

Il Monitoraggio dell'aria nella Provincia di Terni

Le campagne di monitoraggio atmosferico che vengono effettuate nel territorio provinciale di Terni vedono l'impiego di due strutture operative, che spesso si coordinano per effettuare indagini specifiche: la rete di monitoraggio degli inquinanti dell'atmosfera, gestita dalla Provincia di Terni, e il Laboratorio Chimico, Fisico e Biologico del Dipartimento Provinciale dell'ARPA dell'Umbria, che ha a disposizione una serie di strutture per il campionamento e l'analisi.

La rete di rilevamento degli inquinanti dell'atmosfera

Dal 1995 è stato attivato, nel territorio provinciale di Terni, un complesso sistema di monitoraggio della qualità dell'aria, costituito da una serie di stazioni di rilevamento dislocate sul territorio e da un sistema di acquisizione, elaborazione e divulgazione dei dati, che consente di rilevare in tempo reale la concentrazione degli inquinanti dell'atmosfera (CO, O₃, Benzene, Toluene, Polveri PTS e PM₁₀, NO_x, NO₂, NO, SO₂ ecc.) previsti dalla normativa.

Nel corso degli ultimi anni la rete di monitoraggio si è ampliata significativamente: allo stato attuale il monitoraggio si estende sulle 3 aree comunali (sottoreti) maggiormente caratterizzate da attività antropiche (Comune di Terni, Comune di Narni e Comune di Orvieto). Nella Tabella I viene riportata la descrizione delle 3 sottoreti e la composizione delle stazioni di monitoraggio.

Il CED (Centro Elaborazione Dati) e le operazioni di *validazione* dei dati

I dati acquisiti in continuo dagli analizzatori automatici presenti in ogni stazione di monitoraggio vengono trasferiti, con l'ausilio di una rete di collegamenti telematici, al Centro Elaborazione Dati (CED) del Servizio Tutela Ambientale della Provincia, che rappresenta il cuore dell'intero sistema. Presso il CED opera quotidianamente un gruppo di esperti che ha il compito di elaborare i dati, di valutarne l'attendibilità e di procedere alla loro pubblicazione ufficiale. Questa procedura, che prende il nome di **validazione**, rappresenta la effettiva classificazione dei valori misurati come attendibili; i dati validati vengono quindi pubblicati e utilizzati per le necessarie elaborazioni statistiche che hanno lo scopo di descrivere i fenomeni di inquinamento dell'aria.

I tecnici del CED hanno anche il compito di gestire e programmare le operazioni di controllo e di manutenzione della strumentazione, di eseguire le prove di calibrazione automatica e manuale degli analizzatori, di diffondere i comunicati ufficiali in caso di superamento dei limiti stabiliti dalla legge secondo i protocolli ufficiali e di predisporre le necessarie elaborazioni statistiche. Le operazioni di validazione dei dati e la gestione delle manutenzioni vengono effettuate dal personale tecnico del Servizio Ambiente, con l'ausilio di uno strumento informatico (Validata Web) che permette di gestire tutte le operazioni via Intranet/Internet.

I dati rilevati vengono quotidianamente pubblicati su Internet: sul sito web <http://ambiente.provincia.terni.it> è possibile osservare in tempo reale l'andamento delle concentrazioni degli inquinanti. Sul sito Internet della Provincia di Terni è anche disponibile una descrizione dettagliata della rete di monitoraggio, degli inquinanti misurati e del loro significato.

Le operazioni di manutenzione degli analizzatori automatici sono affidate ad una ditta esterna specializzata, costantemente in contatto con i tecnici del Servizio e in grado di verificare su Internet lo stato degli analizzatori. La

procedura di segnalazione degli interventi e il loro riscontro avviene interamente per via telematica (Internet); in caso di mal funzionamento, inoltre, è prevista una segnalazione immediata (messaggi automatici GSM e Fax) al servizio manutenzione e ai tecnici del Servizio Ambiente, che sono chiamati a supervisionare l'intervento richiesto.

L'adozione di questa procedura automatizzata (attiva da Aprile 2001) ha consentito di ottenere un sensibile aumento della percentuale dei dati validi; l'obiettivo è quello di ottenere una media non inferiore al 90%.

La Provincia di Terni provvede inoltre ad attivare il protocollo di informazione agli organi competenti al verificarsi degli stati di attenzione e/o di allarme.

TABELLA I-1 - STRUTTURA DELLA RETE DI MONITORAGGIO DEGLI INQUINANTI L'ATMOSFERA DELLA PROVINCIA DI TERNI

| Sottorete di Terni | | | |
|----------------------|----------------|--|------|
| Nome della stazione | Strumentazione | Ubicazione (zona) | Tipo |
| PMP | ①② | Via F.Cesi - Terni (centro) | A/B |
| Carrara | ①③④⑤⑦ | Via Carrara - Terni (Lungonera Savoia) | C |
| Verga | ③④⑥⑦ | Via Verga - Terni (Via Leopardi) | A/B |
| Polymer | ③⑤⑦ | P.le Donegani (Q.re Polymer) | D |
| Prisciano | ③⑤⑦ | Via di Prisciano (Q.re Prisciano) | D |
| Borgo Rivo | ③⑥⑦ | Via dell'Aquila (Q.re B.Rivo) | C |
| Maratta | ③⑥⑦ | Via Bartocci (Voc. Sabbione) | D |
| F.Cesi | ☀ | Via I Maggio (centro) | - |
| Laboratorio Mobile | ①③⑥⑦ | Via delle Mure (camposcuola) - (2001) | - |
| Sottorete di Narni | | | |
| Nome della stazione | Strumentazione | Ubicazione | Tipo |
| San Girolamo | ②⑦ | Via Flaminia Ternana (campo sportivo) | B |
| Narni Scalo | ③⑤⑦☀ | Via Tuderte – fraz. Narni Scalo | B/C |
| Feronia | ③⑤⑦⑨☀ | Loc. Feronia | A/B |
| Montoro | ③⑦⑧ | Fraz, Montoro | D |
| Taizzano | ③⑦ | Fraz. Treie | D |
| San Liberato | ③ | Fraz. San Liberato | D/C |
| Sottorete di Orvieto | | | |
| Nome della stazione | Strumentazione | Ubicazione | Tipo |
| Ciconia | ①③⑥⑦ | Via dei Tigli – Fraz. Ciconia | C |
| Ciconia meteo | ☀ | Via dei Tigli – Fraz. Ciconia | - |

- ① Analizzatore CO (monossido di carbonio)
- ② Analizzatore SO₂ (biossido di zolfo)
- ③ Analizzatore NO_x, NO₂, NO (ossidi di azoto)
- ④ Analizzatore BTX (benzene, toluene, xilene)
- ⑤ Analizzatore PTS (polveri totali sospese)
- ⑥ Analizzatore PM10 (frazione respirabile delle polveri)

- ⑦ Analizzatore O₃ (ozono)
- ⑧ Analizzatore NH₃ (ammoniaca)
- ⑨ Analizzatore IPA (idrocarburi policiclici aromatici)
- ☀ Strumentazione meteo

Tipologia delle stazioni di monitoraggio (D.M.20/05/91):

- Tipo A – Stazione di riferimento urbano
- Tipo B – Stazione in zona ad elevata densità abitativa
- Tipo C – Stazione in zona ad elevato traffico
- Tipo D – Stazione in zona suburbana-industriale

Il sistema di monitoraggio dell'ARPA

Il Dipartimento provinciale di Terni dell'ARPA dell'Umbria (Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente), attraverso la struttura del Laboratorio Chimico, Fisico e Biologico, ha condotto una serie di campagne di monitoraggio atmosferico, nel corso del 2001, nella città di Terni e nella città di Amelia. I risultati ottenuti sono risultati di grande utilità per una interpretazione più dettagliata dell'indagine complessiva e sono stati utilizzati ad integrazione dei dati ottenuti dalla rete fissa di rilevamento degli inquinanti dell'atmosfera della Provincia di Terni. In particolare, sono state condotte le seguenti campagne di rilevamento:

1. Monitoraggio del benzene nelle città di Terni e Amelia, con l'impiego di campionatori passivi dislocati in vari punti ritenuti strategici;
2. Indagine sulle polveri di Prisciano, in relazione ad altre zone della città di Terni, condotta per mezzo di deposimetri (frazione della polvere sedimentabile) e campionatori attivi (polveri sospese e PM10);
3. Analisi di Piombo e Idrocarburi Policiclici Aromatici (in particolare: Benzo(a)pirene) effettuata sulla polvere campionata.

Monitoraggio del benzene

A causa delle caratteristiche di pericolosità di questa sostanza, sebbene Terni non fosse compresa nell'elenco delle città in cui attivare il monitoraggio, riportato nel DM 25/11/94, il Laboratorio Chimico dell'ARPA decise di avviare, nel 1997, un'indagine di misura delle concentrazioni in aria del benzene. Tale indagine è stata estesa anche alla città di Amelia, ed è ancora in corso.

Il monitoraggio del benzene è stato effettuato con l'ausilio di particolari campionatori che, dislocati in punti specificamente individuati del territorio, sono in grado di adsorbire il gas, attraverso un processo di diffusione passiva, ben caratterizzabile matematicamente. Risulta così possibile, dopo l'effettuazione dell'analisi per estrazione dell'inquinante, risalire alle concentrazioni medie del benzene presente nell'atmosfera circostante.

L'utilizzo di questo sistema di monitoraggio, ampiamente utilizzato anche in altre città e giudicato attendibile da numerosi studi scientifici, permette di effettuare campagne di misura molto capillari sul territorio, in quanto risulta molto semplice l'installazione di questa strumentazione di prelievo.

I dati relativi alla campagna di monitoraggio del benzene con l'impiego di campionatori passivi viene riportata nella sezione di questa relazione relative al monitoraggio nel Comune di Terni e al Monitoraggio nel comune di Amelia.

Indagine sulle polveri nella città di Terni

Il Laboratorio Chimico dell'ARPA sta conducendo, ormai da alcuni anni, un costante monitoraggio dell'inquinamento da polveri nella città di Terni. In particolare, l'attenzione viene posta sulla zona della città (quartiere Prisciano)

maggiormente interessata da fenomeni di polverosità, causati dalle emissioni industriali di un insediamento siderurgico.

Le indagini condotte fino a questo momento indicano che il fenomeno è in graduale diminuzione, grazie ad alcuni interventi messi in atto allo scopo di limitare le emissioni industriali (sistemi di abbattimento).

Il monitoraggio delle polveri viene condotto con alcuni strumenti che provvedono a raccogliere i campioni di polvere (deposimetri, campionatori di aria ec..) per la successiva quantificazione e analisi delle composizioni chimiche, che vengono eseguite presso il laboratorio dell'ARPA di Terni.

Sulle polveri raccolte vengono inoltre dosati alcuni composti o elementi chimici, che consentono di effettuare delle valutazioni sulla eventuale tossicità delle polveri atmosferiche.

Monitoraggio del Piombo

Il piombo viene misurato sulle frazioni di polvere campionate attraverso il sistema di monitoraggio dell'ARPA.

Le analisi, condotte in laboratorio, consentono di effettuare degli studi sulla diffusione e sull'andamento di questo inquinante nella città di Terni. La campagna di monitoraggio del piombo presente nelle polveri atmosferiche viene condotta ormai da oltre 10 anni. Per tale inquinante quindi si hanno a disposizione delle interessanti serie storiche, che consentono di valutare l'andamento temporale di questo tipo di inquinamento.

I risultati delle misurazioni del piombo atmosferico vengono riportate nel capitolo dedicato al Monitoraggio nel Comune di Terni.

Monitoraggio di IPA

Sulle polveri raccolte dal sistema di rilevamento dell'ARPA vengono effettuate delle indagini analitiche che mirano a determinare la presenza degli idrocarburi policiclici aromatici, sostanze organiche che hanno una forte tendenza ad adsorbirsi sulla superficie delle particelle di polvere.

In particolare, in questa relazione vengono riportati i risultati ottenuti sulle determinazioni analitiche del benzo(a)pirene, una specie chimica appartenente alla classe degli idrocarburi policiclici aromatici.

I risultati del monitoraggio del benzo(a)pirene vengono riportati nel Capitolo relativo al Monitoraggio nel Comune di Terni di questa relazione.

Gli inquinanti monitorati

Ozono (O₃)

Descrizione

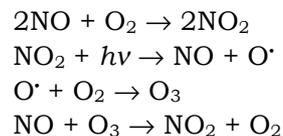
Nelle città e nelle zone immediatamente periferiche si verificano sempre più spesso, durante il periodo estivo, fenomeni di inquinamento da ozono. In realtà si dovrebbe parlare, più precisamente, di fenomeni *di smog fotochimico*, in quanto l'ozono è solo uno degli innumerevoli composti che si originano nelle particolari condizioni che contraddistinguono questo tipo di inquinamento.

L'ozono (O₃) è un inquinante gassoso incolore, dall'odore pungente e con caratteristiche di potente ossidante. Tali caratteristiche lo rendono un agente chimico particolarmente insidioso, sia per gli effetti tossici che per i danni ai materiali che è in grado di provocare.

Origini

L'ozono è un inquinante secondario che si forma a seguito di reazioni fotochimiche tra inquinanti primari (immessi direttamente nell'atmosfera da fonti inquinanti) quali idrocarburi e ossidi di azoto; tali reazioni vengono favorite dal calore e dalla radiazione solare, mentre condizioni di stazionarietà atmosferica favoriscono la permanenza dell'ozono prodotto e degli altri inquinanti fotochimici anche durante le ore serali e notturne.

Le reazioni che avvengono durante un fenomeno di smog fotochimico sono estremamente complesse e alcuni stadi non sono ancora ben noti. Tuttavia una schematizzazione delle reazioni che originano O₃ può essere la seguente:



Come si può osservare, la formazione di ozono avviene per reazione tra il radicale ossigeno e la molecola di ossigeno; la generazione del radicale ossigeno viene innescata dalla radiazione solare. I composti organici insaturi, a causa della loro tendenza (in condizioni ossidanti) a formare radicali, possono contribuire significativamente alla produzione di radicali ossigeno reattivi, che generano poi l'ozono.

L'ultima reazione spiega un fenomeno che spesso si riscontra nelle zone cittadine: il monossido di azoto è in grado di trasformare l'ozono in ossigeno. Durante i fenomeni di inquinamento fotochimico si notano concentrazioni minori di ozono nelle zone urbane maggiormente interessate da traffico autoveicolare, dove il monossido di azoto viene prodotto. Il monossido di azoto, tuttavia, ha una forte tendenza ad ossidarsi, generando un eccesso di NO₂ che, in condizioni di radiazione solare intensa, innesca la catena di reazioni fotochimiche. Questo processo, quindi, è molto significativo nelle prime zone urbane periferiche, soprattutto se a ridosso di insediamenti industriali o ad alta urbanizzazione, che sono fonte di precursori dell'ozono.

Tossicità

L'ozono e gli altri composti chimici che si generano durante il fenomeno di smog fotochimico (perossiacetilnitrati, aldeidi, perossiradicali, chetoni, acidi organici ed altri composti) a concentrazioni di 0.1 ppm (200 µg/m³) possono causare irritazioni alla gola, alle vie respiratorie e possono provocare bruciori agli

occhi. Se il fenomeno assume caratteristiche eclatanti (concentrazioni molto superiori ai livelli di allarme), l'ozono può provocare alterazioni, anche gravi, delle funzionalità respiratorie (i tessuti polmonari possono essere danneggiati a causa della aggressività dell'ozono e degli altri prodotti generati dallo smog fotochimico) fino a provocare la morte per edema polmonare.

La pericolosità di questo tipo di inquinamento aumenta per i soggetti più deboli (anziani, bambini, soggetti asmatici). Per tali motivi, durante i fenomeni più acuti di inquinamento da ozono (ore più calde e soleggiate del periodo estivo) occorre limitare, per tali soggetti, l'esposizione.

Quadro normativo

| TABELLA II-1 - QUADRO NORMATIVO PER L'OZONO | | | |
|--|--|-------------------------|-----------------------|
| RIFERIMENTO NORMATIVO | PARAMETRO | PERIODO DI OSSERVAZIONE | VALORE DI RIFERIMENTO |
| LIVELLO DI ATTENZIONE (D.M. 15/4/94 , 25/11/94 e 16/5/96) | media oraria | 1 ora | 180 µg/m ³ |
| LIVELLO DI ALLARME (D.M.15/4/94, 25/11/94 e 16/5/96) | media oraria | 1 ora | 360 µg/m ³ |
| VALORE LIMITE (D.P.C.M. 28/3/83) | media oraria | 1 mese | 200 µg/m ³ |
| LIVELLO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE (D.M. 16/5/96) | media mobile trascinata calcolata su 8 ore | 8 ore | 110 µg/m ³ |
| LIVELLO PER LA PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE (D.M. 16/5/96) | media oraria | 1 ora | 200 µg/m ³ |
| | media giornaliera | ogni giorno | 65 µg/m ³ |

Poveri totali sospese (PTS)

Descrizione

Le polveri sospese che troviamo in ambiente urbano sono costituite da minuscole particelle di diverse sostanze chimiche: aggregati di minerali, fuliggine, gomma dei pneumatici e materiale derivato dall'usura di frizioni e di freni dei veicoli. Nelle polveri si trovano inoltre cristalli di nitrato d'ammonio e solfato di ammonio.

Le particelle sospese in aria sono composte da granuli di varia grandezza. Si va da granuli di diametro aerodinamico di circa 0.5 mm fino a granuli aventi diametro aerodinamico minore di 0.1 µm (ovvero 0.0001 mm). I granuli delle polveri di piccole dimensione restano sospesi a lungo nell'atmosfera, in quanto la forza di gravità non riesce a vincere l'effetto turbolento della massa gassosa atmosferica (le polveri fini infatti sono costituite da particelle di massa molto piccola).

Per "polveri totali sospese" (PTS) si intende l'insieme di polveri presenti in atmosfera aventi granulometria (diametro aerodinamico) fino a 100-150 µm; con il termine "PM₁₀" si indica invece la frazione di polvere avente granulometria (diametro aerodinamico) inferiore a 10 µm.

Origini

Come si può dedurre da quanto sopra riportato le polveri hanno sia origine naturale che antropica; le polveri vengono infatti prodotte da fenomeni di

combustione (polveri fini) e da lavorazioni di varia natura (metallurgia, edilizia, trasporti, agricoltura ecc.). Le caratteristiche chimiche e fisiche delle polveri dipendono pertanto dal processo che le ha generate e quindi dalle sostanze che le costituiscono e che vengono successivamente adsorbite sulla loro superficie.

Tossicità

Gli effetti dannosi delle polveri si manifestano principalmente sull'apparato respiratorio dell'uomo. Le particelle più grandi, cioè con diametro maggiore a 5-10 µm, si fermano nelle parti meno profonde dell'apparato respiratorio e vengono quindi espulse, insieme al muco, dall'azione delle cellule ciliate. Sono invece molto più pericolose le particelle di diametro minore di 5-10 µm perché sono in grado di giungere fino agli alveoli polmonari e da qui vengono espulse molto più lentamente, dando luogo a un possibile assorbimento nel sangue delle particelle e dei composti adsorbiti, con conseguente possibile intossicazione. Alcune sostanze cancerogene, come il benzene, il benzopirene e le diossine, hanno una grande tendenza ad essere adsorbite dalle polveri in particolare quando le polveri vengono prodotte dalla combustione di benzine o di sostanze organiche in generale.

Nelle polveri si trovano anche tracce di metalli, per esempio il piombo prodotto nella combustione di benzine additivate con sostanze organiche contenenti piombo (piombo tetraetile e piombo tetrametile venivano usati come antidetonanti; nella benzina verde tali sostanze sono state sostituite dal metil-terbutil-etero o MTBE). I danni prodotti dalle particelle sospese sono amplificati nei fumatori perché il fumo inibisce e rallenta l'attività di pulizia delle cellule ciliate (che vengono letteralmente bruciate dal calore e dagli acidi del fumo) con conseguente accumulo delle polveri stesse nei polmoni.

Quadro normativo

| TABELLA II-2 - QUADRO NORMATIVO PER LE POLVERI TOTALI SOSEPE (PTS) | | | |
|--|---|-------------------------|-----------------------------|
| RIFERIMENTO NORMATIVO | PARAMETRO | PERIODO DI OSSERVAZIONE | VALORE DI RIFERIMENTO |
| LIMITI MASSIMI (D.P.C.M. 28/3/83) | media giornaliera | annuale | 150 µg/m ³ |
| | 95° percentile delle concentrazioni medie di 24 ore | annuale | 300 µg/m ³ |
| VALORE GUIDA (D.P.R. 203/88) | media giornaliera | 1 aprile - 31 marzo | 40 - 60 µg/m ³ |
| | media giornaliera | ogni giorno | 100 - 150 µg/m ³ |
| LIVELLO DI ATTENZIONE (D.M. 25/11/94) | media giornaliera | ogni giorno | 150 µg/m ³ |
| LIVELLO DI ALLARME (D.M. 25/11/94) | media giornaliera | ogni giorno | 300 µg/m ³ |

Polveri fini - PM10

Descrizione

Con la sigla PM10 si definisce la frazione delle polveri che ha un diametro aerodinamico inferiore ai 10 micrometri. Essa rappresenta la parte più

insidiosa della polverosità, in quanto resta più a lungo sospesa in aria e viene inalata con estrema facilità.

Origini

La frazione fine delle polveri nei centri urbani viene prodotta essenzialmente da fenomeni di combustione (traffico autoveicolare, impianti di riscaldamento, emissioni da impianti industriali con sistemi di abbattimento inefficaci).

Tossicità

Le polveri PM₁₀ entrano facilmente negli alveoli polmonari a causa delle loro piccole dimensioni; gli effetti tossici di maggior rilievo si hanno quindi a livello delle vie respiratorie e dei polmoni (asma, bronchiti, irritazioni bronchiali e polmonari). La loro pericolosità è esaltata dal fatto che queste polveri fini spesso contengono, adsorbiti, numerosi microinquinanti molto nocivi per l'uomo, come ad esempio metalli pesanti ed idrocarburi policiclici aromatici, che possono provocare effetti tossici a breve termine (irritazioni e infiammazioni) o a lungo termine (cancro).

Quadro normativo

| TABELLA II-3 | | | |
|---|---------------------------------|-------------------------|---|
| RIFERIMENTO NORMATIVO | PARAMETRO | PERIODO DI OSSERVAZIONE | VALORE DI RIFERIMENTO |
| OBIETTIVO DI QUALITA' (dal 1/1/96 al 31/12/98) (D.M. 25/11/94) | media mobile valori giornalieri | annuale | 60 µg/mc |
| OBIETTIVO DI QUALITA' (dal 1/1/99) (D.M. 25/11/94) | media mobile valori giornalieri | annuale | 40 µg/mc |
| VALORE LIMITE * da rispettare a partire dal 2005 (Direttiva 1999/30/CE del Consiglio) | media giornaliera | ogni giorno | 50 µg/mc da non superare più di 35 volte in un anno |
| VALORE LIMITE * da rispettare a partire dal 2005 (Direttiva 1999/30/CE del Consiglio) | | annuale | 40 µg/mc |
| VALORE LIMITE * da rispettare a partire dal 2010 (Direttiva 1999/30/CE del Consiglio) | media giornaliera | ogni giorno | 50 µg/mc da non superare più di 7 volte in un anno |
| VALORE LIMITE * da rispettare a partire dal 2010 (Direttiva 1999/30/CE del Consiglio) | | annuale | 20 µg/mc |

*I valori limite saranno pienamente attuativi a partire dal 1.1.2010. Entro tale data tali limiti verranno applicati (da ogni nazione dell'Unione Europea) con dei margini di tolleranza fino al raggiungimento dell'obiettivo previsto per il 2005 e successivamente per il 2010.

Ossidi di azoto (NO_x, NO₂, NO)

Descrizione

Gli ossidi di azoto, comunemente detti NO_x, sono costituiti da una miscela di composti in cui l'azoto è presente in vari stati di ossidazione. Il biossido di azoto rappresenta la forma più ossidata di tali composti.

L'NO₂ è un gas di colore rosso-bruno, di odore pungente, soffocante, e altamente tossico. Insieme all'anidride solforosa contribuisce alla formazione delle piogge acide che danneggiano boschi e monumenti. Il gas NO₂ è un corrosivo per i metalli e le fibre tessili.

Il colore rosso-bruno della cappa di smog talvolta presente sopra le aree urbane inquinate, è indice di presenza di questo inquinante.

Nelle aree urbane le concentrazioni medie NO₂ sono generalmente inferiori ai 100 µg/m³, con qualche eccezione (superamento dei livelli di attenzione o allarme) soprattutto durante il periodo invernale, in concomitanza di condizioni meteorologiche che favoriscono la stazionarietà atmosferica.

Concentrazioni elevate di ossidi di azoto conferiscono acidità all'atmosfera, causa di danni anche alla vegetazione e ai materiali (monumenti e manufatti).

Origini

Gli ossidi di azoto (NO_x) vengono immessi nell'atmosfera da sorgenti naturali (scariche elettriche atmosferiche, processi biologici, eruzioni vulcaniche, incendi, etc..) e antropiche (prodotti di combustione), soprattutto nelle zone ad alta densità di urbanizzazione e di industrializzazione.

Qualunque tipo di combustione (o fiamma) che avvenga in presenza di aria produce varie forme di ossidi di azoto (principalmente NO ma anche NO₂ e N₂O) a causa della reazione dell'azoto (N₂) con l'ossigeno (O₂) contenuti nell'aria stessa.

Tossicità

Gli NO_x (ed in particolare l'NO₂) agiscono sulle mucose dell'apparato respiratorio provocando la diminuzione delle difese polmonari (bronchiti, allergie, irritazioni)

Nell'apparato cardio-vascolare l'NO₂ agisce sull'emoglobina, infatti questo gas ossida il ferro dell'emoglobina producendo metaemoglobina che inibisce il trasporto dell'ossigeno. Una esposizione a concentrazioni dell'ordine di 500 ppm (950.000 µg/m³) per pochi minuti è mortale. Una esposizione a concentrazioni dell'ordine di 10-40 ppm (19.000-76.000 µg/m³) per pochi minuti può causare fibrosi ed enfisema polmonare. Esposizioni continuative a concentrazioni dell'ordine di 1000 µg/m³ aumentano la probabilità di contrarre infezioni polmonari ed esasperano i sintomi dei soggetti asmatici.

Quadro normativo

| TABELLA II-4 | | | |
|--|--|-------------------------|---|
| RIFERIMENTO NORMATIVO | PARAMETRO DI CONTROLLO | PERIODO DI OSSERVAZIONE | VALORE DI RIFERIMENTO |
| LIMITI MASSIMI D.P.C.M. 28/03/83) | Media oraria | ogni giorno | 200 µg/mc da non superare più di una volta al giorno |
| VALORE LIMITE (D.P.R. 203/88) | 98° percentile delle concentrazioni medie di 1 ora | 1 gennaio - 31 dicembre | 200 µg/mc |
| VALORE GUIDA (D.P.R. 203/88) | 50° percentile delle concentrazioni medie di 1 ora | 1 gennaio - 31 dicembre | 50 µg/mc |
| | 98° percentile delle concentrazioni medie di 1 ora | 1 gennaio - 31 dicembre | 135 µg/mc |
| LIVELLO DI ATTENZIONE (D.M. 15/4/94 e 25/11/94) | media oraria | ogni giorno | 200 µg/mc |
| LIVELLO DI ALLARME (D.M.25/11/94 e 25/11/94) | media oraria | ogni giorno | 400 µg/mc |
| VALORE LIMITE *PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE (Direttiva 1999/30/CE del Consiglio) | media oraria | ogni anno | 200 µg/mc da non superare più di 18 volte in un anno |
| VALORE LIMITE *PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE (Direttiva 1999/30/CE del Consiglio) | | ogni anno | 40 µg/mc |

| | | | |
|---|--|------------------|--------------------------------------|
| VALORE LIMITE PER LA PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE (Direttiva 1999/30/CE del Consiglio) | | ogni anno | 30 µg/mc (dal 19/07/2001) |
|---|--|------------------|--------------------------------------|

*I valori limite saranno pienamente attuativi a partire dal 1.1.2010. Entro tale data tali limiti verranno applicati (da ogni nazione dell'Unione Europea) con dei margini di tolleranza fino al raggiungimento dell'obiettivo previsto per il 2010.

Monossido di carbonio (CO)

Descrizione

Il monossido di carbonio è un gas tossico, incolore e inodore; esso ha un lungo tempo di persistenza nell'aria. Le fonti di rimozione del CO dall'atmosfera sono l'ossidazione a CO₂ ad opera di altri composti chimici e l'assorbimento da parte delle piante.

Origini

Questo inquinante si genera nei processi di combustione, soprattutto in condizioni di rapporti non ottimali tra combustibile e comburente. A causa delle emissioni di monossido di carbonio originato dalla combustione interna dei motori, nelle aree urbane si possono raggiungere elevati livelli di questo gas tossico soprattutto nelle ore di punta e in zone direttamente esposte al traffico autoveicolare. Le atmosfere urbane, pertanto, possono avere livelli medi di monossido di carbonio dell'ordine di diversi ppm (parti per milione), livelli nettamente maggiori rispetto a quelli delle aree remote.

Tossicità

Il CO ha una grande tendenza a legarsi con il gruppo prostetico dell'emoglobina, proteina adibita al trasporto di ossigeno nel sangue verso i tessuti. Il CO, in particolare, legandosi al Ferro dell'emoglobina, trasforma la proteina in carbossiemoglobina; quando la proporzione di carbossiemoglobina rispetto all'emoglobina è alta, i tessuti non vengono più ossigenati a sufficienza. Gli effetti dannosi della esposizione al CO sono quindi da imputare a una carenza di ossigeno nel sangue. Molte malattie cardiache sono aggravate da una esposizione al gas CO.

Una esposizione a concentrazioni dell'ordine di 2000 ppm (2300 mg/m³) per 15 minuti è mortale. Una esposizione prolungata per diverse ore a concentrazioni dell'ordine di 50-100 ppm (57-115 mg/m³) causa vertigine, cefalea e indebolimento generale, ma non è mortale. Una esposizione prolungata per diverse ore a concentrazioni dell'ordine di 10-30 ppm (11-34 mg/m³) causa allungamento dei tempi di reazione e difficoltà a svolgere attività fisica impegnativa.

Gli effetti nocivi del monossido di carbonio sono amplificati nei fumatori.

Quadro normativo

| TABELLA II-5 - QUADRO NORMATIVO PER IL MONOSSIDO DI CARBONIO (CO) | | | |
|--|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| RIFERIMENTO NORMATIVO | PARAMETRO DI CONTROLLO | PERIODO DI OSSERVAZIONE | VALORE DI RIFERIMENTO |
| LIMITE MASSIMO (D.P.C.M. 28/3/83) | media di 8 ore | 8 ore | 10 mg/m ³ |
| | media oraria | 1 ora | 40 mg/m ³ |
| LIVELLO DI ATTENZIONE (D.M. 15/4/94 e D.M. 25/11/94) | media oraria | 1 ora | 15 mg/m ³ |
| LIVELLO DI ALLARME (D.M. 15/4/94 e D.M. 25/11/94) | media oraria | 1 ora | 30 mg/m ³ |

Benzene

Descrizione

Il benzene è un idrocarburo aromatico immesso nell'atmosfera da fonti inquinanti di origine antropica. Il benzene nell'aria ha un tempo di dimezzamento della concentrazione di circa 1 giorno, in presenza però non di aria pura ma di aria inquinata da ossidi di azoto e ossidi di zolfo (che fungono da iniziatori della decomposizione). Negli anni '80 la produzione mondiale di benzene era stimata in 14 milioni di tonnellate. Dato l'ampio uso che ne viene fatto, il benzene si trova nell'aria in concentrazioni che vanno da 3 a 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. I valori più alti vengono trovati in città.

Origini

Non esiste una fonte naturale rilevante di benzene; esso ha un'origine industriale di sintesi o di estrazione insieme al petrolio. Viene immesso nelle atmosfere urbane dalle operazioni di trasporto dei combustibili, nonché dallo stesso traffico autoveicolare. Il benzene infatti, per la sua volatilità, si sprigiona facilmente dalle benzine.

Tossicità

Il benzene è una sostanza tossica e cancerogena. E' mortale una dose di 63.800 mg/m^3 per 5-10 minuti. Causa sintomi neurotossici a concentrazioni maggiori di 3.200 mg/m^3 . Esposizioni a concentrazioni dell'ordine di 100 mg/m^3 causano gravi danni al midollo osseo con conseguente diminuzione nel sangue di leucociti e linfociti e anemia.

Il benzene ha effetti cancerogeni. In questo caso non esiste una soglia di sicurezza, cioè una concentrazione al di sotto della quale si possano escludere effetti: qualunque dose con tempi di esposizione più o meno lunghi può causare un tumore. Il cancro indotto dall'esposizione ad agenti tumorali generalmente ha dei tempi di latenza di 15 o 30 anni. Si deve però tenere presente che esiste una relazione dose-effetto, nel senso che esposizioni a dosi sempre più alte aumentano sempre più la probabilità di sviluppare un tumore. E' stato stimato che l'esposizione continua per tutta la durata di vita media alla dose di 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ produce una probabilità di contrarre un tumore di 4×10^{-6} , ovvero se 1 milione di persone fossero esposte durante la loro vita continuamente al benzene con una concentrazione di 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ allora 4 di esse contrarrebbero un tumore dovuto al benzene.

Il fumo di sigaretta contiene benzene nella concentrazione variabile da 150.000 a 204.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Quadro normativo

| TABELLA II-6 | | | |
|--|---------------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| RIFERIMENTO NORMATIVO | PARAMETRO DI CONTROLLO | PERIODO DI OSSERVAZIONE | VALORE DI RIFERIMENTO |
| OBIETTIVO DI QUALITA' (dal 1/1/96 al 31/12/98) (D.M. 25/11/94) | media mobile valori giornalieri | annuale | 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
| OBIETTIVO DI QUALITA' (dal 1/1/99) (D.M. 25/11/94) | media mobile valori giornalieri | annuale | 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |

Biossido di zolfo (SO₂)

Descrizione

Questo inquinante tossico si presenta sotto forma di gas incolore, ed è caratterizzato da un odore pungente. Tende ad accumularsi nei bassi strati dell'atmosfera a causa dell'elevato peso molecolare. La soglia olfattiva è 0.3 ppm (780 µg/m³).

Questo inquinante, causa primaria della formazione di piogge acide e oggetto di grande preoccupazione negli scorsi decenni, non rappresenta ormai un problema ambientale prioritario, in quanto l'introduzione del metano in luogo dei combustibili fossili (dove lo zolfo è presente in varie forme) ne ha determinato una consistente limitazione.

Origini

L'SO₂ si forma principalmente durante la combustione di sostanze organiche che contengono zolfo. Per esempio, il carbone, l'olio combustibile e il gasolio per autotrazione o per riscaldamento sono prodotti caratterizzati dalla presenza di percentuali di zolfo nell'ordine di 0,1-1% e oltre che, durante la combustione, si trasforma in SO₂.

Approssimativamente vengono immesse ogni anno nell'atmosfera 100 milioni di tonnellate di zolfo principalmente come SO₂.

Come molti altri inquinanti gassosi, il biossido di zolfo reagisce con altre specie presenti nell'atmosfera formando acidi, sali (solfati di ammonio) che tendono ad aggregarsi in materiale particolato, rimosso dall'atmosfera attraverso pioggia o altri processi di deposizione. Questo processo è all'origine delle piogge acide, che sono frequenti in atmosfere contaminate da SO₂.

Tossicità

Esposizioni prolungate a questo gas in concentrazioni di 2 ppm (5.200 µg/m³) possono provocare irritazione alle mucose nasali, bronchiti, tracheiti, malattie polmonari in genere e l'aggravamento di malattie cardiovascolari. L'anidride solforosa in presenza di nebbia amplifica i suoi effetti tossici. Infatti questa anidride si solubilizza velocemente nelle piccole gocce d'acqua. Le gocce più piccole possono arrivare fino in profondità nell'apparato polmonare causando bronco-costrizione, irritazione bronchiale e bronchite acuta. L'anidride solforosa aumenta i suoi effetti tossici anche in presenza di particelle sospese (polveri): è stato dimostrato l'aumento della mortalità nelle città dove l'anidride solforosa ha raggiunto concentrazioni maggiori di 0.1 ppm (260 µg/m³) e contemporaneamente le polveri hanno raggiunto una concentrazione superiore a 250 µg/m³. L'esposizione a livelli di concentrazione anche più bassi, per esempio 0.01 ppm (26 µg/m³), ma protratta per lungo tempo, per esempio circa un anno, comporta un aumento dei ricoveri ospedalieri e delle malattie cardiovascolari. I danni dovuti alla esposizione alla SO₂ sono amplificati nei fumatori e nei soggetti asmatici.

Quadro normativo

| TABELLA II-7 - QUADRO NORMATIVO PER IL BISSIDO DI ZOLFO (SO₂) | | | |
|---|---|--|---|
| RIFERIMENTO NORMATIVO | PARAMETRO DI CONTROLLO | PERIODO DI OSSERVAZIONE | VALORE DI RIFERIMENTO |
| LIMITI MASSIMI (D.P.C.M. 28/03/1983) | mediana delle concentrazioni medie di 24 ore | annuale | 80 µg/mc |
| | 98° percentile delle concentrazioni medie di 24 ore | annuale | 250 µg/mc |
| VALORE LIMITE (D.P.R. 203/88) | mediana delle concentrazioni medie di 24 ore | 1 aprile - 31 marzo | 80 µg/mc |
| | 98° percentile delle concentrazioni medie di 24 ore | 1 aprile - 31 marzo | 250 µg/mc |
| | mediana delle concentrazioni medie di 24 ore | 1 ottobre - 31 marzo | 130 µg/mc |
| VALORE GUIDA (D.P.R. 203/88) | media giornaliera | 1 aprile - 31 marzo | 40 - 60 µg/mc |
| | valore medio delle 24 ore | ore 00 - 24 di ogni giorno | 100 - 150 µg/mc |
| LIVELLO DI ATTENZIONE (D.M.15/4/94 e 25/11/94) | media giornaliera | ogni giorno | 125 µg/mc |
| LIVELLO DI ALLARME (D.M.15/4/94 e 25/11/94) | media giornaliera | ogni giorno | 250 µg/mc |
| VALORE LIMITE **PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE (Direttiva 1999/30/CE del Consiglio) | media oraria | ogni anno | 350 µg/mc da non superare più di 24 volte in un anno |
| VALORE LIMITE *PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE (Direttiva 1999/30/CE del Consiglio) | media giornaliera | ogni anno | 125 µg/mc da non superare più di 3 volte in un anno |
| VALORE LIMITE PER LA PROTEZIONE DELGLI ECOSISTEMI (Direttiva 1999/30/CE del Consiglio) | | ogni anno e inverno (1 ottobre-31 marzo) | 20 µg/mc (dal 19/07/2001) |

*I valori limite saranno pienamente attuativi a partire dal 1.1.2005.

**I valori limite saranno pienamente attuativi a partire dal 1.1.2005. Entro tale data tali limiti verranno applicati (da ogni nazione dell'Unione Europea) con dei margini di tolleranza fino al raggiungimento dell'obiettivo previsto per il 2005.

Piombo (Pb)

Descrizione

Il piombo è un metallo che si trova nell'atmosfera adsorbito sulle particelle di polvere.

Origini

La principale fonte di inquinamento da piombo è rappresentata dalla combustione delle benzine non "ecologiche"; il piombo veniva infatti usato, negli anni passati, come additivo nelle benzine (piombo tetraetile e piombo tetrametile), per aumentare il numero di ottano di questo combustibile (azione antidetonante nella camera di combustione). Nei centri urbani questa sorgente rappresenta pressoché la totalità delle emissioni di piombo e la granulometria dell'aerosol che lo contiene si colloca quasi interamente nella frazione respirabile.

Gli interventi normativi in campo ambientale, riguardanti la riduzione del contenuto di piombo nelle benzine, hanno prodotto gli effetti attesi; con la cessazione della vendita della benzina additivata con piombo, avvenuta al termine del 2001, dovrebbe essere definitivamente eliminato il contributo alla immissione di tale inquinante in aria da parte del traffico cittadino.

Tossicità

L'esposizione prolungata a questo metallo, a causa del fenomeno dell'accumulo all'interno degli organismi viventi (bioaccumulo), può provocare effetti registrabili come forme patologiche.

Quadro normativo

| TABELLA II-8 - QUADRO NORMATIVO PER IL PIOMBO | | | |
|---|--|--------------------------------|------------------------------|
| RIFERIMENTO NORMATIVO | PARAMETRO DI CONTROLLO | PERIODO DI OSSERVAZIONE | VALORE DI RIFERIMENTO |
| VALORE LIMITE DPCM 28/03/83 | Media aritmetica delle concentrazioni medie di 24 ore | 1 anno | 2 µg/mc |
| VALORE LIMITE ANNALE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA (Dir.99/30/CE) | | Ogni anno | 0.5 µg/mc |

Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

Descrizione

Gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) sono sostanze organiche formate da due o più anelli benzenici uniti fra di loro (condensati). Tali sostanze si trovano prevalentemente adsorbiti sul materiale particolato presente nell'atmosfera e, per la maggior parte, su particelle di dimensioni *respirabili*. Le particelle di polvere aventi un diametro aerodinamico di piccole dimensioni (10

µm o inferiore) presentano infatti un elevato rapporto: superficie libera di adsorbimento / massa, e sono quindi in grado di adsorbire, a parità di massa, un numero più elevato di molecole organiche (tra le quali gli idrocarburi policiclici aromatici). Per le piccole dimensioni che le contraddistinguono le particelle di polvere fine penetrano facilmente negli alveoli polmonari.

Origini

Gli IPA si originano da processi di combustione di combustibili fossili utilizzati nei motori dei veicoli, nelle impianti per il riscaldamento e dalle industrie.

Il contributo all'inquinamento atmosferico, in ambiente urbano, è da attribuire essenzialmente agli scarichi dei veicoli con motori diesel (ma anche le benzine contengono IPA seppur in piccole quantità) e all'impiego di combustibili fossili per il riscaldamento domestico.

Aree ad alta concentrazione industriale, soprattutto se caratterizzati dalla presenza di impianti di termocombustione e da centrali ad oli combustibili, possono apportare un contributo significativo agli IPA presenti nell'atmosfera.

Tossicità

Le caratteristiche tossicologiche di questa classe di sostanze dipendono sia dal numero di anelli benzenici che le costituiscono sia dalla loro disposizione spaziale. I numerosi studi di tossicità condotti su questi composti catalogano il benzo(a)pirene come la specie con maggiori potenzialità cancerogene: per tale sostanza, quindi, è stato fissato il valore obiettivo di qualità dell'aria. Poiché i rapporti di concentrazione fra benzo(a)pirene e gli altri IPA emessi dal traffico autoveicolare si mantengono pressoché costanti, lo stesso benzo(a)pirene può essere considerato un attendibile indicatore del rischio cancerogeno complessivo da esposizione ad IPA.

Quadro normativo

| TABELLA II-9 – QUADRO NORMATIVO PER IL BENZO(A)PIRENE | | | |
|---|---|-------------------------|-----------------------|
| RIFERIMENTO NORMATIVO | PARAMETRO DI CONTROLLO | PERIODO DI OSSERVAZIONE | VALORE DI RIFERIMENTO |
| OBIETTIVO DI QUALITÀ DM 25/11/94 (1996-1998) | Media mobile delle concentrazioni giornaliere | Annuale | 2.5ng/m ³ |
| OBIETTIVO DI QUALITÀ DM 25/11/94 (dal 1999) | Media mobile delle concentrazioni giornaliere | Annuale | 1ng/m ³ |