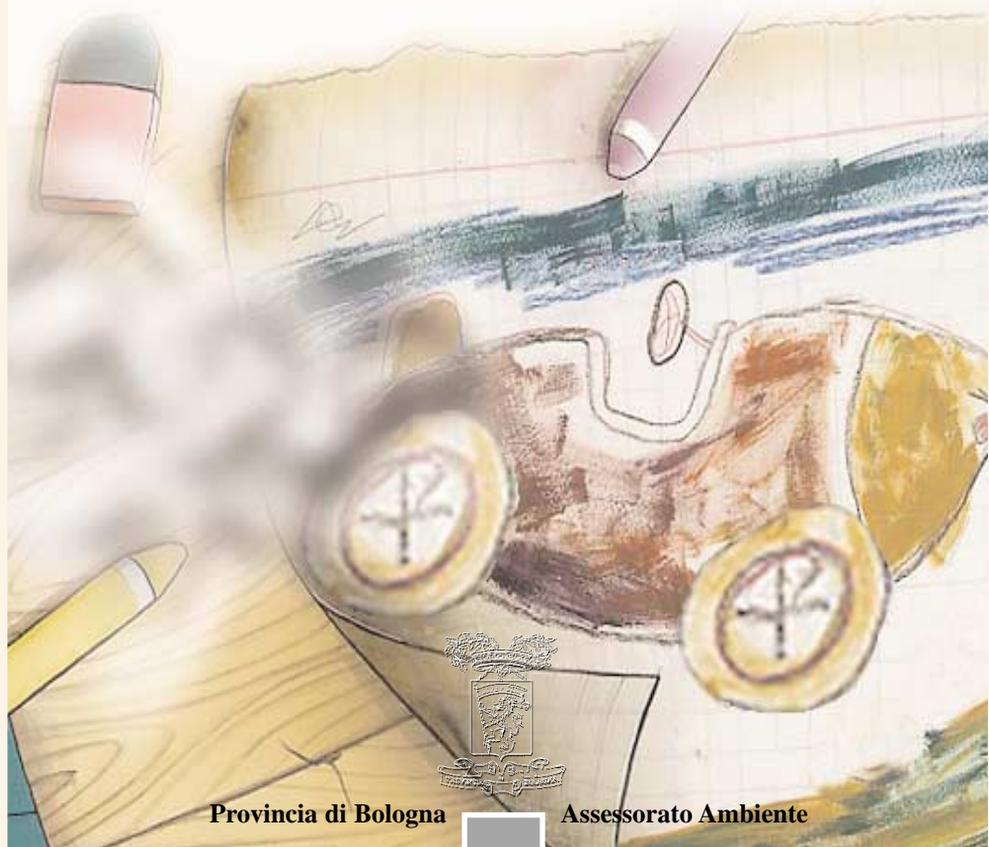




QUADERNI DEL ROSPO

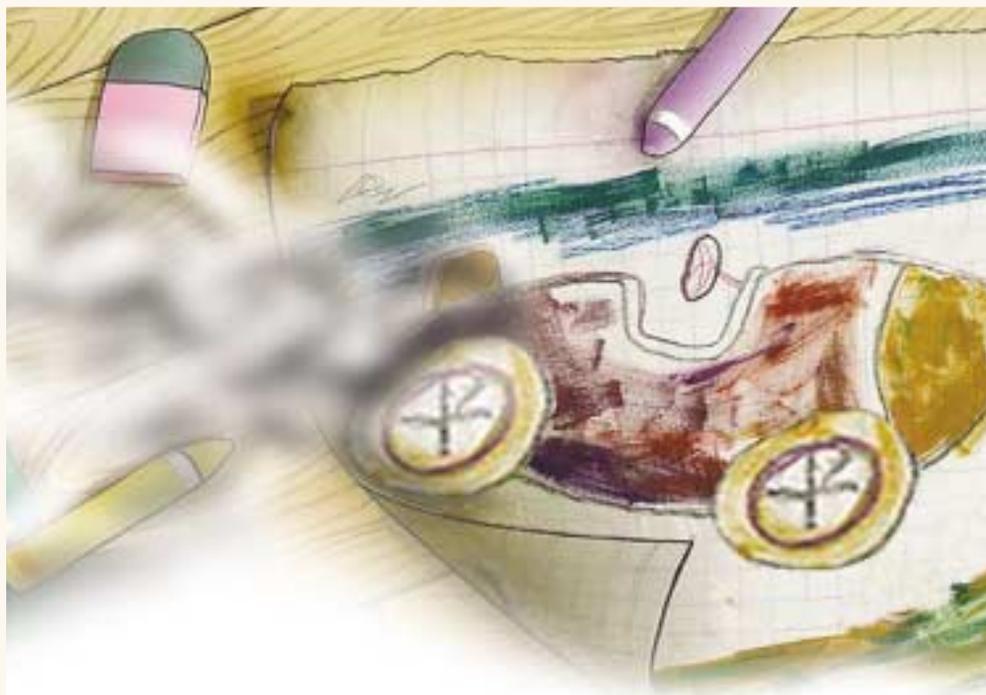
PERIODICO DI INFORMAZIONE AMBIENTALE

*Indagine sui livelli di esposizione
personale e ambientale ai composti organici
volatili (COV-Benzene) in 71 scuole della
prima infanzia della Provincia di Bologna*



Provincia di Bologna

Assessorato Ambiente



AUTORI:

Claudio Po, Mauro Mariotti - Dipartimento di Prevenzione AUSL Città di Bologna

Serena Lanzarini - Dipartimento di Prevenzione AUSL Imola

Laura Maffioli, Fulvio Romagnoli, Maurizia Zanini - Dipartimento di Prevenzione AUSL Bologna Sud

Roberta Santini - Dipartimento di Prevenzione AUSL Bologna Nord

Arturo Arbizzani - Consulente



*Indagine sui livelli
di esposizione personale
e ambientale
ai composti organici volatili
(COV-Benzene)
in 71 scuole
della prima infanzia
della Provincia
di Bologna*



INDICE

PRESENTAZIONE.....	3
INTRODUZIONE.....	4
LA RICERCA.....	6
Conduzione dell'indagine.....	7
RISULTATI.....	9
CONSIDERAZIONI SUI DATI.....	14
Benzene.....	14
Toluene.....	16
Xileni.....	17
CONSIDERAZIONI FINALI.....	18
BENZENE.....	19
Proprietà chimico fisiche.....	19
Sorgenti ambientali.....	19
Presenza nell'aria.....	20
Determinazione in aria.....	20
Vie di esposizione.....	20
Tossicocinetica.....	21
Effetti sulla salute.....	22
Principali studi sull'uomo.....	24
GLOSSARIO.....	28
BIBLIOGRAFIA.....	32

PRESENTAZIONE

Nell'ambito del Programma di riduzione delle emissioni di Composti Organici Volatili, predisposto dalla Provincia di Bologna nell'anno 2000, è stata finanziata un'indagine sui livelli d'esposizione personale ed ambientale al benzene in 71 scuole della prima infanzia della Provincia.

L'indagine, condotta dai quattro Dipartimenti di Prevenzione delle AUSL della Provincia di Bologna in collaborazione con ARPA – Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente, con 24 amministrazioni comunali ed il personale delle scuole interessate, si è svolta dal 22 al 26 ottobre 2001, contemporaneamente in 71 scuole scelte in base a criteri di territorialità e di tipologia urbanistica.

I valori delle misure effettuate su larga scala all'interno delle scuole dell'infanzia della Provincia di Bologna, se riferite al valore obiettivo attualmente vigente di 10 mg di benzene per m³ d'aria, mediamente danno un quadro entro i limiti di legge.

Tuttavia, considerando che in periodi più sfavorevoli per la dispersione degli inquinanti di origine veicolare si possono attendere concentrazioni maggiori di quelle misurate, si può presumere che, soprattutto a Bologna, il valore di 5 µg/m³ di benzene può essere avvicinato e, in alcuni periodi, raggiunto e superato.

Dall'indagine emerge anche un altro dato interessante: sommando i valori medi dei campionatori passivi posizionati all'esterno delle scuole, nelle loro immediate vicinanze, si ottiene il valore di fondo provinciale nella settimana considerata, che è risultato pari a 2,4 µg/m³, contro il valore limite per la tutela della salute umana di circa 5 µg/m³, rilevato a livello stradale da raggiungere progressivamente entro il 1° gennaio 2010.

Infine occorre osservare che all'interno delle scuole la concentrazione dei BTX (Benzene, Toluene, Xileni) è sempre superiore a quella esterna misurata in vicinanza delle scuole stesse, mediamente del 10-20%.

Per il futuro si potrebbe pensare ad un'indagine mirata alla natura e composizione dei prodotti di pulizia e del materiale didattico (pennarelli, colori, ecc.) per verificare il loro effettivo contenuto di BTX, e alla stesura di un Protocollo per evitare di introdurre ulteriori sorgenti inquinanti di VOC (vedi glossario): materiali, arredi, materiale didattico e giochi, prodotti di pulizia.

TUTELA E PROMOZIONE DELLA SALUTE NEGLI AMBIENTI CONFINATI

Il Ministero della Sanità, nel 2001, in accordo con le Regioni ha elaborato Linee Guida per rendere operativi gli indirizzi strategici per la prevenzione e la promozione della salute negli ambienti confinati e raggiungere in tal modo importanti obiettivi di salute (Gazzetta Ufficiale n. 276, 2001).

La ricerca epidemiologica e recenti studi più approfonditi hanno infatti evidenziato che la salute della popolazione può essere danneggiata dall'esposizione a certi comuni inquinanti dell'aria, a livelli molto inferiori a quanto ritenuto fino a qualche anno fa.

In questi ultimi decenni sono stati condotti studi più puntuali della qualità dell'aria "indoor", documentando profondi mutamenti qualitativi e quantitativi della stessa, con un progressivo aumento in assoluto delle sostanze inquinanti.

Su tali mutamenti hanno influito:

- i nuovi criteri tecnico-progettuali per migliorare l'isolamento degli edifici, per far fronte alla crisi energetica, con conseguente spinta a sigillare gli ambienti interni ed a sostituire le modalità naturali di aerazione con mezzi artificiali;
- i nuovi materiali per mobili e rivestimenti;
- il crescente impiego di fotocopiatrici, videoterminali e stampanti e di prodotti chimici per la pulizia e la manutenzione degli edifici.

Molti composti chimici presenti nell'aria *indoor* sono noti o sospettati di causare irritazione o stimolazione dell'apparato sensoriale e possono dare vita a un senso di disagio sensoriale e ad altri sintomi comunemente presenti nella cosiddetta "sindrome da edificio malato".

Le Linee Guida ministeriali dedicano particolare attenzione alle scuole dove lavorano e vivono, in 32.000 edifici, 10 milioni di persone ogni giorno, e dove si segnalano spesso problemi igienico-sanitari a causa della cattiva qualità delle costruzioni e della manutenzione e problemi collegati al cattivo condizionamento dell'aria.

INTRODUZIONE

Il benzene presente nell'aria dei centri urbani grandi o piccoli deriva principalmente dai carburanti dei veicoli a motore, formandosi nei processi di combustione degli idrocarburi, e in misura minore dalla evaporazione delle benzine. Negli ambienti domestici vi sono possibili sorgenti di benzene a basse concentrazioni, tra cui quella derivata dal fumo di sigaretta.

I danni che il benzene induce sull'uomo sono prevalentemente a carico del sistema ematico e linfatico e si distinguono in:

- a) danni di tipo tossicologico: anemia, linfopenia, trombocitopenia, pancitopenia;
- b) danni di tipo cancerogeno: leucemie;
- c) danni di tipo genetico: a carico dei cromosomi degli spermatozoi nell'uomo o degli ovociti nella donna.

Sin dal 1982 il benzene è classificato dalla IARC [International Agency for Research on Cancer] nel gruppo I dei cancerogeni certi per l'uomo, sulla base di evidenze sull'uomo e più recentemente, nel 1987, anche sulla base di risultati ottenuti in studi sperimentali su animali.

La più convincente relazione è stata trovata tra esposizione a benzene e sviluppo di leucemia acuta non linfocitica. In questo caso, come per tutti i cancerogeni, nessuna concentrazione può essere considerata sicura, e la valutazione del rischio è basata su esposizioni a vita.

Per questo motivo le Linee Guida dell'OMS per l'Europa (1999) sulla qualità dell'aria non specificano un valore limite per questo inquinante. Invece forniscono come media geometrica il range di stima dell'eccesso di rischio per esposizioni a vita ad una concentrazione nell'aria di $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, che è di 6 per 1.000.000. La concentrazione nell'aria di benzene associato con un eccesso di rischio per esposizioni a vita è di 1 caso per 10.000, 1 per 100.000, 1 per 1.000.000 se l'esposizione della popolazione è rispettivamente 17; 1,7; $0,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$. A causa della natura cancerogena del benzene dovrebbe essere ridotta al livello più basso possibile.

Il limite di legge attuale in tutto il territorio della Comunità Europea è di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e deve diventare $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nel 2010.

 u progetto della Provincia di Bologna, deliberato nel luglio del 2000, i Dipartimenti di Sanità Pubblica delle Aziende USL città di Bologna, Bologna Nord, Bologna Sud e Imola, con il supporto tecnico dell'Agenzia Regionale Per l'Ambiente (ARPA), dal 22 al 26 ottobre del 2001, hanno svolto un'indagine in 71 scuole della prima infanzia di 24 comuni per misurare, sull'intero periodo considerato, sia i livelli ambientali di benzene, toluene e xileni (BTX), interni ed esterni alle scuole, sia i livelli di esposizione alle stesse sostanze del personale scolastico e dei ragazzi limitatamente alle ore di apertura delle scuole stesse.

La rilevanza dello studio è legata al fatto che i dati forniti dal Ministero della Sanità provengono in gran parte dalla letteratura scientifica internazionale mentre scarseggiano campagne di misura e attività di ricerca in generale, per quantificare il fenomeno *indoor* nella nostra realtà nazionale e locale.

L'obiettivo successivo, quello di modificare le situazioni di nocività o i fattori che le determinano, non è facile da raggiungere e in ogni caso appare improbabile raggiungere una situazione priva di rischi.

Più realisticamente, nel medio periodo, l'obiettivo è minimizzare i rischi per la salute proponendo ai Sindaci interessati o ad altre Autorità competenti di prestare un'attenzione specifica agli edifici scolastici esistenti, da costruire o da ristrutturare, che andrebbe formalizzata in protocolli specifici predisposti con il contributo degli uffici tecnici comunali, dei fornitori di servizi agli edifici, delle istituzioni scolastiche, degli insegnanti e delle famiglie.

LA RICERCA

CONDUZIONE DELL'INDAGINE

L'indagine si è svolta simultaneamente in 71 scuole della prima infanzia, comunali, statali e private, di 24 diversi comuni della Provincia di Bologna, ubicate in aree di differente tipologia, e in 38 postazioni stradali della rete provinciale predisposta per la valutazione della qualità dell'aria.

- A Bologna: in 9 diversi Quartieri;
- Nel territorio della A-USL Bologna Nord: 2 scuole a Budrio, Castenaso, S. Giovanni in Persiceto, Sala Bolognese, 1 scuola a Trebbo di Reno, Castel Maggiore, Medicina, Funo di Argelato, Argelato, Quarto di Granarolo Emilia, Bentivoglio;
- Nel territorio della A-USL Bologna Sud: 4 scuole a Casalecchio di Reno, 3 scuole a San Lazzaro di Savena, 2 scuole a Calderara, Anzola dell'Emilia, Sasso Marconi, Zola Predosa, Pianoro e Ozzano Emilia, 1 scuola a Crespellano;
- Nel territorio dell'A-USL di Imola: 10 scuole a Imola, 2 scuole a Castel San Pietro Terme, 1 scuola a Dozza Imolese, Castel Guelfo e Mordano.

Tabella 1

Istituzioni coinvolte nell'indagine suddivise per AUSL, numero di Scuole, Comuni e postazioni stradali dei campionatori

A- USL	Numero scuole	Numero comuni	Postazioni stradali
Bologna	20	1	10
Bologna Nord	16	9	10
Bologna Sud	20	9	9
Imola	15	5	9
Totale	71	24	38

I campionatori passivi usati nell'indagine sono stati messi a disposizione dalla sezione provinciale di Bologna dell'ARPA che successivamente ha effettuato le analisi gascromatografiche.

L'indagine, coordinata e seguita in ogni sua fase da un libero professionista incaricato dall'Azienda USL Città di Bologna, capofila del progetto, è stata condotta in collaborazione con il personale delle scuole,

LA RICERCA

dei comuni, dei Dipartimenti di Sanità Pubblica delle 4 Aziende Sanitarie bolognesi e dell'ARPA, senza alterare le normali attività scolastiche.

Coinvolgendo direttamente gli Organi responsabili della gestione delle scuole interessate, per ciascuna di esse è stato individuato l'insegnante (referente) a cui affidare il delicato compito di attivare e disattivare ogni giorno i campionatori utilizzati per rilevare l'esposizione personale, e di organizzare la sostituzione in caso di assenza o di necessità.

Tutti i referenti sono stati istruiti personalmente relativamente alle operazioni da effettuare nei giorni stabiliti, dalla registrazione degli orari di attivazione del campionatore, alle procedure da attuare in caso di errore.

Analoga iniziativa è stata intrapresa con il personale dei 24 comuni e con gli operatori dei 4 Dipartimenti coinvolti nell'indagine.

A tutti gli interessati, prima dell'inizio dell'indagine, sono stati consegnati i campionatori opportunamente contrassegnati, le schede di rilevazione e le istruzioni scritte delle varie operazioni da svolgere per contenere, per quanto possibile, gli errori in fase esecutiva.

In ciascuna scuola materna sono stati posizionati 3 campionatori: due per rilevare il livello di concentrazione ambientale (uno all'esterno dell'edificio scolastico¹, l'altro all'interno dell'aula dell'insegnante di riferimento) che sono rimasti attivi per 96 ore, pari a 4 giorni consecutivi; il terzo campionatore, utilizzato per rilevare l'esposizione dei bambini e del personale della scuola, è rimasto attivo, anch'esso nell'aula dell'insegnante di riferimento, solo durante le 45 ore di apertura della scuola (8-17) nel corso della settimana di misure. Infine, nelle postazioni più vicine alle scuole e nei punti corrispondenti, ove possibile, a quelli delle precedenti rilevazioni ambientali invernali ed estive per la valutazione della qualità dell'aria, sono stati posizionati 38 campionatori, anch'essi attivi per 96 ore, per valutare il grado di inquinamento urbano generato dal traffico nella settimana d'indagine.²

Le operazioni di apertura e chiusura dei campionatori stradali sono state affidate ai tecnici dei comuni.

Alla consegna dei campionatori e al loro ritiro, rispettivamente il lunedì e il venerdì, hanno provveduto i tecnici dei quattro Dipartimenti di Sanità Pubblica.

I 255 campionatori ritirati nelle scuole e nei comuni sono stati conservati in frigorifero fino al momento della consegna all'ARPA per le analisi.

¹ Sistemato all'interno di un contenitore per ripararlo dalle intemperie a 2,5 m di altezza.

² Le stazioni di rilevamento lungo le strade sono caratterizzate da traffico intenso (stazioni di tipo C - DM 20 maggio 1991).

RISULTATI

PREMESSA

Il tempo teorico di esposizione dei campionatori passivi stradali esterni ed interni per monitorare i livelli di concentrazione ambientale, come si è detto, era di 96 ore, mentre quello dei personali era di 45 ore.

I tempi di esposizione dei campionatori sono stati generalmente rispettati, ma dove si sono verificati errori (massimo 9%), gli scarti sono stati corretti moltiplicando il valore di concentrazione fornito dall'analista per le ore teoriche e dividendolo per quelle di reale esposizione.

In un numero limitato di casi i dati sono stati perduti sia in fase di analisi (3 campionatori) sia perché non erano state rispettate le premesse dell'indagine, in particolare campionatori personali che non erano stati opportunamente tappati al termine dell'orario di apertura della scuola (in 7 scuole).

I suddetti valori non sono stati considerati e non compaiono nelle tabelle che seguono.

Tabella 2

BENZENE - Valori rilevati, range e valore medio per AUSL e ubicazione confrontati con i valori dei relativi campionatori stradali

USL	Campionatori scuole materne			Campionatori stradali	
	Ubicazione	Range $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Valore medio $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Range $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Valore medio $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Bologna	Esterno	2.1 - 5.1	3.1	6.0 - 12.0	7.9
	Personale	2.1 - 7.8	3.6		
	Interno	2.4 - 4.9	3.4		
Bo Nord	Esterno	1.6 - 2.9	2.2	3.1 - 5.2	4.1
	Personale	1.6 - 4.2	2.6		
	Interno	2.1 - 3.2	2.6		
Bo Sud	Esterno	1.5 - 3.1	2.2	2.2 - 6.9	4.6
	Personale	1.9 - 4.2	2.9		
	Interno	1.7 - 4.2	2.7		
Imola	Esterno	1.6 - 2.3	1.9	1.8 - 6.8	3.8
	Personale	1.6 - 3.3	2.3		
	Interno	1.7 - 3.3	2.3		

RISULTATI

Tabella 3

TOLUENE E XILENE - Valori rilevati, range e valore medio per AUSL e ubicazione confrontati con i valori dei relativi campionatori stradali

	Campionatori scuole materne			Campionatori stradali	
USL	Ubicazione $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Range $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Valore medio $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Range $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Valore medio $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Bologna					
Toluene	Esterno	8.0 - 29.7	16.4	30.0 - 77.0	48.6
	Interno	12.8 - 42.0	21.3		
	Personale	2.1 - 68.2	24.5		
Xileni	Esterno	10.2 - 37.3	18.7	33.0 - 97.0	60.4
	Interno	13.6 - 66.3	25.8		
	Personale	10.2 - 56.8	26.2		
Bo Nord					
Toluene	Esterno	6.1 - 12.3	9.3	12.6 - 27.8	21.5
	Interno	9.6 - 31.5	15.6		
	Personale	6.9 - 27.1	16.4		
Xileni	Esterno	6.9 - 15.4	11.3	13.1 - 32.6	23.7
	Interno	12.4 - 30.6	17.2		
	Personale	9.5 - 34.5	17.0		
Bo Sud					
Toluene	Esterno	4.4 - 15.9	9.5	10.4 - 36.4	23.0
	Interno	6.8 - 24.0	15.3		
	Personale	8.8 - 42.4	14.9		
Xileni	Esterno	5.1 - 17.9	11.7	11.9 - 38.6	27.0
	Interno	7.2 - 25.1	16.2		
	Personale	8.5 - 45.8	16.8		
Imola					
Toluene	Esterno	5.1 - 11.5	7.8	10.9 - 39.4	20.8
	Interno	8.4 - 32.5	14.5		
	Personale	6.6 - 23.1	13.		
Xileni	Esterno	6.9 - 14.3	9.8	11.9 - 44.5	23.4
	Interno	9.0 - 33.6	16.3		
	Personale	7.7 - 31.01	5.9		

RISULTATI

Tabella 4

Confronti tra i dati ambientali interni [I] ed esterni [E] alle scuole e di esposizione del personale [P]

BENZENE	Campionatori nelle scuole				Campionatori stradali					
	P	I	E	ordine	P/I	I/E	S	ordine	S/E	
AUSL										
Bologna	3.6	3.4	3.1	1	1.1	1.1	7.9	1	2.5	
Bologna Nord	2.6	2.6	2.2	3	1.0	1.2	4.1	3	1.9	
Bologna Sud	2.9	2.7	2.2	2	1.1	1.2	4.6	2	2.1	
Imola	2.3	2.3	1.9	4	1.0	1.2	3.8	4	2.0	
TOLUENE	Campionatori nelle scuole				Campionatori stradali					
	P	I	E	ordine	P/I	I/E	S	ordine	S/E	
AUSL										
Bologna	24.5	21.3	16.4	1	1.2	1.3	48.6	1	3.0	
Bologna Nord	16.4	15.6	9.3	2	1.1	1.7	21.5	3	2.3	
Bologna Sud	14.9	15.3	9.5	3	1.0	1.6	23.0	2	2.4	
Imola	13.0	14.5	7.8	4	0.9	1.9	20.8	4	2.7	
XILENI	Campionatori nelle scuole				Campionatori stradali					
	P	I	E	ordine	P/I	I/E	S	ordine	S/E	
AUSL										
Bologna	26.2	25.8	18.7	1	1.0	1.4	60.4	1	3.2	
Bologna Nord	17.0	17.2	11.3	2	1.0	1.5	23.7	3	2.1	
Bologna Sud	16.8	16.2	11.7	3	1.0	1.4	27.0	2	2.3	
Imola	15.9	16.3	9.8	4	1.0	1.7	23.4	4	2.4	

Tabella 5

Benzene a livello stradale per Quartiere di rilevazione di Bologna

Quartiere	Punto prelievo	ottobre 2001 settimana di analisi	2001 estiva	Benzene $\mu\text{g}/\text{m}^3$				
				inver.	2000 estiva	inver.	1999 estiva	inver.
B. Panigale	Ospedale Maggiore	6	5	10	4	10	-	13
Navile	Zanardi	6	5	14	3	7	5	9
Navile	Piazza S. Donato	8	-	-	6	-	15	13
Porto	Sabotino	7	5	12	5	10	-	16
S. Donato	Piazza Mickiewicz	10	5	12	5	15	10	15
S. Vitale	Massarenti-Golfarelli	7	5	12	5	13	7	14
S. Stefano	Ortolani 14	9	6	14	6	14	9	16
Saragozza	Sant'Isaia Frassinago	12	9	14	7	13	12	15
Savena	Toscana 150/3	6	-	11	-	10	7	11
Valore medio		7.9	5.8	12,4	5.1	11.5	9.3	13.6

RISULTATI

Tabella 6

Benzene a livello stradale per Comune di rilevazione dell'AUSL Bologna Nord

Punto prelievo	ottobre 2001 settimana di analisi	Benzene $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
		2001 estiva	2001 invernale	2000 estiva	2000 invernale
Argelato	5.2	2	6	2	4
Bentivoglio	3.1	1	-	2	3
Budrio - Via Zenzalino/Martiri antif.	3.8	2	6	3	7
Castelmaggiore - Via Vancini 1	4.0	2	6	2	6
Castelmaggiore - via Costituz./XXI Aprile	3.3	-	-	-	-
Castenaso - Via Nasica 103/5	4.0	2	-	2	5
Granarolo Emilia - Via Roma	4.6	2	-	2	3
Medicina - Via Libertà	4.6	3	7	3	8
San Giovanni in Persiceto - Via Stefani	4.8	3	9	3	10
Sala Bolognese - Via Gramsci 47	3.7	2	5	2	-
Valore medio	4.1	2.1	6.5	2.3	5.7

Tabella 7

Benzene a livello stradale per Comune di rilevazione dell'AUSL Bologna Sud

Punto prelievo	ottobre 2001 settimana di analisi	Benzene $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
		2001 estiva	2001 invernale	2000 estiva	2000 invernale
Anzola Emilia - Via Emilia 132/Goldoni	6.4	3	7	6	8
Calderara - Via Garibaldi/Pertini	2.2	1	4	2	-
Casalecchio - Via Marconi	5.3	5	9	3	8
Crespellano - Piazza Barozzi 3	3.8	3	8	4	5
Ozzano Emilia - Via 2 Giugno 51	5.0	2	7	2	5
Pianoro - Via Costa 66	6.9	4	9	4	8
San Lazzaro - Via Kennedy/Di Vittorio	3.7	3	10	3	10
Sasso Marconi - via Porrettana 477	3.8	3	3	4	6
Zola Predosa	4.7	2	5	2	4
Valore medio	4.6	2.9	6.9	3.3	6.7

RISULTATI

Tabella 8

Benzene a livello stradale per Comune di rilevazione dell'AUSL di Imola

Punto prelievo	ottobre	Benzene $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
	2001 settimana di analisi	2001 estiva	invernale	2000 estiva	invernale
Castel San Pietro - Via Scania 870	2.7	1	5	3	0
Castel Guelfo - Via Industria/Fornace	1.8	-	-	-	5
Dozza Imolese - Via Emilia/Via I Maggio	2.8	2	5	2	-
Imola - Via Emilia 17	6.8	4	10	5	-
Imola - Via Zappi 104	4.8	3	6	3	10
Imola - Via Selice 1/Fossetta Selice	4.1	3	6	3	8
Imola - Via Montanara 49	3.4	2	5	3	5
Imola - Via I Maggio/Via Bellaria	3.5	2	5	2	6
Mordano - Via Lughese	4	-	-	-	-
Valore medio	3.8	2.4	6	3	6.8



CONSIDERAZIONI SUI DATI

BENZENE

Nel periodo dell'indagine (22-26 ottobre 2001) la concentrazione media del benzene, misurata lungo le strade, ha raggiunto la concentrazione di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in due soli punti, entrambi situati a Bologna (Piazza Mickiewicz, Sant'Isaia-Frassinago).

Se si considera che i valori più elevati di benzene di solito si riscontrano entro pochi metri dalle corsie di scorrimento dei veicoli e che tale concentrazione diminuisce velocemente mano a mano che ci si allontana dal flusso del traffico, non desta alcuna sorpresa il fatto che in nessuna scuola oggetto dell'indagine la concentrazione media del benzene abbia superato il valore dei $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (valore di legge)³.

Considerando che il rapporto tra i valori medi stradali e quelli misurati all'esterno delle scuole varia da 1.9 (Bologna Nord) a 2.5 (Bologna), si può affermare che difficilmente, anche in periodi dell'anno più sfavorevoli dal punto di vista meteorologico di quello durante il quale sono state effettuate le misure, nelle scuole si raggiungerà l'attuale valore limite.

Le strade di Bologna sono quelle in cui il benzene raggiunge i livelli medi più elevati ($7.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$), seguite da quelle del territorio di Bologna Sud ($4.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e poi, a seguire, di Bologna Nord ($4.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e di Imola ($3.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Si osserva quindi che i dati medi di benzene rilevati lungo le strade di Bologna sono di oltre il 50% superiori a quelli rilevati lungo le strade del territorio di Imola.

Le scuole di Bologna sono quelle in cui il benzene raggiunge i livelli medi più elevati ($3.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$), seguite da quelle del territorio di Bologna Sud ($2.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e poi, a seguire, di Bologna Nord ($2.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e di Imola ($2.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Si osserva quindi che i dati medi di benzene rilevati all'interno delle scuole di Bologna sono di oltre il 30% superiori a quelli delle scuole di Imola.

³ La concentrazione di benzene in aria non dipende solo dall'intensità del traffico e dai fattori meteorologici: giocano un ruolo determinante lo stato del parco automobilistico e la percentuale di benzene nelle benzine. La sua diffusione nell'aria segue spesso logiche del tutto imprevedute, dettate non tanto e non solo dall'intensità del traffico quanto dalla combinazione fra conformazione del tessuto urbano e meteorologia locale. Inoltre la concentrazione in aria diminuisce in ragione esponenziale della velocità media del vento.

CONSIDERAZIONI SUI DATI

I valori di benzene rilevati con i campionatori personali, attivi durante le ore di scuola, sono tendenzialmente più elevati di quelli misurati con i campionatori mantenuti attivi anche durante la notte, ma le differenze raggiungono al massimo il 10% e in due territori intercomunali su quattro i dati coincidono.

Confrontando i dati interni alle scuole con quelli rilevati all'esterno delle stesse si osserva che quelli interni sono sempre superiori (mediamente di oltre il 40%).

Ciò potrebbe essere attribuito al fatto che all'interno delle scuole si svolgono attività e si usano materiali e prodotti (in particolare materiali didattici e di pulizia) non totalmente esenti da benzene.

Per quanto riguarda i livelli ambientali di benzene misurati sulle strade, confrontati con quelli delle campagne estive ed invernali condotte da ARPA nel 1999 e nel 2000 e riportati nella tabella seguente, indicano che la settimana 22-26 ottobre è stata una tipica settimana di transizione tra l'estate e l'inverno.

Tabella 9

Benzene a livello stradale per AUSL nella settimana in oggetto confrontato con i valori medi negli anni in cui sono state effettuate campagne di rilevazione

Azienda USL	2001 indagine Ottobre	1999		2000		2001	
		Estiva	Invernale	Estiva	Invernale	Estiva	Invernale
Bologna	7.9	9.3	13.6	5.1	11.5	4.0	9.0
Bologna Nord	4.1	2.4	--	2.3	5.4	2.0	5.1
Bologna Sud	3.9	3.1	--	3.0	6.5	2.3	6.1
Imola	3.9	2.5	--	2.3	5.4	1.6	5.4

Si può osservare che i dati medi relativi ai territori delle 4 Aziende USL della provincia di Bologna sono intermedi tra quelli estivi e quelli invernali.

Si può quindi ragionevolmente affermare che le esposizioni all'interno delle scuole materne possono raggiungere, in determinati periodi della stagione invernale o in altri momenti sfavorevoli per la dispersione degli inquinanti, valori molto più elevati, in termini relativi, di quelli rilevati nel corso dell'indagine.

CONSIDERAZIONI SUI DATI

TOLUENE

Nel periodo dell'indagine (22-26 ottobre 2001) la concentrazione media del toluene misurata lungo le strade ha raggiunto valori molto superiori a quelli del benzene (5 volte tanto).

Il rapporto tra i valori medi stradali e quelli misurati all'esterno delle scuole varia da 2.3 (Bologna Nord) a 3.0 (Bologna), cioè molto più alto che nel caso del benzene.

Questo potrebbe essere spiegato con la minor volatilità del toluene rispetto al benzene e quindi minor tendenza alla diffusione.

La concentrazione di questo inquinante diminuisce quindi ancora più velocemente di quella del benzene mano a mano che ci si allontana dal flusso del traffico.

Le strade di Bologna sono quelle in cui il toluene raggiunge i livelli medi più elevati ($48.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$), seguite da quelle del territorio di Bologna Sud ($23.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e poi di Bologna Nord ($21.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e di Imola ($20.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Si osserva quindi che i dati medi di toluene rilevati lungo le strade di Bologna sono di circa il 60% superiori a quelli rilevati lungo le strade del territorio di Imola.

Le scuole di Bologna sono quelle in cui il toluene raggiunge i livelli medi più elevati ($21.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$), seguite da quelle del territorio di Bologna Nord ($15.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e poi di Bologna Sud ($15.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e di Imola ($14.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Si osserva quindi che i dati medi di toluene rilevati all'interno delle scuole di Bologna sono di oltre il 30% superiori a quelli delle scuole di Imola.

I valori di toluene rilevati con i campionatori personali, attivi durante le ore di scuola, sono tendenzialmente più elevati di quelli misurati con i campionatori mantenuti attivi anche durante la notte, e le differenze raggiungono il 20% a Bologna e il 10% nelle scuole di Bologna Nord.

Nessuna differenza si riscontra nelle scuole di Bologna Sud e a Imola: le concentrazioni di toluene misurate sulle 24 ore all'interno della scuola sono del 10% superiori a quelle rilevate con i campionatori attivi solo durante le ore di apertura della scuola.

Confrontando i dati interni alle scuole con quelli rilevati all'esterno delle stesse si osserva che quelli interni sono sempre superiori (mediamente di oltre il 60%).

Anche in questo caso ciò potrebbe essere attribuito al fatto che all'interno delle scuole si svolgono attività e si usano materiali e prodotti (in particolare materiali didattici e di pulizia) non totalmente esenti da idrocarburi aromatici.

CONSIDERAZIONI SUI DATI

XILENI

Nel periodo dell'indagine (22-26 ottobre 2001) la concentrazione media degli xileni ha raggiunto valori molto superiori a quelli del benzene (6.5 volte tanto), mentre non sono molto superiori a quelli del toluene.

Il rapporto tra i valori medi stradali e quelli misurati all'esterno delle scuole varia da 2.1 (Bologna Nord) a 3.2 (Bologna), cioè molto più del benzene e in modo simile al toluene.

Valgono quindi le considerazioni fatte per il toluene in merito alla diminuzione della concentrazione mano a mano che ci si allontana dal flusso del traffico.

Le strade di Bologna sono quelle in cui gli xileni raggiungono i livelli medi più elevati ($60.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$), seguite da quelle del territorio della Bologna Sud ($27.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e poi di Bologna Nord ($23.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e di Imola ($23.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Si osserva quindi che i dati medi di xileni rilevati lungo le strade di Bologna sono superiori di oltre il 60% a quelli rilevati lungo le strade del territorio di Imola.

Le scuole di Bologna sono quelle in cui gli xileni raggiungono i livelli medi più elevati ($25.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$), seguite da quelle del territorio della Bologna Nord ($17.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e poi di Imola ($16.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e di Bologna Sud ($16.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Si osserva quindi che i dati medi di xileni rilevati all'interno delle scuole di Bologna sono di quasi il 40% superiori a quelli delle scuole del territorio di Bologna Sud.

I valori di xileni rilevati con i campionatori personali attivi durante le ore di scuola, a differenza di quanto si è verificato per il benzene ed il toluene, sono praticamente coincidenti con quelli misurati con i campionatori mantenuti attivi anche durante la notte.

Confrontando i dati interni alle scuole con quelli rilevati all'esterno delle stesse, si osserva che quelli interni sono sempre superiori (mediamente del 50%).

Anche in questo caso ciò potrebbe essere attribuito al fatto che all'interno delle scuole si svolgono attività e si usano materiali e prodotti (in particolare materiali didattici e di pulizia) non totalmente esenti da idrocarburi aromatici.

CONSIDERAZIONI FINALI

I valori delle misure effettuate su larga scala all'interno delle scuole dell'infanzia della Provincia di Bologna, se riferite al valore attualmente vigente di 10 µg di benzene per m³ d'aria, mediamente ci danno un quadro entro i limiti di legge.

Tuttavia, considerando che in periodi più sfavorevoli per la dispersione degli inquinanti di origine veicolare si possono attendere concentrazioni maggiori di quelle misurate, si può presumere che, soprattutto a Bologna, il valore di 5 µg/m³ di benzene, indicato come valore da raggiungere nel 2010, può essere avvicinato e, in alcuni periodi, raggiunto e superato.

Dall'indagine emerge anche un altro dato interessante: sommando i valori medi dei campionatori passivi posizionati all'esterno delle scuole, nelle loro immediate vicinanze, si ottiene il valore di fondo provinciale nella settimana considerata, che è risultato pari a 2,4 µg/m³ (contro il valore di circa 5 µg/m³ rilevato a livello stradale).

Infine occorre osservare che all'interno delle scuole la concentrazione dei BTX è sempre superiore a quella esterna misurata in vicinanza delle scuole stesse (mediamente del 10-20%).

Per il futuro si potrebbe pensare ad un'indagine mirata alla natura e composizione dei prodotti di pulizia e del materiale didattico (pennarelli, colori, ecc.) per verificare il loro effettivo contenuto di BTX, e alla stesura di un Protocollo per evitare di introdurre ulteriori sorgenti inquinanti di VOC: materiali, arredi, materiale didattico e giochi, prodotti di pulizia.

Rilevante di questa indagine è la dimostrazione che su tutto il territorio della Provincia di Bologna, in comuni molto distanti tra di loro e in diverse tipologie urbanistiche anche distanti da strade di grande flusso, all'esterno come all'interno degli edifici scolastici è presente un fondo di benzene, sicuramente nei limiti di legge, ma non trascurabile in termini di sanità pubblica. Il benzene è stato indicato come un fattore di rischio potenziale per lo sviluppo della leucemia infantile. Sebbene non vi siano studi sui bambini che mettano in relazione l'esposizione con il cancro, vi sono buone ragioni per credere che un'esposizione al benzene nella prima infanzia possa contribuire ad aumentare il rischio di leucemia da adulti, come un'esposizione paterna o materna è stata associata ad un aumento del rischio di leucemia nell'infanzia.

BENZENE

Formula molecolare C_6H_6
Peso molecolare 78,11 g/mol
Numero di Registro CAS 71 – 43 – 2
Conversione della concentrazione nell'aria:
 $1 \text{ ppm} = 3,19 \mu\text{g}/\text{m}^3$
 $1 \mu\text{g}/\text{m}^3 = 0,313 \text{ ppm}$ (a 25 C)

Proprietà chimico fisiche

Il benzene è un liquido incolore, che ha un punto di fusione di $5,5^\circ \text{C}$ e un punto di ebollizione relativamente basso a $80,1^\circ \text{C}$; con un alto punto di tensione di vapore a 9,95 kPa a 20°C che causa una rapida evaporazione a temperatura ambiente. È leggermente solubile in acqua (1,8 g/litro a 25°C) e miscibile alla maggior parte dei solventi organici. Il benzene in aria esiste prevalentemente in fase vapore, con un tempo di permanenza che varia da poche ore a pochi giorni, che dipende dalla concentrazione, dal clima e dalla presenza di altri inquinanti. La reazione con radicali idrossilici è la più importante via di degradazione. Può anche essere rimosso dall'aria dalla pioggia (Raaschou-Nielsen et al., 2001).

Sorgenti ambientali

Il benzene è un componente naturale del petrolio, e oggi le benzine ne possono contenere per legge non più dell'1% in volume, ma purtroppo è stato progressivamente sostituito da altri composti ad anello aromatico (benzenico), che possono raggiungere fino al 40% in volume (Consonni et al., 1999).

Il benzene viene principalmente emesso durante la produzione di carburanti e dal funzionamento dei forni coke. Un ulteriore contributo viene dalla movimentazione dei carburanti e dal rifornimento delle autocisterne e delle stazioni di distribuzione carburanti, a causa della frequente elusione dei sistemi di recupero vapore che quadruplicano i tempi di movimentazione del carburante.

Anche la diffusa pratica del *self service* contribuisce a esporre a picchi di concentrazione i cittadini che senza una adeguata preparazione professionale riforniscono la propria auto di carburante (Lyngge et al., 1997).

Presenza nell'aria

Le concentrazioni medie nell'aria riportate in letteratura e nelle relazioni per la qualità dell'aria sono le seguenti:

- aree remote: $0,5\mu\text{g}/\text{m}^3$
- aree rurali: $1,5\mu\text{g}/\text{m}^3$
- aree urbane/suburbane: $5\mu\text{g}/\text{m}^3$
- in centri storici compreso quello di Bologna, in strade strette e senza ricambio di aria (i cosiddetti *street canyons*): $8\text{-}50\mu\text{g}/\text{m}^3$ a seconda dell'ora del giorno e delle condizioni meteorologiche (Vari, 2002).

Il fumo di sigaretta è un'importante sorgente di benzene in ambienti confinati, e i livelli di benzene sono stati trovati più alti in abitazioni di soggetti fumatori ($10,5\mu\text{g}/\text{m}^3$) rispetto ai non fumatori ($7\mu\text{g}/\text{m}^3$) negli USA (Lofroth et al., 1991).

Determinazione in aria

La metodologia analitica per la misura del benzene nell'aria include:

- Strumenti in continuo - per la misura dei BTX tramite gas cromatografia;
- Campionatori Passivi - costituiti da un corpo di carbone assorbente e seguente estrazione, separazione e analisi che può essere eseguita tramite foto ionizzazione o cromatografia di massa;
- Metodi Ottici - *Differential optical absorption spectroscopy* (DOAS) in uso a Bologna da parte di ARPA nella rete per il rilevamento dell'inquinamento atmosferico nel periodo 1998/2000 sull'asse di Via Marconi e Via Amendola.

Vie di esposizione

La popolazione in generale viene esposta al benzene per inalazione per oltre il 99%, mentre l'assorbimento per assunzione di cibo o d'acqua è minimo. L'esposizione giornaliera varia da un minimo di 180 a un massimo di $1500\mu\text{g}/\text{giorno}$ con una media calcolata di $320\mu\text{g}/\text{giorno}$. Il fumo di sigaretta può contribuire per $1800\text{mg}/\text{giorno}$ e il fumo passivo per $50\mu\text{g}/\text{giorno}$ (Cocheo et al., 2000; Rank et al., 2001; Tomei et al., 2001).

Anche guidare l'automobile durante le ore di punta può dare una esposizione significativa, che dentro al veicolo si stima essere fino a $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Jo and Yu, 2001).

Tossicocinetica

Assorbimento

Le ricerche sull'esposizione di esseri umani indicano che della dose inalata vi è un 50% di assorbimento e un 30% di ritenzione. Il benzene si distribuisce attraverso tutto il corpo per via lipidica e i tessuti perfusi ne contengono alti livelli. Il benzene attraversa la barriera placentare (Verdina et al., 2001).

Metabolismo e Eliminazione

Il metabolismo del benzene negli esseri umani e negli animali appare essere qualitativamente simile.

Il metabolismo ossidativo avviene primariamente nel fegato attraverso il sistema del citocromo p-450. I principali metaboliti sono il fenolo, il catecolo e l'idrochinone.

Questi composti si trovano anche nel midollo osseo degli animali da laboratorio.

Il fenolo è il metabolita predominante nell'uomo e viene escreto nelle urine come solfato e coniugato come glucuronide.

La formazione di due metaboliti tossici, benzochinone e muconaldeide, avviene quando la via precedente è satura (Golding and Watson, 1999; Verma and Rana, 2001).

Dati meccanicistici e metabolici

Vi sono forti evidenze che il metabolismo giochi un ruolo critico nella tossicità del benzene. Per esempio, esiste un'inibizione competitiva di tipo metabolico dovuta al toluene che diminuisce la tossicità del benzene.

Da esperimenti su animali sottoposti ad epatectomia parziale, si è visto che diminuisce il metabolismo del benzene e conseguentemente anche la tossicità, ma non vi sono indicazioni se la via di somministrazione abbia un effetto o meno (Fitzgerald et al., 1996).

Il metabolismo del benzene è molto complesso, e dato che il benzene e i suoi metaboliti sono stati trovati nel sangue del cordone ombelicale, appare probabile che essi siano trasportati nel feto (Golding and Watson, 1999; Verdina et al., 2001).

Effetti sulla salute

Prospettiva Storica

Effetti sulla salute del benzene sono noti fin dal 1897, quando fu pubblicato un articolo di Santessen che descriveva l'anemia aplastica in giovani lavoratrici impiegate in una fabbrica di pneumatici per biciclette in Svezia, e un altro articolo nello stesso anno di LeNoir e Claude, che osservavano emorragie in giovani uomini impiegati in operazioni di pulizia a secco in Francia; da allora il benzene è noto per essere un potente tossico velenoso per il midollo osseo. Simili articoli su lavoratori che hanno sviluppato malattie del midollo osseo in relazione ad esposizione al benzene sono aumentati drammaticamente per tutta la prima metà del ventesimo secolo (Harremoes, 2002).

Nel 1928, Dolore e Borgomano pubblicarono il primo caso di leucemia indotta da benzene.

Questo caso di leucemia linfatica acuta colpì un lavoratore dell'industria farmaceutica esposto professionalmente ad elevati livelli di benzene. Un altro lavoratore dello stesso impianto morì per anemia aplastica, e così l'autore, in seguito a precedenti casi di anemia aplastica, si fece l'opinione che anche la leucemia fosse da attribuire al benzene.

Nel 1939 un grande numero di avvelenamenti da benzene in lavoratori di tutto il mondo portò alla raccomandazione di sostituire il benzene con altri solventi (Greenburg, 1926; Erf 1939; Mallory 1939); Hunter e Mallory nel 1939 riportarono 89 casi di "avvelenamento" da benzene e tre casi di leucemia tra lavoratori esposti al benzene in diverse occupazioni. Due degli "avvelenamenti" erano associati a livelli di benzene inferiori a 25 ppm e a 10 ppm, rispettivamente.

Nel 1946 l'associazione degli Igienisti Industriali USA (ACGIH) raccomandò un limite di 100 ppm per l'esposizione al benzene sui luoghi di lavoro, che fu progressivamente ridotto a 50 ppm nel 1947, a 35 ppm nel 1948, a 25 nel 1957.

A causa di evidenza di "ipersuscettibilità" dovuta agli effetti del benzene sul midollo osseo, un documento pubblicato nel 1948 dall'*American Petroleum Institute* (API) concludeva che il solo livello di assoluta sicurezza per l'esposizione da benzene fosse zero. Ma poi raccomandò un limite di 50 ppm o meno.

BENZENE

Non badando alle raccomandazioni citate sopra, casi di anemia aplastica e di tossicità a carico del sistema nervoso centrale manifestatisi con mal di testa, nausea, vertigini, tremori, paralisi ed incoscienza che provocano anche la morte, continuarono ad essere riportati nella letteratura medica tra gli anni 1940 e 1950 (Browning, 1965).

Questi sintomi a carico del sistema nervoso centrale si pensa siano associati con esposizioni di benzene nel *range* di 3.000 ppm fino a 20.000 ppm (Flury 1928): livelli da 200 a 800 volte superiori ai limiti raccomandati alla fine degli anni '40 e '50 e 2000 volte più alti dei 10 ppm già associati ad anemia aplastica da Hunter e Mallory (1939).

Nel 1964, in Italia, Vigliani e Saita riferirono del rischio di leucemia acuta tra i lavoratori esposti ad alti livelli di benzene nelle industrie tipografiche e delle scarpe nelle province di Milano e Pavia, in cui l'esposizione era 20 volte superiore a quella della popolazione in generale. Vigliani (1976) riportò oltre 200 casi di emopatia da benzene inclusi 34 casi di leucemia acuta, trattati a Milano e Pavia tra il 1942 e il 1965. Questi lavoratori erano esposti a livelli di benzene nel *range* dei 200–500 ppm, con occasionali picchi superiori a questi livelli.

Intossicazioni del sangue da esposizioni a benzene sono avvenute in altre parti d'Europa: nel 1967 Goguel ha descritto 44 casi di leucemia indotta da benzene nella regione parigina tra gli anni 1950 e 1965. Askoy, nel 1977, ha descritto una epidemia di anemia aplastica fra i lavoratori dell'industria delle calzature in Turchia, esposti a livelli tra i 150 e i 650 ppm, in quanto il benzene contenuto nei mastici per l'industria calzaturiera li rendeva meno costosi che non prodotti sostitutivi. All'inizio degli anni '70, l'università dello stato USA della Nord Carolina ha pubblicato una serie di lavori epidemiologici che dimostravano un eccesso di leucemie, per lo più forme croniche, in lavoratori esposti a bassi livelli atmosferici di benzene (McMichael 1975). L'esposizione a benzene risultava dall'uso di solventi vari usati nell'industria della gomma, come toluene, nafta, ecc. contaminati con benzene nel *range* del 5 – 0,5% come nella nafta.

Nel 1977, Infante pubblicò i risultati del primo studio di coorte di lavoratori esposti specificatamente a benzene, arruolati in una fabbrica di pellicole di plastica per imballaggi per cibi chiamata Pliofilm, dove i lavoratori erano esposti a livelli di benzene entro i limiti raccomandati e lo studio dimostrò aumenti di rischio per leucemia da 5 a 10 volte (Infante et al., 1977).

Principali studi sull'uomo

Benzene e leucemia infantile

Il benzene è implicato come un fattore di rischio potenziale per lo sviluppo della leucemia infantile. Alcuni grandi studi epidemiologici hanno riportato aumenti di leucemia associata ad esposizioni in utero e ad esposizione paterna prima del concepimento.

Ma altre ricerche non hanno trovato tale associazione. Rimane il fatto che il cancro nell'infanzia sia la seconda grande causa di morte dei bambini (la prima sono gli incidenti domestici), e che la più comune forma di cancro nei bambini sia la leucemia.

Il tasso di mortalità nei bambini per leucemia è in diminuzione e si crede sia dovuto alla aumentata sopravvivenza per i progressi della scienza nella terapia.

L'esposizione a carcinogeni durante lo sviluppo fetale in utero e nella prima infanzia è stato indicato come un possibile fattore causale responsabile di alcuni picchi di leucemia (Bayliss and Sonawane, 2000; Bette Meek, 2000; Duarte-Davidson et al., 2001; Korte et al., 2000; Lagorio et al., 2000; Pearson et al., 2000; Raaschou-Nielsen et al., 2001).

Negli adulti, i tipi di leucemia più frequenti sono la mieloide e la linfatica, mentre quella predominante nei bambini è la linfatica.

L'esposizione a benzene negli adulti è più fortemente associata con la leucemia mieloide acuta (AML), sebbene sia stato riportato anche un aumento di rischio per la forma non - AML.

D'altro canto, studi epidemiologici hanno indagato la leucemia infantile per sottotipi in rapporto all'esposizione paterna o materna al benzene e hanno trovato una forte associazione con la leucemia mieloide acuta (Pendergrass, 1985; Sonawane et al., 2000).

Esposizione al benzene paterna, materna e leucemia infantile

Un grande studio epidemiologico del tipo caso controllo ha riportato un'associazione significativa, incluso un trend per la durata di esposizione, tra l'esposizione paterna al benzene e la leucemia non linfocitica acuta nella progenie, mentre uno studio con un piccolo numero di casi non ha trovato l'associazione.

E anche per quanto riguarda l'esposizione materna al benzene è stato trovato un rischio relativo alto per la leucemia di tipo acuto non linfocitico nella progenie, mentre in numerosi altri studi il numero dei casi o il

BENZENE

numero dei genitori era troppo piccolo per potere dare adeguata potenza alle conclusioni.

Sono state anche trovate associazioni significative tra la leucemia infantile e l'occupazione materna nell'industria chimica (Shu et al., 1988; Shu et al., 1999).

Il benzene è la causa più comunemente associata con la leucemia acuta non linfocitica e l'esposizione occupazionale in adulti (ATSDR, 1997).

Il benzene è un componente della benzina e dei diesel e si ritrova nei gas di scarico; pertanto ci si aspetta che i lavoratori strettamente correlati all'uso dei motoveicoli siano esposti a benzene. Ricercatori del *National Cancer Institute USA* hanno pubblicato una rassegna degli studi epidemiologici in cui la leucemia infantile veniva messa in relazione all'esposizione paterna di tipo occupazionale, dovuta ai gas di scarico dei veicoli usati.

Per riassumere, le prove sono le seguenti: ci sono 12 studi epidemiologici in cui la leucemia infantile è stata messa in relazione all'esposizione occupazionale paterna in relazione ai gas di scarico dei motoveicoli.

Nella maggior parte di queste ricerche sono stati trovati elevati rischi. Le categorie di lavoratori più esposte sono state tra gli autisti, i meccanici, i benzinai e un largo gruppo di occupazioni in relazione ai motoveicoli, e il collegamento tra esposizione professionale ai motoveicoli e leucemia negli adulti dovuta al benzene o ad altre componenti dei gas di scarico è stata indicata (Bayliss and Sonawane, 2000; Glass and Gray, 2001; Goldstein and Shalat, 2000; Schnatter, 2000; Tomei et al., 2001; Verdina et al., 2001).

L'associazione tra esposizione paterna e leucemia infantile è consistente nelle osservazioni sugli animali, in cui il benzene induce un danno al DNA degli spermatozoi. Anche l'associazione tra leucemia infantile e esposizione materna è supportata biologicamente da esperimenti su animali che indicano che il benzene attraversa la placenta e induce un danno al DNA del feto (Eastmond et al., 2001; Giese and Vouros, 1993; Golding and Watson, 1999).

Esposizione dei bambini in relazione ad un incremento di leucemia negli adulti

Non vi sono studi sull'uomo che abbiano esaminato l'esposizione di bambini e l'aumento del rischio di cancro nella loro vita.

Altre informazioni critiche fornite dagli studi sull'uomo

L'Environmental Protection Agency statunitense, nel 1998, ha affermato che i bambini possono essere più vulnerabili alla leucemia indotta da benzene in quanto la loro popolazione di cellule ematopoietiche è in via di maturazione e di differenziazione.

Il modello di rischio leucemico che ci deriva dall'esperienza sulle radiazioni ionizzanti, indica che in seguito ad esposizione il tasso di leucemia sale rapidamente nei primi 5-15 anni e declina poi fino a livelli di fondo nei successivi 30 anni; si presume che sia simile anche per il benzene e i chemioterapici.

Questi dati ci derivano dai sopravvissuti alla coorte di esposti alle bombe atomiche (Pendergrass, 1985; Sonawane et al., 2000).

Conclusioni

Vi sono prove che suggeriscono l'associazione tra l'esposizione a benzene e leucemia infantile, supportate da varie evidenze dovute a studi sugli animali. L'esposizione a benzene è ubiquitaria a causa della sua provenienza dai combustibili fossili. Il benzene è conosciuto essere un carcinogeno e causa di leucemia in lavoratori esposti (Maltoni et al., 1985; Maltoni and Scarnato, 1979).

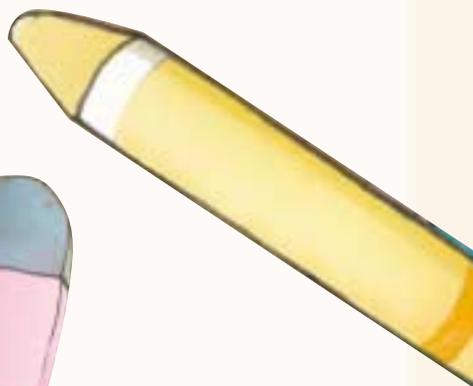
Sebbene non siano disponibili studi su esposizione di bambini al benzene, vi sono buone ragioni per ritenere che l'esposizione infantile contribuisca alle leucemie dell'adulto.

Vi sono inoltre prove che indicano che l'esposizione al benzene sia associata alla leucemia infantile.

L'esposizione paterna prima del concepimento nell'uomo è stata associata ad un aumento della leucemia infantile, specialmente del tipo acuto non linfocitico, il tutto supportato da osservazioni su animali in cui il benzene induce un danno al DNA degli spermatozoi. Anche l'esposizione materna nell'uomo è stata associata ad un aumento della leucemia infantile, e anche queste indagini epidemiologiche sono supportate da evidenze sperimentali su animali in cui si è trovato che il benzene induce una genotossicità transplacentare, altera l'emopoiesi, ed è carcinogenetico in seguito ad esposizione in utero (Thurston et al., 2000; Wang et al., 2000; Xu et al., 1998; Belpoggi et al., 1995).

BENZENE

Sebbene vi siano prove che indicano una relazione tra benzene e leucemia infantile, una relazione causale a tutt'oggi è difficile da stabilire e si ritiene che l'esposizione debba essere la più bassa possibile (Smith and Zhang, 1998; Wang et al., 2000).



VOC

Con il termine VOC (Volatile Organic Compounds) si indicano i composti organici in fase gassosa presenti nell'aria degli ambienti non industriali (ambienti "indoor"), che avendo la caratteristica comune di essere adsorbiti su carbone attivo possono essere campionati e analizzati insieme.

I composti VOC appartengono a diverse famiglie chimiche: idrocarburi alifatici, aromatici e clorurati, terpeni, alcoli, esteri, chetoni ed altre ancora.

Di solito i VOC vengono classificati in base al punto di ebollizione, che è correlato alla volatilità della sostanza ossia sulla sua tendenza a passare allo stato gassoso.

In base al punto di ebollizione i VOC vengono comunemente classificati in:

- 1) composti molto volatili (VOC - Very Volatile Organic Compounds);
- 2) composti organici volatili in senso stretto (VOC);
- 3) composti semivolatili (SVOC - SemiVolatile Organic Compounds);
- 4) composti associati con il particolato (POM - Particulate Organic Matter).

Il gruppo dei composti VOC in senso stretto, il più importante, comprende composti che hanno un punto di ebollizione compreso tra 50-100°C (limite inferiore) e 240-260°C (limite superiore).

Ciascuna sostanza del gruppo dei VOC ha peculiari caratteristiche di pericolosità per l'uomo (effetti tossici) e per l'ambiente (effetti ecotossici) determinati essenzialmente dalle sue proprietà chimico-fisiche (struttura chimica, peso molecolare, volatilità, solubilità in acqua, solubilità nei grassi, ecc.).

Alcuni composti del gruppo sono riconosciuti cancerogeni per l'uomo (es. benzene) o per l'animale (es. gli idrocarburi clorurati); altri composti sono stati riconosciuti come mutageni, possibili cancerogeni, o possibili co-cancerogeni.

Le fonti di VOC negli ambienti *indoor* sono numerose e tra queste vi è sicuramente il fumo di tabacco.

Anche i materiali da costruzione, gli arredi mobili, le moquettes e i rivestimenti sono possibili importanti fonti di inquinamento *indoor* con emissioni continue durature nel tempo (settimane o mesi).

Le concentrazioni di VOC *indoor* più elevate si riscontrano però nei periodi immediatamente successivi alla posa dei vari materiali o all'installazione degli arredi in cui si usano prodotti chimici sciolti in solventi organici.

Infine i dispositivi di riscaldamento, gli strumenti di lavoro quali le stampanti e le fotocopiatrici, l'uso di materiali di pulizia e di altri prodotti (es. adesivi, vernici, solventi) possono determinare emissioni importanti, anche se di breve durata nel tempo.

BTX

L'acronimo BTX indica tre importanti sostanze appartenenti alla classe dei VOC: il benzene, il toluene, gli xileni (o-m-p, etilbenzene) che hanno punto di ebollizione rispettivamente di 80, 111 e 136 ÷ 144°C.

La misura dei livelli di concentrazione dei BTX negli ambienti chiusi è ritenuta particolarmente significativa in relazione ai possibili effetti sulla salute umana.

La classificazione CEE di pericolo per la salute dell'uomo è la seguente:

1. benzene: R 45 - "può provocare il cancro";
2. toluene: R 20 - "nocivo per inalazione";
3. xilene: R 20/21 - "nocivo per inalazione e contatto con la pelle" e R 38 - "irritante per la pelle".

CAMPIONATORI A DIFFUSIONE (PASSIVI)

I campionatori a diffusione, più noti come campionatori "passivi", che utilizzano come adsorbente del carbone attivo contenuto in una cartuccia di rete di acciaio inossidabile, inserita nel corpo cilindrico diffusivo (a simmetria radiale), sono oggi i sistemi più usati per determinare i VOC e i BTX in particolare, sia nell'ambiente di vita che di lavoro, per il loro basso costo e l'alta affidabilità.

I campionatori passivi a simmetria radiale vengono utilizzati per determinare sia le concentrazioni ambientali sia le esposizioni personali evitando di ricorrere all'uso di pompe (sistemi attivi) per aspirare l'aria all'interno di sistemi adsorbenti in grado di trattenere gli inquinanti aerodispersi.

I campionatori passivi hanno una "capacità di pompaggio equivalente" caratteristica per ciascuna sostanza, che viene espressa in $\text{cm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$.

A differenza di quanto avviene con i campionatori attivi, per i quali è sufficiente misurare il volume campionato, usando i passivi bisogna conoscere la capacità di pompaggio equivalente di ogni sostanza captata.

Quella del benzene, ad esempio, usando il campionatore utilizzato in questa indagine (Radiello[®], della Fondazione Clinica del Lavoro – IRCCS - Padova) è di $80 \text{ cm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ e dopo 24 ore di esposizione si determina con risultati validati una concentrazione di $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Le sostanze inquinanti adsorbite dal carbone attivo presente all'interno del campionatore vengono successivamente estratte (con solvente o termicamente) ed analizzate con idonei strumenti, di solito gascromatografi.

CONCENTRAZIONE AMBIENTALE

Il livello di concentrazione ambientale di una data sostanza viene espresso in termini di $\mu\text{g}/\text{m}^3$ d'aria.

La misura della concentrazione ambientale (in ambiente confinato o in atmosfera) viene effettuata posizionando il campionatore in un determi-

GLOSSARIO

nato punto fisso, scelto in base a criteri di rappresentatività del fenomeno che si intende studiare.

Le concentrazioni in ambienti di vita vengono di solito misurate sulle 24 ore o su base settimanale.

LIVELLO D'ESPOSIZIONE PERSONALE

Il livello di esposizione personale viene anch'esso espresso in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ d'aria.

La misura viene eseguita utilizzando campionatori indossati da persone che svolgono la loro attività in un determinato ambiente, domestico o di lavoro.

Normalmente i livelli di esposizione personale si esprimono come valore medio sulle 8 ore o su base settimanale, disattivando il sistema ogni giorno dopo ciascun turno di lavoro.

UNITÀ DI MISURA

Ppm: esprime la concentrazione di una sostanza (parte per milione); ovvero una parte su 1.000.000 di parti di soluzione.

$\mu\text{g}/\text{m}^3$: esprime la concentrazione di una sostanza come quantità in peso ($\mu\text{g} = \text{g}/1.000.000$) in ogni m^3 di aria.

$\text{cm}^3\cdot\text{min}^{-1}$: esprime la "capacità di pompaggio equivalente" ovvero il volume di aria (cm^3) aspirata per unità di tempo (min).

$\mu\text{g}/\text{giorno}$: esprime la quantità di una sostanza (μg) cui la popolazione viene esposta nell'arco di una giornata.

KPa: unità di misura della pressione (1000 Pascal = 1 Kpascal; 1 atmosfera = 101325 Pa).

g/mol : caratterizza il peso in grammi della unità base (mol) di una sostanza.

Bayliss D., B. Sonawane, 2000, Issues for discussion: benzene-induced leukemia – human studies: *J. Toxicol. Environ. Health A*, v. 61, p. 467-470.

Belpoggi F., M. Soffritti, C. Maltoni, 1995, Methyl-tertiary-butyl ether (MTBE) – a gasoline additive – causes testicular and lymphohaematopoietic cancers in rats: *Toxicol.Ind.Health*, v. 11, p. 119-149.

Bette Meek, ME, 2000, Benzene status of assessment – priority substances program: *J. Toxicol. Environ. Health A*, v. 61, p. 473-478.

Cocheo V., 2000, [Polluting agents and sources of urban air pollution]: *Ann.Ist.Super.Sanita*, v. 36, p. 267-274.

Cocheo V., P. Sacco, C. Boaretto, E. De Saeger, P. P. Ballesta, H. Skov, E. Goelen, N. Gonzalez, A. B. Caracena, 2000, Urban benzene and population exposure: *Nature*, v. 404, p. 141-142.

Consonni D., A.C. Pesatori, A. Tironi, I. Bernucci, C. Zocchetti, P.A. Bertazzi, 1999, Mortality study in an Italian oil refinery: extension of the follow-up: *Am.J.Ind.Med.*, v. 35, p. 287-294.

Duarte-Davidson R., C. Courage, L. Rushton, L. Levy, 2001, Benzene in the environment: an assessment of the potential risks to the health of the population: *Occup. Environ. Med.*, v. 58, p.2-13.

Eastmond D.A., M. Schuler, C. Frantz, H. Chen, R. Parks, L. Wang, L. Hasegawa, 2001, Characterization and mechanisms of chromosomal alterations induced by benzene in mice and humans: *Res. Rep. Health Eff. Inst.*, p. 1-68.

Fitzgerald E.F., K.A. Brix, D.A. Deres, S.A. Hwang, B. Bush, G. Lambert, A. Tarbell, 1996, Polychlorinated biphenyl (PCB) and dichlorodiphenyl dichloroethylene (DDE) exposure among Native American men from contaminated Great Lakes fish and wildlife: *Toxicol.Ind.Health*, v. 12, p. 361-368.

BIBLIOGRAFIA

Gazzetta Ufficiale n 276, 2001, Linee guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati: Gazzetta Ufficiale, v. 276.

Giese, R.W., P. Vouros, 1993, Methods development toward the measurement of polyaromatic hydrocarbon-DNA adducts by mass spectrometry: Res.Rep.Health Eff.Inst., p. 1-25.

Glass, D.C., C.N. Gray, 2001, Estimating mean exposures from censored data: exposure to benzene in the Australian petroleum industry: Ann. Occup. Hyg., v. 45, p. 275-282.

Golding B.T., W.P. Watson, 1999, Possible mechanisms of carcinogenesis after exposure to benzene: IARC Sci Publ., p. 75-88.

Goldstein B.D., S. Shalat, 2000, Non-Hodgkin's lymphoma and exposure to benzene in petroleum workers: J. Occup. Environ. Med., v. 42, p. 1133-1136.

Harremoes, P., Late lesson from early warnings: the precautionary principle 1896 - 2000. European Environmental Agency. 22. 2002. Copenhagen, European Environmental Agency.
Ref Type: Report

Infante, P.F., R.A. Rinsky, J.K. Wagoner, R.J. Young, 1977, Leukaemia in benzene workers: Lancet, v. 2, p. 76-78.

Jo, W.K., C.H. Yu, 2001, Public bus and taxicab drivers' work-time exposure to aromatic volatile organic compounds: Environ.Res., v. 86, p. 66-72.

Kluger, J., 1999, Poisonous plastics? Some cling wraps, children's toys and even IV bags may be carrying – and shedding – toxic chemicals: Time., v. 153, p. 53.

Korte, J.E., I Hertz-Picciotto, M.R. Schulz, L.M. Ball, E.J. Duell, 2000, The contribution of benzene to smoking-induced leukemia: Environ.HealthPerspect., v. 108, p. 333-339.

Lagorio, S., F. Forastiere, M. Lipsett, E. Menichini, 2000, [Air pollution from traffic and the risk of tumors]: Ann.Ist.Super.Sanita, v. 36, p. 311-329.

BIBLIOGRAFIA

Lofroth, G., C. Stensman, M. Brandhorst-Satzkorn, 1991, Indoor sources of mutagenic aerosol particulate matter: smoking, cooking and incense burning: *Mutat.Res.*, v. 261, p. 21-28.

Lynge ,E., A. Andersen, R. Nilsson, L. Barlow, E. Pukkala, R. Nordlinder, P. Boffetta, P. Grandjean, P. Heikkila, L.G. Horte, R. Jakobsson, I. Lundberg, B. Moen, T. Partanen, T. Riise, 1997, Risk of cancer and exposure to gasoline vapors: *Am.J.Epidemiol.*, v. 145, p. 449-458.

Maltoni, C., B. Conti, G. Cotti, F. Belpoggi, 1985, Experimental studies on benzene carcinogenicity at the Bologna Institute of Oncology: current results and ongoing research: *Am.J.Ind.Med.*, v. 7, p. 415-446.

Maltoni, C., C. Scarnato, 1979, First experimental demonstration of the carcinogenic effects of benzene; long-term bioassays on Sprague-Dawley rats by oral administration: *Med.Lav.*, v. 70, p. 352-357.

Pearson, R.L., H. Wachtel, K.L. Ebi, 2000, Distance-weighted traffic density in proximity to a home is a risk factor for leukemia and other childhood cancers: *J.Air Waste Manag.Assoc.*, v. 50, p. 175-180.

Pendergrass, T.W., 1985, Epidemiology of acute lymphoblastic leukemia: *Semin.Oncol.*, v. 12, p. 80-91.

Po, C., S. Lazzarini, L. Maffioli, F. Romagnoli, R. Santini, A. Arbizzani, M. Mariotti. Rapporto sulla qualità dell'aria nella Provincia di Bologna 2000/2001. Assessorato Ambiente.2002. Provincia di Bologna.

Raaschou-Nielsen, O., O. Hertel, B.L. Thomsen, J.H. Olsen, 2001, Air pollution from traffic at the residence of children with cancer: *Am.J.Epidemiol.*, v. 153, p. 433-443.

Raaschou-Nielsen, O., C. Lohse, B.L. Thomsen, H. Skov, J.H. Olsen, 1997, Ambient air levels and the exposure of children to benzene, toluene, and xylenes in Denmark: *Environ.Res.*, v. 75, p. 149-159.

BIBLIOGRAFIA

Rank, J., J. Folke, P. H. Jespersen, 2001, Differences in cyclists and car drivers exposure to air pollution from traffic in the city of Copenhagen: *Sci.Total Environ.*, v. 279, p. 131-136.

Samet, J.M., F. Dominici, F.C. Curriero, I. Coursac, S.L. Zeger, 2000, Fine particulate air pollution and mortality in 20 U.S. cities, 1987-1994: *N.Engl.J.Med.*, v. 343, p. 1742-1749.

Schnatter, R., 2000, Petroleum worker studies and benzene risk assessment: *J.Toxicol.Environ.Health A*, v. 61, p. 433-437.

Shu, X.O., Y.T. Gao, L.A. Brinton, M.S. Linet, J.T. Tu, W. Zheng, J.F. Fraumeni, Jr., 1988, A population-based case-control study of childhood leukemia in Shanghai: *Cancer*, v. 62, p. 635-644.

Shu, X.O., P. Stewart, W.Q. Wen, D.Han, J.D. Potter, J.D. Buckley, E. Heineman, L.L. Robison, 1999, Parental occupational exposure to hydrocarbons and risk of acute lymphocytic leukemia in offspring: *Cancer Epidemiol.Biomarkers Prev.*, v. 8, p. 783-791.

Smith, M.T., L. Zhang, 1998, Biomarkers of leukemia risk: benzene as a model: *Environ.Health Perspect.*, v. 106 Suppl 4:937-46, p. 937-946.

Sonawane, B., D. Bayliss, L. Valcovic, C. Chen, B. Rodan, W. Farland, 2000, Carcinogenic effects of benzene—a status update and research needs to improve risk assessments: US EPA perspective. Environmental Protection Agency: *J.Toxicol.Environ.Health A*, v. 61, p. 471-472.

Southard, S.C., J.M. Arena, 1976, A comprehensive protocol for evaluating the safety of toys for preschool children: *Clin.Pediatr.(Phila)*, v. 15, p. 1107-1109.

Thurston, S.W., L. Ryan, D.C. Christiani, R. Snow, J. Carlson, L. You, S. Cui, G. Ma, L. Wang, Y. Huang, X Xu, 2000, Petrochemical exposure and menstrual disturbances: *Am.J.Ind.Med.*, v. 38, p. 555-564.

BIBLIOGRAFIA

Tomatis, L., 1982, IARC benzene report: Science, v. 218, p. 214.

Tomei, F., S. Ghittori, M. Imbriani, S. Pavanello, A. Carere, F. Marcon, A. Martini, T.P. Baccolo, E. Tomao, A. Zijno, R. Crebelli, 2001, Environmental and biological monitoring of traffic wardens from the city of Rome: *Occup.Med.(Lond)*, v. 51, p. 198-203.

Vari. Relazione annuale sulla qualità dell'aria 2001 della città di Bologna. Comune di Bologna. 2002. Comune di Bologna. Ref Type: Report

Verdina, A., R. Galati, G. Falasca, S. Ghittori, M. Imbriani, F. Tomei, L. Marcellini, A. Zijno, V.D. Vecchio, 2001, Metabolic polymorphisms and urinary biomarkers in subjects with low benzene exposure: *J.Toxicol.Environ.Health A*, v. 64, p. 607-618.

Verma, Y., S.V. Rana, 2001, Biological monitoring of exposure to benzene in petrol pump workers and dry cleaners: *Ind.Health*, v. 39, p. 330-333.

Wang, X., D. Chen, T. Niu, Z. Wang, L. Wang, L. Ryan, T. Smith, D.C. Christiani, B. Zuckerman, X. Xu, 2000, Genetic susceptibility to benzene and shortened gestation: evidence of gene-environment interaction: *Am.J.Epidemiol.*, v. 152, p. 693-700.

Wolkoff, P., P.A. Clausen, C.K. Wilkins, G.D. Nielsen, 2000, Formation of strong airway irritants in terpene/ozone mixtures: *Indoor.Air*, v. 10, p. 82-91.

Xu, X., S.I. Cho, M. Sammel, L. You, S. Cui, Y. Huang, G. Ma, C. Padungtod, L. Pothier, T. Niu, D. Christiani, T. Smith, L. Ryan, L. Wang, 1998, Association of petrochemical exposure with spontaneous abortion: *Occup.Environ.Med.*, v. 55, p. 31-36.





Indagine sui livelli di esposizione personale e ambientale ai composti organici volatili (COV-Benzene) in 71 scuole della prima infanzia della Provincia di Bologna

Pubblicazione realizzata dal:

Servizio Valutazione di Impatto e Sostenibilità Ambientale
Coordinamento **Gabriele Bollini, Giovanna Pinca**

il presente lavoro è a cura di:

Dipartimento di Prevenzione AUSL Città di Bologna
Claudio Po, Mauro Mariotti, Fulvio Romagnoli, Loretta Valgimigli, Federico Mazzocchi, Matteo Santamaria, Cinzia Galluzzo, Luciana Fasanetto

Dipartimento di Prevenzione AUSL Imola
Serena Lanzarini, Veraldo Valgimigli, Gino Guerzoni, Gianluca Ricci, Amedeo Conti, Graziella Vannini, Mirella Morara, Stefano Giuntini, Francesco Baldini

Dipartimento di Prevenzione AUSL Bologna Sud
Laura Maffioli, Maurizia Zanini, Eleonora Magelli, Lucia Maccari

Dipartimento di Prevenzione AUSL Bologna Nord
Roberta Santini, Antonella Bartoletti, Cristina Stagni

Arturo Arbizzani - consulente

Si ringraziano per la collaborazione:

ARPA – Sezione Provinciale di Bologna
Vanes Poluzzi, Sergio Ricciardelli, Silvano Ruiba, Marina Ridolfi, Franco Ferrari

Progetto grafico:
Mediamorphosis

Stampa:
Tipografia Casma - Bologna
Supplemento a "Portici" n° 1/2003 Anno VII
iscrizione Tribunale di Bologna 6695 del 23/7/97

Chiuso in tipografia nel mese di aprile 2003
Questo opuscolo è stato realizzato con carta ecologica





QUADERNI DEL ROSPO

PERIODICO DI INFORMAZIONE AMBIENTALE

*Provincia di Bologna Settore Ambiente
Servizio Valutazione di Impatto
e Sostenibilità Ambientale
Strada Maggiore, 80 - 40125 Bologna
Tel. 051/659.8888- Fax 051/659.8485
www.provincia.bologna.it*



PROVINCIA DI BOLOGNA
Assessorato Ambiente