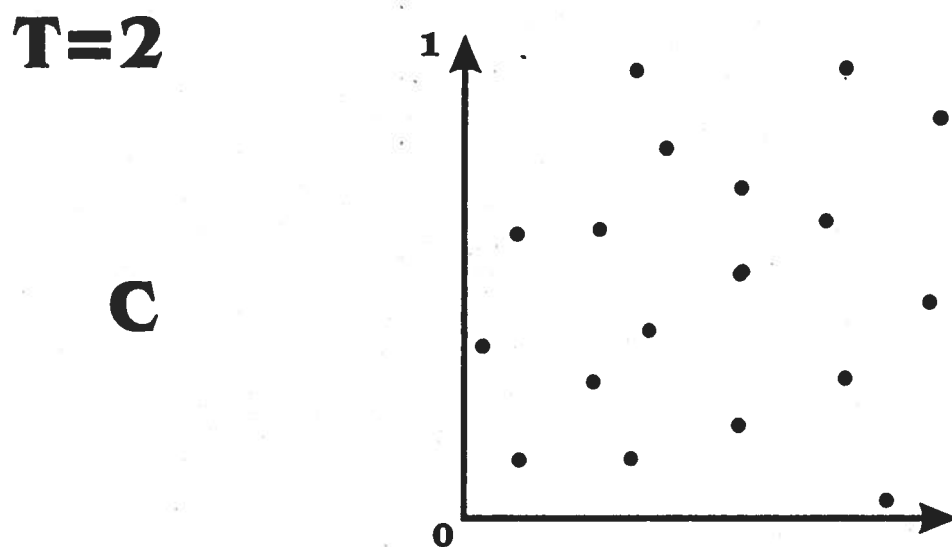
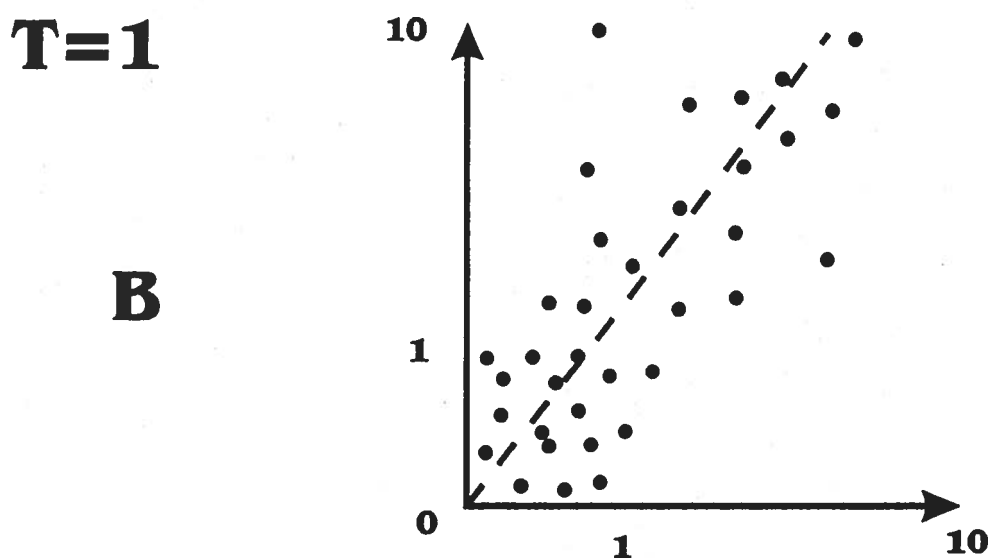
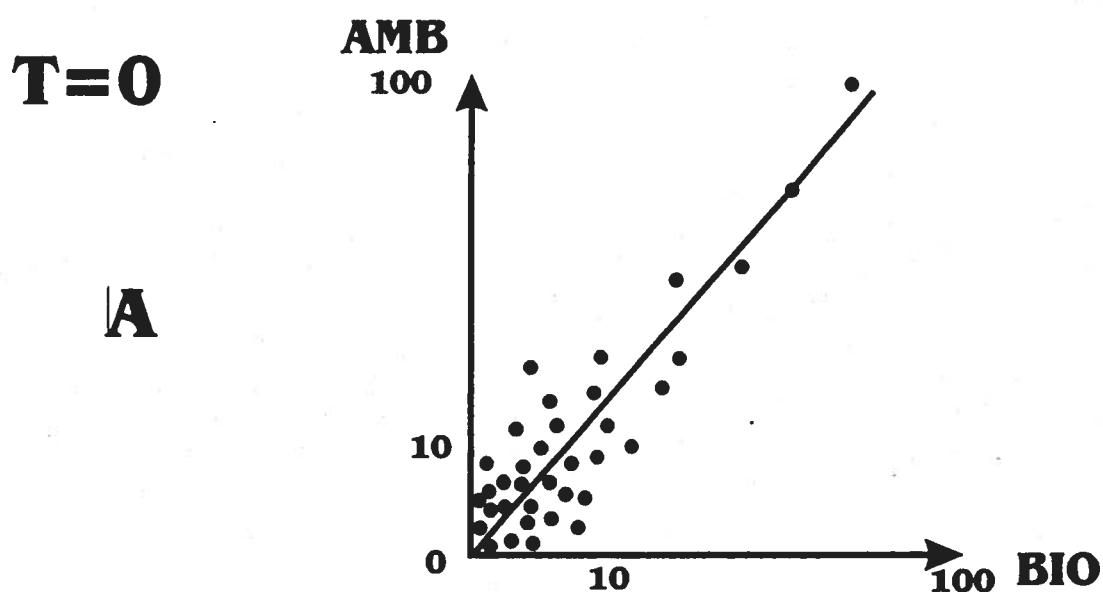
Dando per scontato che il MAG abbia un suo corso definito da normative e linee-guida nazionali ed europee, possiamo provare a ipotizzare alcune iniziative aggiuntive, basate sugli altri strumenti discussi sopra.

A- Individuazione di adeguati campioni di popolazione da seguire. Si tratta di scegliere con cura quali categorie di abitanti e/o lavoratori della città' debbano/possano essere seguiti con adeguati piani di monitoraggio. Concettualmente possiamo individuare almeno tre categorie di popolazione:

- soggetti professionalmente esposti a fonti di rischio specifiche, ma diffuse (benzinai, garagisti, meccanici di motori d'auto, ecc.);
- soggetti professionalmente esposti all'ambiente di città (Vigili Urbani, tassisti, edicolanti, ecc.);
- popolazione generale.

B- Realizzazione di misure di dose esterna individuale (MAI) e dose interna individuale (MBI) prima e dopo interventi locali di miglioramento ambientale, per ciò che riguarda le emissioni di benzene in atmosfera.

Figura 2: Rappresentazione schematica della relazione fra livelli ambientali e dose interna per diverse scale di livello dell'inquinante



C- Realizzazione di "immagini" di rischio ripetute nel tempo al fine di seguire l'evoluzione dell'esposizione individuale e della dose interna complessiva in relazione a modifiche generali (per esempio il contenuto medio di benzene nelle benzine).

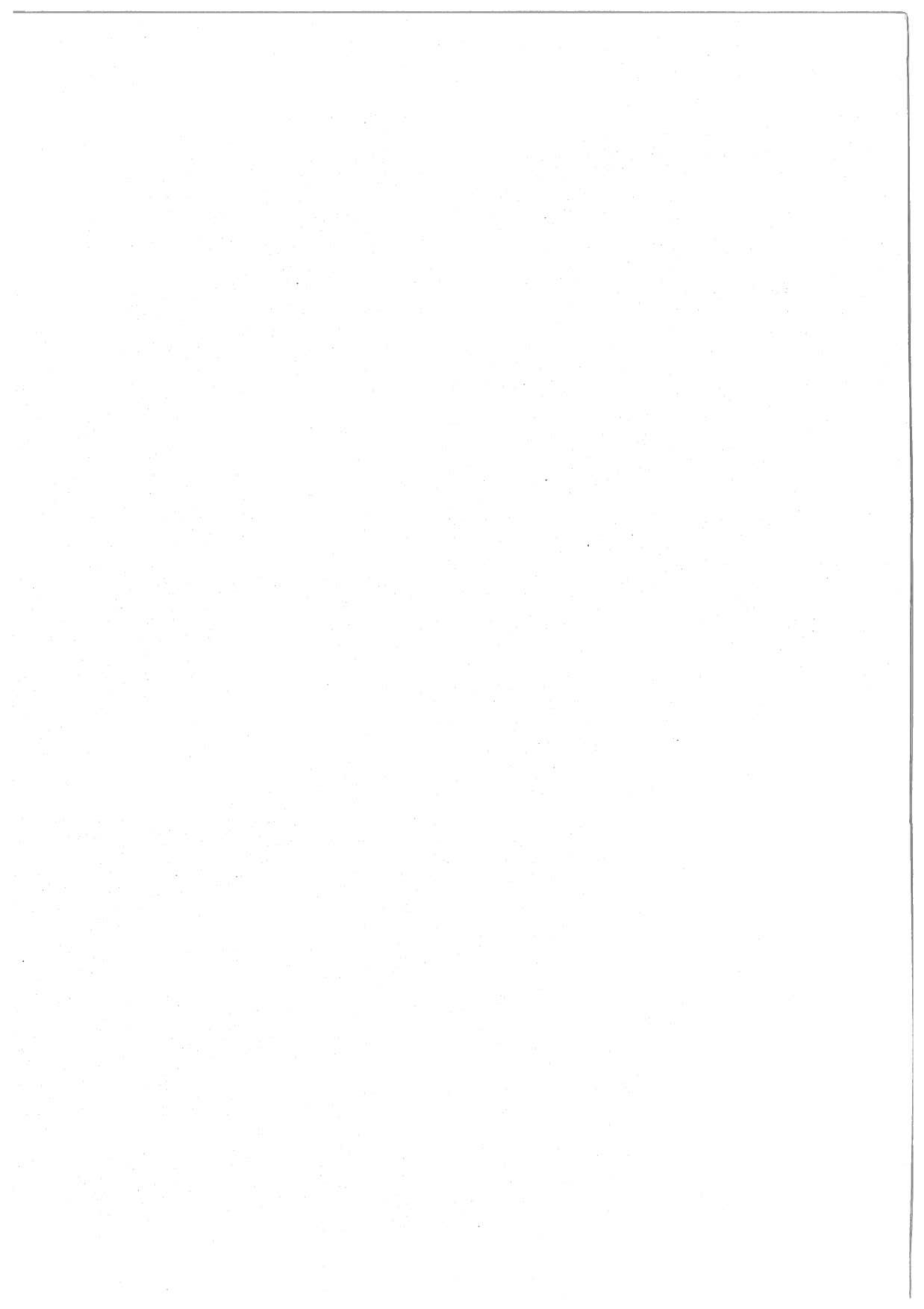
D- Stime della frazione attribuibile sulla base dei dati di MAG e dei dati di letteratura sulla forza dell'associazione.

I risultati preliminari relativi al modello del MAI-MBI, presentati in questa sede in altre relazioni, spingono alla cautela circa la fattibilità di un programma come quello delineato ai punti B e C, soprattutto per quelle categorie di cittadini e lavoratori esposti genericamente all'aria ambiente inquinata dal benzene dei gas di scarico del traffico autoveicolare. Inoltre sottolineano l'importanza dell'esposizione a fumo di sigaretta come fonte rilevante di assorbimento individuale di benzene e quindi come potenziale fattore di confondimento. Tuttavia percorrere questa strada parallelamente al proseguimento del controllo dell'aria ambiente generale, sembra l'unico modo per consentire, almeno in prospettiva, una corretta valutazione dei rischi per la salute dei cittadini di Firenze, relativamente all'esposizione al benzene.

Bibliografia

BERLINGUER G., Malaria urbana-Patologia delle metropoli, Feltrinelli, Milano, 1976, pp. 1-344;

BALDASSERONI A., COMBA P., COSTANTINI S., FERRANTI E., FIGA' TALAMANCA I., GERMANI D., SALERNO S., SETTIMI L., I livelli di Piombemia nei Vigili Urbani del Comune di Roma, in Nuovi Annali di Igiene e Microbiologia XXXII, (3), 1981, pp. 191-197



APPENDICI

- COMUNI INTERESSATI AGLI INTERVENTI SUL BENZENE
- BIBLIOGRAFIA
- VALUTAZIONE PRELIMINARE DELLA QUALITA' DELL'ARIA DEL
COMUNE DI FIRENZE ai sensi del D.M. Ambiente 21 Aprile 1999 (ex D.M. Ambiente, 23
Ottobre, 1998).

COMUNI INTERESSATI AGLI INTERVENTI SUL BENZENE

Decreto 21 Aprile 1999 n.163 – Regolamento recante norme per l'individuazione dei criteri ambientali e sanitari in base ai quali i sindaci adottano le misure di limitazione della circolazione (G.U. n.135 del 11.06.1999).

Art. 1.

2. I comuni individuati all'allegato III del decreto 25 novembre 1994, ovvero i comuni con popolazione inferiore per i quali la situazione meteorologica e l'entità delle emissioni facciano prevedere possibili superamenti dei livelli di attenzione o degli obiettivi di qualità individuati nel citato decreto, nonché gli altri comuni individuati dalle regioni nei piani di risanamento di cui all'articolo 4 del decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 203, o da loro stralci o ubicati nelle zone a rischio di episodi acuti di inquinamento individuate dalle stesse regioni ai sensi dell'articolo 9 del decreto 20 maggio 1991 e del decreto del Presidente della Repubblica 10 gennaio 1992 sono tenuti ad applicare le misure di limitazione della circolazione di cui all'articolo 7, comma 1, lettere a) e b), del decreto legislativo 30 aprile 1992, n.285, secondo i criteri fissati dal presente decreto, ai sensi dell'articolo 3 della legge 4 novembre 1997, n. 413.

Allegato III al decreto 25 novembre 1994, (S.O. n. 290 del 13 dicembre 1994):

AREE URBANE

Le misurazioni prescritte nel presente decreto, hanno il duplice scopo di acquisire conoscenze in modo omogeneo e confrontabile e di ottenere gli elementi per mettere a punto una metodologia e una strategia di misura che possa essere estesa alle reti distribuite sul territorio nazionale.

A causa del carattere sperimentale e della complessità del prelievo e dell'analisi, è opportuno che in fase di prima applicazione esse vengano effettuate nelle aree urbane a maggiore concentrazione di traffico e di attività produttive. A tale fine sono state individuate le aree urbane con una popolazione superiore a 150.000 abitanti:

Torino
Genova
Brescia
Milano
Padova
Venezia
Verona
Trieste
Bologna
Parma
Firenze
Livorno
Roma
Napoli
Bari
Foggia

Taranto
Reggio Calabria
Catania
Messina
Palermo
Siracusa
Cagliari

AREE URBANE IN TOSCANA

La Giunta Regionale Toscana ha emanato una Deliberazione n° 553, del 17 maggio 1999:

“Individuazione di aree a rischio di inquinamento atmosferico” e stabilisce l’obbligo (punto 6) di redazione di una valutazione preliminare della qualità dell’aria del territorio comunale da parte dei Sindaci dei Comuni individuati al punto 5. La scadenza per l’invio alla Regione e alla Provincia della valutazione preliminare è fissata nel 15 ottobre 1999.

La norma prevede che tale valutazione sia emanata dal Sindaco, che per gli adempimenti tecnici si avvale del supporto di ARPAT, della ASL, oltre che, ovviamente, dei propri Uffici competenti (traffico, ambiente, etc.).

I Dipartimenti provinciali ARPAT di Firenze e di Prato hanno predisposto una bozza di linee guida per la redazione della valutazione preliminare della qualità dell’aria, allo scopo di promuovere una applicazione il più possibile omogenea della deliberazione regionale.

Le linee guida esaminano infatti i seguenti punti:

- individuazione dei comuni interessati;
- posizione dei comuni nei confronti della necessità della valutazione preliminare;
- schema della valutazione preliminare (parte di competenza ARPAT e di altri organi tecnici);
- raccolta ed elaborazione dei dati acquisiti (chimici e meteo);
- redazione inventario delle emissioni;
- distribuzione territoriale;
- popolazione coinvolta;
- proposte operative.

Le tabelle che seguono riassumono alcuni dei temi trattati, per ulteriori informazioni rimandiamo agli operatori che hanno prodotto le linee guida: Daniele Grechi, dipartimento ARPAT di Firenze e Sandro Garro, dipartimento ARPAT di Prato.

Tab. 1 - Posizione dei comuni nei confronti della necessità della valutazione preliminare

Comuni	D.M. 163/99			Deliberazione regionale	
	Sopra 150 mila abitanti	Zona individuata a rischio di episodi acuti dalla Regione	Possibili superamenti	Aree a rischio di episodi acuti	Aree a rischio di inquinamento
Firenze, Livorno, Prato	SI	SI	SI	SI	SI
Pisa, Lucca		SI	SI	SI	SI
Area omogenea Sesto Fiorentino, Scandicci, Campi Bisenzio, Bagno a Ripoli, Signa, Lastra a Signa, Calenzano;			SI		SI
Arezzo, Grosseto, Pistoia, Carrara, Massa, Siena, Piombino, Empoli e Viareggio			SI		SI
Altri comuni segnalati dai singoli Dipartimenti			SI		

Tab. 2 - Schema della valutazione preliminare

Fase	Ente interessato	Sorgente dati e informazioni	Modalità
Raccolta ed elaborazione dei dati acquisiti (chimici, meteo e bioindicazione)	ARPAT	Prodotti tramite i sistemi gestiti in proprio o da sistemi gestiti da terzi	in formato idoneo al confronto con gli standard
Redazione inventario delle emissioni	ARPAT, Regione, Comuni	Tramite inventario allestito dalla Regione Toscana o altri, se disponibili (es. Provincia)	ottimizzato con dati di input aggiornati (di traffico, di composizione del parco circolante, relativi a sorgenti puntuali civili o industriali)
Distribuzione territoriale	ARPAT, Ufficio traffico	Dati PUT	individuando le aree in base alla densità di sorgenti per singolo inquinante che determina superamento o rischio di superamento
Valutazione della popolazione coinvolta	ARPAT, ASL	Comune su dati ISTAT riferiti ai residenti e alle attività produttive in aree ad elevato inquinamento	stima quantitativa
Individuazione delle aree oggetto di provvedimenti	ARPAT, Comune, ASL		Delimitazione dell'intera area, oltre a quelle identificate a rischio, nelle quali estendere i provvedimenti per renderli efficaci

BIBLIOGRAFIA

Disponibile presso la biblioteca ARPAT-CEDIF

Lo Stato dell'ambiente in Toscana: atti della 1a Conferenza regionale: Firenze, 23-25 novembre 1995, Regione Toscana, Giunta Regionale, Dipartimento Ambiente, Firenze, 1996;

Relazione sullo stato dell'ambiente in Toscana: documento preliminare Regione Toscana, Giunta Regionale, Dipartimento delle politiche territoriali e ambientali, Firenze, 1997;

Verso la relazione sullo stato dell'ambiente : stima delle pressioni ambientali nelle province della Toscana, ARPAT Firenze, 1997;

Rapporto sullo stato dell'ambiente in Toscana: 1997, Firenze, Regione Toscana, ARPAT, 1998;

Rapporto sullo stato dell'ambiente della regione Toscana: rapporto '98, prime riflessioni su ambiente occupazione per una Toscana del 2000, Firenze, Edizioni Regione Toscana, 1999;

GIUSEPPE ANCILLI, ALESSANDRO LIPPI, Il sistema informativo ambientale della Toscana: 4a conferenza regionale sullo stato dell'ambiente, Centro Affari, 12 aprile 1999, Firenze, ARPAT, 1999;

La città e i cittadini: campagna di informazione e partecipazione per l'ambiente, Ozono: provvedimenti e comportamenti, Comune di Firenze, 1996;

Campagna di informazione e partecipazione per l'ambiente. Provvedimenti e comportamenti anti ozono, Considerazioni ambientali e sanitarie, a cura del settore tecnico ARPAT-CEDIF, Comune di Firenze, 1998;

Comune di Firenze, Qualità dell'aria, <http://www.comune.firenze.it>;

Comune di Firenze, Valutazione preliminare dell'aria nel Comune di Firenze, Decreto n.21 aprile 1999, n. 163, <http://www.comune.firenze.it/servizi-pubblici/ambiente/aria/indice.htm>

Provincia di Firenze, Vediamo che aria tira, <http://www.provincia.firenze.it/ambiente>

Agenzia Regionale per la protezione ambientale della Toscana, Compatibilità ambientale dei distributori di carburante, Linee guida, Firenze, 1998;

L. COPPETTI, Carburanti a confronto, Meno benzene, meno inquinanti, il problema ora è il gasolio, in *Informatore*, n. 39, gennaio, 1997, pp. 10-11;

L. AGATI, Monitoraggio del benzene ed idrocarburi aromatici nell'area urbana di Firenze: correlazione con gli inquinanti tradizionali, L'esperienza del SMPA di Firenze, in: *Convegno il benzene: tossicologia negli ambienti di vita e di lavoro*, 1994, p. 21;

G. BINI, V. DI VAIO, E. LIGUORI, E. MARINI, L. PAGLIAI, Cancerogeni nell'ambiente urbano delle città italiane: Benzene e Benzo(a)pirene, in: *Seminario nazionale la prevenzione primaria dei tumori presupposti scientifici e strategie operative*, aprile 1997, p.20;

R. CREBELLI, S. LAGORIO, R. RICCIARELLO, Methodological issues in biomonitoring of low level exposure to benzene, in *Occupational Medicine*, vol. 48, n. 8, 1998, pp.497-504;

C. PLEBANI, C. SALERNO, G. TRANFO, Determinazione del benzene nell'aria espirata mista: indicatore biologico dell'esposizione a benzene mediante GC-MS, in *Fogli d'informazione ISPESL*, n. 2-3, 1998, pp. 55-58;

T. POMPILI, G. SPAGNOLI, S. TONNARINI, Studio sull'inquinamento da benzene, toluene, xileni nei distributori di carburante del circondario di Roma, in *Fogli d'informazione ISPESL*, n. 2-3 1998, pp. 64-71;

JAVELAUD, R. MOLLE, L. VIAN, Benzene exposure in car mechanics and road tanker drivers, in *Int. Arch. Occup. Enviro. Health.*, vol.71, n. 4, 1998, pp.277-283;

S. FUSELLI, I. IAVARONE, S. LAGORIO, Esposizione a benzene tra gli addetti alle stazioni di rifornimento e composizione della benzina, in *La Medicina del lavoro*, vol. 85, n. 5, 1994, pp. 412-421;

F. BRUGNONE, L. PERBELLINI, L. ROMEO, Benzene in environmental air human blood, in *Int. Arch. Occupational Environmental Health*, vol.71, 1998, pp.554-559;

RALPH I. NILSSON, ROLF G. NORDLINDER, CHRISTER TAGESSON, Genotoxic Effects, in Workers Exposed to Low Levels of Benzene from Gasoline, *American Journal of Industrial Medicine*, vol. 30, 1996, pp. 317-324;

XIPING XU, JOHN K. WIENCKE, TIANHUA NIU, Benzene Exposure, Glutathione S-Transferase Theta Homozygous Deletion, and Sister Chromatic Exchanges, in *American Journal of Industrial Medicine*, vol.33, 1998, pp.157-163;

P. J. LANDRIGAN, Benzene and Blood: One Hundred Years of Evidence, in *American Journal of Industrial Medicine*, vol.29, 1996, pp.225-226;

F. MENESES, I. ROMIEU, M. RAMIREZ, A Survey of Personal Exposures to Benzene, in Mexico City, *Archives of Environmental Health*, vol. 54, n.5, 1999, pp.359-363;

E. CAPODAGLIO, M. IMBRIANI, S. GHITTORI, Benzene: indicatori biologici urinari di esposizione ambientale, in *Prevenzione oggi*, n.4, 1998, pp.3-25;

ALLEGRI, A. FEBO, C. GILIBERTI, Benzene: campagna di studio nell'area veneziana, in *Inquinamento*, n.9, ottobre 1996, pp. 44-54;

Risultati contraddittori in due ricerche sul rischio benzene, in *Inquinamento*, n.5, maggio, 1996, p. 101;

FIOH, Department of Industrial Hygiene and Toxicology, Biomonitoring laboratory, Guideline for specimen collection, Benzene, 1999, <http://www.occuphealth.fi>

United States environmental Protection Agency, Benzene, File IRIS, 1998, <http://epa.gov>

COMUNE DI FIRENZE :
VALUTAZIONE PRELIMINARE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA
AI SENSI DEL D. M. AMBIENTE 21 APRILE 1999 (EX D.M. AMBIENTE, 23 OTTOBRE 1998)

SINTESI DELL'ISTRUTTORIA TECNICA

Premessa

La presente valutazione preliminare della qualità dell'aria nel Comune di Firenze, redatta secondo le indicazioni di cui all'allegato 1 del D. M. Ambiente 21 aprile 1999 (ex D.M. Ambiente 23 ottobre 1998 – abrogato), si avvale delle seguenti informazioni:

1. dati chimici e meteorologici rilevati dalla rete di monitoraggio della qualità dell'aria ed esiti di specifiche campagne di biomonitoraggio;
2. dati dell'inventario regionale delle emissioni, disaggregato ed elaborato a livello comunale;
3. risultati di una indagine sulle emissioni dalle varie tipologie di veicoli e loro contributo all'inquinamento urbano da traffico;
4. individuazione delle aree e delle tipologie di sito urbano in cui sono superati o sono a rischio di superamento i livelli di attenzione/allarme e gli obiettivi di qualità dell'aria ed entità della popolazione coinvolta;
5. analisi dei trend storici e attesi per i livelli di inquinamento, in relazione ai provvedimenti in atto e in programma.

Sulla base di tali informazioni, vengono individuate ipotesi di provvedimenti di limitazione della circolazione, finalizzati alla riduzione dell'impatto ambientale dovuto al traffico, e viene stimata la loro efficacia.

1. Sistema di monitoraggio della qualità dell'aria e parametri rilevati

Il monitoraggio della qualità dell'aria nel territorio comunale di Firenze viene condotto con sistemi conformi alle prescrizioni normative.

La rete di monitoraggio, attivata nel 1993, è costituita di n. 8 stazioni per il rilevamento dei parametri chimici oltre a n. 2 stazioni per il rilevamento dei parametri meteorologici ed è idonea sia al rilevamento della qualità dell'aria sia degli episodi acuti di inquinamento.

La struttura della rete di monitoraggio (localizzazione delle stazioni, classificazione ai sensi del D.M. Ambiente, 20 maggio 1991, inquinanti rilevati con sistemi automatici in continuo, informazioni sul sito) è sinteticamente descritta nella tabella 1.

Dall'anno 1994, in tre stazioni della rete diversamente caratterizzate per tipologia di sito urbano, vengono monitorati, mediante strumentazione e tecniche non automatizzate, anche benzene e benzo(a)pirene (BaP), secondo le indicazioni di cui al D.M. Ambiente, 25 novembre 1994.

2. Stato della qualità dell'aria

I dati rilevati nell'anno 1998 ed il confronto con gli standard e gli obiettivi di qualità sono sinteticamente riportati nella tabella 2, che mostra, per ciascun inquinante:

- il valore di riferimento
- il valore rilevato nelle stazioni di diversa tipologia o la media ed il range dei valori rilevati in più stazioni della medesima tipologia
- il numero di giorni di attenzione, per i parametri per cui sono fissate le rispettive soglie
- le sorgenti principali per ogni inquinante, il cui apporto sarà successivamente valutato in relazione all'inventario delle emissioni

Nella tabella 2 sono riportati in grassetto i parametri ed i rispettivi valori per i quali gli standard o gli obiettivi di qualità non sono rispettati. Relativamente a polveri (PM10), benzene e BaP il confronto viene presentato con i rispettivi "valori obiettivo" fissati per l'anno 1999.

Durante l'anno 1998, i cui livelli di inquinamento sono stati assunti a riferimento nella stesura della presente relazione, le condizioni meteorologiche non hanno mostrato periodi di persistente ed eccezionale diversità rispetto alle condizioni tipiche ricorrenti nelle varie situazioni stagionali. Conseguentemente, il quadro riepilogativo della qualità dell'aria descritto per l'anno 1998 può essere ritenuto rappresentativo e soggetto a modesta variabilità, a parità di quadro emissivo, per variazioni del quadro meteorologico contenute nella normalità.

Alcune indagini, condotte nel 1998 e in anni precedenti attraverso lo studio della popolazione lichenica e dei danni manifestati da piante di tabacco, hanno confermato la distribuzione territoriale dell'inquinamento sia per la generalità degli inquinanti che per quanto riguarda specificamente l'inquinante ozono.

3. Sorgenti di inquinamento

L'individuazione delle sorgenti maggiormente responsabili dell'inquinamento atmosferico rilevato è stata condotta attraverso la stima del quadro emissivo, valutato sulla base del censimento delle emissioni.

- Le sorgenti di tipo industriale e quella da impianti termici domestici sono risultate trascurabili o poco significative rispetto a quella da trasporti stradali.

Le quote di inquinamento attribuibili alla circolazione in ambito urbano delle varie categorie di veicoli a motore, stimate anche in base ai risultati di misure sulle emissioni allo scarico dei veicoli a motore (campagna volontaria promossa da Comune di Firenze e Automobile Club Firenze), sono risultate quelle indicate in tabella 3.

Le auto a benzina non catalizzate risultano responsabili di quote di emissione pari a 68% per ossido di carbonio (CO), 44% per idrocarburi (HC) o composti organici volatili (COV), 35% per ossidi di azoto totali (NOx), 48% per benzene.

I veicoli diesel commerciali risultano responsabili di quote di emissione pari a 45% per NOx, 74% per PM10.

I ciclomotori risultano responsabili dell'emissione di 44% per HC o COV, 38% per benzene.

4. Valutazione delle aree interessate

La valutazione delle aree interessate da livelli di inquinamento prossimi o superiore ai limiti di riferimento è stata condotta mediante un'applicazione modellistica, sulla base dei volumi di traffico determinati con un modello di assegnazione dei flussi e sulla base dei fattori di emissione per l'inquinante benzene. E' stato preso a riferimento l'inquinante benzene in quanto maggiormente significativo sotto vari profili (sanitario, disponibilità di dati, conoscenza delle sorgenti).

Le emissioni di benzene in grado di determinare livelli ambientali medi annuali superiori al valore obiettivo $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ si verificano, di norma, sugli archi stradali in cui il volume di traffico assume valori superiori a 1150 veicoli/ora (nell'ora di punta). Per veicoli si intendono "auto equivalenti" (ciclomotore = 0,3 auto eq., veicolo pesante = 2 auto eq.).

La distribuzione territoriale degli archi stradali con intensità di traffico pari o superiori al valore soglia definito è omogenea su tutto il centro abitato di Firenze e, in estrema sintesi, comprende i viali di circonvallazione, tutte le principali strade di accesso, alcune strade del centro storico.

5. Valutazione della popolazione coinvolta

La stima dell'entità della popolazione esposta a livelli di inquinamento urbano superiori alle soglie di riferimento e, nello specifico, al benzene, richiede conoscenze di dettaglio sulla dose assorbita

dai singoli individui. Il calcolo della dose, a sua volta, necessita della disponibilità di dati relativi alle concentrazioni atmosferiche di benzene presenti nei vari ambienti frequentati (esterni ed interni) e ai tempi di permanenza in tali ambienti. In realtà, sono disponibili solo informazioni sui livelli di benzene in alcune tipologie di sito urbano e, salvo che per particolari categorie di lavoratori, ben poco è indagato e conosciuto sulla qualità dell'aria degli ambienti confinati (abitazioni, uffici, etc..) anche per la grande variabilità di situazioni possibili.

L'ipotesi della quantità di popolazione esposta a concentrazioni di benzene superiori a $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ è stata fatta sulla base dei dati demografici di residenza o di prestazione di attività lavorativa in edifici o in aree prospicienti le strade a maggior traffico. Attraverso tale ipotesi, la popolazione coinvolta è stata quantificata in circa il 10% della popolazione che insiste sull'area urbana (50.000 persone).

6. Valutazioni riassuntive, provvedimenti in atto, trend riconosciuti e previsti

- (a) Per gli inquinanti PM10 e benzene i "valori obiettivo" risultano superati nei siti direttamente interessati dalle emissioni da traffico intenso, dove alcuni dati preliminari consentono di ritenere probabile anche il superamento del "valore obiettivo" per BaP.
- (b) Per l'inquinante CO si verificano superamenti, sia pur limitati e sporadici, o rischi di superamento, limitatamente ai siti caratterizzati da più intenso traffico
- (c) Per l'inquinante NO₂ si verificano superamenti della soglia di attenzione nei siti caratterizzati da traffico intenso e anche nelle aree residenziali.
- (d) Per l'inquinante O₃ si rilevano consistenti superamenti dello standard di riferimento nelle aree assimilabili a parco urbano, nelle aree residenziali a distanza di alcune decine di metri da strade importanti e nelle zone periferiche collinari.

Il traffico veicolare, nel suo complesso e per effetto sia delle emissioni primarie sia dei fenomeni di inquinamento secondario che determinano la formazione di ozono, pur in modo differenziato a seconda della tipologia dei veicoli, risulta la fonte preponderante di inquinamento per tutti i parametri superati o a rischio di superamento.

L'analisi dell'andamento dei livelli di inquinamento dal 1993 al 1998 evidenzia dei trend di generale riduzione per tutti i parametri ad eccezione dell'ozono.

I principali motivi di tale riduzione sono individuati in:

1. rinnovo del parco veicolare delle auto con progressiva sostituzione di auto non catalizzate con auto catalizzate (circa 7% all'anno)
2. effetto delle campagne di controllo delle emissioni (bollino)
3. miglioramento della qualità dei combustibili e dei carburanti
4. interventi sul trasporto pubblico e sulla organizzazione e gestione della sosta dei veicoli privati.

Ancora per i prossimi 2-3 anni, gli effetti riconducibili ai motivi di cui ai punti 1 e 2 continueranno a produrre la riduzione delle emissioni inquinanti.

Relativamente al punto 3, non sono da attendersi ulteriori importanti benefici in quanto il carburante attualmente distribuito nell'area urbana di Firenze può essere ritenuto di buona qualità (tenore di benzene 0,6-0,7 %).

Per quanto riguarda il punto 4, la realizzazione delle nuove busvie sulla direttrice Peretola - Porta a Prato ha contribuito ad assicurare la regolarità del mezzo pubblico con conseguente incremento del suo utilizzo. Nel contempo, come l'istituzione delle prime ZCS (zone a sosta controllata) ha ridotto l'uso del mezzo privato verso le varie zone a ridosso del Centro storico, l'ulteriore sviluppo delle medesime, attualmente in fase di realizzazione, ed il completamento del progetto produrranno ulteriori effetti generalizzati.

Altre positive ricadute sono attese dall'avvio della sostituzione dei ciclomotori circolanti (EURO 0) con ciclomotori dotati di catalizzatore (EURO 1), aventi livello di emissione significativamente inferiore (circa la metà), anche in conseguenza degli incentivi recentemente varati. L'attuale tendenza del mercato, inoltre, evidenzia l'incremento di vendite di motoveicoli targati che, normalmente, sono equipaggiati con motore a 4 tempi e quindi con emissioni di livello inferiore. E' attesa anche una modesta ma non trascurabile diffusione dei ciclomotori elettrici che, soprattutto per l'uso urbano, possono costituire una ragionevole e praticabile alternativa ai ciclomotori tradizionali.

Sono allo studio, in programma, in fase di realizzazione o già realizzati importanti progetti di natura strutturale, nella maggior parte dei casi con effetti a medio lungo termine, di cui ad oggi non è possibile stimare quantitativamente il beneficio in termini di miglioramento della qualità dell'aria.

Fra i principali si indicano:

- ◆ realizzazione di nuove aree pedonali e zone a traffico limitato (ZTL), istituzione di aree a sosta controllata (ZCS) e a sosta riservata ai residenti (ZPR)
- ◆ realizzazione di tramvie e busvie sulle principali direttrici
- ◆ realizzazione di piste ciclabili, di percorsi ciclo-pedonali e di aree attrezzate per la sosta e il noleggio di cicli
- ◆ incentivazione all'acquisto di veicoli elettrici e realizzazione di una rete di colonnine per la ricarica delle batterie dei ciclomotori a trazione elettrica
- ◆ parziale riconversione della flotta di bus del trasporto urbano da diesel a metano o a trazione elettrica
- ◆ ampliamento della rete di rifornimento per veicoli a metano
- ◆ rinnovo del parco veicolare comunale con veicoli a trazione elettrica, ibrida, a metano e a GPL
- ◆ adozione del piano carburanti (spostamento degli impianti di distribuzione e sostituzione con erogatori a recupero di vapori)
- ◆ razionalizzazione della mobilità urbana (nomina e inizio operatività dei mobility manager, car sharing e car pooling, "tempi e orari della città")
- ◆ incentivazione alla riconversione a metano di centrali termiche a combustibili liquidi
- ◆ adozione di criteri urbanistici e piani strutturali che favoriscano la riduzione dell'impatto delle emissioni da traffico (barriere verdi), favoriscano la dispersione naturale degli inquinanti (minore densità del tessuto edilizio, opportuna orientazione della viabilità principale), riducano la richiesta di mobilità (decentramento dei servizi, incremento delle infrastrutture telematiche).

Tuttavia il trend dei livelli di inquinamento rilevato negli anni passati e quello atteso per i prossimi non appare sufficiente a contenere tali livelli entro i valori limite e gli obiettivi di qualità fissati dalle norme.

Si stima, ad esempio, che per ricondurre la media annuale di benzene a valori inferiori a $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ anche nei siti urbani ad elevato traffico sia necessario ridurre le emissioni di almeno il 30% negli anni 1999 e 2000.

Di conseguenza dovranno essere adottati ulteriori provvedimenti come richiesto dal D.M. 21 aprile 1999.

Una delle azioni più efficaci e con effetti a breve termine, se validata dall'esito delle ricerche in corso, potrebbe risultare la catalizzazione dei ciclomotori circolanti, almeno per i modelli più recenti. Questa operazione potrebbe essere condotta in un periodo dell'ordine di 12-18 mesi e potrebbe consentire la riduzione del valore medio annuale di benzene di $1-2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, per efficienza di abbattimento 50-90%.

8. Provvedimenti di limitazione della circolazione

Poiché, nonostante i provvedimenti in atto, la valutazione preliminare dello stato della qualità dell'aria per il territorio comunale di Firenze evidenzia la necessità di ridurre ulteriormente i livelli di inquinamento, ai sensi del D. M. Ambiente 21 aprile 1999 il Sindaco è tenuto ad adottare provvedimenti di limitazione della circolazione eventualmente differenziati per continuità, periodicità, durata, tipologia di veicoli a motore.

Le categorie di veicoli responsabili dell'emissione dei singoli inquinanti richiamati ai commi 1, 3 e 4 dell'art.4, rispettivamente benzene, idrocarburi policiclici aromatici (in particolare benzo(a)pirene) e particelle sospese PM10, anche se in quantità diversa, sono:

inquinante	Categoria veicoli
Benzene	Veicoli alimentati a benzina (auto, moto e ciclomotori)
Benzo(a)pirene e altri IPA	Tutti i veicoli a motore (termico)
Particolato PM10	Veicoli con motore diesel

Ne consegue la necessità di intervenire su tutte le tipologie di veicoli a motore.

Le categorie di veicoli a motore responsabili dei maggiori contributi all'inquinamento atmosferico, come indicato al punto 3., sono state individuate in:

- auto non catalizzate
- ciclomotori non catalizzati
- veicoli diesel commerciali

In linea di massima, gli interventi potranno offrire benefici misurabili solo se riguardanti i periodi stagionali, i giorni della settimana e le fasce orarie corrispondenti ai maggiori volumi di traffico.

A causa della distribuzione diffusa su tutto il territorio comunale di strade con volumi di traffico tali da poter produrre il possibile superamento dell'obiettivo di qualità per il benzene, appare necessario estendere i provvedimenti di limitazione all'intera area del Comune di Firenze. Inoltre, la presenza di specificità nella distribuzione modale degli spostamenti all'interno della Zona a Traffico Limitato (prevalenza di utilizzo di ciclomotori), che può determinare rischio di superamento dell'obiettivo di qualità, induce a ipotizzare anche provvedimenti che interessino questa particolare area della città.

Sono state studiate e valutate alcune ipotesi consistenti di limitazione alla circolazione nei confronti di auto e ciclomotori non catalizzati, in quanto maggiormente responsabili delle emissioni di benzene.

Sono state valutate, quindi, le seguenti ipotesi d'intervento:

- A. Divieto di circolazione nel centro abitato di Firenze (ZTL esclusa) per gli autoveicoli a benzina non catalizzati (con diverse modalità di attuazione: divieto assoluto, targhe alterne).
- B. Divieto di circolazione all'interno della ZTL per gli autoveicoli a benzina non catalizzati.
- C. Divieto di circolazione all'interno della ZTL per ciclomotori non catalizzati.

Per l'ipotesi A, le stime indicano che, presumibilmente, per ottenere una consistente riduzione delle emissioni generalizzata su tutta l'area urbana occorre istituire un divieto oneroso, ovvero prolungato

nel tempo: il divieto assoluto vigente per le auto a benzina non catalizzate in tutti i giorni feriali fra le ore 7 e le ore 18 potrebbe portare ad una riduzione delle emissioni di benzene compresa tra il 12% ed il 23%. Un intervento della stessa durata ma con modalità tipo "targhe alterne" potrebbe produrre una riduzione compresa tra il 3% ed il 12%.

Per l'ipotesi B, viene valutato che il divieto assoluto (esteso ad ogni giorno e per l'intera durata di questo) potrebbe produrre una riduzione compresa tra il 22% ed il 45% di emissioni di benzene, limitatamente all'interno della ZTL.

In merito all'ipotesi C, suggerita dal fatto che all'interno della ZTL assumono assoluta predominanza le emissioni dei ciclomotori (almeno nelle ore di vigenza di questa, ovvero 7,30-18,30), è stato stimato che con il naturale o incentivato ricambio dei ciclomotori e l'eventuale diffusione del kit di catalizzazione si potrebbero ottenere significative riduzioni delle emissioni in tempi relativamente brevi: ad esempio, un ricambio annuo del 10% ed una diffusione piuttosto estesa del kit di catalizzazione (circa il 30% dei rimanenti ciclomotori, in un anno) potrebbe già portare alla riduzione delle emissioni compresa tra il 10% ed il 20%. L'adozione del divieto di circolazione in ZTL, nelle ore di vigenza di essa, per ciclomotori non catalizzati potrebbe portare una riduzione delle emissioni di benzene di circa il 30% delle emissioni complessive nella ZTL medesima.

Le stime presentate sono esemplificative dell'effetto presumibilmente ottenibile sui livelli ambientali di benzene con le riduzioni di traffico ipotizzate. La loro elaborazione è stata condotta al fine di orientare sul grado di efficacia atteso in funzione dell'entità della limitazione ipotizzata.

In linea di massima, gli effetti possono essere considerati additivi anche se la valutazione più complessiva dei provvedimenti, quelli indicati o altri ipotizzabili, dovrà ovviamente tenere conto di tutta una serie di ulteriori variabili connesse all'intera problematica (differimento degli orari degli spostamenti, utilizzo di mezzi sostitutivi, effetti feed-back, gestibilità del provvedimento, etc.).

Non sono state presentate stime ed elaborazioni per gli altri inquinanti e per ipotesi di limitazione della circolazione a carico di altre tipologie di veicoli. Tuttavia, il contenimento dei volumi di traffico attraverso limitazioni alla circolazione delle auto non catalizzate e dei ciclomotori non catalizzati determina riduzioni di emissione di entità variabile anche per BaP e PM10 oltre che per inquinanti convenzionali (CO, NOx). Limitazioni per veicoli diesel, soprattutto veicoli commerciali e pesanti, garantirebbero riduzioni di emissione più sostanziose per BaP, PM10 e NOx.

Tab. 1 = caratteristiche strutturali delle Rete di monitoraggio di Firenze

Stazione	Tipo	Parametri rilevati	Informazioni aggiuntive sul sito
Boboli	A	PM10, SO ₂ , CO, NO _x , O ₃	Parco monumentale nelle adiacenze del centro storico.
Viale Ugo Bassi	B	PM10, SO ₂ , CO, NO _x	In giardino, a 20 m da strada a basso traffico, in quartiere residenziale.
Via di Scandicci	B	SO ₂ , CO, NO _x	In giardino, a 10 m da strada a medio traffico, in quartiere residenziale con strade di attraversamento ad alto traffico.
Via di Novoli	B	SO ₂ , CO, NO _x , O ₃	In giardino, a 50 m da strada ad alto traffico, in quartiere residenziale.
Viale A. Gramsci	C	PM10, CO, NO _x	Viale di circonvallazione a 4 corsie ad alto traffico (3000 veic/h per molte ore al giorno).
Viale F.lli Rosselli	C	PM10, CO, NO _x , NMHC	Viale di circonvallazione a 6 corsie ad alto traffico (5000 veic/h per molte ore al giorno).
Via Ponte alle Mosse	C	PM10, SO ₂ , CO, NO _x	Strada di penetrazione a 2 corsie a medio traffico (1000 veic/h per molte ore al giorno).
Settignano	D	NO _x , O ₃	In area collinare a 5 Km ad est del centro storico.

Tab. 2 = Livelli di inquinamento rilevati nell'anno solare 1998 e principali sorgenti

Inquinante (u.m.)	Valore limite o di riferimento	Valore medio rilevato	Range (min- max)	Tipo di stazione	Stati di Attenzione	Sorgenti principali
PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	40 come media annuale (da 1/1/1999)	26		A	Non previsto	Veicoli diesel, traffico
		36		B		
		51	44-58	C		
SO₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	80 come mediana annuale di medie 24 ore	5		A	n. 0	Impianti termici industriali e domestici alimentati con combustibili solidi e liquidi (carbone, olio e gasolio), emissioni industriali specifiche
		6	4-7	B		
		7		C		
	250 come 98° percentile di medie 24 ore	14		A		
		16	12-17	B		
		19		C		
CO (mg/m^3)	10 come media di 8 ore da non superare	Sup. n° 0		A	n. 1 (media 1 ora)	Auto pre Direttiva 91/441 CEE (benzina e gas non catalizzate)
		Sup. n° 0		B		
		Sup. n° 1,5	0-3	C (*)		
NO₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	200 come 98° percentile di medie orarie	111		A	n. 4	Veicoli diesel (medi e pesanti), auto pre Direttiva 91/441 CEE (benzina e gas non catalizzate), impianti termici domestici
		124	113-144	B		
		157	144-177	C		
O₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	200 come media oraria da non superare	Sup. n° 9		A	n. 28	Auto pre Direttiva 91/441 CEE (benzina e gas non catalizzate), ciclomotori, veicoli diesel
		Sup. n° 29		B		
		Sup. n° 72		D		
Benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (**)	10 come media annuale (da 1/1/1999)	4		A	Non previsto	Auto pre Direttiva 91/441 CEE (benzina e gas non catalizzate), ciclomotori pre Direttiva 97/24 CE
		6	5-7	B		
		15	11-19	C (*)		
BaP (ng/m^3)	1 come media annuale (da 1/1/99)	<1		A	Non previsto	Veicoli diesel, ciclomotori (***)
		≈ 1		B		
		> 1		C		

(*) Stazioni Rosselli e Gramsci; non è stata considerata la stazione Mosse perché dal settembre 1997, a seguito di modifiche alla circolazione, i volumi di traffico diurno sono diminuiti da 1600 veic/h a 1000 veic/h e quindi attualmente rappresenta un sito a medio traffico e non ad alto traffico.

(**) Valori in parte misurati e in parte stimati in base alla concentrazione media annuale di CO, v. testo

(***) Sono in corso studi finalizzati a confermare la presenza di BaP e altri IPA nelle emissioni dei ciclomotori

Tab. 3 = ripartizione per categorie di veicoli delle quote di emissione dal settore trasporti

<i>inquinante</i>	<i>Tipologia di veicoli a motore</i>	<i>Contributo</i>
CO	Auto nokat	68 %
	Auto kat	11%
	Ciclomotori	12 %
	Motocicli	5 %
	Diesel commerciali	4 %
	Bus urbani e non	trascurabile
COV	Auto nokat	44 %
	Auto kat	9 %
	Ciclomotori	44 %
	Motocicli	3 %
	Diesel commerciali	trascurabile
	Bus urbani e non	trascurabile
NO _x	Auto nokat	35 %
	Auto kat	8 %
	Ciclomotori	trascurabile
	Motocicli	trascurabile
	Diesel commerciali	45 % compreso auto
	Bus urbani e non	12 %
benzene	Auto nokat	48 %
	Auto kat	12 %
	Ciclomotori	38 %
	Motocicli	2 %
	Diesel commerciali	trascurabile
	Bus urbani e non	trascurabile
PM10	Auto nokat	7 %
	Auto kat	1 %
	Ciclomotori	Non stimato
	Motocicli	Non stimato
	Diesel commerciali	74 %
	Bus urbani e non	18 %

Nella stessa collana:

Il benzene nella città di Firenze. Atti del seminario 19 aprile 1999, Firenze
(2000)

Sicurezza ambientale dei distributori di carburante. Linee guida
(1999)

Sui sentieri della sostenibilità. Materiali di formazione per la presentazione delle Agende 21 in Toscana
(1999)

Percorsi e proposte di educazione ambientale per la sostenibilità dello sviluppo
Catalogo 1999-2000
(1999)

Colpo di fuoco batterico. Controlli e prevenzione in vivaio e in colture in atto
(1999)

Le modificazioni genetiche nei vegetali
(1999)

Progetti formativi per la protezione ambientale: le politiche di risanamento e protezione del Comune di Firenze
e il ruolo di ARPAT
(1999)

Le nuove norme comunitarie per la commercializzazione delle piante ornamentali da orto e da frutto
(1998)

Compatibilità ambientale dei distributori di carburante. Linee guida
(1998)

Qualità biologica delle acque superficiali della Versilia. Il reticolo idrografico dei fossi di bonifica 1994-1997
(1998)

Relazione sanitaria anno 1997
(1998)



ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana

Direzione generale
Via N. Porpora, 22
50144 Firenze
tel. 055 - 32061 - fax 055 - 3206324