



arpav

Agenzia Regionale per la Prevenzione e
Protezione Ambientale del Veneto

La qualità dell'aria nel Comune di Cadoneghe

Monitoraggio dal 14/01/04 al 25/02/04



ARPAV

Dipartimento Provinciale di Padova

La qualità dell'aria nel Comune di Cadoneghe

Monitoraggio dal 14/01/04 al 25/02/04

Realizzato da:

ARPAV

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI PADOVA

Con la collaborazione di:

COMUNE DI CADONEGHE

2004, ARPA VENETO

E' consentita la riproduzione di testi, tabelle, grafici e in genere del contenuto del presente rapporto esclusivamente con la citazione della fonte.

Indice

1. Introduzione, obiettivi e metodologia del monitoraggio	4
2. Valutazione e discussione dei risultati	6
2.1 Biossido di zolfo (SO ₂)	6
2.2 Monossido di carbonio (CO)	8
2.3 Biossido di azoto (NO ₂)	9
2.4 Ozono (O ₃)	10
2.5 Polveri fini (PM ₁₀)	10
2.6 Benzo(a)pirene (IPA)	12
2.7 Benzene (C ₆ H ₆)	13
2.8 Metalli pesanti (Pb, As, Cd, Ni, Hg)	14
3. Conclusioni	16
4. Scheda sintetica di valutazione	19
Appendice I. Il quadro di riferimento normativo	I
I.1 I parametri di valutazione della qualità dell'aria	I
I.2 Il Piano Regionale di Tutela e Risanamento dell'Atmosfera	VI
Appendice II. Descrizione dei principali inquinanti atmosferici	VIII

1. Introduzione, obiettivi e metodologia del monitoraggio

Il monitoraggio della qualità dell'aria nel Comune di Cadoneghe è stato svolto dal Dipartimento Provinciale ARPAV di Padova su richiesta dell'Amministrazione Comunale nell'ambito di un programma di "protezione e prevenzione dei rischi per la salute" del personale comunale operante in località Castagnara.

L'obiettivo è fornire una valutazione dello *stato* dell'ambiente atmosferico attraverso l'analisi della concentrazione degli inquinanti rilevati dal mezzo mobile posizionato dal 14/01/04 al 25/02/04 per un totale complessivo di 42 giorni in Piazzale Castagnara. La valutazione dello *stato* dell'ambiente atmosferico consiste nel confronto critico dei livelli degli inquinanti con i 'limiti' previsti dalla normativa vigente per tempi di esposizione a breve e/o a lungo termine. Considerato che si tratta di un'indagine di tipo 'esplorativo' in una zona del territorio provinciale ove non sono posizionate stazioni fisse di monitoraggio e mancano dati storici, si è impostata l'analisi dei dati di qualità dell'aria a livello comparativo con quelli rilevati nel medesimo periodo presso l'area urbana di Padova (stazioni fisse di Arcella PD e Mandria PD). Per maggiori dettagli sull'impostazione metodologica del presente rapporto e sui criteri di valutazione adottati per l'interpretazione dei limiti stabiliti dalla normativa si rimanda alle specifiche tecniche esposte in dettaglio nel Capitolo 2.

Parallelamente all'obiettivo principale sopra delineato, il monitoraggio si configura anche come un'opportunità per rilevare informazioni utili per una più appropriata classificazione del territorio comunale secondo gli obiettivi previsti dal Piano Regionale di Tutela e Risanamento dell'Atmosfera (cfr Appendice I, paragrafo I.2).

In base alla zonizzazione territoriale del Piano adottato con Deliberazione della Giunta Regionale del Veneto n. 902 del 4 aprile 2003, attualmente all'esame della competente Commissione del Consiglio Regionale, il Comune di Cadoneghe è stato classificato per PM₁₀ e IPA come zona A (alta criticità) e, invece, per benzene e NO₂ come zona B (media criticità). Tale classificazione è stata basata, in mancanza di misure *'in situ'*, solo su stime e valutazioni di tipo presuntivo. Quindi, i dati raccolti con il monitoraggio in oggetto servono anche per aggiungere elementi di giudizio utili per un inquadramento territoriale su vasta scala delle eventuali azioni di mitigazione, risanamento e mantenimento a carattere regionale. L'obiettivo a medio e lungo termine è definire piani di intervento integrati che migliorino l'efficacia territoriale delle azioni di tutela precedentemente lasciate, in via pressoché esclusiva, alla discrezionalità e alle difficoltà di realizzazione delle singole Amministrazioni Comunali.

Nella Tavola 1 è rappresentato in cartografia tecnica regionale (CTR 5000) il punto di stazionamento del mezzo mobile in Piazzale Castagnara nel Comune di Cadoneghe. Tale punto rappresenta una posizione di misura di tipo 'hot spot' rispetto alle principale fonte di pressione rappresentata dal traffico veicolare che insiste sulla Strada Statale 307 del Santo.

L'attribuzione della tipologia del punto di monitoraggio è stata assegnata a seguito di sopralluogo e verifica dei criteri di classificazione elencati nei vari documenti tecnici e/o normativi disponibili in materia di qualità dell'aria (EEA, 1999; JRC/EEA/EC, 1998). I punti *'hot spots'* rappresentano aree critiche di limitata estensione che per loro caratteristica (distanza media rispetto alle strade principali e ai corrispondenti flussi di traffico) forniscono una valutazione della qualità dell'aria rappresentativa del 'caso peggiore' (sono quindi dei punti utili per valutare lo stato dell'ambiente atmosferico in termini il più possibile conservativi anche se non direttamente riferibili al livello

medio di esposizione della popolazione). Invece, i punti di *'background'* rappresentano le aree di misura più appropriate per stimare il livello medio di concentrazione degli inquinanti in una specifica area urbana e quindi per ricavare una possibile valutazione dello stato medio di qualità dell'aria nella zona di indagine.

Considerato quanto esposto, nel caso specifico del monitoraggio in Piazzale Castagnara nel Comune Cadoneghe il mezzo mobile è stato assimilato ad una stazione fissa di tipo *'hot spot'*.

Per definire il corretto posizionamento del mezzo mobile sono state seguite le linee guida disponibili in letteratura per le stazioni di tipo fisso. Il Dipartimento Provinciale ARPAV di Padova ha adottato quale *'standard di qualità interno'* i criteri ricavati dalla letteratura tecnica e normativa in materia di qualità dell'aria di seguito elencati: ISTISAN 83/48; ISTISAN 87/51; DM 16/05/96; DIR 99/30/CE; DIR00/69/CE, EEA, 1999. Si tratta di alcune linee guida originariamente definite per stazioni di tipo fisso e, quindi, come tali non applicabili integralmente al posizionamento del mezzo mobile. Come evidente queste specifiche tecniche non garantiscono di per sé la qualità dei dati raccolti ma assicurano criteri minimi di uniformità e confrontabilità che comunque devono essere valutati in funzione del contesto operativo, cioè delle esigenze logistiche e/o organizzative che emergono dall'effettivo riscontro *'in campo'*.

Contestualmente alle misure in automatico sono state effettuati anche dei rilievi del benzene con campionatori passivi manuali. Questa metodica di campionamento è definita di tipo *'passivo'* perché il prelievo dell'inquinante avviene per semplice diffusione molecolare e non per aspirazione attiva come nei tipici sistemi di monitoraggio in automatico. Il campionatore passivo, denominato Radiello, è costituito da un corpo diffusivo a simmetria radiale di policarbonato e polietilene microporoso e da un materiale adsorbente posto al suo interno, specifico per ciascun inquinante. Le sostanze inquinanti presenti nell'atmosfera diffondono passivamente attraverso il campionatore e vengono trattenute dal materiale adsorbente (carbone attivo nel caso del benzene).

I campionatori passivi, posizionati al riparo dalle precipitazioni atmosferiche, sono stati fissati ad una altezza di circa 2,5 m dal suolo e lasciati *in situ* mediamente per una settimana. Successivamente la quantificazione analitica degli inquinanti è stata effettuata in laboratorio. L'utilizzo dei campionatori passivi, previsto dalla DIR 96/62/CE, richiede particolare cura nell'interpretazione dei dati ambientali raccolti, secondo le indicazioni del *"Guidance Report on Preliminary Assessment under EC Air Quality Directives"* (JRC/EEA/EC, 1998).

2. Valutazione e discussione dei risultati

In questo capitolo vengono presentati i dati sulle concentrazioni ambientali degli inquinanti atmosferici rilevati durante la campagna di monitoraggio effettuata dal 14/01/2004 al 25/02/04, per un totale di 42 giorni di stazionamento del mezzo mobile in Piazzale Castagnara nel Comune di Cadoneghe.

La valutazione è riferita, secondo l'impostazione prevista dall'attuale normativa, ai parametri di qualità dell'aria distinti secondo a due 'scenari temporali': *a breve* e *a lungo termine*. A questo proposito è importante ricordare che i limiti elencati in Tabella A.I e in Tabella A.II (Appendice I) si riferiscono principalmente alla valutazione dello stato di qualità dell'aria monitorato con stazioni fisse rispondenti a precisi criteri di posizionamento e numero minimo di dati raccolti.

In questo caso, invece, la valutazione dello stato di qualità è riferita ad un monitoraggio per breve periodo con mezzo mobile e/o campionatori passivi che non garantisce le stesse condizioni di rappresentatività spaziale (ubicazione rispetto alle principali fonti di emissione) e/o temporale (numero di campioni raccolti) previste dalla normativa vigente per le stazioni di tipo fisso.

Per quanto detto, la valutazione del rispetto dei limiti stabiliti dalla normativa per i dati ambientali rilevati nel Comune di Cadoneghe deve essere considerata, in particolare per i parametri a lungo termine, con valore indicativo. Inoltre, è evidente che le considerazioni di seguito presentate sono riferite esclusivamente al punto di monitoraggio (Piazzale Castagnara) e solo parzialmente allo stato generale di qualità dell'aria presente nel Comune di Cadoneghe (la cui valutazione complessiva richiede un'analisi molto più approfondita).

Infine, con l'obiettivo di proporre un confronto con una realtà urbana monitorata in continuo, di cui sono noti i principali elementi di criticità anche se diversi per significatività e composizione delle fonti di pressione, verrà fornita per ogni inquinante l'indicazione dei valori medi registrati nel medesimo periodo presso le stazioni fisse di monitoraggio di Arcella PD ('hot spot') e di Mandria PD ('background') ubicate nel Comune di Padova. Tale confronto serve esclusivamente per definire se, a seguito del limitato periodo di monitoraggio effettuato nel Comune di Cadoneghe è possibile individuare elementi di valutazione comuni con lo stato di qualità dell'aria rilevato in continuo nell'area urbana di Padova in due stazioni fisse di monitoraggio e, in definitiva, per fornire un commento sulla possibile tendenza in atto.

2.1 Biossido di zolfo (SO₂)

I valori ambientali di biossido di zolfo sono risultati sempre ampiamente inferiori ai valori limite per la protezione della salute (350 µg/m³, media 1h; 125 µg/m³, media 24h) e per la soglia di allarme (500 µg/m³, persistenza per 3 h consecutive) previsti dal DM 60/02. Inoltre, non sono mai stati verificati superamenti del valore limite di protezione della salute aumentato del margine di tolleranza valido per il 2004 (380 µg/m³, media 1h, DM 60/02).

Le concentrazioni di biossido di zolfo monitorate nel Comune di Cadoneghe dal 14/01/04 al 25/02/04 sono riportate in Tabella 2.1. Come risulta evidente i valori sono ampiamente inferiori ai limiti previsti dalla normativa e tali da non destare alcuna preoccupazione.

Descrizione parametro, statistica, tempo di mediazione e riferimento normativo	concentrazione ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) periodo monitoraggio dal 14/01/04 al 25/02/04	
	Cadoneghe	Mandria PD
Media (medie 1h)	4.9	5.1
Max (medie 1h)	85.2	154.1
Valore limite $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (mediana medie 24 h, DPR 203/88, fino al 31/12/04)	4	4
Valore limite $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (98° perc. medie 24 h, DPR 203/88, fino al 31/12/04)	17	14

Tabella 2.1 Biossido di zolfo (SO_2): concentrazione rilevata durante il monitoraggio dal 14/01/04 al 25/02/04 in Piazzale Castagnara nel Comune di Cadoneghe e nel corrispondente periodo presso il Comune di Padova (stazione fissa di Mandria PD) e confronto indicativo con i parametri di valutazione a lungo termine previsti dalla normativa vigente (cfr. Appendice I).

In Figura 2.1 sono rappresentati i livelli medi orari di biossido di zolfo (SO_2) rilevati nel Comune di Cadoneghe durante il monitoraggio dal 14/01/04 al 25/02/04 ('giorno tipo').

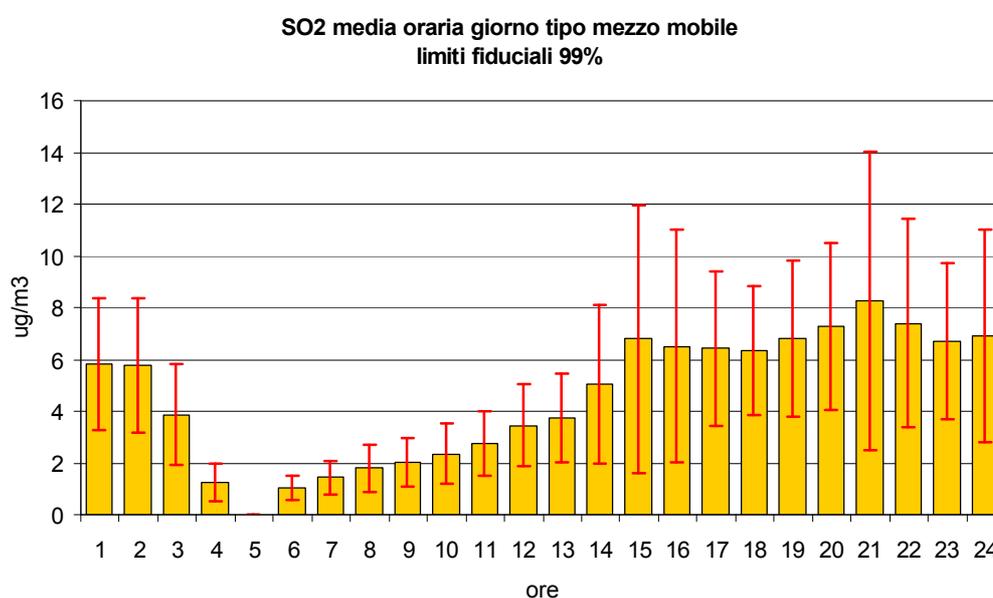


Figura 2.1 Biossido di zolfo (SO_2): media oraria del giorno tipo rilevata durante il monitoraggio dal 14/01/04 al 25/02/04 in Piazzale Castagnara nel Comune di Cadoneghe; le barre di errore indicano il limite fiduciale al 99% della media oraria.

2.2 Monossido di carbonio (CO)

Il monitoraggio del monossido di carbonio (CO) non ha evidenziato alcun superamento dei valori limite fissati dal DPCM 28/03/83 e dal DM 60/02. Inoltre, i valori medi ambientali sono risultati sempre inferiori al limite di protezione della salute aumentato del margine di tolleranza previsto per il 2004 dal DM 60/02 (12 mg/m^3 , media mobile 8h).

In Tabella 2.2 sono riportate alcune statistiche descrittive della concentrazione di monossido di carbonio (CO) rilevata nel comune di Cadoneghe e per confronto nelle stazioni di Arcella PD e di Mandria PD nel Comune di Padova.

Descrizione parametro, statistica, tempo di mediazione e riferimento normativo	concentrazione (mg/m^3) periodo monitoraggio dal 14/01/04 al 25/02/04		
	Cadoneghe	Arcella PD	Mandria PD
Media (medie 1h)	1.9	1.7	1.3
Max (medie 1h)	9.5	6.6	4.1

Tabella 2.2 Monossido di carbonio (CO): concentrazione rilevata durante il monitoraggio dal 14/01/04 al 25/02/04 in Piazzale Castagnara nel Comune di Cadoneghe e nel corrispondente periodo presso il Comune di Padova (stazioni fisse di Arcella PD e di Mandria PD).

In Figura 2.2 sono riportati i livelli medi orari di monossido di carbonio (CO) rilevati nel Comune di Cadoneghe durante il monitoraggio dal 14/01/04 al 25/02/04 ('giorno tipo').

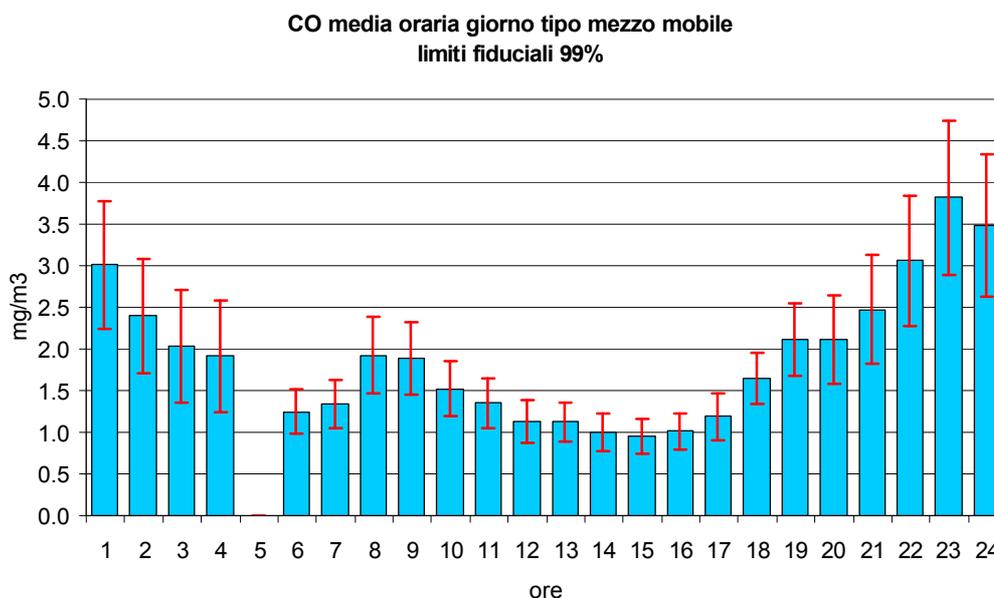


Figura 2.2 Monossido di carbonio (CO): media oraria del giorno tipo rilevata durante il monitoraggio dal 14/01/04 al 25/02/04 in Piazzale Castagnara nel Comune di Cadoneghe; le barre di errore indicano il limite fiduciale al 99% della media oraria.

2.3 Biossido di azoto (NO₂)

In Tabella 2.3 sono riassunti il numero di superamenti dei limiti per il biossido di azoto (NO₂) rilevati nel Comune di Cadoneghe dal 14/01/04 al 25/02/04 e per confronto nello stesso periodo presso le stazioni fisse di Arcella PD e di Mandria PD nel Comune di Padova. E' stato registrato un superamento del valore limite di protezione della salute (200 µg/m³, media 1h), mentre non sono mai stati registrati superamenti né del limite di protezione della salute aumentato del margine di tolleranza (260 µg/m³, media 1h), né della soglia di allarme (400 µg/m³, persistenza per 3h consecutive) previsti dal DM 60/02.

Descrizione parametro, statistica, tempo di mediazione e riferimento normativo	n. eventi critici periodo monitoraggio dal 14/01/04 al 25/02/04		
	Cadoneghe	Arcella PD	Mandria PD
Superamenti limite protezione salute 200 µg/m ³ (media 1 h, DM 60/02, dal 01/01/05)	1	0	0
Superamenti limite protezione salute 260 µg/m ³ (media 1 h, DM 60/02, anno 2004)	0	0	0
Superamenti soglia di allarme 400 µg/m ³ (3 h consecutive, DM 60/02)	0	0	0

Tabella 2.3 Biossido di azoto (NO₂): numero di superamenti dei parametri di valutazione a breve termine previsti dalla normativa vigente (cfr. Appendice I) rilevati durante il monitoraggio dal 14/01/04 al 25/02/04 in Piazzale Castagnara nel Comune di Cadoneghe e nel corrispondente periodo presso il Comune di Padova (stazioni fisse di Arcella PD e di Mandria PD).

Le concentrazioni di biossido di azoto (NO₂) monitorate nel Comune di Cadoneghe dal 14/01/04 al 25/02/04 sono riportate in Tabella 2.4.

Descrizione parametro, statistica, tempo di mediazione e riferimento normativo	concentrazione (µg/m ³) periodo monitoraggio dal 14/01/04 al 25/02/04		
	Cadoneghe	Arcella PD	Mandria PD
Max (medie 1h)	202	145	142
Valore limite 200 µg/m ³ (98° perc. medie 1 h, DPR 203/88, fino al 31/12/04)	145	116	122
Valore limite protezione salute 40 µg/m ³ (media medie 1h, DM 60/02, dal 01/01/2010)	72	62	66
Valore limite protezione salute 52 µg/m ³ (media medie 1h, DM 60/02, anno 2004)			

Tabella 2.4 Biossido di azoto (NO₂): concentrazione rilevata durante il monitoraggio dal 14/01/04 al 25/02/04 in Piazzale Castagnara nel Comune di Cadoneghe e nel corrispondente periodo presso il Comune di Padova (stazioni fisse di Arcella PD e di Mandria PD) e confronto indicativo con i parametri di valutazione a lungo termine previsti dalla normativa vigente (cfr. Appendice I).

In Figura 2.3 sono riportati i livelli medi orari di biossido di azoto (NO_2) rilevati nel Comune di Cadoneghe durante il monitoraggio dal 14/01/04 al 25/02/04 ('giorno tipo').

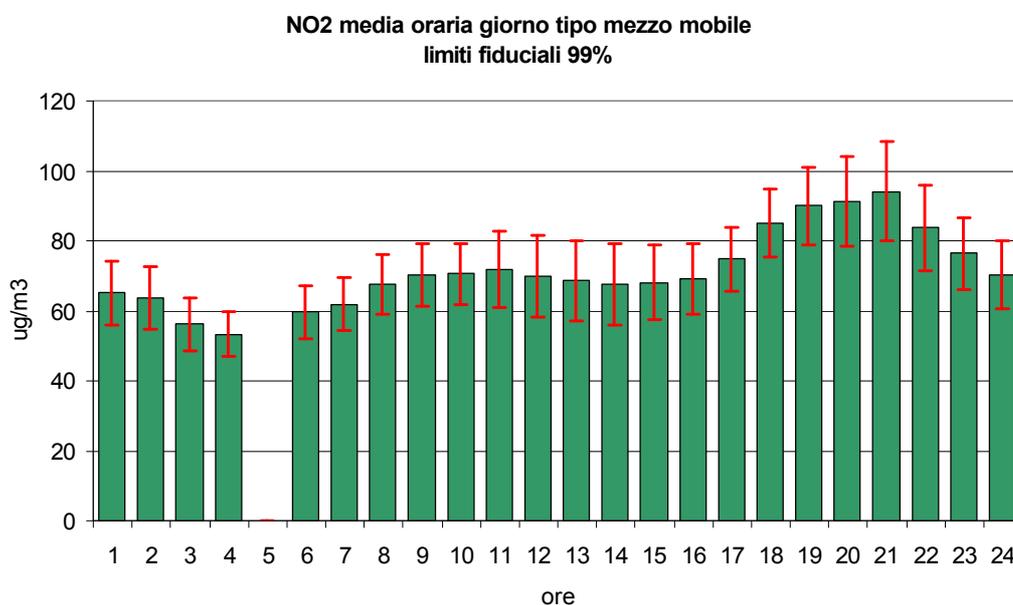


Figura 2.3 Biossido di azoto (NO_2): media oraria del giorno tipo rilevata durante il monitoraggio dal 14/01/04 al 25/02/04 in Piazzale Castagnara nel Comune di Cadoneghe; le barre di errore indicano il limite fiduciale al 99% della media oraria.

2.4 Ozono (O_3)

Non sono stati registrati superamenti dei limiti previsti dalla normativa vigente (DPCM 28/03/83; DM16/05/96). L'ozono (O_3) è un inquinante tipicamente secondario il cui monitoraggio è fondamentale durante il periodo 'estivo' perché la sua formazione nell'atmosfera a livello del suolo origina dall'innesco fotochimico (radiazione solare) di una complessa serie di reazioni che coinvolgono gli ossidi di azoto e le sostanze organiche volatili.

I dati rilevati durante il monitoraggio in Piazzale Castagnara dal 14/01/04 al 25/02/04 nel Comune di Cadoneghe non forniscono elementi di giudizio utili per definire lo stato di qualità dell'aria per questo inquinante.

2.5 Polveri fini (PM_{10})

In Tabella 2.5 è riportato il numero di campioni di PM_{10} analizzati e il numero di superamenti del limite di protezione della salute (DM 60/02) registrati durante il periodo di monitoraggio dal 14/01/04 al 25/02/04 nel Comune di Cadoneghe e per confronto nello stesso periodo presso le stazioni fisse di Arcella PD e di Mandria PD nel Comune di Padova.

Descrizione parametro, statistica, tempo di mediazione e riferimento normativo	n. eventi critici periodo monitoraggio dal 14/01/04 al 25/02/04		
	Cadoneghe	Arcella PD	Mandria PD
	n= 34 (*)	n= 34 (*)	n= 38 (*)
Superamenti valore limite protezione salute 50 µg/m ³ (media 24 h, DM 60/02, dal 01/01/05)	29	28	32
Superamenti valore limite protezione salute 55 µg/m ³ (media 24 h, DM 60/02, anno 2004)	28	28	30

Nota

(*) numero di campioni analizzati (medie 24h) durante il periodo di monitoraggio

Tabella 2.5 Polveri fini (PM₁₀): numero di superamenti dei parametri di valutazione a breve termine previsti dalla normativa vigente (cfr. Appendice I) rilevati durante il monitoraggio dal 14/01/04 al 25/02/04 in Piazzale Castagnara nel Comune di Cadoneghe e nel corrispondente periodo presso il Comune di Padova (stazioni fisse di Arcella PD e di Mandria PD).

In Tabella 2.6 è riportata la media di PM₁₀ rilevata durante il monitoraggio nel Comune di Cadoneghe e il confronto indicativo con il valore annuale dell'obiettivo di qualità (DM 25/11/94). Inoltre, a scopo comparativo sono riportate le medie registrate nel corrispondente periodo di monitoraggio presso le stazioni fisse di Arcella PD e di Mandria PD nel Comune di Padova.

Descrizione parametro, statistica, tempo di mediazione e riferimento normativo	concentrazione (µg/m ³) periodo monitoraggio dal 14/01/04 al 25/02/04		
	Cadoneghe	Arcella PD	Mandria PD
	n= 34 (*)	n= 34 (*)	n= 38 (*)
Valore limite protezione salute 40 µg/m ³ (media medie 24 h, DM 60/02, dal 01/01/05)	92	100	87
Valore limite protezione salute 42 µg/m ³ (media medie 24 h, DM 60/02, anno 2004)			

Nota

(*) numero di campioni analizzati (medie 24h) durante il periodo di monitoraggio

Tabella 2.6 Polveri fini (PM₁₀): concentrazione rilevata durante il monitoraggio dal 14/01/04 al 25/02/04 in Piazzale Castagnara nel Comune di Cadoneghe e nel corrispondente periodo presso il Comune di Padova (stazioni fisse di Arcella PD e di Mandria PD) e confronto indicativo con i parametri di valutazione a lungo termine previsti dalla normativa vigente (cfr. Appendice I).

In Figura 2.4 è rappresentato il confronto delle media giornaliera di PM₁₀ registrate durante il monitoraggio dal 14/01/04 al 25/02/04 nel Comune di Cadoneghe e la media registrata nel corrispondente periodo presso le stazioni fisse di Arcella PD e di Mandria PD nel Comune di Padova.

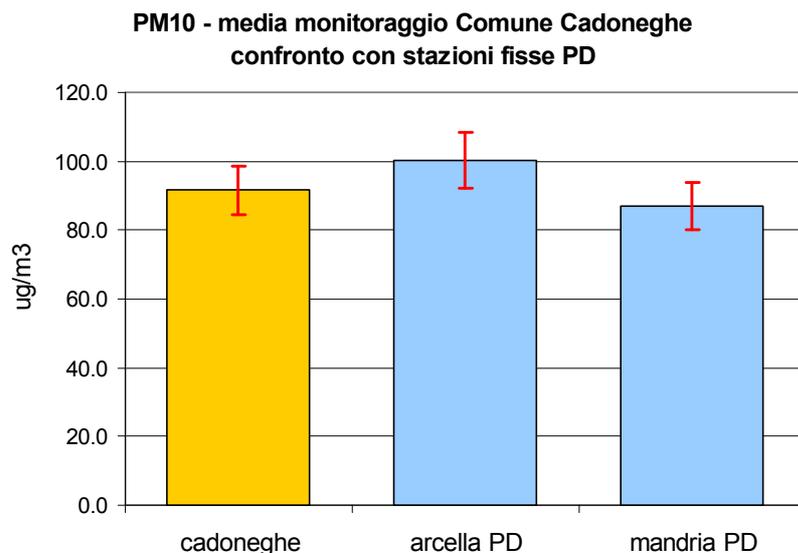


Figura 2.4 Polveri fini (PM₁₀): confronto delle concentrazioni medie rilevate durante il monitoraggio dal 14/01/04 al 25/02/04 in Piazzale Castagnara nel Comune di Cadoneghe e nel corrispondente periodo presso le stazioni di Arcella PD e di Mandria PD nel Comune di Padova.

2.6 Benzo(a)pirene (IPA)

In Tabella 2.7 è riportata la media di benzo(a)pirene rilevata nei campioni di PM10 raccolti durante il monitoraggio nel Comune di Cadoneghe e il confronto indicativo con l'obiettivo di qualità (DM 25/11/94). Inoltre, a scopo comparativo sono riportate le medie registrate nel corrispondente periodo di monitoraggio presso le stazioni di fisse di Arcella PD e di Mandria PD ubicate nel Comune di Padova.

Descrizione parametro, statistica, tempo di mediazione e riferimento normativo	concentrazione (µg/m ³) periodo monitoraggio dal 14/01/04 al 25/02/04		
	Cadoneghe	Arcella PD	Mandria PD
	n= 6 (*)	n= 6 (*)	n= 7 (*)
Obiettivo di qualità 1 ng/m ³ (media mobile annuale, DM 25/11/94)	4.4	3.8	3.9

Nota

(*) numero di campioni analizzati (medie 24h) durante il periodo di monitoraggio

Tabella 2.7 Benzo(a)pirene (IPA): concentrazione rilevata durante il monitoraggio dal 14/01/04 al 25/02/04 in Piazzale Castagnara nel Comune di Cadoneghe e nel corrispondente periodo presso il Comune di Padova (stazioni fisse di Arcella PD e di Mandria PD) e confronto indicativo con i parametri di valutazione a lungo termine previsti dalla normativa vigente (cfr. Appendice I).

In Figura 2.5 è rappresentato il confronto della media di benzo(a)pirene registrata durante il

monitoraggio dal 14/01/04 al 25/02/04 nel Comune di Cadoneghe e la media complessiva registrata nel corrispondente periodo presso le stazioni di Arcella PD e di Mandria PD nel Comune di Padova.

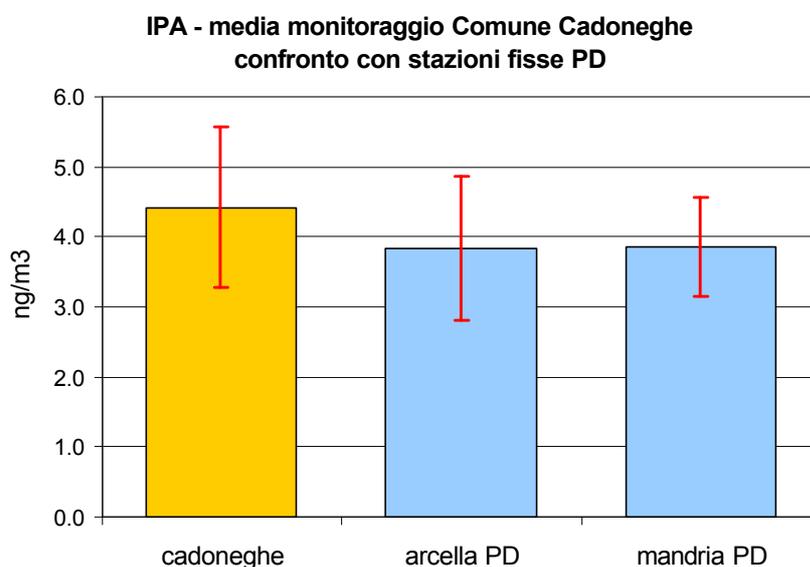


Figura 2.5 Benzo(a)pirene (IPA): confronto delle concentrazioni medie rilevate durante il monitoraggio dal 14/01/04 al 25/02/04 in Piazzale Castagnara nel Comune di Cadoneghe e nel corrispondente periodo presso le stazioni di Arcella PD e di Mandria PD nel Comune di Padova.

2.7 Benzene (C₆H₆)

In Tabella 2.8 è riportata la media di benzene rilevata durante il monitoraggio nel Comune di Cadoneghe e il confronto indicativo con il valore limite di protezione della salute (DM 60/02). Inoltre, a scopo comparativo sono riportate le medie registrate nel corrispondente periodo di monitoraggio presso le stazioni di fisse di Arcella PD e di Mandria PD nel Comune di Padova.

Descrizione parametro, statistica, tempo di mediazione e riferimento normativo	concentrazione (µg/m ³) periodo monitoraggio dal 14/01/04 al 25/02/04		
	Cadoneghe n= 6 (*)	Arcella PD n= 40 (**)	Mandria PD n= 6 (*)
Valore limite protezione salute 10 µg/m ³ (media annuale, DM 60/02, fino al 31/12/05)	5.9	6.4	4.2

Nota

(*) numero di campioni analizzati a seguito di prelievo settimanale mediante campionatore passivo Radiello

(**) numero di campioni analizzati a seguito di prelievo giornaliero mediante fiala di carbone attivo

Tabella 2.8 Benzene (C₆H₆): concentrazione rilevata durante il monitoraggio dal 14/01/04 al 25/02/04 in Piazzale Castagnara nel Comune di Cadoneghe e nel corrispondente periodo presso il Comune di Padova (stazioni fisse di Arcella PD e Mandria PD) e confronto indicativo con i parametri di valutazione a lungo termine previsti dalla normativa vigente (cfr. Appendice I).

In Figura 2.6 è rappresentata la media di benzene registrata durante il monitoraggio dal 14/01/04 al 25/02/04 nel Comune di Cadoneghe e la media complessiva registrata nel corrispondente periodo presso le stazioni di Arcella PD e di Mandria PD nel Comune di Padova.

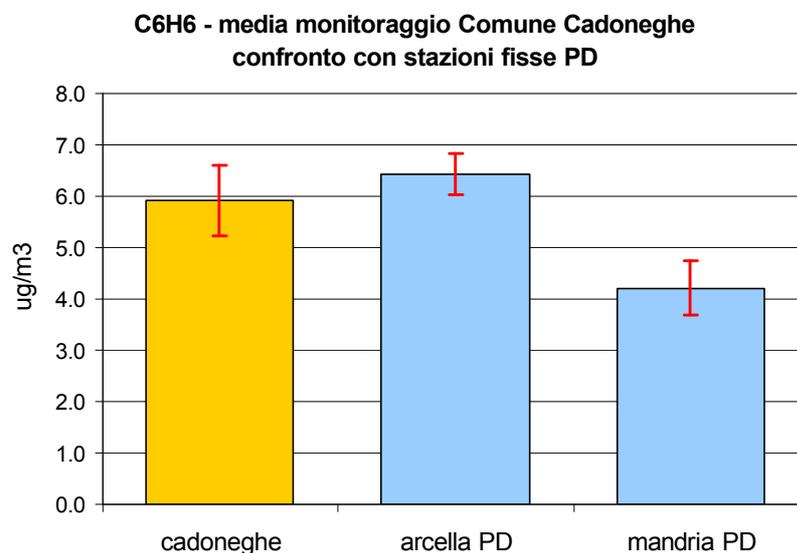


Figura 2.6 Benzene (C₆H₆): confronto delle concentrazioni medie rilevate durante il monitoraggio dal 14/01/04 al 25/02/04 in Piazzale Castagnara nel Comune di Cadoneghe e nel corrispondente periodo presso le stazioni di Arcella PD e di Mandria PD nel Comune di Padova.

2.8 Metalli pesanti (Pb, As, Cd, Ni, Hg)

In Tabella 2.9 è riportata la media della concentrazione di piombo (Pb) rilevata durante il monitoraggio nel Comune di Cadoneghe e il confronto indicativo con i valori limite previsti dalla normativa vigente. Inoltre, a scopo comparativo sono riportate le medie registrate nel corrispondente periodo di monitoraggio presso le stazioni di fisse di Arcella PD e di Mandria PD ubicate nel Comune di Padova. Come evidente dai valori riportati la concentrazione media di Piombo (Pb) è risultata largamente inferiore ai limiti previsti sia dal DPCM 28/03/83 che dal DM 60/02.

Descrizione parametro, statistica, tempo di mediazione e riferimento normativo	concentrazione ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) periodo monitoraggio dal 14/01/04 al 25/02/04		
	Cadoneghe	Arcella PD	Mandria PD
	<i>n</i> = 5 (*)	<i>n</i> = 6 (*)	<i>n</i> = 6 (*)
Valore limite 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (media annuale, DPCM 28/03/83, fino al 31/12/04)	0.044	0.069	0.048
Valore limite protezione salute 0.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (media annuale, DM 60/02, dal 01/01/05)			
Valore limite protezione salute 0.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (media annuale, DM 60/02, anno 2004)			

Nota

(*) numero di campioni analizzati sul PM10 (medie 24h) durante il periodo di monitoraggio

Tabella 2.9 Piombo (Pb): concentrazione rilevata durante il monitoraggio dal 14/01/04 al 25/02/04 in Piazzale Castagnara nel Comune di Cadoneghe e nel corrispondente periodo presso il Comune di Padova (stazione fisse di Arcella PD e Mandria PD) e confronto indicativo con i parametri di valutazione a lungo termine previsti dalla normativa vigente (cfr. Appendice I).

Per gli altri metalli pesanti non esistono limiti di riferimento stabiliti dalla normativa italiana ma solo una proposta di direttiva europea (presentata nel luglio 2003). La concentrazione media di metalli rilevati nel Comune di Cadoneghe è risultata bassa, Arsenico ($< 5 \text{ ng}/\text{m}^3$), Cadmio ($< 1 \text{ ng}/\text{m}^3$), Nichel ($8.8 \text{ ng}/\text{m}^3$) e Mercurio ($< 1 \text{ ng}/\text{m}^3$), con valori medi di concentrazione in linea con quelli registrati nel medesimo periodo presso le stazioni fisse di Arcella PD e di Mandria PD ubicate nel Comune di Padova.

3. Conclusioni

Prima di procedere al commento in dettaglio sui singoli inquinanti è necessario premettere alcune importanti considerazioni sull'impostazione metodologica del presente rapporto e sui relativi criteri di valutazione adottati.

Il monitoraggio dello stato di qualità dell'aria nel Comune di Cadoneghe è stato svolto tramite una campagna di misura con mezzo mobile e campionatori passivi posizionati, dal 14/01/04 al 25/02/04, per un totale complessivo di 42 giorni in Piazzale Castagnara.

L'analisi dei dati presentati nel Capitolo 2 riferisce sulla verifica del rispetto dei limiti previsti dalla normativa vigente e, ove possibile, sul confronto con i dati medi rilevati nel corrispondente periodo presso le stazioni fisse di Arcella PD e Mandria PD ubicate nel Comune di Padova.

La valutazione e l'interpretazione dei limiti di qualità dell'aria *a breve e a lungo termine* secondo l'impostazione prevista dall'attuale normativa richiede alcune precauzioni. I limiti elencati in Tabella A.I e Tabella A.II (Appendice I) si intendono studiati principalmente per la valutazione dello stato di qualità dell'aria monitorato con stazioni fisse rispondenti a precisi criteri di posizionamento e raccolta minima di dati validi.

La valutazione proposta per il Comune di Cadoneghe utilizza come riferimento generale tali limiti, considerando che il monitoraggio con mezzo mobile e/o campionatori passivi non può sempre garantire tutte le condizioni di rappresentatività spaziale (ubicazione rispetto alle principali fonti di emissione) e temporale (numero di campioni raccolti) previste dalla normativa vigente per le stazioni di tipo fisso. Pertanto la verifica del rispetto dei limiti, in particolare quelli a lungo termine, per i dati raccolti nel Comune di Cadoneghe, *deve essere considerata esclusivamente con valore indicativo*. E' evidente che il giudizio riferito ai valori limite a lungo termine è solo *'presuntivo'* perché può essere confermato solo dall'analisi dei dati raccolti con monitoraggio in continuo di durata almeno annuale. E' inoltre evidente che le conclusioni qui presentate sono riferite esclusivamente al punto di monitoraggio con mezzo mobile (Piazzale Castagnara) e solo parzialmente allo stato generale di qualità dell'aria presente in tutto il Comune di Cadoneghe (la cui valutazione complessiva richiede un'analisi molto più approfondita).

Il confronto dei valori medi degli inquinanti monitorati nel medesimo periodo presso le stazioni fisse di Arcella PD e Mandria PD ubicate nel Comune di Padova serve esclusivamente per definire se, a seguito del limitato periodo di monitoraggio nel territorio del Comune di Cadoneghe, è possibile individuare elementi di valutazione comuni con una realtà urbana di cui sono noti i principali elementi di criticità anche se differenti per significatività e composizione delle fonti di pressione.

Inoltre, è necessario ricordare che le considerazioni sullo stato di qualità dell'aria saranno riferite principalmente ai *valori limite tal quali (senza margini di tolleranza)* e, quindi, in relazione ai possibili effetti sanitari e ambientali riconducibili al superamento di questi limiti. L'analisi dei superamenti *dei valori limite aumentati dei margini di tolleranza* previsti dal DM 60/02 deve essere ricondotta ai programmi di *gestione* della qualità dell'aria, cioè alla *valutazione operativa* degli effetti ambientali prodotti dall'applicazione dei piani di risanamento, azione e mantenimento (in fase di definizione presso la Regione, cfr. Appendice I, paragrafo I.2).

Il Comune di Cadoneghe è stato classificato nel 2003 dal Piano Regionale di Tutela e Risanamento dell'Atmosfera per PM₁₀ e IPA come zona A (alta criticità) e, invece, per benzene e

NO₂ come zona B (media criticità); quindi, l'obiettivo del presente monitoraggio è anche fornire una base conoscitiva utile per una più appropriata zonizzazione del territorio comunale da inserire eventualmente nei prossimi aggiornamenti del Piano Regionale di Tutela e Risanamento dell'Atmosfera.

Di seguito riassumiamo le principali conclusioni per: *biossido di zolfo (SO₂)*, *monossido di carbonio (CO)*, *biossido di azoto (NO₂)*, *ozono (O₃)*, *polveri fini (PM₁₀)*, *benzo(a)pirene (IPA)*, *benzene (C₆H₆)*.

La concentrazioni di *biossido di zolfo (SO₂)* sono risultate ampiamente inferiori ai limiti previsti dalla normativa (paragrafo 2.1).

Analogamente, per il *monossido di carbonio (CO)*, non sono mai stati registrati superamenti del valore limite di protezione della salute (paragrafo 2.2).

Il *biossido di azoto (NO₂)* ha registrato un superamento del valore limite di protezione della salute a breve termine (200 µg/m³, DM 60/02). Si ricorda che la normativa prescrive un numero massimo di 18 superamenti/anno di tale limite. Invece, non è mai stato verificato il superamento della soglia di allarme (400 µg/m³, per 3 ore consecutive, DM 60/02). Rispetto alla valutazione dei parametri a lungo termine il monitoraggio dal 14/01/04 al 25/02/04 ha evidenziato una concentrazione media superiore al valore limite annuale di protezione della salute di 40 µg/m³ e un valore del 98° percentile delle medie orarie inferiore al valore limite di 200 µg/m³ (DPR 203/88). E' evidente che si tratta di un confronto improprio che però fornisce comunque una indicazione di tendenza supportata, tra l'altro, dal confronto con i valori medi registrati nel corrispondente periodo di indagine presso le stazioni fisse di Arcella PD e di Mandria PD nell'area urbana di Padova. Sulla base di queste valutazioni il biossido di azoto dovrebbe essere monitorato con attenzione perché rappresenta un importante componente dello 'smog fotochimico' che, tra l'altro, contribuisce alla formazione di particelle carboniose che entrano nella frazione fine delle polveri aerodisperse.

L'*ozono (O₃)* è un inquinante tipicamente secondario il cui monitoraggio è fondamentale durante il periodo 'estivo' perché la sua formazione nell'atmosfera a livello del suolo origina dall'innesco fotochimico (radiazione solare) di una complessa serie di reazioni che coinvolgono gli ossidi di azoto e le sostanze organiche volatili. I dati ambientali raccolti durante il monitoraggio dal 14/01/04 al 25/02/04 nel Comune di Cadoneghe non forniscono elementi di valutazione utili per definire lo stato di qualità dell'aria per questo inquinante.

La *polveri fini (PM₁₀)* rappresentano la parte più rilevante dell'inquinamento atmosferico nelle principali aree urbane del Veneto. Il DM 60/02 stabilisce per il PM₁₀ due limiti per la protezione della salute da valutare in riferimento a differenti periodi di esposizione: *a breve termine* (media giornaliera) e *a lungo termine* (media annuale). Il parametro di valutazione a breve termine fissa un limite massimo di 35 superamenti/anno del valore medio giornaliero di 50 µg/m³; invece, il parametro di valutazione a lungo termine stabilisce un limite massimo per la concentrazione media annuale di PM₁₀ di 40 µg/m³. Come già ricordato in Appendice I (paragrafo I.1), il limite giornaliero di 55 µg/m³ per il 2004 è da ricondurre principalmente alla gestione annuale dei piani e programmi regionali di qualità dell'aria mentre il limite più cautelativo di 50 µg/m³ è specificamente studiato per valutare gli eventuali effetti sanitari sulla popolazione.

Rispetto al valore limite giornaliero, durante la campagna di monitoraggio sono stati rilevati 29 superamenti del limite di protezione della salute di 50 µg/m³ previsto dal DM 60/02 (paragrafo 2.5). Critica appare anche la valutazione del PM₁₀ rispetto al limite di protezione della salute *a lungo termine*. Il valore medio delle polveri fini registrato nel Comune di Cadoneghe durante il

monitoraggio dal 14/01/04 al 25/02/04 è risultata uguale a 92 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e quindi nettamente superiore al limite annuale di protezione delle salute previsto dal DM 60/02 (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Concentrazioni medie simili sono state registrate, nel medesimo periodo, presso le stazioni fisse di Arcella PD (100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e Mandria PD (87 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ubicate nel Comune di Padova.

Il *benzo(a)pirene (IPA)* ha evidenziato per il periodo di monitoraggio considerato un valore di concentrazione media superiore al limite annuale di 1 ng/m^3 stabilito dal DM 25/11/94 (cfr. paragrafo 2.6). E' evidente che, come già ricordato, si tratta di un confronto per certi aspetti improprio che però fornisce comunque una indicazione di tendenza supportata, tra l'altro, dal confronto con i valori medi registrati nel corrispondente periodo di indagine presso le stazioni fisse di Arcella PD e di Mandria PD nell'area urbana di Padova. C'è inoltre da rilevare che il *benzo(a)pirene* è determinato analiticamente per estrazione chimica dai campioni di polveri fini e quindi le considerazioni viste in precedenza a proposito della dispersione del PM_{10} valgono, almeno in parte, anche per questo inquinante.

Le concentrazioni di *benzene (C₆H₆)* non sembrano destare problemi per il rispetto del limite annuale di protezione della salute stabilito dal DM 60/02 (cfr. paragrafo 2.7). I dati medi ambientali rilevati durante il periodo di monitoraggio dal 14/01/04 al 25/02/04 in Piazzale Castagnara sono risultati uguali a 5.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e quindi inferiori al limite di 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ previsto dal DM 60/02 (valido fino al 2005). Inoltre c'è da rilevare che la concentrazione di benzene monitorata è certamente sovrastimata rispetto alle presumibili condizioni medie presenti nel Comune di Cadoneghe perché il punto di misura considerato è posto in corrispondenza di un tratto stradale a traffico molto intenso in cui è frequente lo stazionamento di veicoli in coda.

I *metalli pesanti* sono diffusi in atmosfera sotto forma di particolato aerodisperso caratterizzato da dimensione media e composizione chimica fortemente influenzata dalla tipologia della sorgente di emissione. La concentrazione media di metalli pesanti rilevata sulle polveri fini prelevate dal 14/01/04 al 25/02/04 in Piazzale Castagnara nel Comune di Cadoneghe ha evidenziato una situazione sostanzialmente positiva. Per il *piombo (Pb)* le concentrazioni medie sono risultate significativamente inferiori ai limiti stabiliti dalla normativa (paragrafo 2.8). Nel recente passato, la principale fonte di inquinamento atmosferico da *piombo* in ambito urbano era rappresentata dai gas di scarico dei veicoli alimentati con 'benzina rossa' che veniva addizionata con piombo tetraetile come composto antidetonante. Con l'utilizzo della 'benzina verde' le principali fonti di emissione diretta di piombo nell'atmosfera delle aree urbane sono state completamente eliminate. Per gli altri metalli (*As, Cd, Ni, Hg*) le concentrazioni medie sono risultate generalmente basse e in linea con i valori monitorati nel corrispondente periodo presso le stazioni fisse di Arcella PD e Mandria PD ubicate nel Comune di Padova.

Sulla base degli elementi di giudizio raccolti dal monitoraggio con mezzo mobile la classificazione territoriale del Comune di Cadoneghe proposta dal Piano Regionale di Tutela e Risanamento dell'Atmosfera (PM_{10} e IPA, zona A ad alta criticità; benzene e NO_2 , zona B a media criticità) appare coerente con quanto verificato sperimentalmente dal 14/01/04 al 25/02/04 nel punto di misura sito in Piazzale Castagnara.

Concludendo in estrema sintesi, il monitoraggio dello stato di qualità dell'aria nel Comune di Cadoneghe ha evidenziato gli elementi di criticità tipici delle principali aree urbane del Veneto, in particolare, *polveri fini (PM₁₀)* e *benzo(a)pirene (IPA)*. In ordine sono da ricordare anche *benzene (C₆H₆)* e *biossido di azoto (NO₂)* che richiedono un costante monitoraggio e una periodica attenta valutazione.

4. Scheda sintetica di valutazione

La presente scheda ha l'obiettivo di fornire una valutazione sintetica dello stato di qualità dell'aria rilevato durante il monitoraggio dal 14/01/04 al 25/02/04 per un totale di 42 giorni di posizionamento del mezzo mobile in Piazzale Castagnara nel Comune di Cadoneghe .

Nella scheda sono riportate in sintesi:

- la motivazione del monitoraggio e le caratteristiche del punto di misura con l'esatta indicazione dell'ubicazione del mezzo mobile e degli eventuali campionatori passivi (incluse le coordinate geografiche);
- gli indicatori di qualità dell'aria selezionati, il riferimento normativo e il relativo giudizio sintetico con la sintesi dei principali elementi di valutazione considerati (come evidente il giudizio espresso per ogni indicatore non può riassumere completamente la valutazione esposta in dettaglio nel Capitolo 2 e 3 poiché si tratta di una riepilogo che focalizza l'attenzione esclusivamente sui principali elementi di criticità).
- la tavola tematica che visualizzano il posizionamento del mezzo mobile sul territorio rispetto ai fogli di cartografia tecnica regionale (CTR 5.000);

Comune	<i>Cadoneghe</i>		
Indirizzo	<i>Piazzale Castagnara</i>		
Note sul posizionamento	<i>Lungo la Strada Statale n. 307 del Santo</i>		
Periodo monitoraggio	<i>dal 14/01/04</i>	<i>al 25/02/04</i>	<i>tot gg = 42</i>
Motivazione monitoraggio	<i>Richiesta del Comune nell'ambito del programma "protezione e prevenzione dei rischi per la salute del personale comunale operante in località Castagnara"</i>		
Tipologia posizionamento	<i>hot spot (stazione da traffico sovraesposta)</i>		
Coordinate cartesiane punto GBO	<i>x = 1726528.9</i>	<i>y = 5036965.3</i>	
Foglio CTR 5000	<i>126112</i>		
Ulteriori osservazioni sulla campagna di monitoraggio			

Indicatore di qualità dell'aria	Riferimento normativo	Giudizio sintetico	Elementi di valutazione considerati
Biossido di zolfo (SO ₂)	DM 60/02 DPR 203/88		Nessun superamento dei limiti a breve termine e concentrazione media inferiore ai limiti previsti dalla normativa (cfr. paragrafo 2.1)
Monossido di carbonio (CO)	DM 60/02 DPCM 28/03/88		Nessun superamento dei limiti a breve termine e concentrazione media inferiore ai limiti previsti dalla normativa (cfr. paragrafo 2.2)
Biossido di azoto (NO ₂)	DM 60/02 DPR 203/88	 ?	Un superamento del valore limite orario e alta concentrazione media durante il periodo di monitoraggio; sono necessarie ulteriori indagini e/o stime per una valutazione più precisa (cfr. paragrafo 2.3)
Ozono (O ₃)	DM 16/11/96 DIR 2002/3/CE	?	Il monitoraggio durante il periodo invernale non è significativo per una appropriata valutazione dello stato di qualità dell'aria per questo inquinante; sono necessarie ulteriori indagini e/o stime (cfr. paragrafo 2.4)
Polveri fini (PM ₁₀)	DM 60/02		Elevato numero di superamenti del valore limite giornaliero e alta concentrazione media durante il periodo di monitoraggio (cfr. paragrafo 2.5)
Benzo(a)pirene (IPA)	DM 25/11/94		Elevata concentrazione media durante il periodo di monitoraggio (cfr. paragrafo 2.6)
Benzene (C ₆ H ₆)	DM 60/02		Bassa concentrazione media durante il periodo di monitoraggio (cfr. paragrafo 2.7)
Piombo (Pb) e altri metalli	DM 60/02 DPCM 28/03/88		Bassa concentrazione media durante il periodo di monitoraggio (cfr. paragrafo 2.8)

Legenda

Simbolo	Giudizio
	Positivo
	Intermedio
	Negativo
?	Informazioni incomplete o non sufficienti

Elenco Tavole di cartografia tematica allegate:

Tavola 1 Punto di stazionamento del mezzo mobile per il monitoraggio dello stato di qualità dell'aria dal 14/01/04 al 25/02/04 in Piazzale Castagnara nel Comune di Cadoneghe.

Tavola 1

**Comune di
Cadoneghe
posizionamento
mezzo mobile e
campionatore passivo
per il monitoraggio
della qualità dell'aria**

Legenda

■ m. mobile e camp. passivo

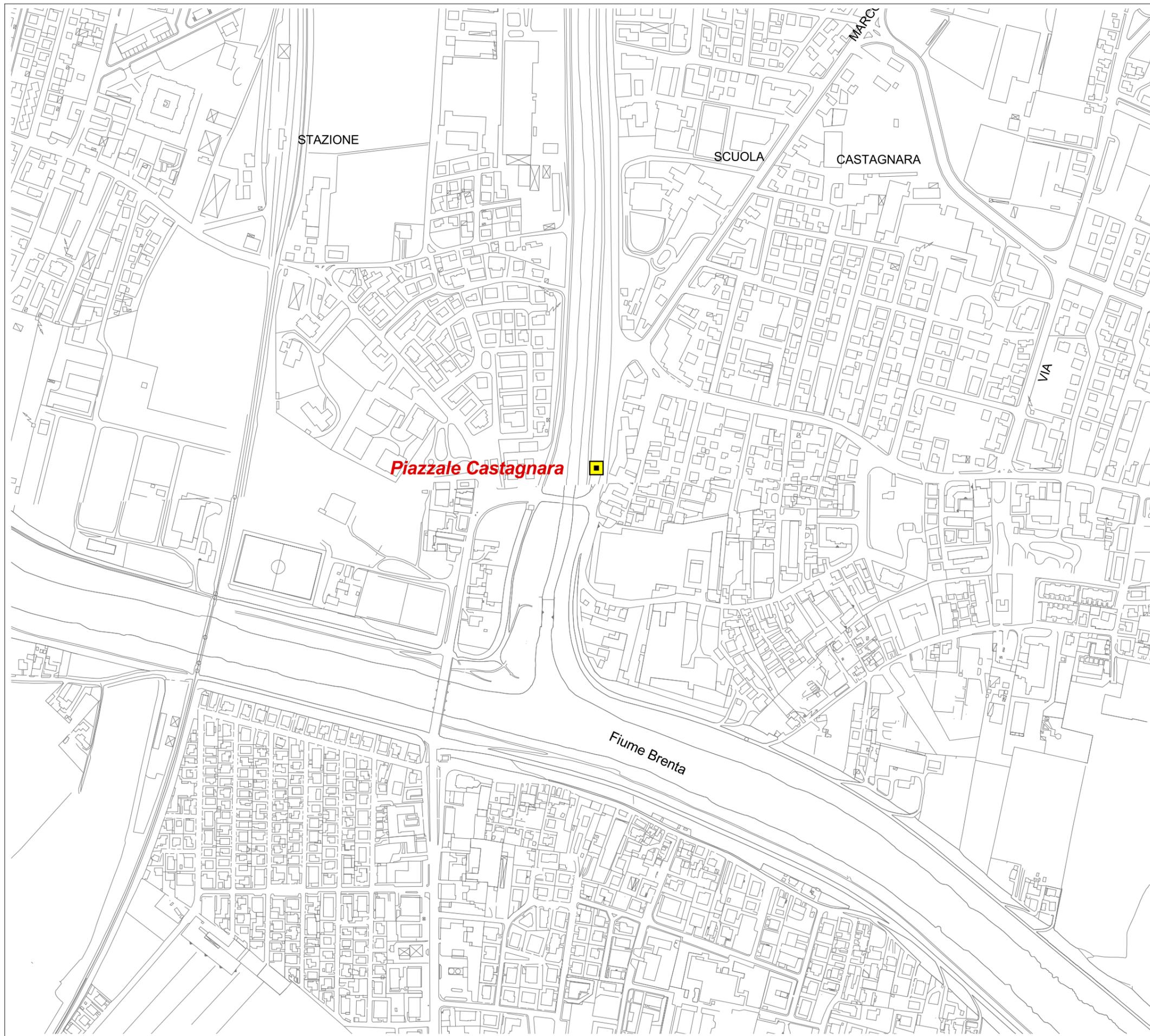


scala 1:5000

**La Qualità dell'Aria
nel Comune di Cadoneghe**

**Monitoraggio
dal 14/01/04 al 25/02/04**

ARPAV - DAP PD



Appendice I. Il quadro di riferimento normativo

Il D.Lgs. 351/99 ha significativamente modificato il quadro di riferimento normativo sulla qualità dell'aria spostando a livello regionale le principali competenze relative alla *valutazione*, alla *gestione* e al *risanamento* dello stato dell'ambiente atmosferico.

Buona parte dei provvedimenti di legge antecedenti al 1999 è stata abrogata dando corso ad un nuovo assetto normativo che supera la rigida valutazione di tipo 'tabellare', incentrata *esclusivamente* sulla verifica del 'superamento dei limiti', per ispirarsi a più efficaci criteri di *gestione e prevenzione integrata* dell'ambiente.

Negli intenti del D.Lgs. 351/99 e, secondo quanto ribadito nel DM 261/02, la valutazione periodica dello stato di qualità dell'aria, estesa a tutto il territorio regionale, fornisce la base conoscitiva indispensabile per la definizione dei *piani di azione, di risanamento e di mantenimento*. Questi *piani e programmi a carattere regionale* rappresentano gli *strumenti operativi* necessari per calibrare in modo appropriato l'intervento sul territorio al fine di evitare o comunque ridurre il rischio di superamento dei valori limite e delle soglie di allarme stabilite dal DM 60/02 e dalla successiva normativa di settore. L'obiettivo è definire piani di intervento integrati che migliorino l'efficacia territoriale delle azioni di tutela precedentemente lasciate, in via esclusiva, alla discrezionalità delle singole Amministrazioni Comunali.

In ogni caso, fino all'attuazione da parte della Regione dei piani e programmi sopra ricordati, "continuano ad applicarsi le misure precedentemente adottate dai Sindaci" che "possono essere rimodulate, ai fini del rispetto dei valori limite e delle soglie di allarme previste dalla vigente normativa" (ex DM 60/02, art. 39, comma 3, punto 1). Questo implica che, nelle more dell'applicazione dei piani e programmi regionali, il Sindaco, quale massima autorità sanitaria locale, ha comunque la facoltà (dovere) di intervenire con provvedimenti mirati a garantire la tutela della salute dei cittadini.

I.1 I parametri di valutazione della qualità dell'aria

Come sopra ricordato, il D.Lgs. 351/99 rappresenta una sorta di 'spartiacque' rispetto alla precedente normativa sull'inquinamento atmosferico.

Si tratta di una legge quadro che segna, almeno negli intenti, il difficile e graduale passaggio da un impianto normativo incentrato sul controllo ambientale e l'eventuale 'sanzione', verso un approccio di *gestione integrata* dell'ambiente atmosferico in cui il controllo ambientale fornisce le informazioni necessarie per intraprendere i piani e i programmi di prevenzione e di risanamento a carattere regionale. Rispetto a questa impostazione normativa devono essere interpretati i 'nuovi' concetti di valore limite, margine di tolleranza, soglia di allarme, piani di azione, piani di risanamento e piani di mantenimento. Riassumiamo brevemente i principali elementi di valutazione della qualità dell'aria introdotti, direttamente e/o indirettamente, con l'approvazione del D.Lgs. 351/99.

L'assetto normativo previsto dal D.Lgs. 351/99 stabilisce differenti '*vincoli*' alle concentrazioni degli inquinanti atmosferici che possiamo sinteticamente definire secondo le seguenti categorie di riferimento:

- *valore limite* (ex D.Lgs. 351/99, art. 2, comma 1, lett. e): "valore fissato in base alle conoscenze scientifiche al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti dannosi sulla salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, tale livello deve essere raggiunto entro un dato termine e in

seguito non superato”;

- *marginie di tolleranza* (ex D.Lgs. 351/99, art. 2, comma 1, lett. h): “percentuale del valore limite” che stabilisce un termine correttivo per l’adeguamento progressivo ai valori limite come sopra definiti;
- *soglia di allarme* (ex D.Lgs. 351/99, art. 2 comma 1 lett. g): “livello oltre il quale vi è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata e raggiunto il quale si deve immediatamente intervenire” informando il pubblico e predisponendo i relativi piani di azione definiti a livello regionale.

Di fatto, il DM 60/02 recependo i valori limite prescritti dalle direttive europee 1999/30/CE e 2000/69/CE, introduce una ‘fase transitoria’ compresa tra la data di *entrata in vigore* del decreto (28 aprile 2002) e la data prevista per *l’effettiva applicazione* dei diversi valori limite ¹.

La principale conseguenza pratica è che *i valori limite tal quali* per ciascun inquinante risultano *cogenti solo a partire dalla relativa data di applicazione indicata nel DM 60/02*.

Durante la ‘fase transitoria’², *i valori limite aumentati dei margini di tolleranza annualmente decrescenti costituiscono esclusivamente dei valori di riferimento* per:

- la zonizzazione del territorio prevista dagli artt. 5 e 6 del D.Lgs. 351/99 e dal DM 261/02 (valutazione preliminare e valutazione periodica della qualità dell’aria da produrre con scadenza almeno quinquennale);
- la definizione e la successiva implementazione dei piani e dei programmi previsti dagli artt. 8 e 9 del D.Lgs. 351/99 (misure di risanamento da applicare nelle zone in cui i livelli degli inquinanti sono più alti dei valori limite e piani di mantenimento da applicare nelle zone con livelli inferiori ai valori limite);
- la trasmissione periodica delle informazioni al Ministero dell’Ambiente e al Ministero della Sanità secondo quanto stabilito dall’art. 12 del D.Lgs. 351/99 (rilievo dell’entità, della periodicità e della localizzazione dei superamenti dei valori limite aumentati del margine di tolleranza).

Questa impostazione normativa presuppone che fino alle scadenze indicate nel DM 60/02 e cioè, per la maggior parte degli inquinanti dal 2005 ma in alcuni casi dal 2010 (ad esempio, per NO₂, cfr. nota 1 e 2), di fatto, non esistono limiti cogenti ³ e, quindi, prescrittivi per la valutazione dello stato di qualità dell’aria. Esistono, invece, dei limiti di riferimento a cui tendere nel tempo attraverso l’implementazione sul territorio dei piani di gestione regionali dello stato di qualità dell’atmosfera.

In definitiva, *i margini di tolleranza* da sommare annualmente ai *valori limite tal quali* definiscono, relativamente alla valutazione dei parametri di qualità dell’aria, *due distinti livelli di riferimento*.

¹ i valori limite tal quali (senza margini di tolleranza) stabiliti per ciascun inquinante entrano in vigore solo a partire dalla data ultima indicata negli allegati del DM 60/02 e cioè dal 01/01/2005 per il biossido di zolfo (SO₂), il monossido di carbonio (CO), il piombo (Pb), le polveri fini (PM₁₀ fase 1) e dal 01/01/2010 per il biossido di azoto (NO₂) e il benzene (C₆H₆).

² dal 28/04/2002 fino al 31/12/2004 per: biossido di zolfo (SO₂), monossido di carbonio (CO), piombo (Pb), polveri fini (PM₁₀ fase 1) e dal 28/04/2002 fino al 31/12/2009 per: biossido di azoto (NO₂) e benzene (C₆H₆);

³ ad eccezione dei limiti previsti per gli inquinanti formalmente non ancora abrogati o espressamente citati dal DM 60/02 e cioè i parametri per benzo(a)pirene (IPA), ozono (O₃), biossido di zolfo (SO₂), biossido di azoto (NO₂), monossido di carbonio (CO), piombo (Pb) e polveri totali sospese (PTS) elencati nel seguito del testo.

Il primo, che potremmo definire di tipo *operativo - gestionale*, riferito ai *valori limite aumentati dei margini di tolleranza annualmente decrescenti*, serve per valutare l'efficacia ambientale dell'applicazione dei piani di risanamento, azione e mantenimento di competenza regionale.

Il secondo, di tipo *sanitario-ambientale* riferito ai *valori limite tal quali (senza margini di tolleranza)*, serve per valutare le possibili conseguenze a breve e/o a medio - lungo termine sulla popolazione e sugli ecosistemi.

In sintesi, i *margini di tolleranza* devono essere considerati in relazione ai programmi di *gestione* della qualità dell'aria, cioè alla *valutazione operativa* degli effetti ambientali prodotti dall'applicazione dei piani di risanamento, azione e mantenimento. I margini di tolleranza definiscono una scala annuale di guida all'adeguamento progressivo al limite previsto dalla normativa come obiettivo finale e, quindi, forniscono un supporto alla programmazione annuale dei piani di gestione della qualità dell'aria (i margini di tolleranza annualmente decrescenti rappresentano dei termini di valutazione per misurare l'efficacia ambientale delle azioni correttive intraprese).

Invece, i *valori limite tal quali (senza margini di tolleranza)* sono i termini più appropriati, perché più cautelativi, per la valutazione degli effetti sanitari e ambientali dell'inquinamento atmosferico. La protezione della popolazione e dell'ecosistema deve essere riferita a valori limite che eventualmente cambiano *solo* in funzione delle nuove conoscenze scientifiche e non semplicemente in relazione all'implementazione dei piani di gestione di qualità dell'aria (piani di risanamento, di azione e di mantenimento come sopra definiti).

Con l'introduzione dei *'nuovi'* parametri di valutazione della qualità dell'aria previsti dal DM 60/02, si presenta il problema dell'effettiva integrazione con i limiti, formalmente non ancora abrogati, stabiliti dalla *'vecchia normativa'*.

Secondo quanto disposto dal DM 60/02 restano in vigore (cfr. nota 3):

- l'*obiettivo di qualità* per il benzo(a)pirene (IPA) fissato dal DM 25/11/94;
- il *livello di attenzione, di allarme, di protezione della salute e della vegetazione* per l'ozono (O_3) fissati dal DM 16/05/96 e precedentemente dal DM 25/11/94;
- i *valori limite*, per il biossido di zolfo (SO_2), il biossido di azoto (NO_2), l'ozono (O_3), il monossido di carbonio (CO), il piombo (Pb) e le *polveri totali sospese (PTS)*, fissati dal DPCM 28/03/83 (Allegato I, Tabella A) (cfr. nota 1 e 2).

Considerato il complesso quadro di riferimento normativo sopra delineato, in Tabella A.I e in Tabella A.II sono elencati i limiti da applicare per la valutazione dello stato di qualità dell'aria a breve termine (da 1 h fino a 24 h) e a lungo termine (annuale). Per i parametri previsti dal DM 60/02 sono riportati distintamente i *valori limite tal quali* e separatamente i *margini di tolleranza* secondo la quota eventualmente stabilita per l'anno 2004.

	Ex lege	Descrizione parametro di riferimento	Valore limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Margine di tolleranza ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Statistica e tempo di mediazione	Note
SO₂	DM 60/02	Valore limite di protezione della salute	350	30	Media 1h	(1)
	DM 60/02	Valore limite di protezione della salute	125	=	Media 24h	(2)
	DM 60/02	Soglia di allarme	500	=	Concentrazione per 3 h consecutive superiore alla soglia	(3)
CO	DPCM 28/3/83	Valore limite	40.000	=	Media 1h	(4)
	DPCM 28/3/83	Valore limite	10.000	=	Media mobile 8h	(4)
	DM 60/02	Valore limite di protezione della salute	10.000	2.000	Media mobile 8h	(5)
NO₂	DM 60/02	Valore limite di protezione della salute	200	60	Media 1h	(6)
	DM 60/02	Soglia di allarme	400	=	Concentrazione per 3 h consecutive superiore alla soglia	(7)
O₃	DPCM 28/3/83	Valore limite	200	=	Media 1h	(8)
	DM 16/05/96	Livello di protezione della vegetazione	200	=	Media 1h	
	DM 16/05/96	Livello di protezione della vegetazione	65	=	Media 24h	
	DM 16/05/96	Livello di protezione della salute	110	=	Media mobile 8h	(9)
	DM 16/05/96	Livello di attenzione	180	=	Media 1h	
	DM 16/05/96	Livello di allarme	360	=	Media 1h	
PM₁₀	DM 60/02	Valore limite di protezione della salute	50	5	Media 24h	(10)

Note

- (1) il valore limite non è da superare più di 24 volte per anno civile;
(2) a partire dal 2005 il valore limite non è da superare più di 3 volte per anno civile;
(3) dal 28 aprile 2002 (entrata in vigore DM 60/02) da valutare in un sito rappresentativo di almeno 200 m² per aree di traffico veicolare e di alcuni Km² per aree di fondo urbano (Allegato VIII, p. 1, lett. a);
(4) il valore limite è in vigore fino al 31/12/2004;
(5) il limite effettivo da raggiungere entro il 2005 (ex DM 60/02) corrisponde al valore limite attualmente previsto dal DPCM 28/03/83;
(6) il valore limite non è da superare più di 18 volte per anno civile;
(7) da valutare in un sito rappresentativo di almeno 100 Km² o intera zona o agglomerato;
(8) il valore limite in vigore fino al 31/12/2004 non è da superare più di una volta al mese;
(9) media mobile su 8 h calcolata per almeno 4 volte al giorno negli intervalli orari: 0-8,8-16,16-24,12-20;
(10) il valore limite non è da superare più di 35 volte per anno civile;

Tabella A.I Parametri di riferimento per la valutazione della qualità dell'aria a breve termine (da 1 h fino a 24 h); per i parametri stabiliti dal DM 60/02 sono indicati distintamente il valore limite tal quale e il margine di tolleranza eventualmente previsto per il 2004.

	Ex lege	Descrizione parametro di riferimento	Valore limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Margine di tolleranza ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Statistica e tempo di mediazione	Note
SO₂	DPR 203/88	Valore limite	80	=	Mediana medie 24h, anno	(1)
	DPR 203/88	Valore limite	250	=	98° percentile medie 24h, anno	(1, 2)
	DPR 203/88	Valore limite	130	=	Mediana medie 24 h, 1/10-31/3	(1)
	DM 60/02	Valore limite di protezione degli ecosistemi	20	=	Media medie 1h, anno	(3)
NO₂	DPR 203/88	Valore limite	200	=	98° percentile medie 1h, anno	(1)
	DM 60/02	Valore limite di protezione della salute	40	12	Media medie 1h, anno	
NO_x	DM 60/02	Valore limite di protezione della vegetazione	30	=	Media medie 1h, anno	(3)
PTS	DPCM 28/3/83	Valore limite	150	=	Media medie 24h, anno	(1)
	DPCM 28/3/83	Valore limite	300	=	95° percentile medie 24h, anno	(1)
PM₁₀	DM 60/02	Valore limite di protezione della salute	40	2	Media medie 24h, anno	
C₆H₆	DM 60/02	Valore limite di protezione della salute	5	5	Media annuale	(4)
IPA	DM 25/11/94	Obiettivo di qualità	0,001	=	Media mobile annuale	(5)
Pb	DPCM 28/3/83	Valore limite	2	=	Media medie 24h, anno	(1)
	DM 60/02	Valore limite di protezione della salute	0,5	0,1	Media annuale	

Note

- (1) il valore limite è in vigore fino al 31/12/2004;
- (2) ai sensi del DPR 203/83 si devono prendere tutte le misure per evitare il superamento per più di 3 giorni consecutivi;
- (3) dal 28 aprile 2002 (entrata in vigore DM60/02) da valutare in un sito a più di 20 Km da agglomerati urbani o a più di 5 Km da aree edificate e rappresentativo di almeno 1000 Km² (Allegato VII, p. 1, lett. b);
- (4) il valore limite di protezione della salute di 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ è in vigore fino al 2005 e coincide con l'obiettivo di qualità già stabilito dal DM 25/11/94; il valore di 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ corrisponde al limite di 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ aumentato del margine di tolleranza di 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ stabilito a quota fissa fino al 31/12/2005; a partire dal 01/01/2006 è previsto un adeguamento progressivo al limite definitivo di 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ secondo margini di tolleranza annualmente decrescenti di 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ fino a raggiungere il valore limite di 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in data 01/01/2010;
- (5) obiettivo di qualità da raggiungere e rispettare a partire dal 01/01/99 (valore medio di riferimento calcolato per almeno 15 giorni ogni mese); il valore coincide con il limite stabilito dalla proposta di direttiva europea predisposta dalla Commissione Europea il 16/07/03

Tabella A.II Parametri di riferimento per la valutazione della qualità dell'aria a lungo termine (annuale); per i parametri stabiliti dal DM 60/02 sono indicati distintamente il valore limite tal quale e il margine di tolleranza eventualmente previsto per il 2004.

I.2 Il Piano Regionale di Tutela e Risanamento dell'Atmosfera

Il D.Lgs. 351/99 prevede, in attuazione della direttiva 96/62/CE, la stesura di una valutazione periodica dello stato di qualità dell'aria estesa a tutto il territorio regionale.

Secondo quanto ribadito nel DM 261/02, la valutazione di competenza regionale, costituisce la premessa conoscitiva indispensabile per individuare le zone in cui attuare i piani di azione, di risanamento e di mantenimento. In quest'ottica la valutazione e la conseguente gestione della qualità dell'aria, si inserisce all'interno di una pianificazione integrata a breve, medio e lungo termine da attuare con metodiche differenti nelle varie zone del territorio regionale.

Con Deliberazione della Giunta Regionale Veneto n. 902 del 4 aprile 2003 è stato adottato il nuovo Piano Regionale di Tutela e Risanamento dell'Atmosfera. L'obiettivo è fornire alle Province, ai Comuni e agli altri Enti pubblici, agli enti privati e ai singoli cittadini, un quadro aggiornato sullo stato dell'inquinamento atmosferico e presentare contestualmente una stima sulla sua possibile evoluzione futura. L'adozione di questo strumento di programmazione permetterà di definire delle linee guida a breve, a medio e a lungo termine necessarie per attuare una significativa protezione ambientale nelle zone critiche e di risanamento.

Il D.Lgs. 351/99 assegna alle Regioni il compito di effettuare la valutazione preliminare della qualità dell'aria che serve per individuare le zone a differente grado di criticità rispetto ai valori limite stabiliti per i differenti inquinanti previsti dalla normativa.

Il Piano della Regione Veneto del 2002 ha individuato le zone in cui i livelli di uno o più inquinanti:

- superano il valore limite aumentato del margine di tolleranza o le soglie di allarme: *zone A o critiche* in cui applicare i *piani di azione*;
- sono compresi tra il valore limite e il valore limite aumentato del margine di tolleranza: *zone B o di risanamento* in cui applicare i *piani di risanamento*;
- sono significativamente inferiori al valore limite: *zone C o di mantenimento* in cui applicare i *piani di mantenimento*.

La zonizzazione del territorio regionale fornisce una ricognizione delle aree del Veneto che presentano differenti livelli di criticità (decrescenti da A a C) dovuti alla concentrazione ambientale media degli inquinanti atmosferici.

Per quanto riguarda l'aspetto delle *competenze*, sulla base delle sporadiche e spesso poco efficaci esperienze passate, è emersa l'esigenza di stabilire una forte integrazione temporale ed un esteso coordinamento territoriale dei provvedimenti da adottare in caso di superamento delle soglie di allarme e dei valori limite di uno o più inquinanti atmosferici.

La nuova struttura gestionale della qualità dell'aria è stata articolata su tre livelli operativi:

1. il **Comitato di Indirizzo e Sorveglianza (CIS)** che ha il compito di individuare le linee guida degli interventi (Piani di Azione, Piani di Risanamento e Piani di Mantenimento) e verificare la loro corretta applicazione da parte degli Enti delegati; il CIS diretto dal Presidente della Giunta Regionale, è composto dai sette Presidenti delle Giunte Provinciali e, a carattere consultivo, dalla Direzione Regionale Ambiente, dall'Unità Complessa Tutela dell'Atmosfera, dalla Direzione Regionale Prevenzione e dall'ARPAV;
2. l'**Autorità Provinciale** che coordina e controlla la realizzazione dei Piani di Risanamento nei Comuni classificati A o B e dei Piani di Mantenimento nei Comuni classificati A, B o C;

3. i **Tavoli Tecnici Zonali (TTZ)** che hanno il compito di implementare nei rispettivi territori i Piani di Azione predisposti per ridurre e contenere i superamenti delle soglie di allarme e dei valori limite; i TTZ sono singolarmente coordinati dal Sindaco del Comune capoluogo di provincia che riunisce tutti i Comuni classificati come A o B e, a carattere consultivo, l'ULSS e l'ARPAV territorialmente competenti.

La realizzazione dei Piani di Risanamento e dei Piani di Mantenimento è a carico di ciascun Comune secondo le relative competenze stabilite dalla zonizzazione territoriale per inquinante. Ai sensi dell'art. 39 del DM 60/02 (modifica al “decreto benzene”), i Sindaci dei Comuni appartenenti agli agglomerati ed alle zone in cui sussiste il superamento, ovvero il rischio di superamento, dei valori limite o delle soglie di allarme (zone A e B), devono adottare, sulla base dei piani di azione e di risanamento, le misure di limitazione della circolazione previste dal nuovo codice della strada ⁴.

Per quanto riguarda la *definizione del contenuto operativo* dei piani di azione, di risanamento e di mantenimento è necessario precisare che, allo stato attuale, sono ancora in fase di approvazione. Il campo di applicazione dei provvedimenti riguarderà, in via prioritaria, la riduzione delle emissioni prodotte da: traffico veicolare, impianti termici civili, impianti inseriti nel Registro Europeo delle Emissioni (sorgenti puntuali secondo la direttiva 96/61/CE ‘IPPC’), e tutti gli altri impianti produttivi, termici e/o tecnologici. Il Piano di Tutela e Risanamento dell'Atmosfera, pubblicato in data 04/04/2002, è attualmente in revisione sulla base delle osservazioni e delle proposte di modifica pervenute in Regione. A seguito del riesame del testo e l'acquisizione delle eventuali modifiche da parte della VII Commissione del Consiglio Regionale, il piano dovrà essere approvato dal Consiglio Regionale e quindi pubblicato sul BUR.

I Comuni classificati zone C, che volontariamente intendono essere inseriti in fascia A o B, possono presentare alla Regione Veneto la propria “candidatura” supportata da opportuni elementi tecnici in grado di giustificare la nuova classificazione. Analogamente, i Comuni classificati A o B, che intendono entrare in fascia C, hanno l'obbligo di presentare un quadro di riferimento sullo stato di qualità dell'aria nel proprio territorio che comprende una serie almeno annuale di dati di monitoraggio ambientale e specifiche informazioni sulle principali fonti di emissione.

Poiché la rete di monitoraggio di qualità dell'aria copre necessariamente solo una porzione limitata del territorio regionale e non è ancora disponibile un inventario delle emissioni o una valutazione modellistica della ricaduta al suolo degli inquinanti, ai fini della zonizzazione sono stati considerati criteri di tipo urbanistico-territoriale quali, ad esempio, il numero di abitanti, la densità media di popolazione e la localizzazione delle principali aree produttive (Regione Veneto 2003). La classificazione di un territorio comunale in una specifica fascia (A, B, C) è, in mancanza di riscontri oggettivi locali (misure), basata su stime e valutazioni presuntive: la zonizzazione proposta deve essere considerata preliminare e, quindi, necessariamente soggetta a futuri aggiustamenti e/o modifiche.

⁴ l'art. 7, lett. b), del D.Lgs. 30 aprile 1992, n. 285 stabilisce che nei centri abitati i Comuni possono, con ordinanza del sindaco “limitare la circolazione di tutte o di alcune categorie di veicoli per accertate e motivate esigenze di prevenzione degli inquinamenti e di tutela del patrimonio artistico, ambientale e naturale, ... *omissis*...”

Appendice II. Descrizione dei principali inquinanti atmosferici

In questo capitolo viene proposta una breve rassegna per ciascuna tipologia di inquinante sulle principali fonti di emissione antropica e sui possibili effetti a carico della salute.

In Tabella A.III sono riassunti i livelli medi di riferimento dei principali inquinanti atmosferici misurati da numerosi studi ambientali e di laboratori riportati nelle specifiche sezioni delle linee guida sulla qualità dell'aria prodotte dall'OMS (WHO, 1999; <http://www.who.int>; <http://www.who.nl>). Si tratta di una raccolta eterogenea di dati provenienti da paesi e situazioni molteplici, monitorati in tempi e con metodiche diverse, e quindi aggregati e confrontati nella Tabella A.III con un certo grado di arbitrarietà. Lo scopo principale è di fornire, in mancanza di dati più precisi, un quadro sintetico della situazione di massima che è presumibile attendersi in differenti contesti ambientali (livelli naturali, livelli medi in aree rurali e di fondo, aree urbane in differenti realtà socio-economiche).

Le linee guida elencate nella Tabella A.IV rappresentano, invece, le indicazioni di profilassi sanitaria e ambientale stilate dall'OMS per i livelli medi di esposizione (tempo e concentrazione) al di sotto dei quali non sono riscontrabili significativi effetti sulla salute. Si tratta di limiti di esposizione definiti in condizioni standard sulla base di ricerche di tipo epidemiologico e che quindi, come tali, non sono direttamente confrontabili con i valori ambientali medi registrati dal monitoraggio in uno specifico contesto ambientale.

Il superamento nel breve periodo dei limiti indicati nelle linee guida OMS non implica che gli effetti negativi ad essi associati vengano necessariamente riscontrati ma determina solo un incremento del rischio relativo. Si ricorda, inoltre, che le linee guida non sono limiti *per sé* ma rappresentano *standards* a cui gli Stati nazionali si riferiscono tenendo in considerazione anche fattori addizionali quali, ad esempio: il livello prevalente di esposizione, i livelli naturali di fondo, le condizioni ambientali medie e le condizioni climatico-meteorologiche prevalenti e gli aspetti socio-economici.

Biossido di zolfo (SO₂)

Gli ossidi di zolfo presenti in atmosfera sono costituiti essenzialmente da biossido di zolfo (SO₂) e in minima parte da anidride solforica (SO₃). Rappresentano i tipici inquinanti delle aree urbane e industriali dove l'elevata densità degli insediamenti ne favorisce l'accumulo soprattutto in condizioni meteorologiche di debole ricambio delle masse d'aria. Le situazioni più serie sono spesso verificate nei periodi invernali ove alle normali fonti di combustione si aggiunge il contributo derivante dal riscaldamento domestico. E' comunque da notare che, nel corso degli ultimi anni, in seguito alla diffusa 'metanizzazione' degli impianti di riscaldamento domestici il contributo inquinante degli ossidi di zolfo è notevolmente diminuito.

Il biossido di zolfo (SO₂) è un gas che alle tipiche concentrazioni ambientali risulta incolore e inodore. Le emissioni di origine antropica sono dovute prevalentemente all'utilizzo di combustibili solidi e liquidi sono strettamente correlate al contenuto di zolfo, sia come impurezze, sia come costituenti nella formulazione molecolare del combustibile (gli oli). A causa dell'elevata solubilità in acqua l'SO₂ viene assorbito facilmente dalle mucose del naso e dal tratto superiore dell'apparato respiratorio (solo piccolissime quantità riescono a raggiungere la parte più profonda del polmone). L'SO₂ reagisce facilmente con tutte le principali classi di biomolecole: *in vitro* sono state dimostrate interazioni con gli acidi nucleici, le proteine, i lipidi e varie altre componenti biologiche. Fra gli effetti acuti imputabili all'esposizione ad alti livelli di SO₂ sono compresi: aumento della resistenza al

passaggio dell'aria a seguito dell'inturgidimento delle mucose delle vie aeree, aumento delle secrezioni mucose, bronchite, tracheite, spasmi bronchiali e/o difficoltà respiratoria negli asmatici. Fra gli effetti a lungo termine sono da ricordare le alterazioni della funzionalità polmonare e l'aggravamento delle bronchiti croniche, dell'asma e dell'enfisema. I gruppi più sensibili sono costituiti dagli asmatici e dai bronchitici. E' stato accertato un effetto irritativo sinergico dovuto all'esposizione combinata con il particolato, da correlare probabilmente alla capacità del articolato di veicolare l' SO_2 nelle zone respiratorie profonde del polmone.

Biossido di azoto (NO_2)

Gli ossi di azoto presenti in atmosfera comprendono principalmente il monossido (NO) e il biossido di azoto (NO_2). Il monossido di azoto è un gas inodore e incolore che costituisce il componente principale delle emissioni di ossidi di azoto nell'aria che viene gradualmente ossidato a NO_2 . Il biossido di azoto ha un colore rosso-bruno ed è caratterizzato ad alte concentrazioni da un odore pungente e soffocante. Le fonti antropiche, rappresentate da tutte le reazioni di combustione, comprendono principalmente gli autoveicoli, le centrali termoelettriche e il riscaldamento domestico.

L' NO_2 è circa quattro volte più tossico dell'NO. I meccanismi biochimici mediante i quali l' NO_2 induce i suoi effetti tossici non sono del tutto chiari anche se è stato riscontrato che provoca danni alle membrane cellulari a seguito dell'ossidazione di proteine e lipidi. Gli effetti acuti comprendono: infiammazione delle mucose, decremento della funzionalità polmonare, edema polmonare. Gli effetti a lungo termine includono: aumento dell'incidenza delle malattie respiratorie, alterazioni polmonari a livello delle cellule dei tessuti, aumento della suscettibilità alle infezioni polmonari batteriche e virali. I gruppi a maggior rischio sono costituiti dagli asmatici e dai bambini.

Monossido di carbonio (CO)

Gas incolore e inodore, viene prodotto dalla combustione incompleta delle sostanze contenenti carbonio. Le fonti antropiche sono costituite dagli scarichi delle automobili, dal trattamento e smaltimento dei rifiuti, dalle industrie e raffinerie di petrolio, dalle fonderie.

Il CO raggiunge facilmente gli alveoli polmonari e quindi il sangue dove compete con l'ossigeno per il legame con l'emoglobina. La carbossemoglobina così formata risulta circa 250 volte più stabile dell'ossiemoglobina con la conseguenza che si registra una notevole riduzione della capacità del sangue di trasportare l'ossigeno ai tessuti. Gli effetti sanitari sono essenzialmente riconducibili ai danni causati dall'ipossia a carico del sistema nervoso, cardiovascolare e muscolare. Comprendono i seguenti sintomi: diminuzione della capacità di concentrazione, turbe della memoria, alterazione del comportamento, confusione mentale, alterazione della pressione sanguigna, accelerazione del battito cardiaco, vasodilatazione e vasopermeabilità con conseguenti emorragie, effetti perinatali. I gruppi più sensibili sono gli individui con malattie cardiache e polmonari, gli anemici e le donne in stato di gravidanza.

Ozono (O_3)

E' un gas bluastrò dall'odore leggermente pungente che non viene emesso come tale dalle attività umane. La maggior parte dell'ozono presente nella troposfera deriva da processi fotochimici nei quali sono coinvolti altri inquinanti precursori, principalmente gli idrocarburi e gli ossidi di azoto. Una intensa radiazione solare e una elevata temperatura innescano reazioni fotochimiche sui composti organici volatili che in presenza di ossidi di azoto portano alla formazione di ozono e di altri composti ossidati e fotossidanti (nitrati organici, idrocarburi ossidati ed aerosoli). Le concentrazioni ambientali di O_3 tendono ad aumentare durante i periodi caldi e soleggiati dell'anno.

Nell'arco della giornata, i livelli di ozono sono bassi al mattino (fase di innesco del processo fotochimico) raggiungono il massimo nel primo pomeriggio e si riducono progressivamente nelle ore serali con il diminuire della radiazione solare.

A livello cellulare l'O₃ agisce ossidando i gruppi sulfidrilici presenti in enzimi, coenzimi, proteine e acidi grassi insaturi interferendo con alcuni processi metabolici fondamentali e provocando il danneggiamento delle membrane degli organelli cellulari. Il bersaglio principale dell'O₃ è l'apparato respiratorio con danni a carico dei macrofagi e delle pareti delle piccole arterie polmonari. Gli effetti acuti comprendono secchezza della gola e del naso, aumento della produzione di muco, tosse, faringiti, bronchiti, diminuzione della funzionalità respiratoria, dolori toracici, diminuzione della capacità battericida polmonare, irritazione degli occhi, mal di testa. Le conseguenze a seguito di esposizioni a lungo termine (croniche) sono: fibrosi, effetti teratogeni, effetti sulla paratiroide e sul sistema riproduttivo. Il ruolo dell'O₃ nell'eziologia dei tumori polmonari non è ancora completamente chiarito.

Polveri (PTS, PM₁₀, PM_{2,5})

Con il termine particolato sospeso totale (PTS) viene identificato l'insieme di tutte le particelle solide o liquide che restano in sospensione nell'aria. Il particolato sospeso totale rappresenta un insieme estremamente eterogeneo di sostanze la cui origine può essere primaria (emesse come tali) o derivata (da una serie di reazioni fisiche e chimiche). Una caratterizzazione esauriente del particolato sospeso si basa oltre che sulla misura della concentrazione e l'identificazione delle specie chimiche coinvolte anche sulla valutazione della dimensione media delle particelle. Le particelle di dimensioni maggiori (diametro >10 µm) hanno un tempo medio di vita nell'atmosfera che varia da pochi minuti ad alcune ore e la possibilità di essere aerotrasportate per una distanza massima di 10 Km. Le particelle di dimensioni inferiori hanno invece un tempo medio di vita che va da pochi giorni fino a diverse settimane e possono venire veicolate dalle correnti atmosferiche per lunghe distanze (fino a centinaia di Km). La principale conseguenza ambientale per una data regione geografica è che la concentrazione di particelle grossolane è meno uniforme di quelle fini. La dimensione media delle particelle determina inoltre il grado di penetrazione nell'apparato respiratorio e la conseguente pericolosità per la salute umana. Il monitoraggio ambientale del particolato con diametro inferiore a 10 µm (PM₁₀) può essere considerato un indice della concentrazione di particelle in grado di penetrare nel tratto toracico (frazione inalabile). Le particelle con diametro inferiore a 2,5 µm, frazione respirabile (PM_{2,5}) rappresentano una serie molto eterogenea di composti chimici primari o secondari in grado di raggiungere la parte più profonda del polmone. Tra i composti primari, cioè emessi come tali, vi sono le particelle carboniose derivate dalla combustione di legname e dai fumi dei motori (in particolare diesel); nella seconda categoria, cioè tra i composti prodotti da reazioni secondarie, rientrano, tra l'altro, le particelle carboniose originate durante la sequenza fotochimica che porta alla formazione di ozono, di particelle di solfati e di nitrati derivanti dall'ossidazione di SO₂ e NO₂.

Le fonti antropiche di particolato sono essenzialmente le attività industriali e il traffico veicolare. Gli inquinanti originati dal traffico veicolare contribuiscono in modo sostanziale alla produzione di particolato, specialmente per quanto riguarda la frazione fine (PM₁₀). Nella maggior parte delle città si registra un incremento percentuale significativo della frazione PM₁₀, anche in presenza di una diminuzione della quantità totale di particolato. Nelle città in cui sono monitorate entrambe le frazioni di particolato (PST e PM₁₀), e in alcuni casi studio specifici, è stato registrato un rapporto percentuale del PM₁₀ sul particolato totale variabile dal 40 all'80%. La concentrazione media della frazione respirabile PM_{2,5} risulta generalmente pari al 45-60% della frazione inalabile PM₁₀.

Come già ricordato, le dimensioni delle particelle determinano il grado di penetrazione all'interno dell'apparato respiratorio. Le particelle che si depositano nel tratto superiore o extratoracico (cavità nasali, faringe e laringe) possono causare effetti irritativi locali quali secchezza e infiammazione; quelle che si depositano nel tratto tracheobronchiale (trachea, bronchi e bronchioli) possono causare costrizione e riduzione della capacità epurativa dell'apparato respiratorio e aggravamento delle malattie respiratorie croniche (asma, bronchite ed enfisema).

Il particolato 'assorbe' gli inquinanti gassosi presenti nell'aria (ad esempio SO₂ e IPA), per cui può indurre effetti sistemici su specifici organi bersaglio a seguito del rilascio nei fluidi biologici degli inquinanti da esso veicolati. I gruppi più sensibili sono costituiti dagli asmatici e dai bronchitici. E' stato accertato un effetto sinergico in seguito all'esposizione combinata di polveri e SO₂. Studi più recenti hanno dimostrato che effetti sanitari significativi sono registrabili anche per limitate esposizioni al particolato (<100 µg/m³ per un breve periodo). Visto lo stato attuale delle conoscenze, l'OMS non ha ritenuto di specificare linee guida univoche a cui attenersi per una efficace prevenzione sanitaria.

Benzene (C₆H₆)

Il benzene è un liquido incolore dotato di un odore caratteristico. Si tratta di un idrocarburo aromatico che veniva utilizzato, soprattutto in passato, come tipico costituente delle benzine. Gli autoveicoli rappresentano la principale fonte di emissione in ambito urbano: circa l'85% viene immesso nell'aria con i gas di scarico e il rimanente 15% per evaporazione del combustibile.

L'intossicazione di tipo acuto è dovuta all'azione sul sistema nervoso centrale. A concentrazioni moderate tra i sintomi ricordiamo stordimento, eccitazione e pallore seguiti da debolezza, mal di testa, respiro affannoso, senso di costrizione al torace. A livelli più elevati si registrano: eccitamento, euforia e ilarità, seguiti da fatica e sonnolenza e, nei casi più gravi, arresto respiratorio. Fra gli effetti a lungo termine vanno menzionate le interferenze sul processo emopoietico (con riduzione progressiva di eritrociti, leucociti e piastrine) e l'induzione della leucemia nei lavoratori maggiormente esposti. Il benzene è stato inserito da *International Agency for Research on Cancer (IARC)* nel gruppo 1 cioè tra le sostanze che hanno un accertato potere cancerogeno sull'uomo.

Benzo(a)pirene (IPA)

Gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) sono costituiti da due o più anelli aromatici condensati e derivano dalla combustione incompleta di numerose sostanze organiche. La fonte più importante di origine antropica è rappresentata dalle emissioni veicolari seguita dagli impianti termici, dalle centrali termoelettriche e dagli inceneritori.

Gli IPA sono molto spesso associati alle polveri sospese. In questo caso la dimensione delle particelle del particolato aerodisperso rappresenta il parametro principale che condiziona la penetrazione e la deposizione nell'apparato respiratorio e quindi la relativa tossicità. Gli IPA presenti nell'aerosol urbano sono generalmente associati alle particelle con diametro aerodinamico minore di 2 µm cioè in grado di raggiungere facilmente la regione alveolare del polmone e da qui il sangue e i tessuti. Oltre ad essere degli irritanti di naso, gola ed occhi sono riconosciuti per le proprietà mutagene e cancerogene. E' accertato il potere cancerogeno di tutti gli IPA a carico delle cellule del polmone, e tra questi anche del benzo(a)pirene (BaP) (gli IPA sono stati inseriti nel gruppo 1 della classificazione *IARC*). Poiché è stato evidenziato che la relazione tra BaP e gli altri IPA, detto profilo IPA, è relativamente stabile nell'aria delle diverse città, la concentrazione di BaP viene utilizzata come indice del potenziale cancerogeno degli IPA totali.

Metalli pesanti

Alla categoria dei metalli pesanti appartengono circa 70 elementi (con densità $> 5 \text{ g/cm}^3$), anche se quelli rilevanti da un punto di vista ambientale sono solo una ventina. Tra i più importanti ricordiamo: arsenico (*As*), cadmio (*Cd*), cromo (*Cr*), rame (*Cu*), ferro (*Fe*), mercurio (*Hg*), manganese (*Mn*), piombo (*Pb*), nichel (*Ni*), stagno (*Sn*), zinco (*Zn*).

Le fonti antropiche responsabili dell'incremento della quantità naturale di metalli sono principalmente l'attività mineraria, le fonderie e le raffinerie, la produzione energetica, l'incenerimento dei rifiuti e l'attività agricola. I metalli pesanti sono presenti in atmosfera sotto forma di particolato aerodisperso; le dimensioni delle particelle a cui sono associati e la loro composizione chimica dipende fortemente dalla tipologia della sorgente di emissione. Le concentrazioni in aria di alcuni metalli nelle aree urbane e industriali può raggiungere valori 10-100 volte superiori a quelli delle aree rurali.

La principale fonte di inquinamento atmosferico da piombo nelle aree urbane era, fino a pochi anni fa, costituita dagli scarichi dei veicoli alimentati con benzina super (il piombo tetraetile veniva usato come additivo antidetonante). Le altre fonti antropiche sono: la combustione del carbone e dell'olio combustibile, i processi di estrazione e lavorazione dei minerali che contengono *Pb*, le fonderie, le industrie ceramiche e gli inceneritori di rifiuti.

Il *Pb* assorbito attraverso l'epitelio polmonare entra nel circolo sanguigno e si distribuisce in quantità decrescenti nelle ossa, nel fegato, nei reni, nei muscoli e nel cervello. L'intossicazione acuta è rara e si verifica solo in seguito all'ingestione o all'inalazione di notevoli quantità di *Pb*. La tossicità del *Pb* può essere spiegata in parte dal fatto che, legandosi ai gruppi sulfidrilici delle proteine o sostituendo ioni metallici essenziali, interferisce con diversi sistemi enzimatici. Tutti gli organi costituiscono potenziali bersagli e gli effetti sono estremamente vari (anemia, danni al sistema nervoso centrale e periferico, ai reni, al sistema riproduttivo, cardiovascolare, epatico, endocrino, gastro-intestinale e immunitario). I gruppi maggiormente a rischio sono costituiti dai bambini e dalle donne in gravidanza. Il livello di piombo nel sangue è l'indicatore più attendibile di esposizione ambientale. Le linee guida dell'OMS indicano un valore critico pari ad una concentrazione di $100 \text{ } \mu\text{g/l}$ e su questa base è stata proposta la stima della concentrazione media annuale in aria ($0,5 \text{ } \mu\text{g/m}^3$). Alcuni studi condotti su bambini indicano che una ricaduta al suolo giornaliera (*fallout*) superiore a $250 \text{ } \mu\text{g/m}^2$ è responsabile di un significativo incremento di piombo nel sangue.

	SO ₂ µg/m ³	NO ₂ µg/m ³	CO mg/m ³	PTS µg/m ³	PM ₁₀ µg/m ³	PM _{2.5} µg/m ³	O ₃ µg/m ³	C ₆ H ₆ µg/m ³	IPA ng/m ³	Pb µg/m ³
Livelli naturali		0,4-9,4	0,06-0,14				40-70		~ 0	6 *10 ⁻⁴
Aree isolate o di fondo										
- media 24 h								0,51		
- media anno	< 5								< 1 ⁽²⁾	
Aree rurali										
- max 1 h							200-520			
- media 7 h							40-100			
- media 24 h								1,5		
- media anno	5-25				(1)	(1)		1-5		
Aree urbane città europee										
- max 1 h			< 60				300-400			
- media 8 h			< 20							
- media 24 h	< 500			200-400			< 120	1-10		
- media anno	< 100			50-150	20-98				3-6 ⁽²⁾	
Aree urbane paesi industrializzati										
- media 1 h		940					60-100			0,17-0,18 ⁽³⁾
- max 1 h		75-1000					< 400			
- media 24 h		400					< 120	2,8-40		
- media anno	< 100	20-90			18-47	11-30			1-6 ⁽²⁾	
Aree urbane paesi in via di sviluppo										
- media 24 h	< 125									
- media anno	20-40	> 200		> 300	> 100					

Note

(1) a causa della notevole capacità di dispersione delle polveri fini i valori medi registrati nelle aree rurali sono spesso comparabili con i valori minimi delle adiacenti aree urbane (fino a 100 Km di distanza);

(2) la maggior parte delle misurazioni si riferiscono al benzo(a)pirene (BaP) assunto come indicatore del profilo IPA;

(3) si tratta di "misurazioni spot" in differenti città europee e statunitensi e non riferibili con precisione ad un tempo di mediazione di 1 ora;

Tabella A.III Livelli ambientali dei principali inquinanti dell'aria registrati in differenti località e condizioni medie (WHO, 1999).

Linee guida OMS	SO ₂ µg/m ³	NO ₂ µg/m ³	CO mg/m ³	PTS µg/m ³	PM ₁₀ µg/m ³	PM _{2.5} µg/m ³	O ₃ µg/m ³	C ₆ H ₆ µg/m ³	IPA ng/m ³	Pb µg/m ³
- media 10 m	500									
- media 15 m			100							
- media 30 m			60							
- media 1 h		200	30				150-200 ⁽³⁾			
- media 8 h			10				120			
- media 24 h	125									
- media anno	50	40								0,5 ⁽⁵⁾
- altro				(1)	(1)(2)	(2)		(4)	(4)	

Note

(1) non esistono indicazioni precise sul tempo minimo di esposizione per evitare significativi effetti sulla salute;

(2) il valore di PM_{2.5} (polveri inalabili) è considerato il miglior indicatore per prevenire eventuali rischi sanitari: non sono state fornite precise linee guida a breve e/o a lungo termine ma è raccomandata la minor esposizione possibile con elevata presenza di SO₂ e metalli pesanti aerodispersi;

(3) raccomandato nell'edizione del 1987; le più recenti ricerche considerano questa linea guida superflua perché il livello di protezione per la media di 8 h è preventivo anche nei confronti di eventuali esposizioni a breve termine (e quindi comprensivo anche della media di 1 h);

(4) non applicabile: benzene e benzo(a)pirene sono stati inseriti da IARC (*International Agency for Research on Cancer*) nel gruppo 1 cioè tra le sostanze ad accertato potere cancerogeno per cui non è possibile definire linee guida per i livelli minimi accettabili di esposizione.

(5) il livello di Pb nel sangue è l'indicatore più attendibile delle esposizioni ambientali; le linee guida indicano un valore critico di concentrazione nel sangue pari a 100 µg/l e quindi su questa base è stata proposta la stima della concentrazione media annuale in aria.

Tabella A.IV Linee guida di esposizione previste dall'OMS per escludere significativi effetti sulla salute umana (WHO, 1999).



DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI PADOVA

Direttore G.P. Bozzo

Via Ospedale 22, 35121 Padova

tel.: 049 827801 - fax: 049 8227810

email: dappd@arpa.veneto.it