

RADIELLO! E sai cosa respiri.

Tra i tanti contenitori che la società moderna ci offre ce n'è uno, sempre vicino a noi, che non è stato costruito dall'uomo, ma che è di origine naturale e di dimensioni relativamente enormi: l'aria che respiriamo. In questo contenitore siamo abituati a riversare di tutto, senza alcuno scrupolo, e spesso senza nemmeno chiederci se quello che vi mettiamo può in qualche modo ritornare addosso a noi, modificando il nostro stato di salute.

L'aria che respiriamo in città è sicuramente il peggiore contenitore a nostra disposizione; per accorgercene basta stare qualche decina di minuti in coda nel traffico cittadino: chi può chiude i finestrini della vettura, oppure si allontana velocemente in altra direzione, con un forte senso di claustrofobia e di asfissia. Bus motorini autovetture camions ci forniscono contro la nostra volontà la nostra "dose letale quotidiana".

Da considerazioni di questo tipo, per misurare in città lo stato dell'aria che respiriamo, o come si dice tecnicamente "la qualità dell'aria", sono attive varie iniziative, le più importanti quelle gestite dall'ARPAT (Agenzia Regionale di Protezione Ambientale della Toscana) attraverso le ben note centraline di rilevamento disposte nelle zone strategiche della nostra città.

Una classe del nostro Istituto, nell'ambito del progetto triennale "Sicurezza in cattedra", ha svolto un monitoraggio della qualità dell'aria, in particolare di un inquinante presente con effetti dannosi, il benzene, con una apparecchiatura particolare, il RADIELLO, in collaborazione con la ASL10 settore di Igiene Ambientale: questo perché tra i compiti di un laboratorio di analisi ambientale, come quello della ASL10, rientrano l'individuazione qualitativa e l'eventuale determinazione quantitativa delle sostanze inquinanti di natura chimica e delle polveri presenti nell'aria di qualsiasi ambiente di lavoro e anche dell'atmosfera.

Queste operazioni avvengono generalmente in due momenti distinti:

- 1) prelievo del campione d'aria e cattura degli inquinanti;
- 2) analisi degli inquinanti campionati;

PERCHE' IL RADIELLO

Le centraline di monitoraggio ambientale cittadino non misurano il benzene, lo stimano per via indiretta in base a misure di CO (tramite relazioni sperimentali tra CO e benzene): da qui la necessità di un monitoraggio diretto per conoscere l'esposizione della popolazione all'inquinamento. Il radiello è un apparecchio piccolo, portatile, da indossare senza particolari precauzioni, e molto efficiente, per monitorare lo stato dell'aria che respiriamo in ogni momento della nostra attività quotidiana. (vedere riquadro N°1)

PERCHE' IL BENZENE

La liberazione del benzene (ma anche toluene etilbenzene e xilene) nell'atmosfera in forma di vapore è per la maggior parte riferibile alle emissioni veicolari, mentre la quota restante, circa il 15 / 20%, si libera nell'ambiente per fenomeni di evaporazione (per esempio in operazioni di rifornimento di carburante).

Il limite occupazionale, cioè quello nei luoghi di lavoro, è di 3,25 mg/m³, quello ambientale di qualità dell'aria è di 10 µg/m³ (valore limite adottato in Europa, che verrà abbassato a 5 µg/m³ dal 2007). E' interessante sapere che nel fumo di tabacco il benzene è presente in concentrazioni molto superiori a quelle misurabili nelle aree urbane; si stima che la quantità assorbita durante l'inalazione del fumo di una sigaretta sia di circa 30 µg, quindi per un fumatore medio di circa 20 sigarette l'inalazione giornaliera di benzene è di circa 600 µg mentre nei soggetti non fumatori la quantità assorbita risulta essere fra valori compresi tra 10 e 200 µg, in funzione anche dell'ambiente di residenza.

L'assorbimento per inalazione è rapido, con una ritenzione nell'organismo del 50 - 60% della quantità respirata. Una piccola quantità, 0.07 - 0.20%, è escreta con le urine in forma non modificata. La quota residua viene metabolizzata a livello del fegato dove il benzene subisce varie trasformazioni.

Il benzene ha effetti cancerogeni, e non esiste una soglia di salvezza al di sotto della quale non ci siano effetti: qualunque dose con tempi di esposizione più o meno lunghi può causare un tumore. La cancerogenicità del benzene è messa in relazione a incrementi del rischio di leucemia acuta e cronica. Il cancro indotto dall'esposizione ad agenti tumorali, come il benzene, generalmente ha dei tempi di latenza di 15 o 30 anni. Si deve però tenere presente che esiste una relazione dose-effetto, nel senso che esposizioni a dosi sempre più alte aumentano sempre più la probabilità di sviluppare un tumore. Ci sono studi che ipotizzano effetti negativi sulla salute (leucemie) anche per esposizione a basse concentrazioni per lungo tempo.

COME E' STATO EFFETTUATO IL CAMPIONAMENTO

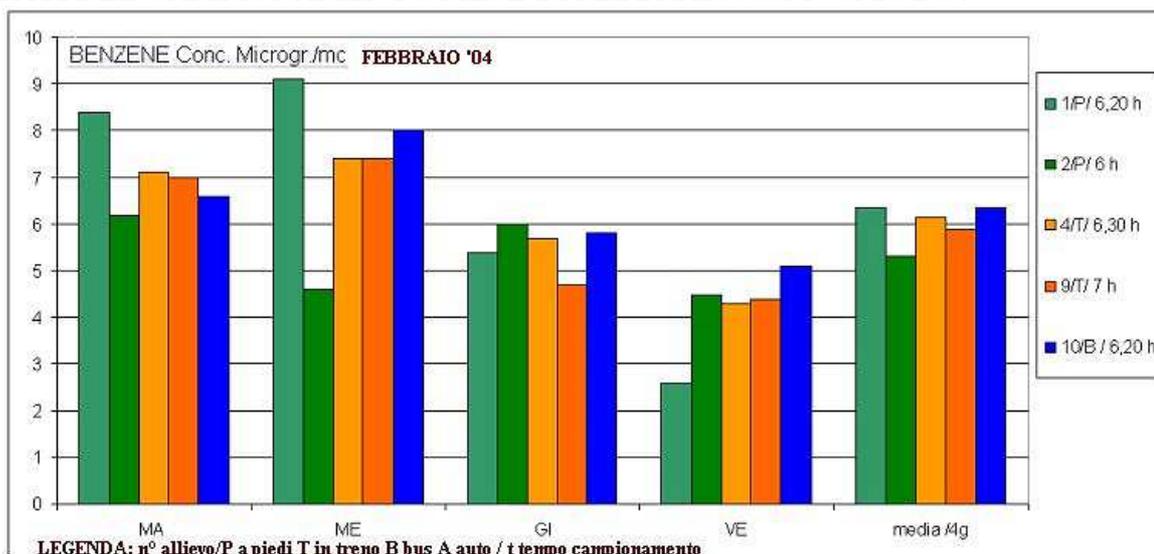
Il Laboratorio di Sanità Pubblica della ASL 10, settore "Igiene Industriale", ha effettuato le analisi degli inquinanti gassosi (in particolare benzene) con i quali gli studenti vengono a contatto nel quotidiano percorso

da casa a scuola, la permanenza a scuola e il ritorno a casa, adoperando il campionatore passivo "RADIELLO", portato addosso da 10 studenti per quattro giorni consecutivi, una fiala per giorno, per un totale di circa sette ore, in una settimana di febbraio 2003 e una di maggio. Su schede personali sono stati annotati dagli allievi il tempo di campionamento, le attività svolte (interne a scuola, a laboratorio, e esterne), e le condizioni meteorologiche.

Il fine del progetto è stato quello di capire se gli studenti che usano mezzi diversi, o fanno percorsi diversi da casa a scuola, sono esposti in maniera differente a benzene, sostanza presa come tracciante dell'inquinamento urbano.

Qui di seguito vengono presentati i risultati dei campionamenti effettuati dagli allievi.

1) RISULTATI DEL CAMPIONAMENTO MESE DI FEBBRAIO: dal 17 al 20/2/04



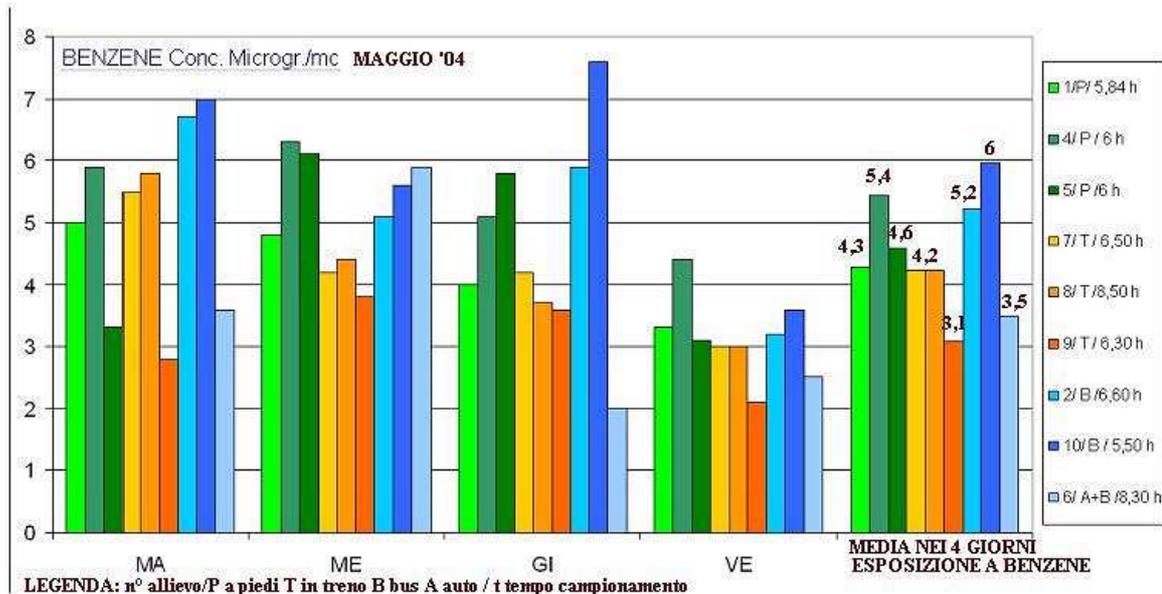
µg/m ³ (microg/mc)	BENZENE	TOLUENE	ETILBENZENE	m,p-XILENE
MEDIA SETTIM.	7,0	24,4	4,7	13,1
MEDIA GEOM.	6,2	20,4	4,0	11,4

Le annotazioni meteo di Febbraio, desunte dal diario di ogni studente campionato, dicono che il tempo nei quattro giorni di campionamento è stato discreto, con breve pioggia solo il Giovedì, e con una non eccessiva ventilazione ogni giorno. Dall'analisi dei valori ottenuti nel campionamento risulta che questi valori sono tutti al di sotto di quelli di riferimento per la qualità dell'aria secondo lo standard dell'Europa che attualmente è di 10 µg/mc (limite che sarà di 5 µg/mc dal 2007). Si può notare che i valori del venerdì sono più bassi dei precedenti, perchè il giorno precedente, giovedì, aveva piovuto. Si conferma quindi che i risultati sono fortemente influenzati dalle condizioni meteo: quando piove l'aria presenta minori concentrazioni di inquinanti.

Essere sotto i limiti di qualità però non deve tranquillizzare più di tanto: allo stato attuale la cancerogenità del benzene è dimostrata per alte dosi (concentrazioni di circa 1000 volte superiori), e gli effetti sulla salute determinati dall'inquinamento urbano determinano danni ad altri organi bersaglio, tuttavia non bisogna sottovalutare il rischio. Da notare che se non verranno prese misure per ridurre l'esposizione della popolazione al benzene, dal 2007 con questi valori potremmo essere sopra i limiti di qualità dell'aria: il superamento o meno dei limiti per il benzene è comunque riferita per legge alla media annuale, quindi possono esserci valori di punta molto più alti e altri più bassi.

Resta il fatto che sarà difficile abbassare i livelli di benzene: nelle benzine la percentuale è già al minimo, buona parte del parco macchine è stato rinnovato, resta ancora qualche margine per i motorini, e poi? Gli altri aromatici campionati, anch'essi nocivi, presenti in una atmosfera inquinata, non sono ancora controllati come valori limite di qualità dell'aria cittadina, inoltre queste altre sostanze possono derivare dall'inquinamento industriale essendo utilizzate in vari processi lavorativi.

2) RISULTATI DEL CAMPIONAMENTO MESE DI MAGGIO: dal 4 al 7/5/04



$\mu\text{g}/\text{m}^3$	BENZENE	TOLUENE	ETILBENZENE	m,p-XILENE	o- XILENE
MEDIA SETTIM.	4,6	21	6,3	16,9	7
MEDIA GEOM.	4,3	18,4	5	13,9	5,8

Le annotazioni meteo di Febbraio, desunte dal diario di ogni studente campionatore, dicono che il tempo nei quattro giorni di campionamento è stato perturbato, con pioggia discontinua ogni giorno, e in più con notevole ventilazione nell'ultimo giorno (Venerdì).

Dall'analisi dei valori ottenuti nel campionamento di maggio risulta che questi valori sono tutti sotto quelli di riferimento per la qualità dell'aria secondo lo standard dell'Europa in precedenza citato. Si può notare che i valori del benzene sono inferiori a quelli del campionamento del mese di febbraio, in quanto le condizioni meteo sono state decisamente avverse, inoltre l'inquinamento ambientale generalmente è maggiore nei mesi invernali.

Dall'analisi dei singoli valori allo stato attuale non si riesce a evidenziare con certezza sostanziali differenze di esposizione a benzene per gli studenti che effettuano percorsi diversi con tempi e mezzi diversi. Alcune risultanze si possono tuttavia evidenziare, come quella che gli allievi che adoperano il bus cittadino sono tra i più esposti; gli allievi che viaggiano in treno (alcuni provenienti da Sesto, La Rufina, Signa) sono tra i meno esposti anche rispetto a chi va a piedi.

E' interessante effettuare un confronto tra i dati individuali ottenuti con il RADIELLO e le misure ottenute dalle centraline di monitoraggio della qualità dell'aria a Firenze di ARPAT, ubicate a Novoli (zona residenziale), Gramsci - Rosselli - Mosse (zone di traffico), valori presi in un arco di tempo abbastanza simile al tempo di campionamento degli allievi col radiello.

Si conferma un andamento medio che è influenzato dalle condizioni meteo, in entrambi i periodi; per i dati ARPAT i valori medi risultano abbastanza elevati, per la qualità dell'aria, in quanto tengono conto maggiormente del traffico cittadino, mentre le medie del radiello sono più basse perchè sicuramente influenzate dal tempo di permanenza a scuola degli allievi.

L'esperienza svolta in collaborazione con la ASL10, pur se con valenza statistica limitata a causa del numero di allievi coinvolti e delle giornate di campionamento effettuate, è stata sicuramente positiva per la conferma di risultati in parte attesi sulla qualità dell'aria cittadina, e per il coinvolgimento diretto degli studenti su un argomento che sta a cuore a tutti, l'aria che respiriamo e la sua influenza sulla nostra salute.

Un'ultima considerazione sui risultati ottenuti: andare a scuola, piuttosto che "a giro per fare forza" e quindi il pieno di inquinamento, fa meglio alla salute, e non solo!



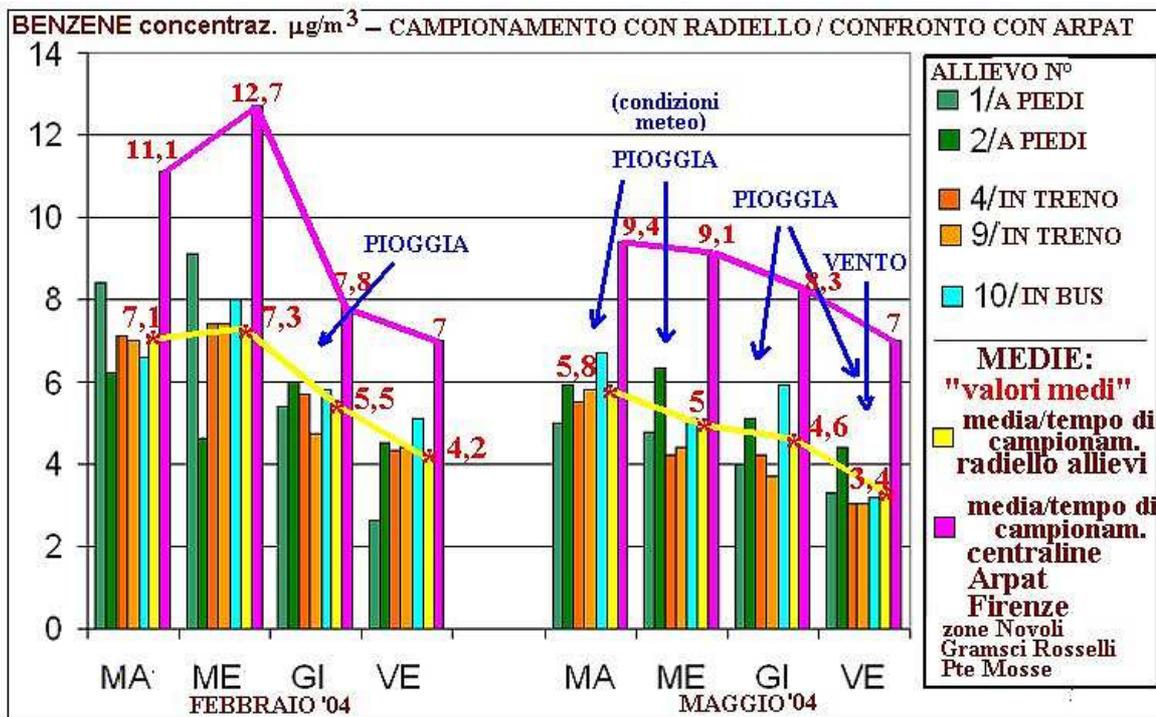
PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO del RADIELLO:

è un campionatore indiretto passivo a simmetria radiale (superficie diffusiva cilindrica) che attua un assorbimento di inquinanti (in particolare benzene toluene etilbenzene xilene) su materiale attivo (carbone attivo o carbone grafitato).

Si usa in ambienti esterni e interni per il controllo di qualità dell'aria, e in igiene industriale per il controllo dell'esposizione ad inquinanti sui luoghi di lavoro.

PARTI COSTITUENTI:

CORPO POROSO DIFFUSIVO - CARTUCCIA ASSORBENTE - SUPPORTO TRIANGOLARE



campionamento diretto

Il campionamento diretto comporta il **prelievo diretto** di un certo volume d'aria ambiente, che viene introdotta come tale (cioè senza alcun trattamento) in un adatto **contenitore** che può essere in vetro, in metallo o in plastica.

Il recipiente viene quindi portato in laboratorio dove l'aria viene estratta tutta o in parte per essere analizzata.

In genere il prelievo viene eseguito in tempi brevi per cui il metodo consente di rilevare la concentrazione degli inquinanti in un dato istante. Viene anche definito prelievo istantaneo. Sull'impiego di questi campionatori ci sono da fare alcune osservazioni, che se non tenute in adatta considerazione, possono portare a risultati analitici erranei.

E' necessario ad esempio tenere presente che parte dell'inquinante può essere adsorbito sulla superficie interna del contenitore (perdita di tale frazione), l'uso di rubinetti in vetro sul recipiente (perdita di campione), l'aria campionata può essere umida e calda quindi condensare sulle pareti del recipiente (le piccolissime gocce che si formano portano in soluzione l'inquinante).

campionamento indiretto attivo

Nel campionamento indiretto **attivo** invece un volume misurato di aria viene fatto fluire attraverso un adatto sistema di captazione (substrato di raccolta) il quale trattiene e concentra gli inquinanti presenti. Il substrato, che deve essere scelto in relazione alle caratteristiche delle sostanze inquinanti è in genere costituito da un filtro di materiale adatto (per polveri), da un liquido adsorbente (per sostanze volatili inorganiche acide o basiche), da un solido adsorbente come il carbone attivo (per sostanze volatili organiche apolari), o come il gel di silice e l'allumina (per sostanze volatili organiche polari).

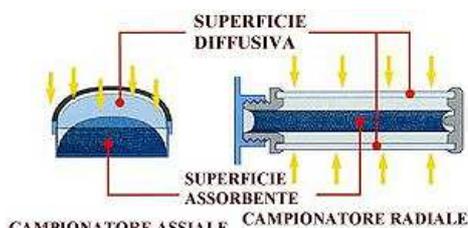
Il substrato a fine campionamento viene portato in laboratorio per l'analisi.

Dato che la durata del prelievo può essere notevolmente elevata, i metodi indiretti si prestano all'ottenimento di valori medi di concentrazione nel tempo.

Esistono in commercio dei campionatori personali di dimensioni ridotte che hanno la possibilità di essere indossati dai vari operatori e che seguono questi nei loro spostamenti. Per le loro dimensioni ridotte e per la richiesta di necessaria affidabilità devono rispondere a certi requisiti tecnici come ad esempio: la portata costante per tutta la durata del prelievo, un sistema affidabile per la quantizzazione e il conteggio dei litri di aria campionata, l'adozione di segnalazione della carica delle batterie e una autonomia di queste in grado di coprire le esigenze di un campionamento per lunghi periodi.

E' anche vero però che seppure di dimensioni ridotte un campionatore personale provoca dei **disagi** all'operatore che lo indossa ad esempio il peso della pompa, una serie di tubi collegati alla fiala che contiene il substrato, il rumore del motore della pompa

campionamento indiretto passivo a diffusione assiale e radiale



Per ovviare ai disagi dei precedenti campionatori sono stati costruiti dei campionatori passivi a geometria **assiale** che catturano le sostanze aerodisperse per adsorbimento mediante il meccanismo della diffusione molecolare in presenza di un gradiente di concentrazione.

Il campionatore passivo a diffusione di solito è una scatola chiusa cilindrica nella quale una delle due facce è "trasparente" alle molecole gassose mentre quella opposta le assorbe. La prima faccia è chiamata superficie diffusiva, la seconda superficie adsorbente. Sotto il gradiente di concentrazione le molecole gassose attraversano la superficie diffusiva diffondendosi verso la superficie adsorbente lungo un percorso unidirezionale parallelo (180°) all'asse della scatola dove verranno trattenute.

Quindi applicheremo la formula: $C = m/t * Q$

con C la concentrazione ambientale da ricercare espressa in $\mu\text{g/l}$, m sarà la massa captata dall'assorbente espressa in μg , t sarà il tempo espresso in minuti di esposizione, Q sarà la portata di campionamento espressa in L/min .

Per aumentare però la sensibilità analitica bisogna aumentare m (massa captata) ciò si realizza aumentando Q (portata) ma per aumentare Q devo aumentare le due superfici diffusiva e adsorbente. L'analita però si recupera dal substrato con un solvente quindi aumentando la superficie dovrò aumentare il volume del solvente, ma l'effetto dello incremento di Q sarà annullato dalla diluizione. Per aumentare Q però è bastato cambiare la geometria del campionatore trasformando il percorso diffusivo da assiale in **radiale**. E' stato così costruito il **radiello** nel quale è la superficie cilindrica a funzionare da barriera diffusiva: le molecole gassose si muovono parallelamente al raggio verso un adsorbente anch'esso cilindrico e coassiale alla superficie diffusiva a 360° . L'utilizzo del radiello ha avuto un enorme successo in quanto il suo utilizzo non comporta l'uso di pompe pesanti e ingombranti, non ha limiti energetici di autonomia, non fa rumore, non teme ambienti infiammabili o esplosivi e importante non è soggetto al fenomeno del breakthrough, permette il desorbimento termico e l'analisi in GC/MS senza interferenti, il suo riutilizzo una volta desorbito e consente il campionamento di una vasta gamma di inquinanti.



Firenze, 20/11/2004
(dalla rivista annuale "Nuovi Contatti" I.I.S. L.da Vinci Firenze)

Andrea Tonini