



FONDAZIONE IRCCS CA' GRANDA
OSPEDALE MAGGIORE POLICLINICO

Servizio di Prevenzione e Protezione Servizio del Medico Competente

 POLITECNICO DI MILANO



**esposizione a Sostanze Organiche Volatili [SOV]
nell'ambiente di vita e di lavoro**

il caso specifico del benzene



il problema si è posto all'atto pratico con il riscontro di contaminazione da agenti chimici durante le fasi di scavo nella «Area Broggi» (ex area industriale)



**necessità di bonifica,
ma nel contempo interrogativi
sul possibile impatto sulla salute di chi
risiede – o operi – nelle immediate adiacenze**





**monitoraggio ambientale delle
concentrazioni aerodisperse di agenti
chimici organici (Sostanze Organiche
Volatili, SOV) nel periodo 2009-2014**

**legato alle caratteristiche di pericolosità
tossicologica del composto, i dati relativi
ai livelli aerodispersi di BENZENE risultano
di particolare rilevanza e possono essere
assunti quale «indicatore»**





le concentrazioni rilevate di benzene, nel periodo indicato, misurate sia in *outdoor* che in *indoor*, sono risultate comprese nell'intervallo $<0,2-5 \mu\text{g}/\text{m}^3$

solo in pochi rilievi puntiformi (sia *indoor* che *outdoor*) i livelli sono stati compresi nell'intervallo $5,5-9 \mu\text{g}/\text{m}^3$

[microgrammi per metro cubo]



**le SOV rappresentano – nel loro insieme –
un vasto gruppo di sostanze chimiche
di largo utilizzo professionale**



**ma presenti anche come contaminanti
ubiquitari nell'atmosfera dell'ambiente
di vita, in particolare nelle aree urbane**





l'esposizione umana per via aerodispersa a tali sostanze (tra i quali sono compresi per esempio idrocarburi alifatici e aromatici [alogenati e non], aldeidi, chetoni, alcoli, eteri, acetati, etc) può pertanto variare in un intervallo molto largo

**dalle decine o centinaia di MILLIGRAMMI
alle decine o centinaia di MICROGRAMMI
per volume d'aria**

1 milligrammo = 1000 microgrammi





valori limite di esposizione e tutela della salute⁷

**in base alle conoscenze medico-tossicologiche,
il legislatore per le varie sostanze ha definito –
e aggiorna nel corso del tempo – i valori
di concentrazione nell'aria che si
ritengono «SICURI»**

**cioè non in grado di dare luogo all'insorgenza di
effetti avversi per la salute**



**per l'esposizione professionale:
Allegato XXXVIII e Allegato XLIII
del D.Lgs. 81/2008 e succ.**





Allegato XXXVIII – D.Lgs. 81/2008

Allegato XXXVIII
Valori limite di esposizione professionale

EINECS ⁽¹⁾	CAS ⁽²⁾	NOME DELL'AGENTE CHIMICO	VALORE LIMITE				NOTAZIONE ⁽³⁾
			8 ore ⁽⁴⁾		Breve Termine ⁽⁵⁾		
			mg/m ³ ⁽⁶⁾	ppm ⁽⁷⁾	mg/m ³ ⁽⁶⁾	ppm ⁽⁷⁾	
200-467-2	60-29	Dieltelere	308	100	616	200	-
200-662-2	67-64-1	Acetone	1210	500	-	-	-
200-663-8	67-66-3	Clorofornio	10	2	-	-	Pelle
200-756-3	71-55-6	Tricloroetano, 1,1,1-	555	100	1110	200	-
200-834-7	75-04-7	Enilamina	9,4	5	-	-	-
200-863-5	75-34-3	Dicloroetano, 1,1-	412	100	-	-	Pelle
200-870-3	75-44-5	Fosgene	0,08	0,02	0,4	0,1	-
200-871-9	75-45-6	Clorodifluorometano	3600	1000	-	-	-
201-159-0	78-93-3	Butanone	600	200	900	300	-
201-176-3	79-09-4	Acido propionico	31	10	62	20	-
202-422-2	95-47-6	o-Xilene	221	50	442	100	Pelle
202-425-9	95-50-1	Diclorobenzene, 1, 2-	122	20	306	50	Pelle
202-436-9	95-63-6 1,2,4	Trimetilbenzene	100	20	-	-	-
202-704-5	98-82-8	Cumene	100	20	250	50	Pelle
202-705-0	98-83-9	Fenilpropene, 2-	246	50	492	100	-
202-849-4	100-41-4	Enilbenzene	442	100	884	200	Pelle
203-313-2	105-60-2	e-Caprolattame (polveri e vapori) ⁽⁸⁾	10	-	40	-	-
203-388-1	106-35-4	Eptan-3-one	95	20	-	-	-
203-396-5	106-42-3	p-Xilene	221	50	442	100	Pelle
203-400-5	106-46-7	Diclorobenzene, 1,4-	122	20	306	50	-
203-470-7	107-18-6	Alcole allilico	4,8	2	12,1	5	Pelle
203-473-3	107-21-1	Enil glicol	52	20	104	40	Pelle
203-539-1	107-98-2	Metossipropanolo-2,1-	375	100	568	150	Pelle
203-550-1	108-10-1	Metilpentan-2-one,4-	83	20	208	50	-
203-576-3	108-38-3	m-Xilene	221	50	442	100	Pelle
203-603-9	108-65-6	2-Metossi-1-metilacetato	275	50	550	100	Pelle
203-604-4	108-67-8	Mesitilene (1,3,5-trimetilbenzene)	100	20	-	-	-
203-628-5	108-90-7	Clorobenzene	47	10	94	20	-
203-631-1	108-94-1	Cicloesano	40,8	10	81,6	20	Pelle
203-632-7	108-95-2	Fenolo	7,8	2	-	-	Pelle
203-726-8	109-99-9	Tetraidrofuran	150	50	300	100	Pelle
203-737-8	110-12-3	5-metilesan-2-one	95	20	-	-	-
203-767-1	110-43-0	eptano-2-one	238	50	475	100	Pelle
203-808-3	110-85-0	Piperazina (polvere e vapore) ⁽⁸⁾	0,1	-	0,3	-	-
203-905-0	111-76-2	Butossietanolo-2	98	20	246	50	Pelle
203-933-3	112-07-2	2-Butossietilacetato	133	20	333	50	Pelle
204-065-8	115-10-6	Enle dimetilico	1920	1000	-	-	-
204-428-0	120-82-1	1,2,4-Triclorobenzene	15,1	2	37,8	5	Pelle
204-469-4	121-44-8	Trinitilamina	8,4	2	12,6	3	Pelle
204-662-3	123-92-2	Acetato di isomale	270	50	540	100	-
204-697-4	124-40-3	Dimetilamina	3,8	2	9,4	5	-
204-826-4	127-19-5	N,N-Dimetilacetammide	36	10	72	20	Pelle
205-480-7	141-32-2	Acrilato di n-butile	11	2	53	10	-
205-563-8	142-82-5	Eptano, n-	2085	500	-	-	-
208-394-8	526-73-8	1,2,3-Trimetilbenzene	100	20	-	-	-
208-793-7	541-85-5	5-Metilheptano-3-one	53	10	107	20	-
210-946-8	626-38-0	Acetato di 1-metilbutile	270	50	540	100	-
211-047-3	628-63-7	Acetato di pentile	270	50	540	100	-
	620-11-1	Acetato di 3-amile	270	50	540	100	-
	625-16-1	Acetato di terz-amile	270	50	540	100	-
215-535-7	1330-20-7	Xilene, isomeri misti, puro	221	50	442	100	Pelle
222-995-2	3689-24-5	Sulfotep	0,1	-	-	-	Pelle
231-634-8	7664-39-3	Acido fluoridrico	1,5	1,8	2,5	3	-
231-131-3	7440-22-4	Argento, metallico	0,1	-	-	-	-
231-595-7	7647-01-0	Acido cloridrico	8	5	15	10	-
231-633-2	7664-38-2	Acido ortofosforico	1	-	2	-	-
231-635-3	7664-41-7	Ammoniacca anidra	14	20	36	50	-
231-945-8	7782-41-4	Fluoro	1,58	1	3,16	2	-
231-978-9	7782-41-4	Seleniuro di idrogeno	0,07	0,02	0,17	0,05	-
233-113-0	10035-10-6	Acido bromidrico	-	-	6,7	2	-
247-852-1	26628-22-8	Azoturo di sodio	0,1	-	0,3	-	Pelle
		Fluoruri inorganici (espressi come F)	2,5	-	-	-	-
		Piombo inorganico e suoi composti	0,15	-	-	-	-
200-193-3	54-11-5	Nicotina	0,5	-	-	-	Pelle

valori espressi in
mg/m³

e

parti per milione
(ppm)





Allegato XLIII – D.Lgs. 81/2008

ALLEGATO XLIII Valori limite di esposizione professionale

Nome agente	EINECS (1)	CAS (2)	Valore limite esposizione professionale		osservazioni	Misure transitorie
			Mg/m ³ (3)	Ppm (4)		
Benzene	200-753-7	71-43-2	3,25 (5)	1 (5)	Pelle (6)	Sino al 31 dicembre 2001 il valore limite è di 3 ppm (=9,75 mg/m ³)
Cloruro di vinile monomero	200-831	75-01-4	7,77 (5)	3 (5)	-	-
Polveri di legno	-	-	5,00 (5) (7)	-	-	-

⁽¹⁾ EINECS: Inventario europeo delle sostanze chimiche esistenti (European Inventory of Existing Chemical Substances).

⁽²⁾ CAS: Numero Chemical Abstract Service.

⁽³⁾ mg/m³ = milligrammi per metro cubo d'aria a 20° e 101,3 Kpa (corrispondenti a 760 mm di mercurio).

⁽⁴⁾ ppm = parti per milione nell'aria (in volume: ml/m³).

⁽⁵⁾ Valori misurati o calcolati in relazione ad un periodo di riferimento di otto ore.

⁽⁶⁾ Sostanziale contributo al carico corporeo totale attraverso la possibile esposizione cutanea.

⁽⁷⁾ Frazione inalabile; se le polveri di legno duro sono mescolate con altre polveri di legno, il valore limite si applica a tutte le polveri di legno presenti nella miscela in questione





le preoccupazioni circa i possibili effetti legati all'esposizione a benzene

agente chimico ben noto come cancerogeno per l'uomo, in grado di provocare insorgenza di leucemia nell'esposizione cronica ad alti dosaggi (nell'ordine delle decine o centinaia di milligrammi per metro cubo d'aria)





ha motivato la promulgazione di normative volte a mantenere criteri di «qualità dell'aria» nell'ambiente di vita, in particolare a livello delle aree urbane

per la tutela della salute della popolazione generale, non professionalmente esposta a benzene





Decreto Ministeriale 25.11.1994

per il benzene, valore ambientale pari a
10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
(a far tempo dal 1 gennaio 1999)

indicato quale “obiettivo di qualità” per
il contenimento della contaminazione
nelle aree urbane





D.Lgs.155/2010

ha fissato un valore limite nell'ordine di
5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
(come media annuale)

**nell'ambito di standard di qualità
dell'aria nell'ambiente di vita**





Benzene come contaminante ubiquitario

**indagine a cura della Commissione
Consultiva Tossicologica Nazionale
nel 1994, nelle aree urbane in Italia**

**livelli di benzene rilevati nell'intervallo
2-236 $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

**tali dati sono risultati confrontabili con le
evidenze fornite da analoghe campagne di
monitoraggio in ambito europeo**





Benzene come contaminante ubiquitario

**indagine nell'area urbana di Milano
che ha considerato casa, ufficio e
trasferimenti (Maroni et al, 1998)**

livelli aerodispersi di benzene

mediana 24 h:	26,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	(< 1 – 91 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
abitazione:	23,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	(< 1 – 135 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
ufficio:	26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	(< 1 – 270 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
tragitto A/U:	22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	(< 1 – 289 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
tragitto U/A:	19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	(< 1 – 128 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)





Benzene come contaminante ubiquitario

Valutazione dell'esposizione a composti organici volatili in lavoratori addetti in ufficio (Carrer et al., 2000)

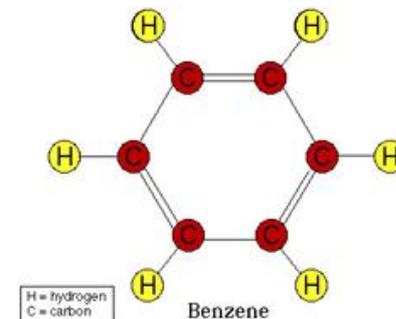
livelli aerodispersi di benzene

media geometrica quotidiana: $21,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$

abitazione: 52,4%

luogo di lavoro: 35,8%

spostamenti: 4,8%





Benzene come contaminante ubiquitario

indagine a livello europeo (Cocheo et al., 2000)

livelli aerodispersi di benzene (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
esposizione domestica, esterna, individuale totale

Anversa:	9,4±6,2	4,4±1,0	12,2±9,8
Atene:	10,1±4,3	20,7±4,1	18,8±7,2
Copenhagen:	4,5±2,7	3,1±0,8	6,6±4,8
Murcia:	12,3±8,7	11,7±3,1	23,1±12,4
Padova:	7,0±2,7	8,0±2,1	10,6±4,0
Rouen:	9,5±10,9	4,7±0,9	13,4±8,9



esposizione a benzene nella popolazione

indagine nel Regno Unito, dosi quotidiane di benzene assunte in persone di 3 diverse fasce di età (Duarte-Davidson, 2001)

bambini < 1 anno: 15–26 $\mu\text{g}/\text{die}$
bambini 11 anni: 29–50 $\mu\text{g}/\text{die}$
adulti: 75–522 $\mu\text{g}/\text{die}$

per esposizioni aerodisperse, rispettivamente:

bambini < 1 anno: 3.40–5.76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
bambini 11 anni: 3.37–5.67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
adulti: 3.7–41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



esposizione a benzene nella popolazione

ruolo dell' ambiente, condizioni di vita e abitudini voluttuarie nel concorso della dose assunta

- **soggetto fumatore, residente in città, manutentore stradale che opera su una arteria di comunicazione trafficata:**

dose quotidiana fino a 820 $\mu\text{g}/\text{die}$

esposizione inalatoria nell'ordine di 41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

(Duarte-Davidson, 2001)



esposizione a benzene nella popolazione

fumo di sigaretta e dose assunta di benzene

- **soggetto non fumatore, che vive in ambito rurale e non svolge attività lavorativa:
*74 µg/die***
- **lavoratore in ambito ufficio, fumatore, guidatore di autoveicoli e residente in aree urbane:
*fino a 458 µg/die***

(Knudson et al, 1976)



esposizione a benzene nella popolazione

fumo di sigaretta e dose assunta di benzene

- dose nell'ordine di 16–75 μg per sigaretta
- valore medio di 40 μg per sigaretta
- una quota pari al 50% dell'inalato è assorbita (o comunque ritenuta) nel corpo
- per un consumo di 20 sigarette/*die* si avrebbe un totale inalato pari a 800 μg di benzene/*die*, con una dose assorbita di 400 $\mu\text{g}/\text{die}$.

(Brunnemann et al, 1989)



esposizione a benzene nella popolazione

benzene assunto non solo per via respiratoria, ma anche con alimenti e bevande

**a titolo di esempio: nelle uova (500-1900 $\mu\text{g}/\text{kg}$)
nella carne bovina (19 $\mu\text{g}/\text{kg}$), nel rhum (120 $\mu\text{g}/\text{kg}$)**

secondo stime dell'Organizzazione Mondiale della Sanità, in soggetti adulti non fumatori l'assunzione media quotidiana di benzene è stimata nell'ordine di 200-450 μg (in un intervallo 200-1700 $\mu\text{g}/\text{die}$, pari a 3-25 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{die}$) (WHO, 1993), di cui la quota assunta di con gli alimenti sarebbe nell'ordine di 180 $\mu\text{g}/\text{die}$ (WHO, 2000)





CONCLUSIONI (1)

sulla base dei dati riportati, si evince quanto segue:

- **le concentrazioni di benzene rilevate nella «area Broggi» nel periodo 2009-2014 sono risultate essere entro i limiti previsti dalla vigente normativa nazionale in termini di qualità dell'aria delle aree urbane, per la tutela della salute della popolazione generale**
- **le stesse concentrazioni risultano largamente comprese nel normale intervallo di variabilità rilevato – e descritto in letteratura – a livello italiano ed internazionale**



CONCLUSIONI (2)

- **i livelli di benzene aerodisperso rilevati nella «area Broggi» nel periodo 2009-2014 sono risultati macroscopicamente inferiori a quelle noti in campo medico-tossicologico per essere in grado di dar luogo all'insorgenza di effetti avversi per la salute nell'uomo**
- **ancora: l'esposizione ai livelli medesimi, per il personale residente – o operante – nelle aree viciniori, non appare in grado di condizionare una assunzione di benzene in eccesso rispetto a quella normalmente attesa nella popolazione generale nell'ambiente di vita**

