

aria / quaderni / Arpa Umbria

ATTIVITÀ TEMATICHE ARPA UMBRIA



ARIA



AGENTI FISICI



SUOLO



ACQUA



RISCHIO TECNOLOGICO



RIFIUTI



ENERGIA

Lo stato della qualità dell'aria in Umbria

Questo lavoro è stato realizzato da Manola Castellani, Marco Pompei e Salvatore Curcuruto (ARPA Umbria) rispettivamente per le parti relative alle reti di monitoraggio della qualità dell'aria di Terni e Perugia, per il capitolo relativo al quadro normativo e alla zonizzazione e da Carlo Trozzi (della società Techne) per l'inventario delle emissioni.

L'elaborazione di grafici e tabelle, la revisione dei testi e il coordinamento del lavoro è stato condotto da Paolo Stranieri, Cecilia Ricci, Roberta Calì e Bruna Manzoni (ARPA Umbria).

Si ringraziano

Provincia di Terni

Comune di Perugia

I colleghi dei laboratori di Perugia e Terni di ARPA Umbria

© 2004



u m b r i a
agenzia regionale per la protezione ambientale

via Pievaiola (San Sisto) - Perugia
tel. 075 515961
fax 075 51596235
www.arpa.umbria.it
arpa@arpa.umbria.it

quaderni di Arpa Umbria

direttore scientifico Giancarlo Marchetti
direttore editoriale Fabio Mariottini

progetto grafico Paolo Tramontana, Perugia
editing CRACE, Perugia
stampa Petruzzi Stampa, Città di Castello

copertina Free Kendo da 250 g/mq
stampato su carta Free Life Cento da 120 g/mq

Eventuali duplicazioni, anche di parti della pubblicazione, sono autorizzate a condizione che venga citata la fonte.

Presentazione

ARPA Umbria ha da tempo avviato la produzione di report tecnici incentrati sui risultati delle proprie attività nel territorio regionale.

La partecipazione dell'Agenzia alla stesura della seconda Relazione sullo stato dell'ambiente in Umbria è stata l'occasione per verificare e confermare la ricchezza delle informazioni ambientali disponibili ed ha costituito un momento chiave nella scelta delle metodologie di reporting da adottare.

Già da anni ARPA Umbria opera nel campo della registrazione, analisi e diffusione di dati sulla qualità dell'aria nel comune di Perugia e nella provincia di Terni agendo in stretta collaborazione con le Amministrazioni locali. I dati provenienti dalle reti di monitoraggio sono presentati al pubblico con dei report annuali che costituiscono un importante momento di confronto con la popolazione.

Le città e le aree in cui sono stati effettuati i controlli sono state scelte in modo da essere rappresentative di zone estese del territorio. Le rilevazioni forniscono informazioni utili per lo studio degli agglomerati urbani e industriali e in questi anni sono stati effettuati controlli in 31 località, per un totale di 73 monitoraggi.

Dei lavori più significativi l'Agenzia produce apposite relazioni consultabili sul sito internet www.arpa.umbria.it.

Un ringraziamento sincero va a tutti coloro che a livello territoriale hanno collaborato alla redazione del report, mettendo a disposizione i dati, compiendo attivamente un significativo sforzo di rielaborazione e partecipando alla progettazione del rapporto, condividendone finalità e metodologie.

Dott. Alberto Micheli
Direttore Dipartimento Provinciale di Perugia

Ing. Adriano Rossi
Direttore Dipartimento Provinciale di Terni

Indice

1. Introduzione	9
2. L'evoluzione del quadro normativo	11
3. Inquinanti e qualità dell'aria	15
Caratteristiche degli inquinanti	15
<i>Ossido di zolfo (SO_x)</i>	16
<i>Ossido di azoto (NO_x)</i>	18
<i>Ozono (O₃)</i>	20
<i>Monossido di carbonio (CO)</i>	22
<i>Particelle sospese (PTS e PM10)</i>	24
<i>Benzene</i>	27
<i>Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)</i>	29
<i>Piombo (Pb)</i>	30
4. La pianificazione della qualità dell'aria	31
L'inventario regionale delle emissioni	33
<i>Ossidi di zolfo</i>	35
<i>Ossidi di azoto</i>	36
<i>Monossido di carbonio</i>	36
<i>Particelle sospese con diametro inferiore a 10 micron</i>	37
<i>Composti organici volatili</i>	37
<i>Ammoniaca</i>	37
<i>Gas serra</i>	38
.....	38
La zonazione del territorio regionale	43
5. Le reti di monitoraggio	43
Rete di monitoraggio del Comune di Perugia	44
Rete di monitoraggio della Provincia di Terni	47
6. Dati del monitoraggio dell'aria	47
Ossidi di azoto (NO _x)	52
Monossido di carbonio (CO)	54
Ozono (O ₃)	57
Biossido di zolfo (SO ₂)	58
Particelle sospese (PM10)	61
Benzene	63
Metalli pesanti	64
Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)	67
Conclusioni	71
Bibliografia e riferimenti internet	

1. Introduzione

La crescente disponibilità dei dati, la stesura di un nuovo Piano di Risanamento della Qualità dell'aria in Umbria e l'evoluzione delle metodologie di reporting, hanno spinto l'Agenzia umbra a formulare un rapporto che mettesse in evidenza le tendenze in atto sul piano ambientale, a partire dai dati degli ultimi tre anni, confrontandoli con i riferimenti normativi più recenti e con i nuovi limiti previsti per il 2005 e il 2010.

Il rapporto cerca quindi di offrire una lettura dinamica delle informazioni disponibili per i principali inquinanti dell'aria a livello regionale e al tempo stesso vuole costituire una base di partenza per fu-

ture attività di reporting in questo settore. Per queste motivazioni, il rapporto riunisce tutte le informazioni conosciute sulla qualità dell'aria del territorio, cercando di fornire elementi semplificati di interpretazione dei dati. Oltre quelle fornite dalle reti di monitoraggio, il report prende in considerazione anche le informazioni delle campagne effettuate in sei grandi centri umbri a integrazione del complessivo quadro regionale.

I dati sono presentati principalmente in forma grafica (nel capitolo relativo agli inquinanti ed al loro monitoraggio), con brevi note descrittive di accompagnamento per una lettura guidata dei risultati.

2. L'evoluzione del quadro normativo

In questo capitolo vengono descritte, in ordine cronologico, le principali leggi vigenti in materia di qualità dell'aria e di emissioni industriali, con particolare attenzione agli sviluppi futuri dettati dalle direttive europee.

L'inquinamento atmosferico è determinato dalla presenza nell'aria di sostanze in quantità e caratteristiche tali da alterare le normali condizioni ambientali e da costituire un pericolo per la salute dell'uomo, gli ecosistemi e i beni materiali.

Le sostanze inquinanti presenti nell'atmosfera sono in larga parte prodotte dall'attività umana (trasporti, attività industriali, centrali termoelettriche, riscaldamento domestico, agricoltura) e solo in parte hanno un'origine naturale (pulviscolo trasportato dai venti, esalazioni vulcaniche, incendi).

Con la legge 615/66 il nostro Paese si pose per la prima volta il problema dell'inquinamento dell'aria fissando le caratteristiche merceologiche dei combustibili usati per il funzionamento di impianti termici, industriali e dei mezzi a motore. La legge stabilì le norme per il controllo dei fumi e delle emissioni in genere, nonché i limiti massimi ammissibili di sostanze inquinanti in essi presenti.

Quei limiti riguardavano esclusivamente il contributo dell'industria trascurando il livello totale di inquinamento in cui considerare il contributo di tutte le altre fonti legate all'attività umana e quasi venti anni dopo, il DPCM del 28 marzo 1983 introduce il concetto di *standard di qualità dell'aria*, ai fini della tutela delle persone esposte, riguardanti alcuni tra i più diffusi inquinanti atmosferici.

Il DPR 203/88 (in attuazione delle direttive CEE 80/779, 82/360, 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell'aria, relativamente a specifici agenti inquinanti, e di inquinamento prodotto da impianti industriali) definisce l'*inquinamento atmosferico*

come "ogni modificazione della normale composizione o stato fisico dell'aria atmosferica, dovuta alla presenza nella stessa di uno o più sostanze in quantità e con caratteristiche tali da alterare le normali condizioni ambientali e di salubrità dell'aria, da costituire pericolo ovvero pregiudizio diretto o indiretto per la salute dell'uomo, da compromettere le attività ricreative e gli altri usi legittimi dell'ambiente, da alterare le risorse biologiche e gli ecosistemi ed i beni materiali pubblici e privati".

Il DPR 203/88 definisce i *valori limite di qualità dell'aria come limiti massimi di accettabilità* delle concentrazioni e limiti massimi di esposizione relativi ad inquinanti in ambiente esterno, e introduce il concetto di *valori guida di qualità dell'aria come limiti delle concentrazioni e limiti di esposizione per inquinanti in ambiente esterno* destinati "alla prevenzione a lungo termine in materia di salute e protezione dell'ambiente", o come *parametri di riferimento* per l'istituzione di "zone specifiche di protezione ambientale per le quali è necessaria una particolare tutela della qualità dell'aria".

Negli anni più recenti, la normativa si arricchisce di altri due decreti, emanati nel maggio 1991, con i quali vengono introdotti:

- la definizione di *inquinanti primari, secondari e relativi parametri* da valutare nell'ambito dei "criteri per la raccolta dei dati inerenti la qualità dell'aria", primo DM 20 maggio 1991;
- "i criteri per l'elaborazione dei piani regionali per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria", secondo DM 20 maggio 1991.

Seguono poi il DM 6 maggio 1992 “Definizione del sistema finalizzato al controllo e assicurazione di qualità dei dati di inquinamento atmosferico ottenuti dalle reti di monitoraggio”, e il DM 15 aprile 1994 “Norme tecniche in materia di livelli e di stati di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane”.

Con il DM 25 novembre 1994 “Aggiornamento delle norme tecniche in materia di limiti di concentrazione e di livelli di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane e disposizioni per la misura di alcuni inquinanti” si definiscono i *livelli di attenzione e di allarme per la tutela della popolazione relativamente agli inquinanti nelle aree urbane*. Il decreto fissa inoltre i metodi di riferimento per la misura degli inquinanti, l'aggiornamento della lista degli inquinanti e gli obiettivi di qualità per PM10 e benzene.

Il DM del 16 maggio del 1996, stabilisce per l'ozono, oltre ai livelli di attenzione e allarme sopra riportati, anche i valori da raggiungere per la protezione della salute e della vegetazione; il decreto dispone inoltre l'attivazione di un sistema di sorveglianza dell'inquinamento.

Altri atti normativi hanno mirato all'individuazione di azioni per il contenimento dell'inquinamento, e precisamente:

- legge 413 del 4 novembre 1997 “Misure urgenti per la prevenzione dell'inquinamento atmosferico da benzene”;
- DM Industria 17 luglio 1998, n. 256, “Regolamento recante norme sulle agevolazioni per gli autoveicoli alimentati a metano o a gas di petrolio liquefatto”;
- DM 21 aprile 1999, n. 163, “Regolamento recante norme per l'individuazione dei criteri ambientali e sanitari in base ai quali i sindaci adottano le misure di limitazione della circolazione”.

Attraverso l'emanazione del DL 351/99, in attuazione della direttiva 96/62/CE in *materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria* è stato avviato un vero e proprio processo di ammodernamento della normativa.

Il decreto indica le informazioni che devono essere inviate al Ministero dell'Ambiente e al Ministero della Sanità relativamente ai valori limite di qualità dell'aria; per valutare la qualità dell'aria il provvedimento prevede inoltre l'utilizzo di tecniche di modellizzazione in sostituzione o ad integrazione delle misurazioni.

Il decreto legislativo n. 351 del 1999 ha definito la nuova strategia di controllo della qualità dell'aria anche attraverso la successiva emanazione di decreti derivati che cancellano gran parte delle norme pregresse. Il provvedimento individua il processo di valutazione della qualità dell'aria nel territorio regionale che consiste:

- nella esecuzione della valutazione preliminare e nel rapporto annuale sulla qualità dell'aria basata sulle informazioni fornite dai sistemi di rilevamento, dall'inventario delle sorgenti emissive, e dall'impiego di modelli di simulazione;
- nell'individuazione e classificazione delle aree territoriali in cui sono superati o sono a rischio di superamento i limiti fissati;
- nella predisposizione e adozione delle misure di prevenzione finalizzata alla riduzione delle emissioni dalle sorgenti mobili e stazionarie.

Il processo di riordino normativo è poi continuato con:

- il recepimento della direttiva 1999/30/CE, concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per biossido di zolfo, ossidi di azoto, particelle e piombo;
- il recepimento della direttiva 2000/69/CE, concernente i valori limite nell'aria ambiente per il benzene e il monossido di carbonio da raggiungere negli anni futuri per la protezione della salute umana, attraverso il decreto ministeriale 2 aprile 2002, n. 60, “Recepimento della direttiva 1999/30/CE del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e

- il piombo e della direttiva 2000/69/CE relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene e il monossido di carbonio”;
- il recepimento della direttiva 2002/3/CE attraverso i DLGS 183/2004 (non utilizzato in questo studio in quanto i dati sono del 2003) concernente i valori limite per l'ozono nell'aria.

In particolare il DM 2 aprile 2002, n. 60, recepisce le direttive indicate e andrà progressivamente ad abrogare la 203/88 (nella parte in cui tratta di valori limite e valori guida per la qualità dell'aria) e i suoi decreti attuativi.

Il decreto, coerentemente con la direttiva quadro, prevede dei *margini di tolleranza transitori* in relazione ai diversi valori limite ed ai termini entro i quali dovranno essere raggiunti. I margini di tolleranza non sono valori limite, ma rappresentano dei livelli di inquinamento fissati secondo *una percentuale del valore limite, decrescenti in modo continuo anno dopo anno, fino al raggiungimento del valore limite stesso*. Questa condizione fornisce una guida per la velocità con la quale i livelli degli inquinanti devono essere ridotti, per raggiungere i valori limite entro i termini fissati. Il superamento del margine di tolleranza in una zona o in un agglomerato è indicativo della necessità di attuare un piano o un programma di risanamento.

La *soglia d'allarme* è definita come il livello oltre il quale vi è un *rischio per la salute umana* in caso di esposizione di breve durata e raggiunto il quale gli Stati membri devono immediatamente intervenire. Qualora le soglie d'allarme vengano superate, gli Stati membri garantiscono l'attuazione delle *misure necessarie per informare la popolazione* (ad esempio attraverso radio, televisione e stampa).

I dettagli da fornire al pubblico dovrebbero comprendere come minimo:

- data, ora e luogo del fenomeno e causa scatenante, se nota;
- previsioni;
- cambiamento nelle concentrazioni (miglioramento, stabilizzazione o peggioramento), motivo del cambiamento previsto;

- zona geografica interessata;
- durata;
- categoria di popolazione potenzialmente sensibile al fenomeno;
- precauzioni che la popolazione sensibile deve prendere.

Gli Stati membri sono tenuti a trasmettere alla Commissione Europea i dati relativi ai livelli registrati e alla durata degli episodi di inquinamento entro tre mesi dal rilevamento.

Il decreto fornisce soglie che determinano *il metodo di valutazione* (misurazioni continue, misurazioni indicative, modelli, valutazioni obiettive) da adottare in aree di determinate dimensioni e densità di popolazione in relazione alle specificità dell'inquinante.

Il deliberato fissa anche i criteri per l'*ubicazione dei punti di campionamento* e il numero minimo richiesto in tali aree, se la misurazione fissa è l'unica fonte di informazione. Sono previsti, laddove la misurazione in continuo non è obbligatoria, anche altri metodi di valutazione, come *misure indicative, e uso di modelli*. Possono essere utilizzate tecniche di modellizzazione e di stima obiettiva validate secondo procedure documentate o certificate da agenzie, organismi o altre istituzioni scientifiche riconosciute a livello nazionale o internazionale.

Il decreto, inoltre, fornisce i metodi di riferimento per valutare i livelli di biossido di zolfo, biossido di azoto, ossidi di azoto, piombo e particelle (PM10 e PM2,5), benzene e ossido di carbonio e le procedure di equivalenza tra un sistema di campionamento e di misura e quello di riferimento. Il DLGS 351/99 prevede che siano valutati i valori limite e le soglie di allarme su tutto il territorio nazionale. A questo fine il territorio deve essere suddiviso in zone e agglomerati. Quest'ultimi sono rappresentati da quelle fasce con una popolazione superiore a 250.000 abitanti o, se la popolazione è pari o inferiore a 250.000 abitanti, con una densità di popolazione per chilo-

metro quadrato tale da rendere necessaria la valutazione e la gestione della qualità dell'aria.

Per ciascun inquinante sono previsti due livelli di inquinamento, la soglia di valutazione inferiore e la soglia di valutazione superiore, che determinano il tipo di valutazione necessaria nelle zone e negli agglomerati.

L'individuazione delle soglie di valutazione inferiore e superiore ha lo scopo di garantire una stima della qualità dell'aria più approfondita negli agglomerati e nelle zone in cui si ha un alto rischio di superamento dei valori limite.

Secondo il DLGS 351/99, le Regioni devono, sulla base della valutazione preliminare in prima applicazione e successivamente in relazione alla valutazione della

qualità dell'aria, predisporre dei *piani d'azione* contenenti le misure da adottare nel breve periodo per le zone nelle quali i livelli di uno o più inquinanti comportino il rischio di superamento dei valori limite e/o delle soglie d'allarme.

In dipendenza dei livelli d'inquinamento dell'aria ambiente, gli Stati membri individuano delle azioni.

Spetta inoltre alle Regioni:

- fornire l'elenco delle zone e degli agglomerati nei quali i valori limite di biossido di zolfo e del PM10 sono superati a causa di sorgenti o eventi naturali o, per quanto riguarda il PM10, a causa di spargimento di sabbia nel periodo invernale, fornendo le necessarie giustificazioni a riprova;
- attuare i piani d'azione laddove i superamenti di tali inquinanti sono causati da emissioni di origine antropiche;
- predisporre piani d'azione laddove c'è stato il superamento del valore limite del PM10 che tendano anche a ridurre le concentrazioni di particelle PM2,5;
- predisporre, per il rispetto dei limiti agli Stati membri, una valutazione preliminare dei livelli di concentrazione degli inquinanti presi in considerazione dalla direttiva quadro, al fine di classificare ogni zona ed agglomerato (entro aprile 2003).

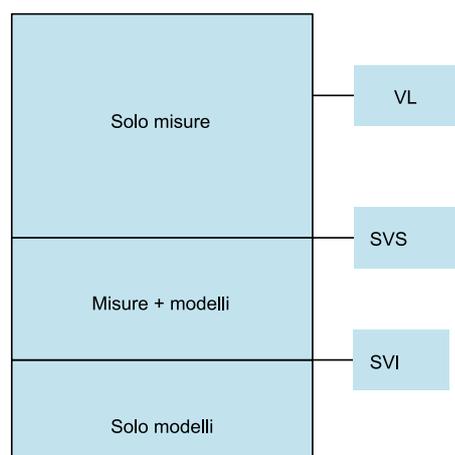


Figura 1 – Determinazione delle soglie di valutazione

3. Inquinanti e qualità dell'aria

Le principali caratteristiche, le sorgenti, le modalità di diffusione e gli effetti sull'uomo e sull'ambiente dei principali inquinanti dell'aria: monossido di carbonio, ossidi di zolfo, ossidi di azoto, ozono, particolato, benzene, idrocarburi policiclici aromatici (IPA) e piombo.

Caratteristiche degli inquinanti

Tre processi fondamentali, che determinano le condizioni d'inquinamento atmosferico, dominano l'analisi della qualità dell'aria:

- 1) *Processi di emissione* – I processi di emissione possono essere di origine sia naturale che umana, infatti essi sono legati alle attività industriali, alla produzione energetica, ai trasporti e al condizionamento termico delle abitazioni. Tutte queste attività determinano l'immissione nell'atmosfera di composti chimici, quali inquinanti primari, sotto forma di gas, vapori e particelle.
- 2) *Processi di trasformazione* – Gli inquinanti primari, una volta immessi nell'atmosfera, subiscono trasformazioni chimico-fisiche che generano la formazione di nuovi composti quali inquinanti secondari. Le reazioni chimiche, generalmente dipendenti dalla natura e dalla quantità di composti primari e dalle condizioni meteo-climatiche, possono essere sia di tipo fotochimico che termico, sia omogenee che eterogenee.
- 3) *Processi di trasporto e diffusione* – Tutti gli inquinanti sono soggetti a fenomeni di diffusione turbolenta e trasporto nelle masse d'aria che determinano la dispersione degli inquinanti nell'atmosfera e ne regolano il trasporto anche a grande distanza.

Dalle condizioni di emissione, da quelle meteo climatiche e dai processi di trasformazione cui sono soggetti i diversi inqui-

nanti dipendono, di conseguenza, le concentrazioni in aria e al suolo e la loro evoluzione nel tempo.

Per comprendere il trend temporale di un inquinante primario, per esempio monossido di carbonio, non è sufficiente conoscere le condizioni di emissione, ma bisogna avere conoscenza dei processi che caratterizzano i trasporti di masse d'aria. Infatti, il livello di concentrazione risulta legato in maniera significativa all'intensità del vento e alle condizioni di rimescolamento delle masse d'aria nel corso della giornata.

Così le concentrazioni sono minime nelle ore più calde proprio quando il rimescolamento è più intenso; mentre sono più elevate nella tarda serata e durante le prime ore della notte perché si verificano le condizioni opposte nella dinamica dei processi che interessano i bassi strati dell'atmosfera.

Di contro, la comprensione dell'andamento delle concentrazioni per gli inquinanti secondari, come ad esempio il biossido di azoto e l'ozono, è di maggiore difficoltà in quanto entrano in gioco appunto dei processi di trasformazione; in questo caso gli inquinanti nascono da reazioni di natura chimico-fisica che avvengono in atmosfera in determinate condizioni e non dipendono direttamente dalle sorgenti di emissione.

Oggi, la valutazione della qualità dell'aria si basa sulla rilevazione di alcune sostanze ritenute significative, anche se la presenza di inquinanti in atmosfera è sicuramente più ampia e richiederebbe condizioni di misurazione oltremodo difficili, se non impossibili, da realizzare.

Ossidi di zolfo (SO_x)

Gli ossidi di zolfo presenti in atmosfera si compongono principalmente di anidride solforosa o biossido di zolfo (SO₂) e anidride solforica (SO₃).

La SO₂ è un gas incolore e irritante, inquinante atmosferico tra i più diffusi, aggressivi e pericolosi.

Il biossido di zolfo (SO₂) è sicuramente l'inquinante primario più importante e scaturisce principalmente dalla ossidazione dello zolfo nei processi di combustione di carbone, petrolio e gasolio. Il 90% della produzione è di origine umana ed è per lo più concentrata nei Paesi più industrializzati.

L'ossidazione dell'anidride solforosa produce SO₃ che reagendo con l'acqua genera acido solforico, principale responsabile delle piogge acide.

Emissione

Le emissioni più rilevanti di SO₂ sono originate dalla combustione di carbone fossile e petrolio greggio per il riscaldamento domestico, la produzione industriale e quella di energia da parte delle centrali termoelettriche. Altre fonti sono la lavorazione di materie plastiche, la desolforazione dei gas naturali e l'incenerimento dei rifiuti. Più contenuta invece l'emissione dovuta al traffico veicolare. Sebbene notevolmente ridotte negli ultimi anni (-56% tra il 1990 ed il 2000

secondo i dati APAT), grazie agli interventi di miglioramenti sui combustibili e la diffusione del metano per il riscaldamento, le emissioni di biossido di zolfo restano in generale ancora elevate.

Trasformazione e diffusione

La trasformazione degli ossidi di zolfo porta, appunto, alla produzione di acido solforico e piogge acide che agiscono principalmente in ambiente esterno. Più contenute sono invece le concentrazioni registrate negli ambienti interni.

Effetti sulla salute e sull'ambiente

Il biossido di zolfo è solubile in acqua e facilmente assorbibile per via aerea. L'esposizione prolungata al biossido di zolfo determina effetti a carico dell'apparato respiratorio come tracheiti, bronchiti, polmoniti.

In atmosfera, l'SO₂ contribuisce all'acidificazione delle precipitazioni, con effetti tossici sui vegetali, di acidificazione dei corpi idrici ed impatto sulla vita acquatica. A basse concentrazioni provoca un rallentamento della crescita dei vegetali mentre a dosi più elevate genera alterazioni fisiologiche tali da portare le piante alla morte.

Le precipitazioni acide, infine, possono avere effetti corrosivi su diverse tipologie di materiali.

Tabella 1 – Ossidi di zolfo: valori limite da raggiungere entro il 2005/2010 secondo la direttiva 1999/30/CE, come recepita dal DM 60/2002

Tipo di limite	Limite (µg/m ³)	Tempo di mediazione dei dati	Margine di tolleranza	Entrata in vigore
Valore limite per la protezione della salute umana	350 µg/m ³ (da non superare più di 24 volte l'anno)	Media oraria	150 µg/m ³ (43%) all'entrata in vigore della presente normativa, con una riduzione lineare l'1 gennaio 2001 ed ogni dodici mesi successivi, per raggiungere lo 0% l'1 gennaio 2005	1 gennaio 2005
Valore limite per la protezione della salute umana	125 µg/m ³ (da non superare più di 3 volte l'anno)	Media nelle 24 ore	Nessuno	1 gennaio 2005
Valore limite per la protezione degli ecosistemi	20 µg/m ³	Media anno civile e inverno	Nessuno	19 luglio 2001

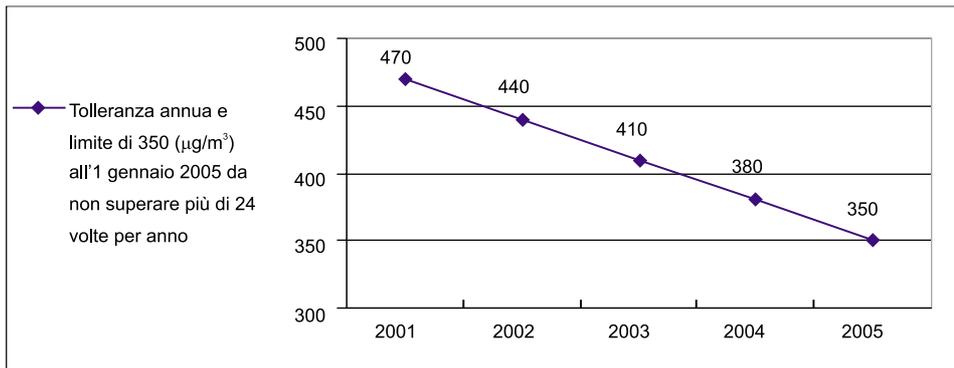


Grafico 1 – Biossido di zolfo: media oraria ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), valore limite per la protezione della salute DM 60/2002

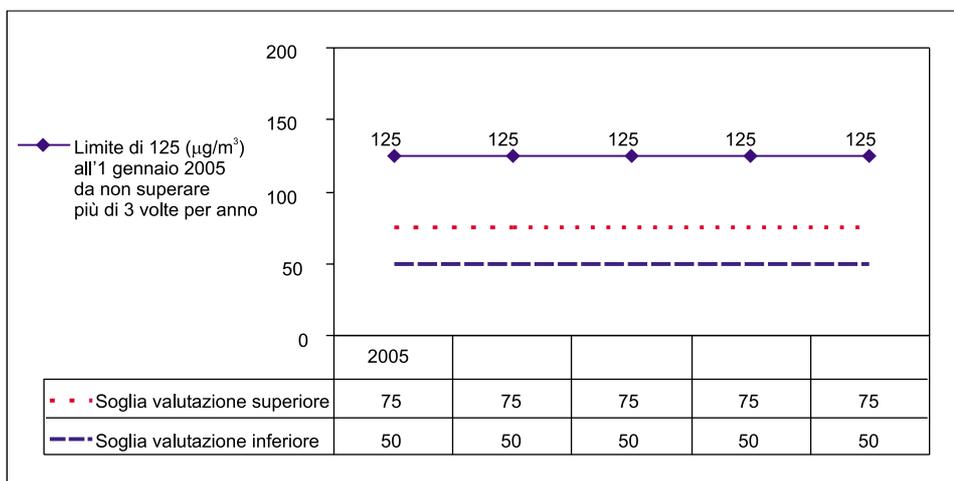


Grafico 2 – Biossido di zolfo: media 24 ore ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), valore limite per la protezione della salute DM 60/2002

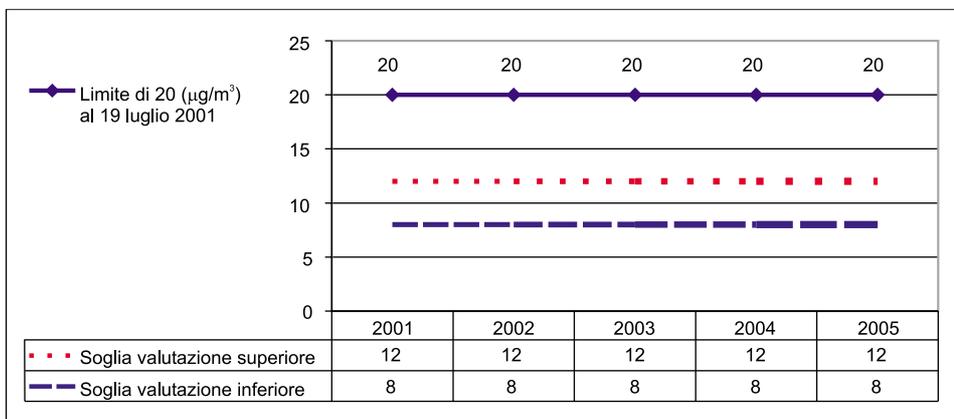


Grafico 3 – Biossido di zolfo: media invernale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), valore limite per la protezione degli ecosistemi DM 60/2002

Ossidi di azoto (NO_x)

Il termine NO_x indica la somma del monossido di azoto (NO) e del biossido di azoto (NO₂). L'ossido di azoto è un inquinante primario che si forma generalmente dai processi di combustione ad alta temperatura; è un gas a tossicità limitata al contrario del biossido di azoto. L'NO₂ ha un odore forte, pungente, è irritante con un colore giallo-rosso. È responsabile, con altri prodotti, del cosiddetto smog fotochimico in quanto base per la produzione di una serie di inquinanti secondari pericolosi come l'ozono o l'acido nitrico. Contribuisce per circa un terzo alla formazione delle piogge acide.

Emissione

Gli ossidi di azoto hanno origine naturale, ma soprattutto antropica con le combustioni ad alta temperatura come quelle che avvengono all'interno delle camere di combustione dei motori degli autoveicoli. I motori diesel producono in generale un quantitativo maggiore di ossidi di azoto e particolati, mentre quelli a benzina emettono più ossido di carbonio ed idrocarburi. Altre fonti di ossidi di azoto sono gli impianti termici e le centrali termoelettriche, anche se le quantità emesse sono decisamente più contenute di quelle del traffico veicolare.

Secondo i dati dell'annuario APAT del 2002 in Italia, nel periodo dal 1992 al 2000, le emissioni si sono ridotte del 31,2% attestandosi al di sotto di 1,5 milioni di tonnellate l'anno.

Trasformazione e diffusione

L'aumento del traffico veicolare degli ultimi anni ha generato, specialmente nelle aree urbane, un livello crescente delle concentrazioni di ossidi di azoto. In caso di inquinamento fortuito da monossido di azoto la concentrazione decade in 2-5 giorni, ma nel caso di emissioni continue (ad esempio in aree urbane a forte traffico veicolare) si assiste all'attivazione di un ciclo giornaliero che porta alla produzione di inquinanti secondari quali il biossido di azoto. Il picco si registra nelle ore a traffico più intenso per poi scendere nelle ore notturne. Le città sembrano avvolte da una nube che persiste soprattutto in caso di assenza di vento.

Effetti sulla salute e sull'ambiente

Tra gli ossidi di azoto solo l'NO₂ ha rilevanza tossicologica provocando irritazione della porzione distale dell'apparato respiratorio con conseguente alterazione delle funzioni polmonari, bronchiti croniche, asma ed enfisema polmonare. L'NO₂ ha minori effetti di quelli generati dal biossido di zolfo anche se può interferire con gli scambi gassosi a livello fogliare provocando necrosi o clorosi. Agisce anche sul pH del suolo, a seguito della formazione delle piogge acide, e sulla disponibilità dei nutrienti da cui si hanno conseguenze negative sulla vegetazione e sulla produzione agricola.

Tabella 2 – Ossidi di azoto: valori limite da raggiungere entro il 2005/2010 secondo la direttiva 1999/30/CE, come recepita dal DM 60/2002

Tipo di limite	Limite (µg/m ³)	Tempo di mediazione dei dati	Margine di tolleranza	Entrata in vigore
Valore limite per la protezione della salute umana	200 µg/m ³ (da non superare più di 18 volte l'anno)	Media oraria	50% all'entrata in vigore della presente normativa, con una riduzione lineare l'1 gennaio 2001 ed ogni dodici mesi successivi, per raggiungere lo 0% l'1 gennaio 2010	1 gennaio 2010
Valore limite per la protezione della salute umana	40 µg/m ³	Media anno civile	50% all'entrata in vigore della presente normativa, con una riduzione lineare l'1 gennaio 2001 ed ogni dodici mesi successivi, per raggiungere lo 0% l'1 gennaio 2010	1 gennaio 2010
Valore limite per la protezione degli ecosistemi	30 µg/m ³	Media anno civile	nessuno	19 luglio 2001

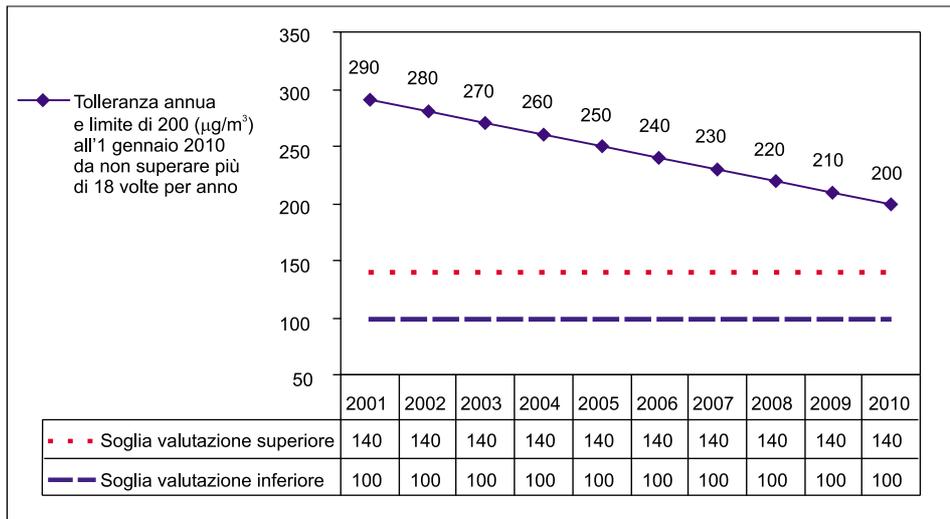


Grafico 4 – Biossido di azoto: media oraria ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), valore limite per la protezione della salute DM 60/2002

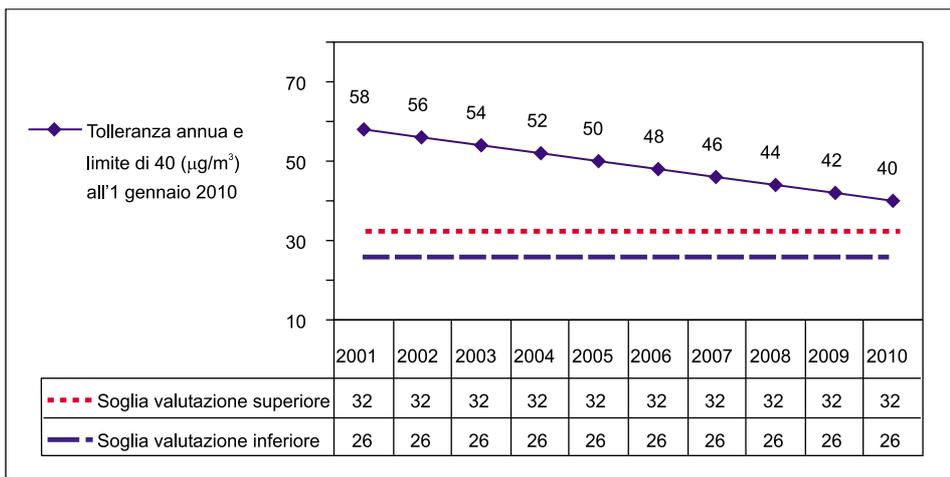


Grafico 5 – Biossido di azoto: media annua ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), valore limite per la protezione della salute DM 60/2002

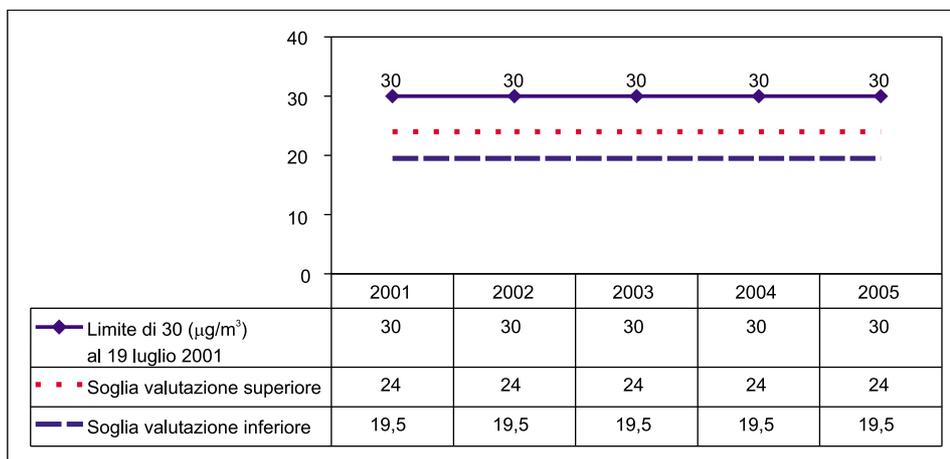


Grafico 6 – Ossido di azoto (NO_x): media annua ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), valore limite per la protezione della salute DM 60/2002

Ozono (O₃)

L'ozono (O₃) è un gas incolore dal forte potere ossidante e un inquinante di tipo secondario di natura fotochimica, fortemente reattivo che si forma dall'ossigeno atmosferico per azione dei raggi ultravioletti solari. Le sue molecole tendono a scindersi facilmente con produzione di ossigeno molecolare e ossigeno atomico, quest'ultimo in grado di ossidare materiali organici e inorganici.

Emissione

L'ozono stratosferico si forma in genere a circa 30 km di altezza; in equilibrio la concentrazione dell'ozono resta costante e filtra oltre il 90% delle radiazioni ultraviolette del sole.

Negli strati più bassi dell'atmosfera l'ozono presente si forma quasi esclusivamente dalla trasformazione di inquinanti primari quali il biossido di azoto e gli idrocarburi. Il ruolo dell'uomo è quindi indirettamente collegato alle principali sorgenti di inquinamento come il traffico automobilistico, la combustione o l'uso di carburanti e solventi.

Nelle aree urbane la concentrazione massima è solitamente registrata a metà giornata, nelle ore di massimo irraggiamento, dopo che nelle prime ore del mattino il traffico ha generato i precursori dell'ozono.

Trasformazione e diffusione

La presenza di ozono a livello troposferico non dipende soltanto dall'attività fotochimica, ma anche dal trasporto verso il basso di aria stratosferica con conseguente trasferimento dell'ozono naturalmente presente nella stratosfera.

Le condizioni meteorologiche determinano anche elevate concentrazioni di altri inquinanti secondari quali l'acido nitrico, il perossiacetilnitrato (PAN) e il nitrato di ammonio, responsabili del fenomeno delle piogge acide.

L'ozono urbano si può diffondere anche in aree periferiche ed extraurbane dove la persistenza può essere maggiore a causa della mancata presenza di inquinanti riducenti (es. monossido di azoto).

Effetti sulla salute e sull'ambiente

L'ozono, se respirato in elevate quantità, ha un effetto infiammatorio sulle mucose, sugli occhi e sulle vie respiratorie prossimali. Infatti, gran parte dell'ozono inspirato viene assimilato dalle vie respiratorie e dai polmoni; essendo poco solubile in acqua, nelle vie respiratorie non reagisce con il muco protettivo e penetra fino nelle regioni particolarmente sensibili e non più protette dal muco. Le conseguenze sull'ambiente riguardano il danneggiamento dell'apparato fogliare degli alberi e delle coltivazioni risultando una delle cause principali del deterioramento delle foreste (piogge acide). Inoltre l'ozono crea danni a materiali e monumenti con impatti importanti sul patrimonio artistico. Infine, il forte potere ossidante crea ingenti danni a tessuti, vernici e derivati della cellulosa.

Normativa

È stata recepita la direttiva europea 2002/3/CE concernente i nuovi valori limite per l'ozono riportati nella tabella 4.

Riferimento normativo	Tipo di limite	Limite (µg/m ³)	Tempo di mediazione dei dati	Margine di tolleranza
DM 15/4/94	Livello di attenzione	180	Media oraria massima nell'arco delle 24 ore	nessuno
DM 15/4/94	Livello di allarme	360	Media oraria massima nell'arco delle 24 ore	nessuno
DM 16/5/96	Livello di protezione della salute	110	Media massima di otto ore nell'arco delle 24 ore	nessuno
DM 16/5/96	Livello di protezione della vegetazione	200	Media oraria massima nell'arco delle 24 ore	nessuno
DM 16/5/96	Livello di protezione della vegetazione	65	Media delle 24 ore	nessuno

Tabella 3 – Ozono: riferimenti normativi per la regolamentazione delle emissioni

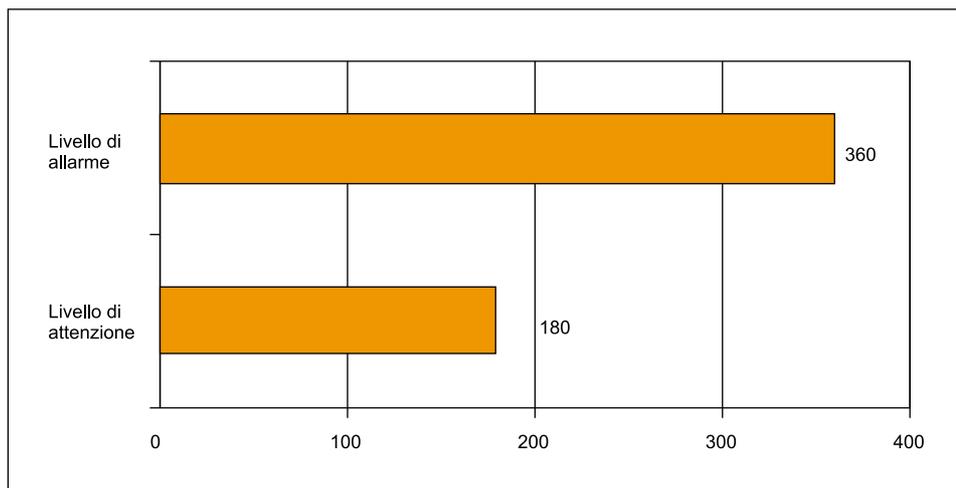


Grafico 7 – Ozono: media oraria massima nelle 24 ore ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), livelli di attenzione e di allarme DM 15 aprile 1994

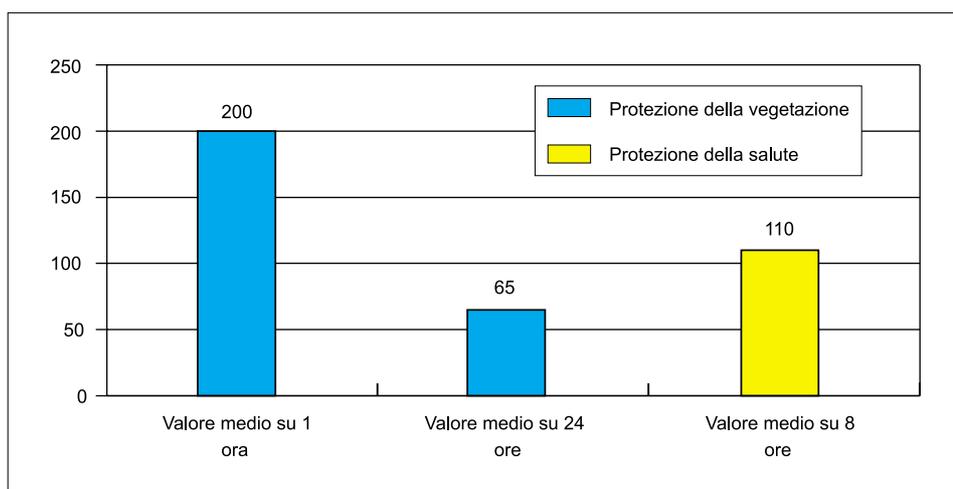


Grafico 8 – Ozono: livelli di concentrazione nell'aria DM 16 maggio 1996 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Parametro	Valore bersaglio per il 2010
Valore bersaglio per la protezione della salute umana	Media massima giornaliera su 8 ore	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare per più di 25 giorni per anno civile come media su 3 anni
Valore bersaglio per la protezione della vegetazione	AOT40, calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	18.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ h}$ come media su 5 anni (c)
	Parametro	Obiettivo a lungo termine
Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana	Media massima giornaliera su 8 ore nell'arco di un anno civile	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione	AOT40, calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	6.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ h}$
	Parametro	Soglia
Soglia di informazione	Media di 1 ora	180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Soglia di allarme	Media di 1 ora	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabella 4 – Ozono: obiettivi a lungo termine, valori bersaglio, soglie di informazione e di allarme definiti nella direttiva 2002/3/CE

Monossido di carbonio (CO)

Il monossido di carbonio (CO) è un gas incolore e inodore e la sua presenza in atmosfera è legata sia a fenomeni naturali quali la combustione delle sostanze organiche, sia alla combustione incompleta degli idrocarburi presenti in carburanti e combustibili.

Emissione

Le principali fonti naturali di emissione del CO sono gli incendi boschivi, le eruzioni vulcaniche e l'ossidazione di metano ed idrocarburi. Le emissioni di origine antropica sono invece collegate al traffico autoveicolare e alle attività industriali (in particolare siderurgia e raffinerie con impianti che presentano scarsa manutenzione e bassa efficienza).

La concentrazione maggiore di CO si registra nelle aree urbane con traffico a scorrimento lento e con frequenti fermate ai semafori. I motori diesel, in virtù di una combustione più completa, garantiscono emissioni minori di quelli a benzina.

La quantità di monossido di carbonio prodotta dagli autoveicoli è in riduzione, negli ultimi anni, grazie al miglioramento dell'efficienza dei motori e all'uso delle marmitte catalitiche.

Trasformazione e diffusione

Il CO è un inquinante primario con un tempo di permanenza in atmosfera relativamente lungo (circa quattro mesi) e con una bassa reattività chimica; pertanto, le con-

centrazioni in aria di questo inquinante possono essere ben correlate all'intensità del traffico in vicinanza del punto di rilevamento. Inoltre, la concentrazione spaziale su piccola scala del CO risente in modo rilevante dell'interazione tra le condizioni micro-meteorologiche e la struttura topografica delle strade (effetto canyon).

Effetti sulla salute e sull'ambiente

Il monossido di carbonio se inalato mostra una particolare affinità per l'emoglobina con la quale si lega sostituendo l'ossigeno e producendo carbossiemoglobina. Sono in questo caso possibili danni ai principali organi (cervello, cuore) che hanno bisogno di ossigeno per funzionare. L'esposizione a basse concentrazioni può generare mal di testa o nausea, a dosi più alte si è in presenza di svenimenti, fino al pericolo di vita.

A seguito di esposizioni prolungate si possono generare danni permanenti quali amnesie, disturbo nella deambulazione, depressione, mutismo, tremori, a carico di altri organi tra cui miocardio e reni.

Nell'ambiente, il monossido di carbonio impedisce la dispersione del calore solare riflesso dalla superficie terrestre ed è quindi causa dell'effetto serra con conseguente alterazione delle precipitazioni.

Contribuisce inoltre ai fenomeni di smog fotochimico e alla diminuzione dell'ozono oltre che alla formazione delle piogge acide attraverso la generazione di acido nitrico.

Tabella 5 – Monossido di carbonio: valori limite da raggiungere entro il 2005/2010 secondo la direttiva 1999/30/CE, come recepita dal DM 60/2002

Tipo di limite	Limite (mg/m ³)	Tempo di mediazione dei dati	Margine di tolleranza	Entrata in vigore
Valore limite per la protezione della salute umana	10 mg/m ³	Media mobile sulle 8 ore	6 mg/m ³ (60%)	1 gennaio 2005

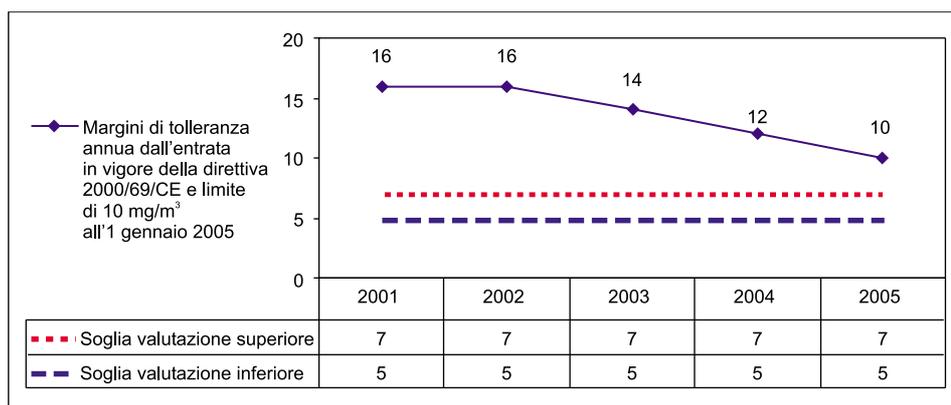


Grafico 9 – Monossido di carbonio: massima media giornaliera su 8 ore (mg/m³), valore limite per la protezione della salute

Particelle sospese (PTS e PM10)

Il termine PTS individua una classe vasta di composti potenzialmente inquinanti presenti nell'aria. Le particelle sospese rappresentano una categoria di inquinanti allo stato solido o liquido che possono rimanere sospese in atmosfera a causa delle loro dimensioni ridotte. Tra le sostanze ne entrano a far parte sabbia, ceneri, polveri, ma anche sostanze vegetali, composti metallici, sali o elementi come piombo e carbonio.

Le polveri PM10 hanno un diametro inferiore a 10 micron e sono inalabili, possono cioè raggiungere i primi tratti dell'apparato respiratorio. Le PM2,5 di diametro inferiore sono dette respirabili e possono raggiungere trachea e polmoni.

Emissione

Fonti naturali di particolato primario sono gli incendi, le eruzioni, l'erosione del suolo, la disgregazione delle rocce, le piante (pollini) e le spore.

Le particelle solide sospese vengono immesse in atmosfera in seguito all'uso di combustibili fossili nell'industria, nelle centrali termoelettriche, negli autoveicoli, nel riscaldamento domestico, oppure possono formarsi in atmosfera anche per condensazione in microgocce di gas inquinanti.

Una certa quantità di polveri è anche attribuita alle attività agricole.

Trasformazione e diffusione

Fenomeni di trasformazione del particolato grossolano danno luogo alla produzione di particolato secondario collegato a processi chimici e alla condensazione di componenti aeriformi.

La concentrazione nell'aria del particolato è limitata dalla naturale tendenza che queste hanno a depositarsi per gravità o per effetto della pioggia. Le particelle più fini re-

stano in sospensione per tempi più lunghi che si spingono da 12 ore fino anche a più giorni consecutivi.

Il particolato emesso da camini industriali di altezza elevata può diffondersi anche a distanze consistenti.

Effetti sulla salute e sull'ambiente

Gli effetti sulla salute umana riguardano patologie respiratorie e cardiovascolari oltre ad alterazioni del sistema immunitario e aumento dell'incidenza delle patologie tumorali. Tali effetti sono fortemente dipendenti dalle dimensioni delle particelle. In caso di esposizione di breve periodo, contribuiscono alla irritazione dei polmoni, alla broncocostrizione e possono causare tosse e mancanza di respiro; in caso di esposizioni di lunga durata, possono indurre il cancro.

Le particelle che si depositano nel tratto respiratorio superiore (cavità nasali, faringe e laringe) possono causare effetti irritativi (secchezza ed infiammazione di naso e gola). Le particelle che si depositano nella trachea, nei bronchi e bronchioli più grandi possono invece provocare costrizioni bronchiali, aggravare malattie respiratorie croniche (asma, bronchite, enfisema) ed eventualmente indurre neoplasie: queste ultime sono generalmente particelle con diametro inferiore a 6 micron.

Le polveri PM2,5 sono pericolose anche per la presenza di sostanze che vengono veicolate all'interno dell'organismo umano:

- solfati di natura acida che interagiscono direttamente con i polmoni;
- carbonio prodotto dalla combustione della benzina che può contenere sostanze cancerogene (benzo(a)pirene) che vengono così introdotte nei polmoni;
- metalli tossici.

Tipo di limite	Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tempo di mediazione dei dati	Margine di tolleranza	Entrata in vigore
PM10 fase 1				
Valore limite per la protezione della salute umana	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 35 volte l'anno	Media nelle 24 ore	50% all'entrata in vigore della presente normativa, con una riduzione lineare l'1 gennaio 2001 ed ogni dodici mesi successivi, per raggiungere lo 0% l'1 gennaio 2005	1 gennaio 2005
Valore limite per la protezione della salute umana	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Media anno civile	20% all'entrata in vigore della presente normativa, con una riduzione lineare l'1 gennaio 2001 ed ogni dodici mesi successivi, per raggiungere lo 0% l'1 gennaio 2005	1 gennaio 2005
PM10 fase 2				
Valore limite per la protezione della salute umana	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 7 volte l'anno	Media nelle 24 ore	(in base ai dati; deve essere equivalente al valore limite della fase 1)	1 gennaio 2010
Valore limite per la protezione della salute umana	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Media anno civile	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ al 1 gennaio 2005 con riduzione ogni dodici mesi successivi, secondo una percentuale annua costante per raggiungere lo 0% entro l'1 gennaio 2010	1 gennaio 2010

Tabella 6 – Polveri PM10: valori limite da raggiungere entro il 2005/2010 secondo la direttiva 1999/30/CE, come recepita dal DM 60/2002

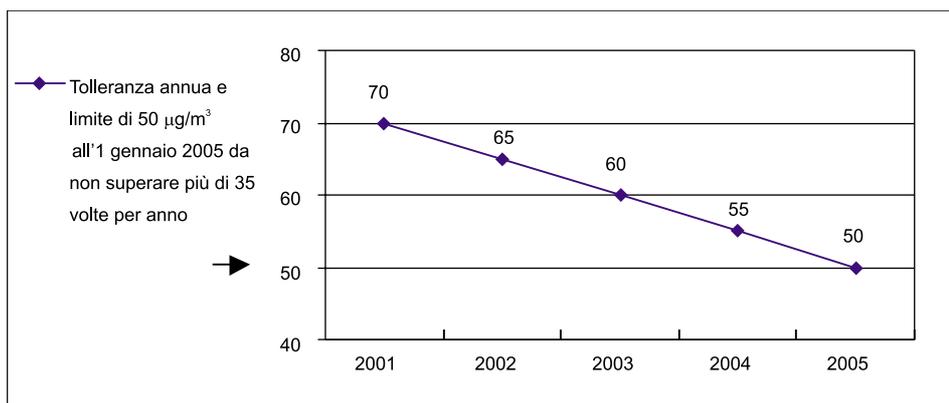


Grafico 10 – PM10 fase 1: media 24 ore ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), valore limite per la protezione della salute DM 60/2002

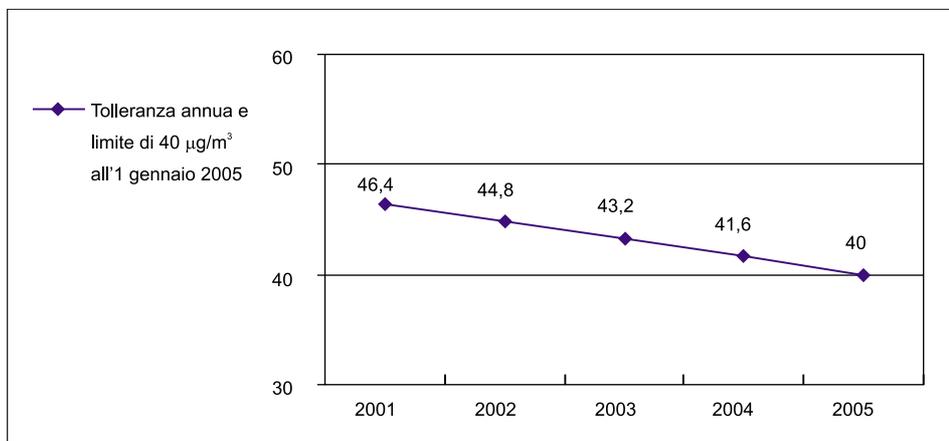


Grafico 11 – PM10 fase 1: media annua ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), valore limite per la protezione della salute DM 60/2002

Grafico 12 – PM10 fase 2: media 24 ore ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), valore limite per la protezione della salute DM 60/2002

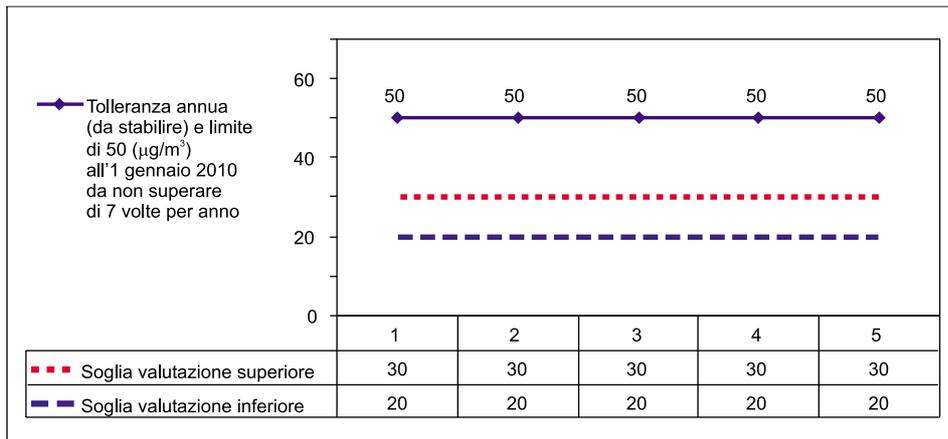
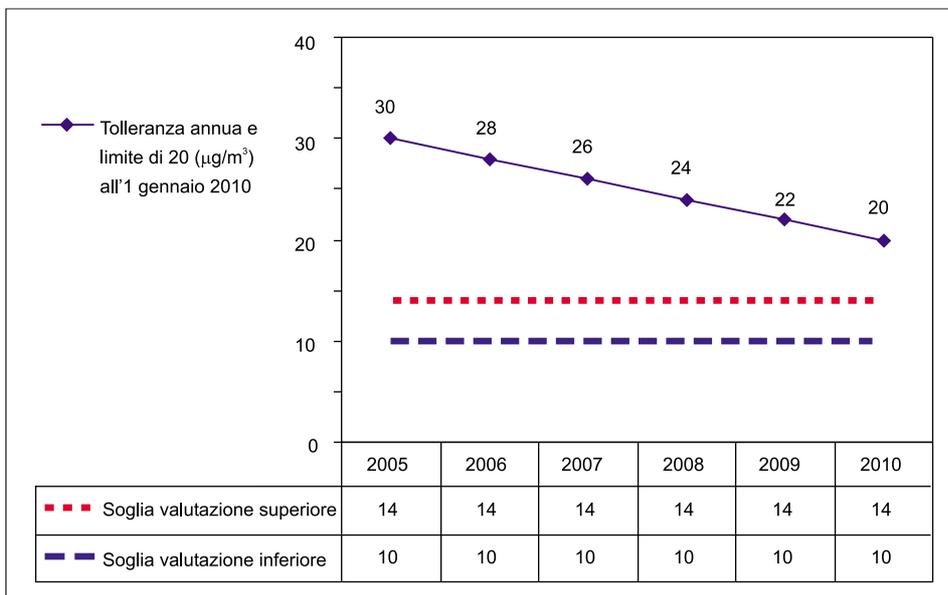


Grafico 13 – PM10 fase 2: media annua ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), valore limite per la protezione della salute DM 60/2002



Benzene

Il benzene è un idrocarburo aromatico, altamente infiammabile, incolore che evapora velocemente a temperatura ambiente. Viene aggiunto alle benzine insieme ad altri composti aromatici, per le sue caratteristiche antidetonanti e per aumentarne il “numero di ottani” in sostituzione totale (benzina verde) o parziale (benzina super) dei composti del piombo.

Emissione

Il contributo di benzene da fonti naturali è molto limitato ed è principalmente un prodotto delle attività umane. In passato il benzene è stato anche utilizzato come solvente in molteplici attività industriali e artigianali. Oggi, la concentrazione di benzene in atmosfera proviene principalmente da emissioni autoveicolari soprattutto a causa della sua elevata capacità di evaporazione.

Un'importante esposizione al benzene deriva anche dal fumo del tabacco.

Trasformazione e diffusione

L'esposizione al benzene può avvenire sia in ambienti esterni che interni; concentrazioni più elevate si registrano nelle città e nelle aree industriali anche se spesso i valori più alti si trovano negli edifici.

Le condizioni meteorologiche e l'intensità delle attività umane nel corso della giornata influenzano la concentrazione del benzene nell'aria.

Si degrada in pochi giorni combinandosi

con altri composti chimici e può essere trasportato al suolo da neve e pioggia.

Può penetrare nelle falde sotterranee generando fenomeni di inquinamento di pozzi ed acqua potabile.

Effetti sulla salute e sull'ambiente

Il benzene viene assunto dall'organismo per inalazione, contatto ed ingestione.

Gli effetti tossici hanno caratteristiche diverse in base alla durata dell'esposizione: effetti acuti conseguenti a brevi esposizioni a livelli elevati, poco frequenti nell'ambiente di vita, ed effetti cronici, associati a periodi di esposizione di maggiore durata e a basse dosi di inquinante.

In caso di fughe con quantità elevate di prodotto inalato si possono avere effetti acuti (morte) anche con brevi esposizioni (10 minuti).

Gli organi maggiormente interessati in caso di esposizione acuta sono il miocardio ed il sistema nervoso centrale (con cefalea, nausea, vertigine, ecc.). Il contatto e l'ingestione accidentale possono causare effetti irritanti alle mucose, vomito, sonnolenza, convulsioni, coma e morte.

Tra gli effetti cronici noti, quelli cancerogeni che interessano le cellule del sangue sono sicuramente i più importanti. Anche in questo caso gli effetti sono proporzionali al grado di esposizione e possono andare da una semplice anemia fino alla variazione del contenuto di globuli bianchi e rossi nel sangue (leucemia).

Tipo di limite	Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tempo di mediazione dei dati	Margine di tolleranza	Entrata in vigore
Valore limite per la protezione della salute umana	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Anno civile	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (100%)	1 gennaio 2010

Tabella 7 – Benzene: valori limite da raggiungere entro il 2005/2010 secondo la direttiva 1999/30/CE, come recepita dal DM 60/2002

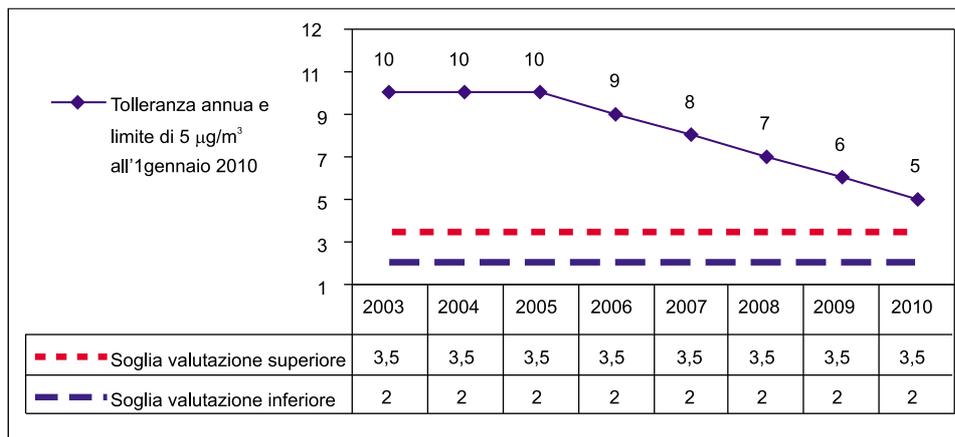


Grafico 14 – Benzene: media annua (µg/m³), valore limite per la protezione della salute DM 60/2002

Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

Con il termine IPA si comprendono diversi composti organici con due o più anelli aromatici condensati tra loro. Anche se esistono oltre 100 prodotti policiclici, solo alcuni di questi possono essere dannosi per l'uomo e la fauna.

Emissione

Le emissioni naturali dovute ad eruzioni vulcaniche e incendi possono essere rilevanti, ma la fonte più importante sono i processi legati ad una combustione incompleta di materiali a base di carbonio (carbone, petrolio, legno e gas) e all'uso dei vari carburanti.

Gli IPA possono essere riscontrati nei cibi in seguito alla cottura (esempio alla brace o affumicati) o su frutta e verdura per deposizione atmosferica in aree inquinate. Altre fonti possono essere l'asfalto stradale e, negli ambienti interni, i sistemi di riscaldamento che utilizzano legna e carbone.

Gli idrocarburi volatili presenti in atmosfera provengono in larga misura dai gas di scarico delle autovetture a seguito di una incompleta combustione dei carburanti, ma anche per evaporazione dai serbatoi, e dalla rete di distribuzione.

La quantità emessa dipende dalle condizioni di funzionamento, manutenzione e usura del motore.

A livello industriale gli IPA sono prodotti da numerose attività: lavorazione di metalli, raffinerie, cartiere, industrie chimiche e plastiche, inceneritori e depositi di sostanze tossiche.

Trasformazione e diffusione

Gli IPA sono presenti nell'atmosfera in quantità più contenute rispetto ad altri inquinanti e la loro concentrazione negli ultimi anni si sta riducendo grazie ai convertitori catalitici e alla riduzione di legno e carbone come fonti energetiche.

Allo stesso tempo, a livello industriale, si è registrato un miglioramento delle tecnologie e dei controlli delle emissioni dei fumi.

Queste sostanze sono classificate quali inquinanti primari e, viste le modalità di produzione, la loro concentrazione è direttamente correlabile all'andamento del traffico autoveicolare e delle attività industriali, con forme di inquinamento acuto soprattutto nel periodo invernale e lungo le strade a traffico più intenso.

Effetti sulla salute e sull'ambiente

La pericolosità degli IPA per l'uomo è stata determinata in larga parte con studi di laboratorio. I principali danni da esposizione possono riguardare il sangue, i polmoni e lo stomaco dove si registrano probabili effetti cancerogeni attivati dagli enzimi contenuti nei tessuti umani.

A livello ambientale gli IPA contribuiscono al fenomeno dello "smog fotochimico".

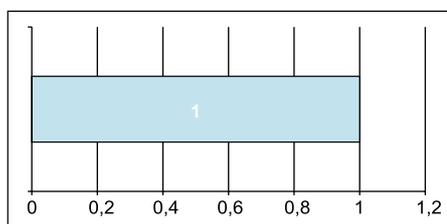


Grafico 15 – IPA: obiettivi di qualità DM 25 novembre 1994 (ng/m³)

Piombo (Pb)

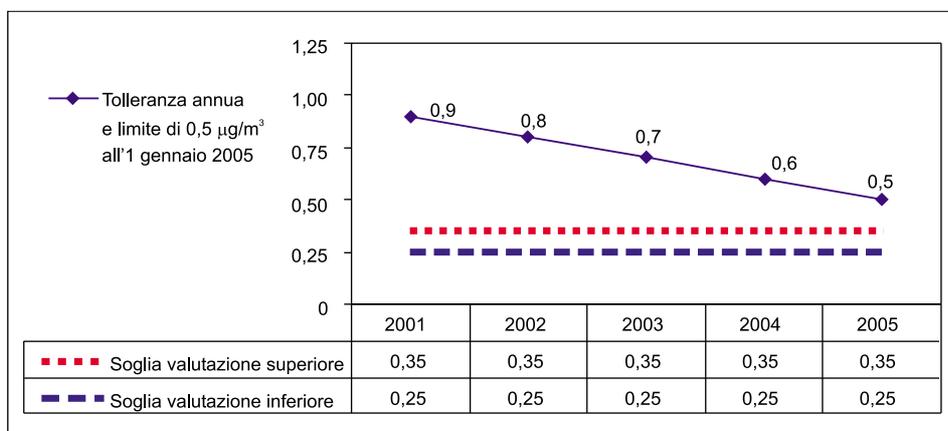
Il piombo è emesso quasi esclusivamente da motori a benzina in cui è contenuto con funzioni antidetonante. Alla benzina sono aggiunti composti alogenati che impediscono la formazione di ossidi di piombo dannosi per il motore; in tal modo, nell'ambiente vengono introdotti un numero elevato di derivati del piombo quali cloruri, bromuri, ossidi. L'adozione generalizzata della "benzina verde" ha ridotto in misura determinante il contributo del traffico veicolare alla

concentrazione in aria di questo metallo. Anche queste sostanze sono classificate quali inquinanti primari e, viste le modalità di produzione, la concentrazione di esse è direttamente correlabile all'andamento del traffico autoveicolare. Gli idrocarburi giocano un ruolo molto importante nella formazione dei radicali liberi e quindi nella creazione dello smog fotochimico durante il periodo estivo, quando maggiore è l'intensità della radiazione solare.

Tabella 8 – Piombo: valori limite da raggiungere entro il 2005/2010 secondo la direttiva 1999/30/CE, come recepita dal DM 60/2002

Tipo di limite	Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tempo di mediazione dei dati	Margine di tolleranza	Entrata in vigore
Valore limite per la protezione della salute umana	0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Media anno civile	100% all'entrata in vigore della presente normativa, con una riduzione lineare l'1 gennaio 2001 ed ogni dodici mesi successivi, per raggiungere lo 0% l'1 gennaio 2005	1 gennaio 2005

Grafico 16 – Piombo: media annua ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), valore limite per la protezione della salute DM 60/2002



4. Pianificazione territoriale e qualità dell'aria

Gli elementi che costituiscono le basi per il *Piano regionale per il risanamento della qualità dell'aria*, strumento di supporto decisionale alla pianificazione territoriale.

La legislazione sulla qualità dell'aria è stata profondamente modificata nel corso degli ultimi anni. Tale evoluzione ha profondamente coinvolto gli aspetti legati alla pianificazione territoriale.

Nel 2002 la Regione Umbria ha redatto il *Piano regionale per il risanamento della qualità dell'aria (PRQA)* nell'ambito del Programma triennale 1994-1996 per la tutela ambientale. Tale piano, in attesa dell'adozione del Piano energetico, non è stato ancora adottato dalla Giunta Regionale. Attualmente è in corso una revisione del Piano della qualità dell'aria in modo tale da renderlo aderente alla nuova legislazione ed in particolare ai piani e programmi previsti dal decreto legislativo n. 351 del 1999 e dal decreto ministeriale 2 aprile 2002, n. 60. Tale revisione è in corso di completamento e tiene in particolare conto del decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio 1 ottobre 2002, n. 261, contenente il "Regolamento recante le direttive tecniche per la valutazione preliminare della qualità dell'aria ambiente, i criteri per l'elaborazione del piano e dei programmi di cui agli articoli 8 e 9 del decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 351".

Il documento originario di Piano è stato elaborato applicando e sviluppando le indicazioni della legislazione nazionale con l'obiettivo di:

- conseguire il miglioramento della qualità dell'aria per i diversi inquinanti, nei vari ambiti di territorio regionale nei quali si registrano i carichi più elevati o i livelli di inquinamento maggiori, riguardanti sia le sorgenti fisse che mo-

bili, con particolare attenzione alle *problematiche emergenti* quali produzione di ozono troposferico, emissioni di idrocarburi policiclici aromatici, benzene e particelle sospese con diametro inferiore a 10 micron;

- prevenire l'aumento dell'inquinamento atmosferico in riferimento alle porzioni del territorio regionale nelle quali si può ipotizzare un'evoluzione negativa e un aumento dei carichi inquinanti con conseguente peggioramento della qualità dell'aria, ponendo particolare attenzione alle componenti ambientali e alle aree maggiormente sensibili all'inquinamento atmosferico o, comunque, da sottoporre a particolare tutela;
- conseguire un miglioramento in riferimento alle problematiche globali quali la produzione di gas serra.

Il Piano di tutela e risanamento della qualità dell'aria è direttamente connesso con la pianificazione energetica regionale e la pianificazione nel settore dei trasporti, nonché, per gli aspetti legati allo smaltimento dei rifiuti e, per quelli collegati alla prevenzione e alla pianificazione della lotta agli incendi boschivi.

Il Piano assume anche la funzione di supporto decisionale alla pianificazione territoriale complessiva (Piano di indirizzo territoriale regionale, Piani territoriali di coordinamento, Piani regolatori generali, Piani urbani del traffico, Piani di settore).

In particolare, sono state previste azioni di risanamento e tutela della qualità dell'aria, finalizzate al raggiungimento di differenti obiettivi a breve, medio e lungo termine, con particolare riferimento a:

- risanamento e tutela della qualità dell'aria;
- strategie e scenari per la riduzione delle emissioni;
- strategie e scenari per la prevenzione del peggioramento della qualità dell'aria;
- misure atte a razionalizzare il sistema di monitoraggio della qualità dell'aria.

Il Piano, realizzato, sui dati del 1999, affronta l'analisi delle alterazioni del comparto atmosferico attraverso una serie di elaborati tecnici (tabelle, grafici, carte tematiche), utili alla valutazione della qualità dell'aria sul territorio regionale e ad inquadrare le problematiche complessive connesse con le alterazioni, riguardanti in particolare:

- *l'inventario delle emissioni*: nell'ambito della realizzazione del Piano è stato realizzato un completo e dettagliato inventario delle emissioni di inquinanti dell'aria;
- *la qualità dell'aria con l'elaborazione dei dati meteorologici*: sono stati elaborati i dati forniti dalle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria e meteorologiche operanti nella regione;
- *la valutazione della qualità dell'aria tramite modelli di diffusione*: ai fini della pianificazione è stato applicato il modello di diffusione Industrial Source Complex, acquisito nel sistema informativo, a casi opportunamente definiti all'interno del territorio regionale. Tali applicazioni sono finalizzate alla stima dell'evoluzione dell'inquinamento atmosferico nelle aree specifiche al variare della localizzazione e tipologia delle sorgenti emissive. Il modello è stato calibrato mediante il confronto tra le concentrazioni di inquinanti misurate e quelle calcolate nei pressi delle centraline della rete regionale. Le simulazioni effettuate per l'anno 1999 sono state ripetute per l'anno 2014 in assenza e in presenza di interventi specifici di riduzione delle emissioni (scenario "senza interventi" e "con interventi").

- *le proiezioni delle emissioni per gli anni 2000, 2006 e 2014 in assenza di interventi a tutela della qualità dell'aria*: la proiezione è stata effettuata nell'ipotesi che non vengano prese ulteriori iniziative oltre a quelle già definite dalla normativa nazionale e/o regionale (direttive europee, leggi nazionali e regionali) e dalla pianificazione regionale (impianti finanziati, autorizzati).

Il processo di realizzazione del Piano di risanamento e tutela della qualità dell'aria ha permesso alla Regione Umbria di dotarsi di un importante strumento per la tutela dell'ambiente che, oltre a fornire un quadro dettagliato dell'incidenza dell'inquinamento atmosferico sul territorio, fornisce indicazioni sull'evoluzione del fenomeno e traccia le linee d'azione per la salvaguardia della qualità dell'aria nella regione. Attualmente è in corso l'aggiornamento del Piano di tutela e risanamento della qualità dell'aria della Regione Umbria alla luce degli sviluppi normativi introdotti dal decreto legislativo 351/1999. Le azioni necessarie per l'adeguamento alle norme ora in vigore sono le seguenti:

- *valutazione preliminare della qualità dell'aria ambiente* come previsto dal decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 351;
- *classificazione del territorio in zone o agglomerati* in conformità a quanto fissato dal decreto ministeriale 2 aprile 2002, n. 60;
- *elaborazione dei piani e programmi* di cui al suddetto decreto 351 ed in particolare:
 - elaborazione dei piani d'azione per le zone del territorio regionale dove i livelli di uno o più inquinanti comportano il rischio di superamento dei valori limite e delle soglie di allarme così come stabilito dall'articolo 7 del decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 351. Questi piani contengono le misure da attuare nel breve periodo, affinché sia ridotto il rischio di superamento dei valori li-

mite e delle soglie d'allarme e individuano le autorità competenti alla gestione di tali situazioni e all'attuazione degli interventi;

- elaborazione dei piani o di programmi di miglioramento della qualità dell'aria nelle zone e negli agglomerati in cui i livelli di uno o più inquinanti superano il valore limite aumentato del margine di tolleranza, oppure i livelli di uno o più inquinanti sono compresi tra il valore limite ed il valore limite aumentato del margine di tolleranza così come stabilito dall'articolo 8 del 351. Nelle stesse zone e agglomerati in cui il livello di più inquinanti supera i valori limite, dovranno essere preparati piani integrati per tutti gli inquinanti in questione;
- definizione di piani di mantenimento della qualità dell'aria, nelle zone e negli agglomerati in cui i livelli degli inquinanti sono inferiori ai valori limite e tali da non comportare il rischio di superamento degli stessi, al fine di conservare i livelli degli inquinanti al di sotto dei valori limite così come stabilito dall'articolo 9 del 351;
- *ridefinizione dell'elaborato di piano* già prodotto secondo le specifiche del decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio del 1 ottobre 2002, n. 261, ed integrazione nell'elaborato di piano dei risultati delle precedenti elaborazioni.

Di seguito sono riassunti le metodologie e i risultati dell'inventario regionale delle emissioni di inquinanti dell'aria per l'anno 1999, recentemente revisionati ai fini di integrare le più recenti conoscenze sui fattori di emissione (in particolare per le particelle sospese con diametro inferiore a 10 micron ed il settore del trasporto su strada). Successivamente sono riassunte metodologie e risultati seguiti per la zonizzazione del territorio regionale ai sensi del decreto legislativo n. 351 del 1999.

L'inventario regionale delle emissioni

Un inventario delle emissioni è una serie organizzata di dati relativi alle quantità di inquinanti introdotti nell'atmosfera da sorgenti naturali e/o da attività antropiche. L'inventario delle emissioni costituisce uno degli strumenti principali per lo studio dello stato attuale di qualità dell'aria, nonché per la definizione dei relativi Piani di tutela e risanamento.

Un inventario delle emissioni è una raccolta coerente di dati sulle emissioni dei singoli inquinanti raggruppati per attività economica, intervallo temporale (anno, mese, giorno, ecc.), unità territoriale (regione, provincia, comune, maglie quadrate di 1 km², ecc.) e combustibile (per i soli processi di combustione). Le quantità di inquinanti emesse dalle diverse sorgenti della zona in esame si possono ottenere: tramite misure dirette, campionarie o continue o tramite stima. La misura diretta delle emissioni può essere effettuata, ove è possibile, solo per alcuni impianti industriali, di solito schematizzati come sorgenti puntuali o localizzate. Tra questi, solo per alcuni è attuata la misura in continua. Per tutte le altre sorgenti, denominate sorgenti diffuse (piccole industrie, impianti di riscaldamento, sorgenti mobili, ecc.), si deve ricorrere a stime. Le emissioni sono stimate a partire da dati quantitativi sull'attività presa in considerazione e da opportuni fattori di emissione.

Per quanto riguarda la dimensione spaziale, le emissioni delle maggiori sorgenti industriali e civili e delle principali linee di comunicazione sono state stimate singolarmente e singolarmente georeferenziate mediante le rispettive coordinate geografiche; le altre sorgenti sono state stimate su base comunale e disaggregate su un reticolo composto da maglie quadrate di lato 1 km.

L'intervallo temporale preso in considerazione per la stima delle emissioni è stato l'anno solare 1999. Per quanto riguarda la disaggregazione temporale delle emissioni (in base alla necessità di ottenere emissioni rilevanti su scala locale), la stima è stata

disaggregata su base oraria, dei differenti giorni della settimana e mensile.

Sono stati presi in considerazione i seguenti principali inquinanti dell'aria:

- ossidi di zolfo ($\text{SO}_2 + \text{SO}_3$);
- ossidi di azoto ($\text{NO} + \text{NO}_2$);
- composti organici volatili, con l'esclusione del metano (COVNM);
- monossido di carbonio (CO);
- particelle sospese con diametro inferiore a 10 micron (PM10);
- ammoniaca (NH_3);
- metalli pesanti: arsenico, cadmio, nichel, piombo, cromo, mercurio, rame, selenio, zinco;
- gas serra: anidride carbonica, metano, protossido di azoto.

La nomenclatura delle attività rilevanti per la valutazione delle emissioni di inquinanti dell'aria prescelta ha preso come punto di partenza la più recente classificazione adottata in ambito europeo (CORINAIR). Tale classificazione è stata ampliata e integrata al fine di adattarla alla realizzazione di inventari su scala locale e tenere conto di alcune specificità del territorio umbro. Per la realizzazione dell'inventario è stata introdotta la suddivisione delle sorgenti di emissione in sorgenti localizzate, sorgenti puntuali, sorgenti lineari/nodali e sorgenti distribuite.

Per sorgenti localizzate si intendono tutte quelle sorgenti di emissione che sia possibile e utile localizzare direttamente, tramite le loro coordinate geografiche, sul territorio. In linea di principio, una volta escluse le attività mobili e quelle che per definizione o caratteristica intrinseca sono casualmente distribuite sul territorio (ad esempio l'utilizzo di prodotti domestici), tutte le altre attività possono essere caratterizzate localizzando precisamente le sorgenti di emissione. In questo senso è localizzabile, ad esempio, ogni singolo impianto per riscaldamento domestico o ogni stazione di servizio. Tuttavia, la loro effettiva localizzazione e la conseguente quantificazione delle rispettive emissioni per singola sorgente, risponde a criteri di completezza dell'inventario e di economicità nella sua realizzazio-

ne e deve tenere conto dell'impatto locale (in termini di qualità dell'aria e sanitari) delle emissioni. Va notato, inoltre, come in alcuni casi possa essere utile localizzare (all'interno di una stessa attività) soltanto le sorgenti principali e considerare come distribuite le altre; tale procedimento può essere adoperato, ad esempio, per la combustione nel settore terziario, all'interno della quale è utile localizzare soltanto i principali impianti e trattare gli altri in modo aggregato. Una volta introdotto il concetto di sorgenti localizzate subentra il problema di selezionare fra di esse un insieme di sorgenti di particolare importanza per le quali è necessaria una maggiore caratterizzazione per ciò che riguarda i parametri utili per lo studio dei fenomeni di trasporto e diffusione degli inquinanti. A tali sorgenti viene dato il nome di sorgenti puntuali. In questo quadro sono prese in considerazione le sorgenti per le quali, oltre la quantità emessa e la coordinata del luogo di emissione, sono di interesse l'altezza del punto di emissione e le caratteristiche dinamiche dell'emissione (portata dei fumi, velocità di efflusso, temperatura dei fumi). La soglia (quantità minima di inquinante emessa in un certo periodo di tempo) utilizzata per la caratterizzazione delle sorgenti come localizzate è, relativamente all'anidride carbonica, di 5.000 t/anno; relativamente al monossido di carbonio di 50 t/anno; relativamente ai metalli pesanti di 50 kg/anno; relativamente agli altri inquinanti di 5 t/anno. Per caratterizzare una sorgente come puntuale, sono state utilizzate le seguenti soglie: relativamente all'anidride carbonica di 25.000 t/anno; relativamente al monossido di carbonio di 250 t/anno; relativamente ai metalli pesanti di 250 kg/anno; relativamente agli altri inquinanti di 25 t/anno.

Come sorgente lineare/nodale vengono indicate le principali arterie (strade, linee fluviali, linee ferroviarie) e nodi di comunicazione (porti ed aeroporti). Per tali arterie e nodi la stima delle emissioni viene effettuata singolarmente, localizzandole precisamente sul territorio tramite le loro coordinate metriche Gauss-Boaga confor-

Valori assoluti (t)	NO _x	SO _x	NH ₃
01 Centrali elettriche pubbliche, cogenerazione, teleriscaldamento	4.530,96	7.016,01	4,83
02 Combustione - Terziario ed Agricoltura	821,75	48,32	0,00
03 Combustione - Industria	13.114,60	2.342,87	0,00
04 Processi produttivi	1.199,86	336,84	152,61
05 Estrazione e distribuzione combustibili fossili	0,00	0,00	0,00
06 Uso di solventi	0,00	0,00	8,60
07 Trasporti stradali	15.431,47	531,14	198,45
08 Altre sorgenti mobili	2.253,42	48,03	0,37
09 Trattamento e smaltimento rifiuti	71,31	4,88	120,11
10 Agricoltura	26,40	0,00	7.214,98
11 Natura	0,32	0,00	0,00
TOTALE	37.450,09	10.328,08	7.699,96

Tabella 9 – Inquinanti acidificanti principali: emissioni totali per macrosettore nel 1999

Valori assoluti (t)	CO	COV	PM10
01 Centrali elettriche pubbliche, cogenerazione, teleriscaldamento	142,02	495,24	288,75
02 Combustione - Terziario ed Agricoltura	13.982,68	1.171,63	3.513,04
03 Combustione - Industria	2.144,06	192,94	604,76
04 Processi produttivi	2.349,37	511,38	891,49
05 Estrazione e distribuzione combustibili fossili	0,00	1.270,96	0,00
06 Uso di solventi	0,00	8.009,85	23,40
07 Trasporti stradali	68.558,42	14.136,73	929,57
08 Altre sorgenti mobili	1.264,43	618,52	266,41
09 Trattamento e smaltimento rifiuti	317,23	188,87	0,36
10 Agricoltura	1.428,23	18.487,03	147,96
11 Natura	687,47	3.747,90	40,63
TOTALE	90.873,91	48.831,05	6.706,36

Tabella 10 – Altri inquinanti principali: emissioni totali per macrosettore nel 1999

01 Centrali elettriche pubbliche, cogenerazione, teleriscaldamento	6,17	965.385,42	17,61
02 Combustione - Terziario ed Agricoltura	786,80	946.635,48	53,59
03 Combustione - Industria	14,93	3.359.540,55	100,33
04 Processi produttivi	31,75	1.799.180,29	72,83
05 Estrazione e distribuzione combustibili fossili	7.151,95	0,00	0,00
06 Uso di solventi	0,00	0,00	0,00
07 Trasporti stradali	567,63	1.836.098,25	194,39
08 Altre sorgenti mobili	10,54	144.531,18	57,89
09 Trattamento e smaltimento rifiuti	13.243,08	79.307,84	1,79
10 Agricoltura	57.303,02	0,00	1.257,74
11 Natura	6.844,00	175.573,33	485,55
TOTALE	85.959,87	9.306.252,34	2.241,72

Tabella 11 – Gas serra: emissioni totali per macrosettore nel 1999

mi alla CTR. Ove utile alla caratterizzazione delle emissioni, le arterie sono suddivise in tratti. Le arterie minori vengono invece trattate in modo distribuito.

Infine, per sorgenti diffuse si intendono tutte quelle sorgenti non incluse nelle classi precedenti e che necessitano, per la stima delle emissioni, di un trattamento statistico. In particolare, rientrano in questa classe sia le emissioni di origine puntiforme che per livello dell'emissione non rientrano nelle sorgenti localizzate o puntuali, sia le emissioni di tipo areale (ad esempio le foreste) o ubiquo (ad esempio traffico diffuso, uso di solventi domestici, ecc.).

In seguito sono riportati e commentati i principali risultati di sintesi dell'inventario.

Ossidi di zolfo

Nel 1999 le emissioni sono dovute per circa il 68% alle centrali elettriche pubbliche, cogenerazione e teleriscaldamento (oltre 7.000 tonnellate totalmente da impianti puntuali o localizzati), per circa il 23% alla combustione nell'industria (con circa 2.350 tonnellate di cui circa l'80% da impianti puntuali o localizzati) e per circa il 5% ai trasporti stradali (con oltre 530 tonnellate). Le sorgenti puntuali globalmente incidono per il 90% sul totale delle emissioni. Tra le sorgenti puntuali, sono da segnalare le centrali termoelettriche, le caldaie industriali più grandi ed alcuni processi produttivi (produzione di cemento, vetro e grafite).

Ossidi di azoto

Nel 1999 le emissioni sono dovute per oltre il 47% al trasporto (con circa 18.000 tonnellate) e di queste per circa il 41% al trasporto stradale, per il 35% alla combustione nell'industria (per 13.000 tonnellate di cui il 96% da impianti puntuali o localizzati) e per il 12% alle centrali elettriche pubbliche, cogenerazione e teleriscaldamento (circa 4.500 tonnellate totalmente da impianti puntuali o localizzati). Le sorgenti puntuali globalmente incidono per il 49% sul totale delle emissioni. Tra queste, sono da segnalare le centrali termoelettriche, le caldaie industriali più grandi e alcuni processi produttivi (di cemento, acciaio, acido nitrico e vetro). All'interno del trasporto stradale oltre 7.500 tonnellate (circa il 78% del totale provinciale) sono attribuibili alle sorgenti lineari (autostrada e principali strade extraurbane). Va infine segnalato come, in ambiente urbano, il rapporto riscaldamento/trasporti sia di 1 a 5. Le emissioni sulle arterie principali di traffico (autostrada e strade extraurbane le cui

emissioni sono state stimate arteria per arteria come sorgenti lineari) rappresentano il 15% del totale regionale delle emissioni e il 37% del totale regionale delle emissioni da trasporto (5.700 tonnellate).

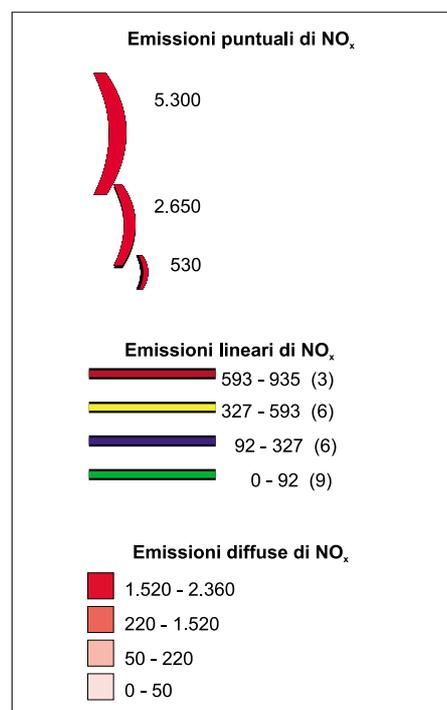
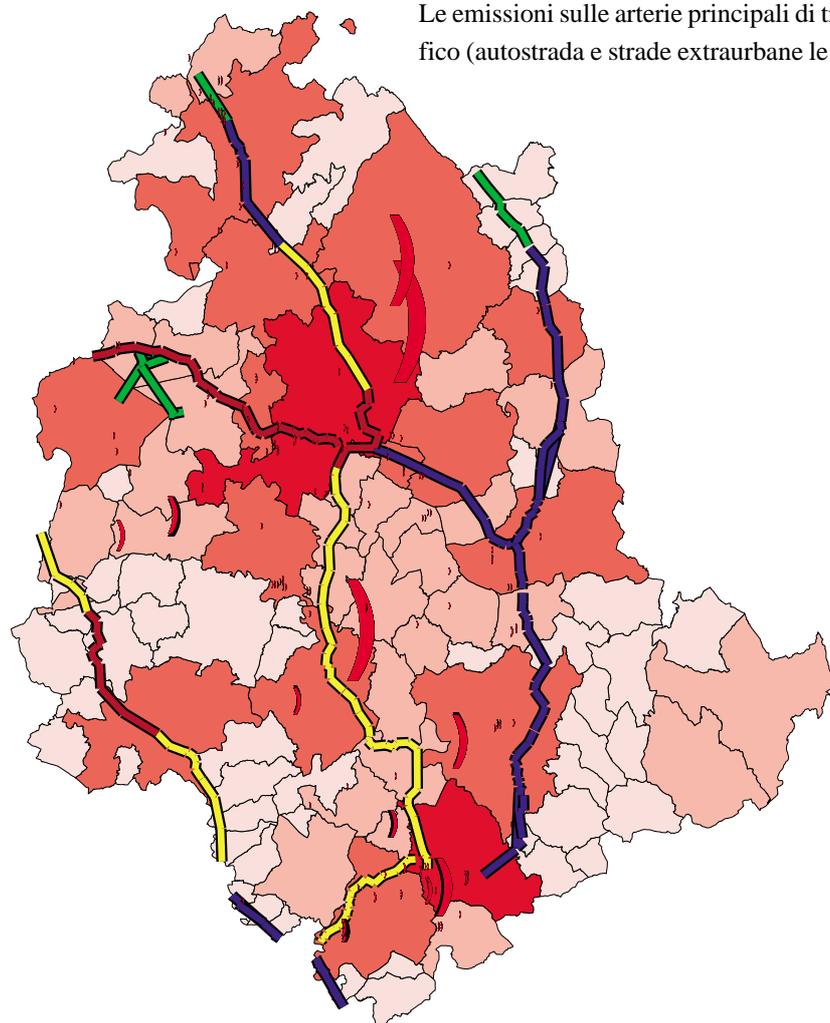
Le emissioni da trasporto sono così distribuite:

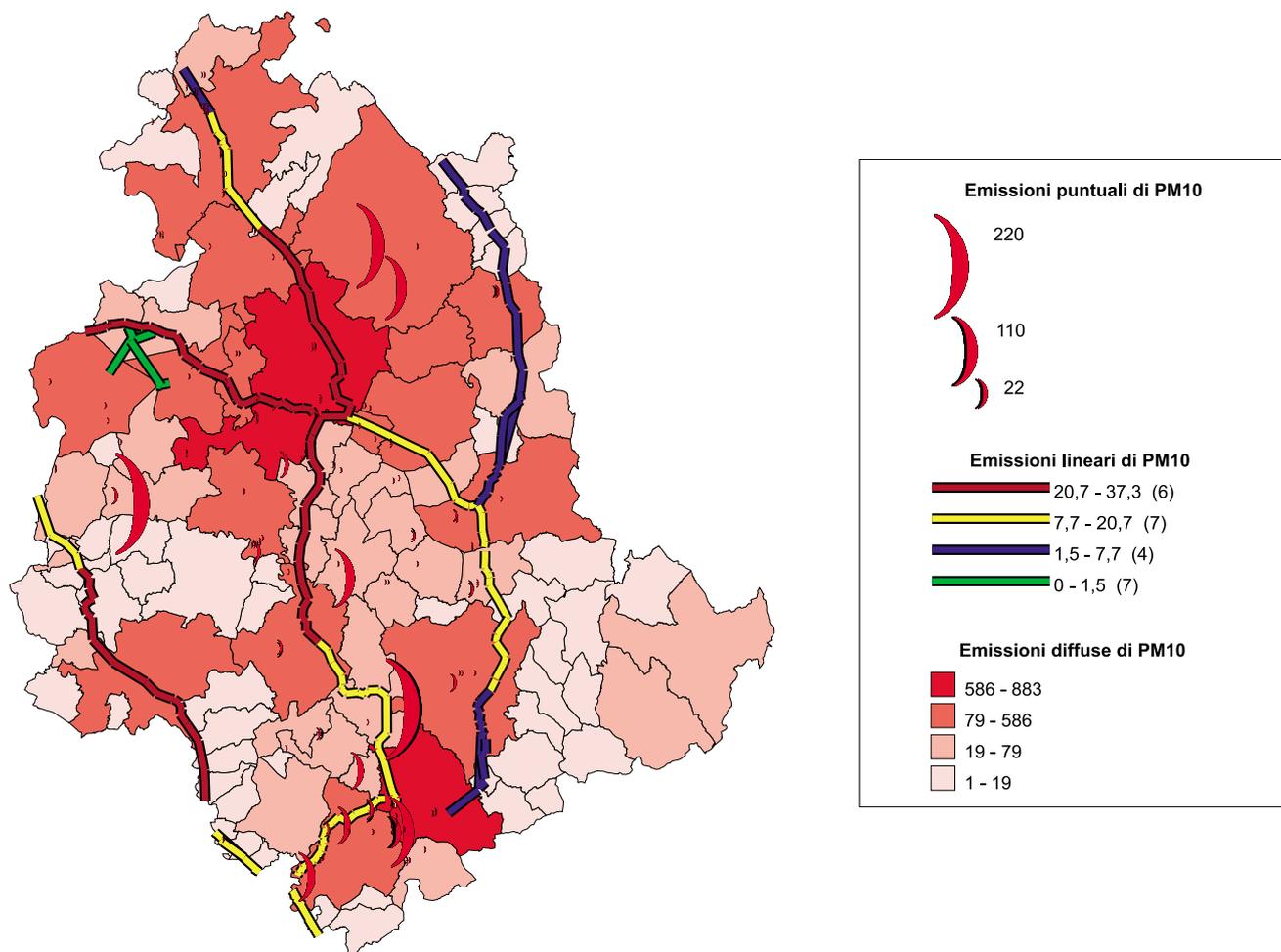
- ambito autostradale: 3000 tonnellate, pari a circa il 20%;
- ambito extraurbano: 8200 tonnellate, pari a circa il 53%;
- ambito urbano: 4200 tonnellate, pari a circa il 27%.

Monossido di carbonio

Nel 1999, per quanto riguarda il monossido di carbonio, le emissioni sono dovute per circa il 77% al trasporto (con circa 70.000 tonnellate) in particolare stradale con oltre il 75% (oltre 68.000 tonnellate). Da non trascurare, tra gli altri contributi, quello della combustione nel terziario ed in agricoltura (oltre il 15% del totale provinciale e 14.000 tonnellate). Le emissioni da trasporto sono così distribuite:

Figura 2 – Ossidi di azoto: emissioni totali nel 1999





- ambito autostradale: 4.400 tonnellate, pari a circa il 6%;
- ambito extraurbano: 22.600 tonnellate, pari a circa il 33%;
- ambito urbano: 41.600 tonnellate, pari a circa il 61%.

Particelle sospese con diametro inferiore a 10 micron

Le emissioni di particelle sospese con diametro inferiore a 10 micron sono dovute, nel 1999, per oltre il 52% (circa 3.500 tonnellate) alla combustione nel terziario e in agricoltura, per circa il 18% (circa 1.200 tonnellate) ai trasporti, per circa il 13% (circa 900 tonnellate) ai processi produttivi prevalentemente provenienti dall'estrazione di materiali da cave (600 tonnellate), e per il 9% alla combustione nell'industria (per 600 tonnellate di cui il 96% da impianti puntuali o localizzati). Le sorgenti puntuali globalmente incidono per il 49% sul totale delle emissioni. Tra queste, sono da segnalare le centrali termoelettriche e alcuni processi

produttivi (produzione di cemento ed acciaio).

Composti organici volatili

Le emissioni sono dovute per il 38% all'agricoltura (con circa 18.500 tonnellate), per circa il 30% (con circa 15.000 tonnellate) ai trasporti e di queste per il 29% al trasporto stradale (circa 14.000 tonnellate), per circa il 16% (circa 8.000 tonnellate) all'uso di solventi e per circa l'8% alla natura (con circa 3.800 tonnellate). All'interno del trasporto stradale circa il 70% delle emissioni (circa 8.300 tonnellate), sono attribuibili alla viabilità urbana, il 26% alla viabilità extraurbana (3.100 tonnellate) ed infine il restante 4% alla viabilità autostradale (circa 500 tonnellate). Vanno inoltre segnalate le circa 2.200 tonnellate di emissioni evaporative (il 4,5% del totale provinciale), quasi esclusivamente in area urbana.

Ammoniaca

Per quanto riguarda l'ammoniaca, le emis-

Figura 3 – Particelle sospese con diametro inferiore a 10 micron: emissioni totali nel 1999

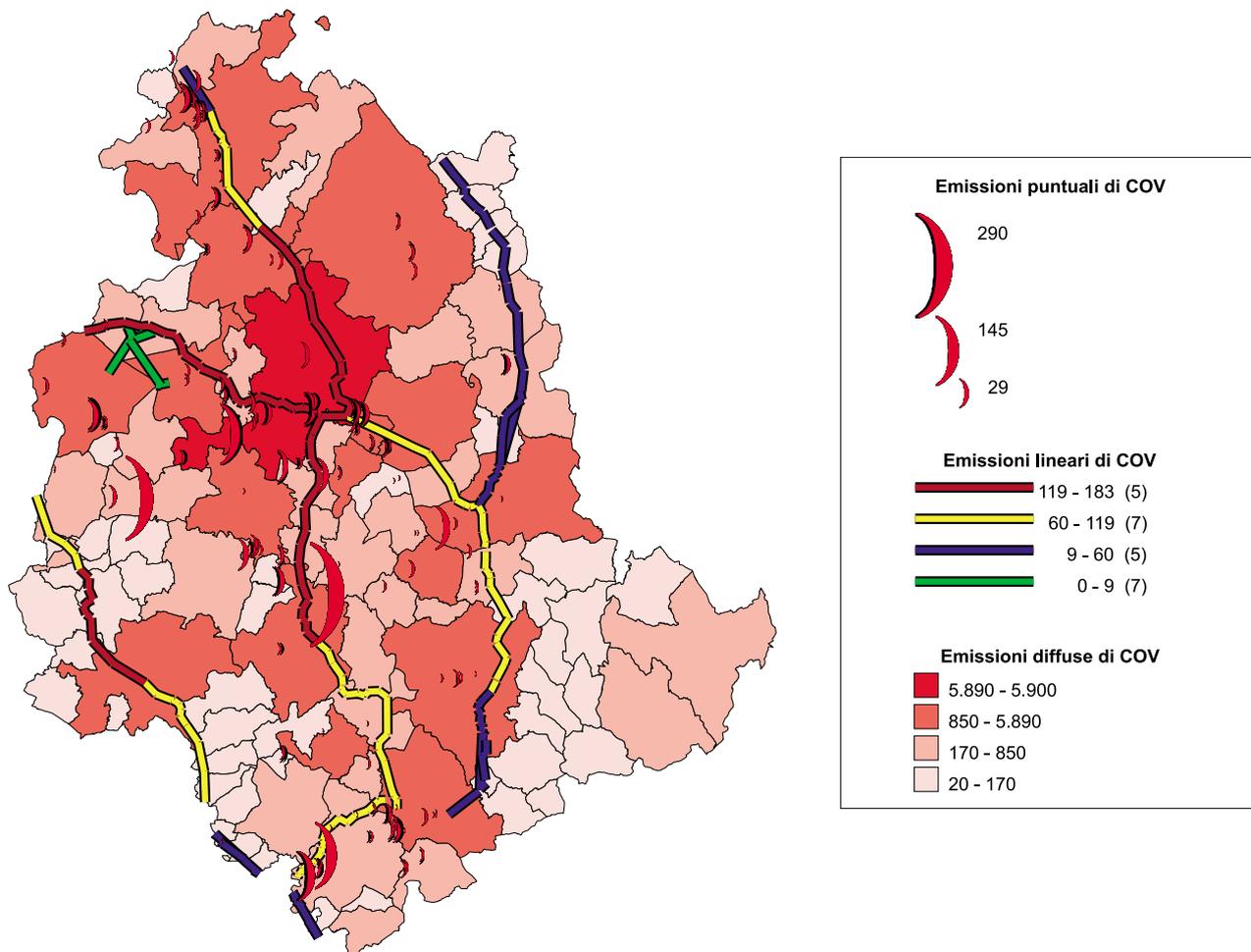


Figura 4 – Composti organici volatili: emissioni totali nel 1999

sioni sono dovute per il 94% (con circa 7.200 tonnellate) all'agricoltura.

Gas serra

Le emissioni di anidride carbonica provengono quasi esclusivamente dal sistema energetico e in particolare, per circa il 36% (3,4 milioni di tonnellate), dalla combustione nell'industria, il 10% dalla combustione nel terziario e in agricoltura (1.000 migliaia di tonnellate), un altro 10% (1.000 migliaia di tonnellate) dalle centrali elettriche pubbliche, cogenerazione e teleriscaldamento e un 20% dai trasporti stradali (circa 1,8 milioni di tonnellate).

Le emissioni di metano sono dovute prevalentemente all'agricoltura (67% con circa 57.000 tonnellate) in particolare negli allevamenti, al trattamento e smaltimento rifiuti (circa 15% con 13.000 tonnellate), all'estrazione e distribuzione combustibili fossili (8% per circa 7.000 tonnellate), e alle sorgenti naturali (8% per circa 7.000 tonnellate).

Per quanto riguarda il protossido di azoto le

emissioni sono dovute prevalentemente all'agricoltura (67% con circa 1.250 tonnellate), alle sorgenti naturali (22% e circa 500 tonnellate) ed ai trasporti stradali (9% e 190 tonnellate).

La zonizzazione del territorio regionale

Il decreto ministeriale 2 aprile 2002, n. 60, fissa i criteri per la classificazione del territorio come previsto dal decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 361. Nello specifico, ai fini della verifica della classificazione delle zone e degli agglomerati, i superamenti delle soglie di valutazione superiore e inferiore, vanno determinati sulla base delle concentrazioni del quinquennio precedente laddove siano disponibili dati sufficienti. Si considera superata una soglia di valutazione se essa nei cinque anni precedenti è stata superata almeno in tre anni non consecutivi. Se i dati relativi al quinquennio non sono interamente disponibili, per determinare i superamenti delle soglie

di valutazione superiore e inferiore si possono combinare campagne di misurazione di breve durata, nel periodo dell'anno e nei siti rappresentativi dei massimi livelli di inquinamento, con i risultati ottenuti dalle informazioni derivanti dagli inventari delle emissioni e dalla modellizzazione. La classificazione è riesaminata almeno ogni 5 anni. Il riesame è anticipato nel caso di cambiamenti significativi delle attività che influenzano i livelli nell'aria ambiente di biossido di zolfo, di biossido di azoto, di benzene o di monossido di carbonio, oppure di ossidi di azoto, di materiale particolato o di piombo.

A livello regionale, il punto di partenza della metodologia utilizzata per suddividere il territorio in zone è rappresentato dalla presenza di una rete di monitoraggio della qualità dell'aria che soddisfi a criteri di completezza e affidabilità e alla realizzazione di un dettagliato inventario delle emissioni di inquinanti dell'aria su scala comunale e subcomunale con specifica delle sorgenti di tipo diffuso, lineare e puntuale.

La metodologia sviluppata consente la stima delle concentrazioni dei seguenti inquinanti: ossidi di zolfo, ossidi di azoto, polveri sottili con diametro inferiore a 10 micron, benzene e monossido di carbonio.

L'approccio sperimentale utilizzato consiste, come illustrato nel diagramma seguente, nell'integrazione di:

- misure in continua provenienti dalle reti di rilevamento della qualità dell'aria;
- campagne di misura effettuate con mezzi mobili;
- utilizzo dell'inventario delle emissioni e di modellistica di tipo diffusionale e statistico ai fini dell'integrazione dei risultati di cui ai punti precedenti.

In particolare, la valutazione modellistica consiste nell'applicazione di tre metodi complementari:

- valutazione delle concentrazioni su un reticolo di maglie 1 km x 1 km derivanti dalle emissioni lineari e diffuse mediante un modello statistico;
- integrazione delle valutazioni di cui al punto precedente con modelli di diffusione specifici delle sorgenti puntuali;
- eventuale integrazione delle valutazioni di cui ai punti precedenti con modelli di diffusione specifici delle sorgenti lineari.

Sulla base di tale valutazione sono state individuate le seguenti zone omogenee ed è stata quindi effettuata la classificazione del territorio:

- IT1001: area metropolitana di Perugia;
- IT1002: conca ternana;
- IT1003: comuni a media urbanizzazione con forte comparto industriale;
- IT1004: comuni a media urbanizzazione interessati da arterie importanti di traffico;
- IT1005: zona di mantenimento.

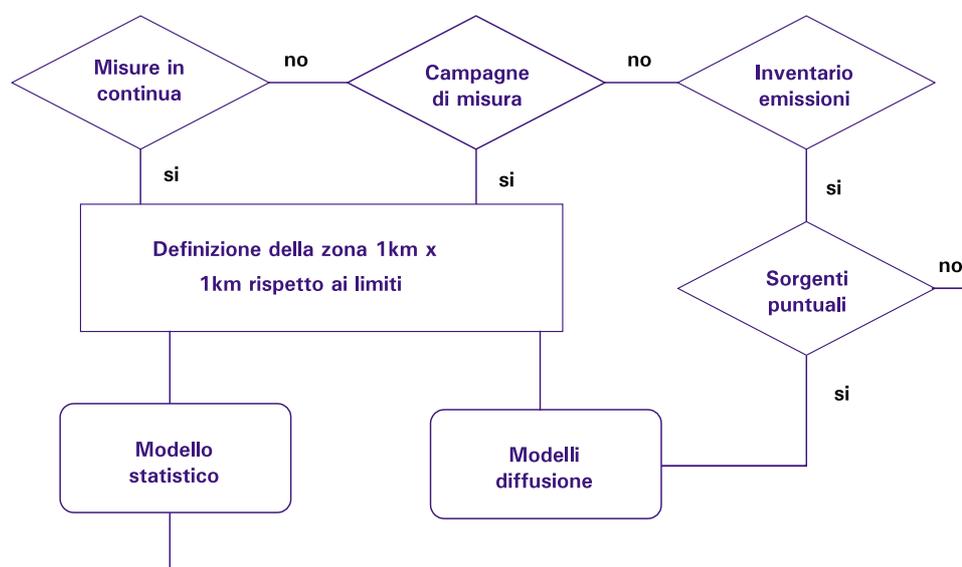


Figura 5 – Schema dell'approccio sperimentale utilizzato

Nella tabella 12 sono riportati i comuni appartenenti alle differenti zone con l'indicazione degli inquinanti che hanno determinato la zonizzazione e, in successione, la mappa delle zone.

Una prima conseguenza di questa zonizzazione è stata la riprogettazione della rete di rilevamento funzionale alle esigenze emerse appunto dalla individuazione delle suddette aree e degli inquinanti critici per esse, questa rimodulazione della rete ha consentito di elaborare un progetto di ottimizzazione, in termini numerici, delle stazioni di rilevamento e di arricchimento o

aggiornamento delle stesse come dotazione strumentale, concentrando in un numero contenuto di stazioni fisse, rispetto all'attuale, per l'acquisizione dei dati e delle informazioni per la conoscenza e la valutazione della qualità dell'aria.

Il passaggio successivo, in corso di realizzazione, è costituito dall'elaborazione di piani e programmi atti a garantire il risanamento delle aree critiche sopra individuate nonchè il mantenimento di quelle aree attualmente in condizioni di qualità dell'aria congruenti con i limiti imposti dalle norme vigenti.

IT1001	Area metropolitana di Perugia	054001	Assisi	NO ₂
		054002	Bastia	NO ₂
		054015	Corciano	NO ₂
		054026	Magione	NO ₂
		054039	Perugia	CO, NO ₂ , PM10
		054053	Torgiano	NO ₂
		054056	Umbertide	NO ₂
IT1002	Conca ternana	055022	Narni	NO ₂
		055032	Terni	NO ₂ , PM10
IT1003	Comuni a media urbanizzazione con forte comparto industriale	054024	Gubbio	CO, NO ₂
		054051	Spoletto	NO ₂
IT1004	Comuni a media urbanizzazione su arterie importanti di traffico	054013	Città di Castello	NO ₂ , PM10
		054018	Foligno	CO, NO ₂
		055023	Orvieto	NO ₂
IT1005	Zona di mantenimento	Tutti gli altri comuni		nessuno

Tabella 12 – Zone di risanamento per inquinante

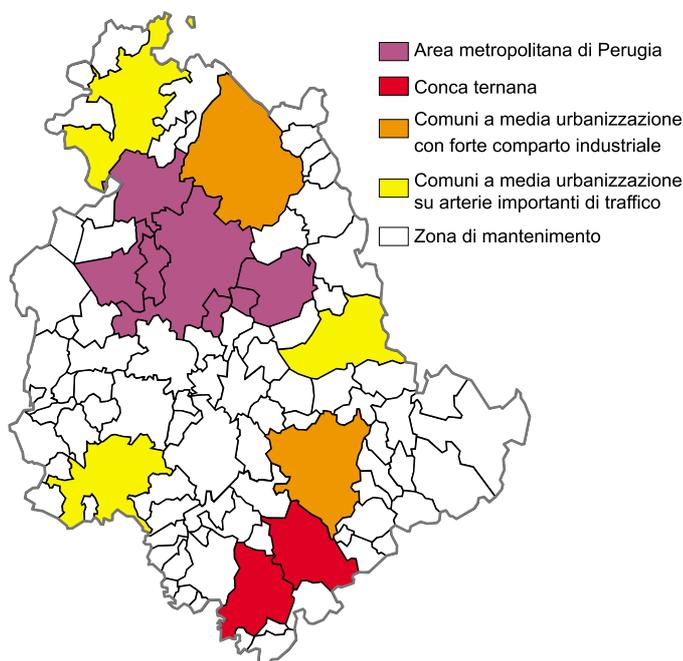


Figura 6 – Zonizzazione del territorio regionale umbro

Zona	Comune	NO ₂	PM10	CO
IT1001	054001	Assisi	M M	C
IT1001	054002	Bastia	M	
IT1001	054015	Corciano	M M	
IT1001	054026	Magione	M M	
IT1001	054039	Perugia	M M M	
IT1001	054053	Torgiano	M	
IT1001	054056	Umbertide	M M	
IT1002	055022	Narni	M M	
IT1002	055032	Terni	M M M	
IT1003	054051	Spoletto	M M	
IT1003	054024	Gubbio	M M M	
IT1004	054018	Foligno	M M M	
IT1004	054013	Città di Castello	M M C	
IT1004	055023	Orvieto	M M	
IT1005	055001	Acquasparta	M	
IT1005	055004	Amelia	M	
IT1005	055005	Arrone	M	
IT1005	055006	Attigliano	M M	
IT1005	054005	Campello sul Clitunno	M	
IT1005	054011	Citerna	M	
IT1005	054014	Collazzone	M	
IT1005	054023	Gualdo Tadino	C M	
IT1005	054027	Marsciano	C M	
IT1005	054034	Nocera Umbra	M	
IT1005	054035	Norcia	C	
IT1005	054037	Panicale	M	
IT1005	054038	Passignano sul Trasimeno	M	
IT1005	054044	San Giustino	C M	
IT1005	055029	Sangemini	M	
IT1005	054049	Sigillo	M	
IT1005	054050	Spello	M	
IT1005	054052	Todi	C M	
IT1005	054054	Trevi	C M	
IT1005	054055	Tuoro sul Trasimeno	M	
IT1005	054057	Valfabbrica	M	

Legenda:

M = monitoraggio in continuo

C = campagne

Tabella 13 – Elenco dei comuni soggetti a monitoraggio classificati per zona

5. Le reti di monitoraggio

Descrizione delle reti di monitoraggio del Comune di Perugia e della Provincia di Terni che controllano in maniera continua l'andamento della qualità dell'aria nei principali centri urbani delle due province.

Rete di monitoraggio del Comune di Perugia

La rete di monitoraggio operante sul territorio comunale di Perugia è costituita da 4 centraline fisse per la rilevazione in continuo della qualità dell'aria.

Tutte le centraline sono collegate, tramite linea telefonica dedicata, con una unità centrale operativa di raccolta ed elaborazione dati, ubicata presso il Dipartimento Provinciale di Perugia dell'ARPA Umbria. Il Centro di elaborazione dati della rete di monitoraggio ha la funzione di supervisore delle centraline e da esso è possibile controllare il funzionamento delle stazioni e visualizzare in tempo reale l'andamento dei parametri monitorati.

I dati convalidati sono resi disponibili quotidianamente (entro le ore 10,00 di ogni giorno feriali) sul sito internet di ARPA Umbria (www.arpa.umbria.it) per informazione alla cittadinanza.

La rete di Perugia comprende:

- 1 centralina di tipo A (“sulla quale misurare tutti gli inquinanti primari e secondari ed i parametri meteorologici di base nonché inquinanti non convenzionali [...] in aree non direttamente interessate dalle sorgenti di emissione urbana”), situata in località Parco Cortonese;
- 1 centralina di tipo B (“in zona ad elevata densità abitativa nella quale misurare la concentrazione di alcuni inquinanti primari e secondari con particolare riferimento a NO₂, idrocarburi, materiale particolato in sospensione”), situata in via della Scuola, Ponte San Giovanni;
- 2 centraline di tipo C (“in zona ad elevato traffico per la misura degli inquinanti emessi direttamente dal traffico autoveicolare – CO, idrocarburi volatili – situata in zona ad alto rischio espositivo quali strade ad elevato traffico e bassa ventilazione”) situate in località Fontivegge e Porta Pesa.

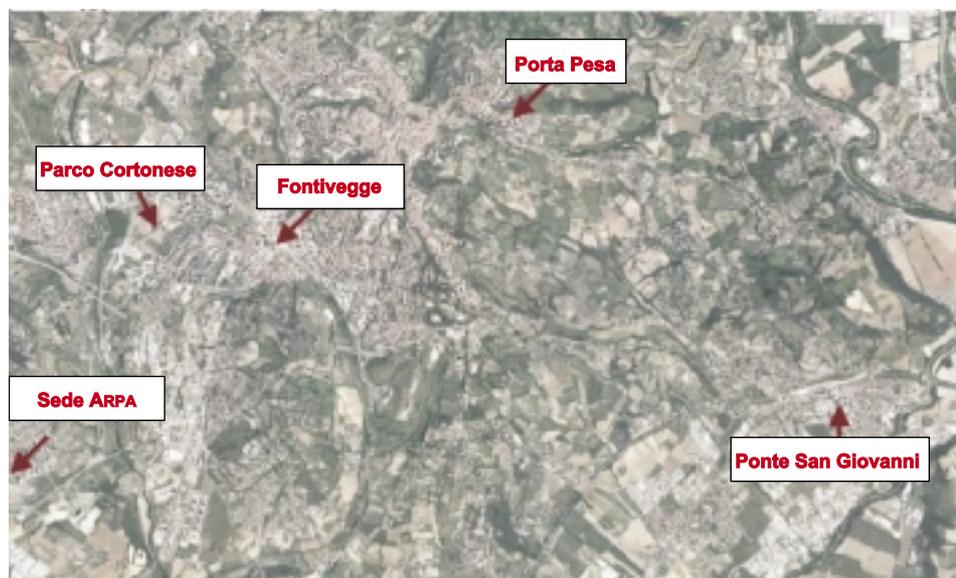


Figura 7 – Dislocazione delle postazioni di monitoraggio fisse della rete di rilevamento della qualità dell'aria nel comune di Perugia

6. Dati del monitoraggio dell'aria

I dati sul monitoraggio dell'aria sono annualmente riportati in pubblicazioni specifiche per il comune di Perugia e per la provincia di Terni. In questo capitolo si vuole offrire una visione complessiva della situazione, cercando una lettura dinamica dei trend registrati negli ultimi tre anni e integrando i dati della rete con i dati relativi alle campagne effettuate in sei grandi centri urbani dell'Umbria.

Ossidi di azoto (NO_x)

Rete di Perugia

Le concentrazioni di biossido di azoto, riconducibili essenzialmente al traffico autoveicolare, mostrano un complessivo peggioramento per il 2003 soprattutto nella postazione di Fontivegge dove si è superato non solo il limite della media annua, che risultava superato anche negli anni precedenti, ma anche quello della media oraria.

L'elaborazione dei dati per l'NO₂ mostra inoltre che, nelle postazioni di Parco Cortonese e di Ponte San Giovanni, è rispettato il "valore limite" (con nessun superamento) sia della media annuale, sia della media oraria, mentre nella postazione di Porta Pesa è rispettato il valore limite per

la media oraria, ma non per quella annuale; rimane comunque rispettato il limite aumentato del margine di tolleranza.

Nella postazione di Fontivegge, per quanto riguarda la media annua, si sono avuti 3 superamenti del limite e margine di tolleranza, mentre il valore limite della media oraria è stato superato per 172 volte invece dei 18 concessi dalla normativa.

Per le postazioni di Parco Cortonese, Porta Pesa e Ponte San Giovanni si hanno invece rispettivamente 1, 10 e 28 superamenti della soglia di valutazione superiore.

Tre stazioni su quattro fanno registrare negli ultimi due anni il superamento della soglia di valutazione superiore con una tendenza al leggero rialzo dei valori registrati.

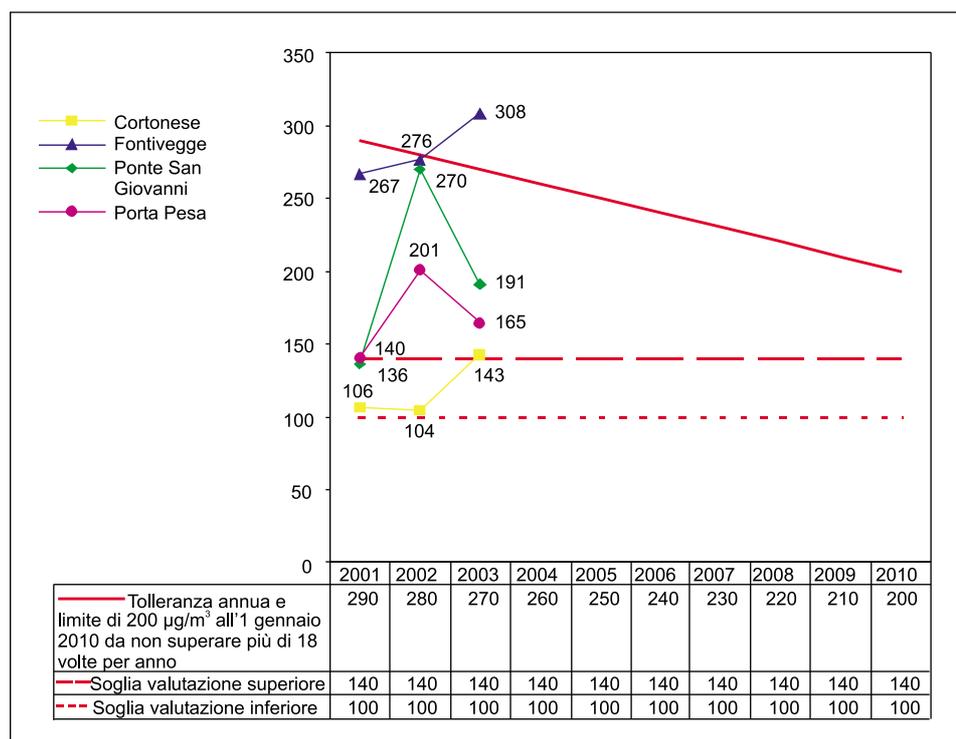


Grafico 17 – Biossido di azoto: rete di Perugia, media oraria (µg/m³), valore limite per la protezione della salute DM 60/2002

Nella stazione di Parco Cortonese, infine, si supera regolarmente il valore limite della media annua degli NO_x per la protezione della vegetazione, anche se il dato nei tre anni mostra una grande variabilità.

Rete di Terni

Per la rete di Terni al momento della stampa del documento non erano disponibili le elaborazioni dei dati al 2003 per NO_2 , NO_x , CO, ozono e SO_2 .

L'inquinamento da biossido di azoto si presenta in apprezzabile aumento nel Comune di Terni.

Gli aumenti maggiori hanno riguardato i valori medi annuali e si sono verificati nelle stazioni di Carrara (+15% nel valore medio annuale del 2002 rispetto al 2001), Polymer (+43%), Prisciano (+9%), mentre sembrano diminuire lievemente i valori di Borgo Rivo (-9%) e di via Verga (-9% circa). Anche gli ossidi di azoto complessivi (NO_x) risultano in generale aumento, segno evidente dei processi di combustione crescenti nella conca ternana (emissioni industriali e traffico autoveicolare). La lieve diminuzione in sole due stazioni induce a pensare che vi siano stati, nel 2002, effetti di variazione sui flussi di traffico.

Aumenti di NO_2 e NO_x si registrano an-

che nel Comune di Narni (ad eccezione della stazione di San Liberato), sia nelle medie annuali che nei massimi orari.

Anche la stazione di Orvieto-Ciconia mostra andamenti analoghi, con aumenti (contenuti) dei valori medi annuali e dei massimi orari anche se le variazioni sono più contenute. L'inquinamento da ossidi di azoto deve essere tenuto sotto stretto controllo, con interventi mirati sulle origini, anche in relazione ai nuovi criteri imposti dalla normativa che in alcuni casi non sono stati rispettati nel corso del 2002 (il limite per la protezione della vegetazione in vigore dal 2001 e fissato in $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di NO_x come media annuale, ad esempio, non viene rispettato in nessuna stazione). Per questo inquinante si supera ampiamente la soglia di valutazione superiore prevista dal DM 60/02, sia per la salute umana ($32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media annuale di NO_2) che per la vegetazione ($19,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media annuale di NO_x). I valori medi orari registrati si collocano, mediamente, tra la soglia inferiore e la soglia superiore di valutazione per la protezione della salute umana.

Per tutte le stazioni della rete, sia nel 2001 che nel 2002, non si sono avuti superamenti del valore limite della media oraria per la protezione della salute.

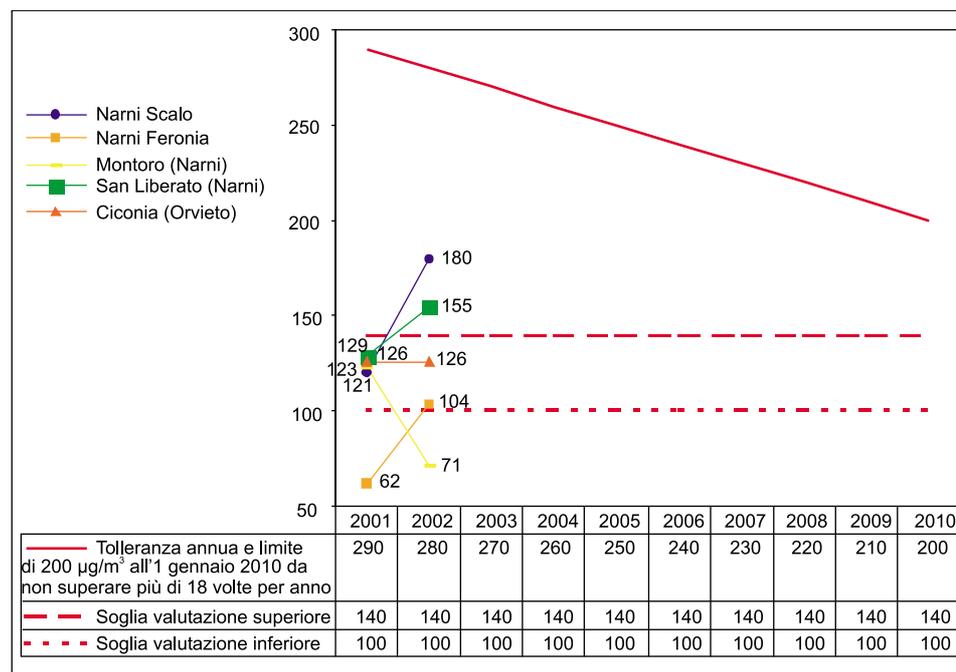


Grafico 21 – Biossido di azoto: rete di Terni, media oraria ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), valore limite per la protezione della salute DM 60/2002

Grafico 22a – Biossido di azoto: rete di Terni, media annua ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), valore limite per la protezione della salute DM 60/2002

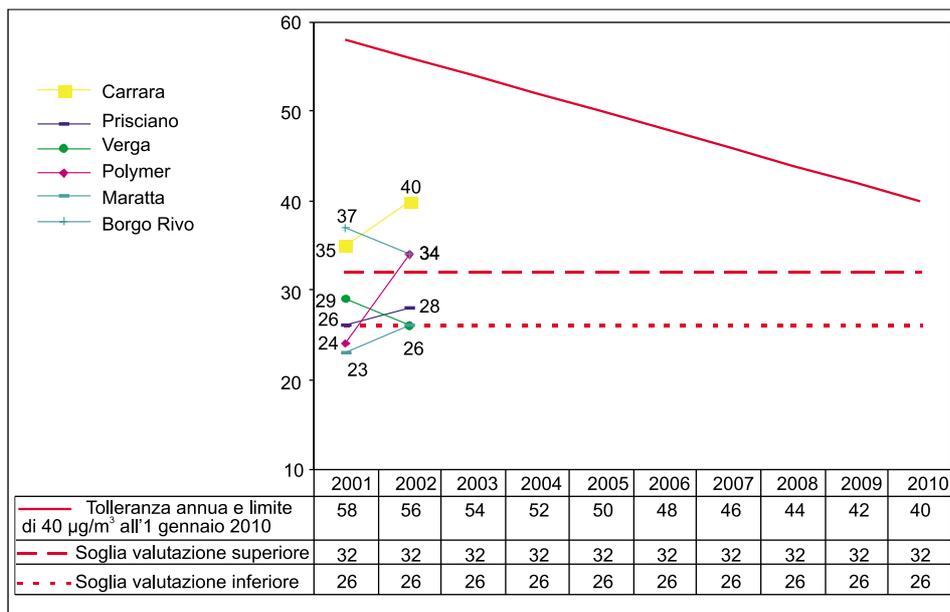


Grafico 22b – Biossido di azoto: rete di Terni, media annua ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), valore limite per la protezione della salute DM 60/2002

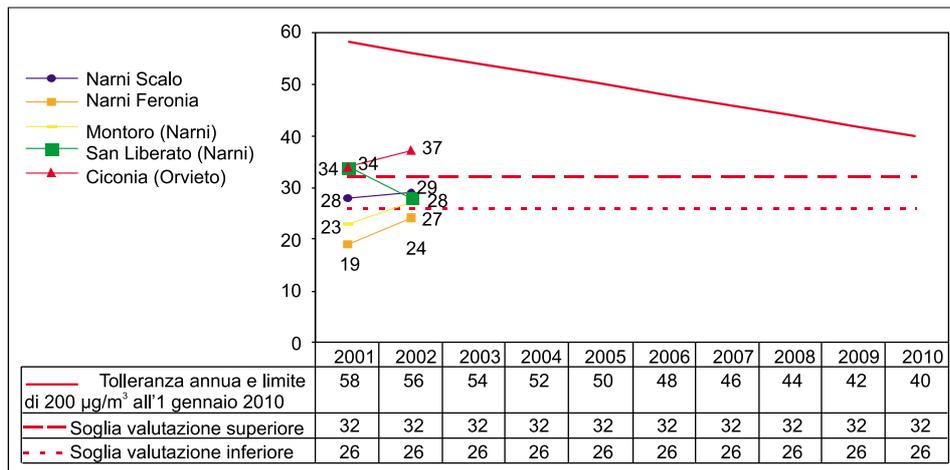
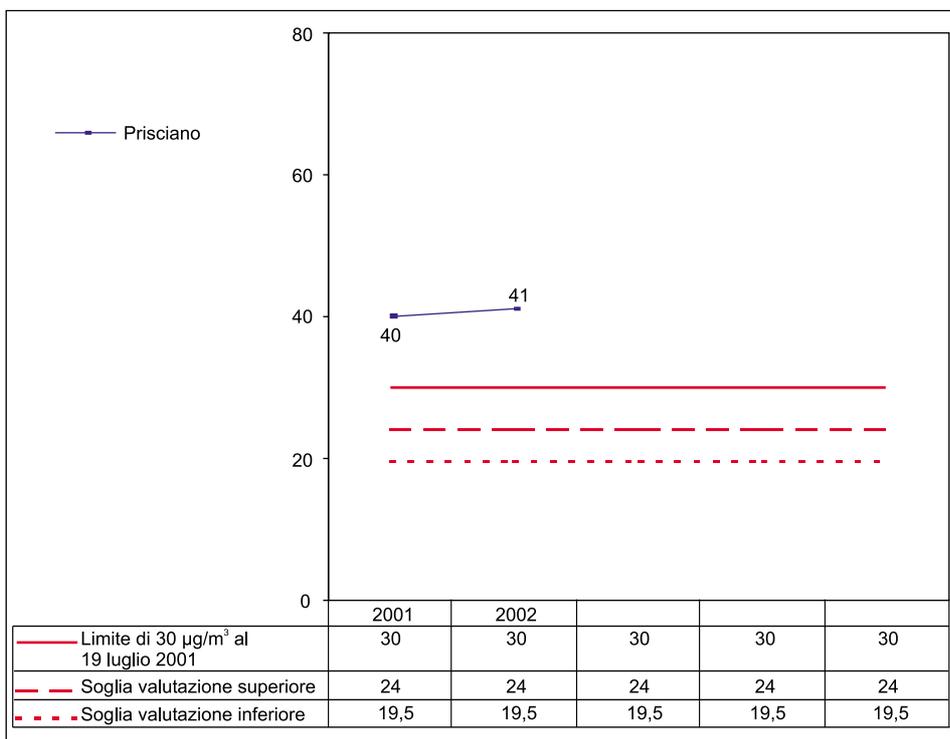


Grafico 23 – Biossido di azoto: rete di Terni, media annua ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), valore limite per la protezione della vegetazione DM 60/2002



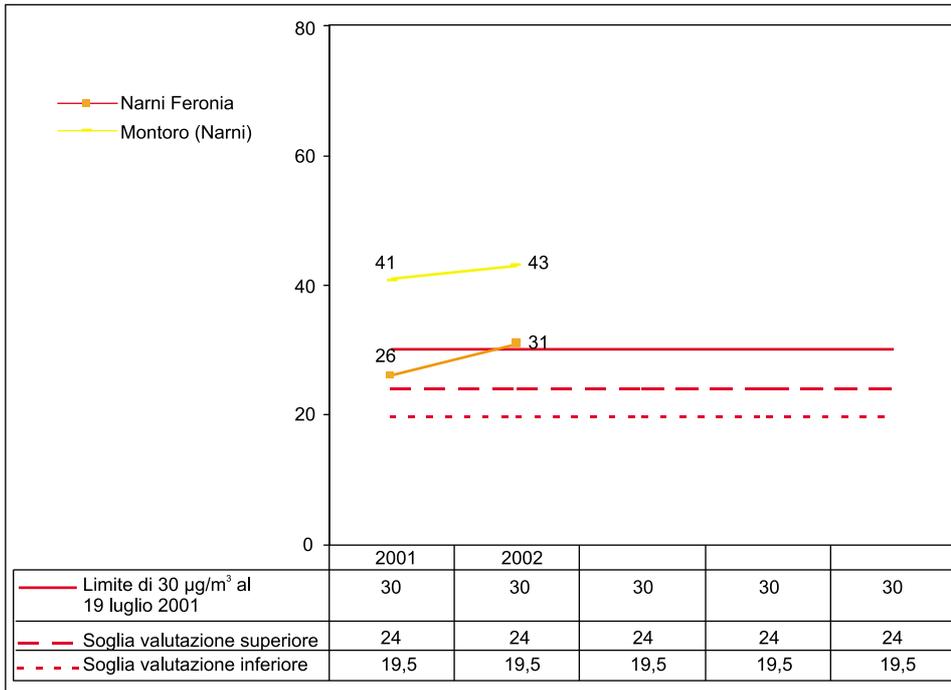


Grafico 24 – Ossidi di azoto: rete di Terni, media annua (µg/m³), valore limite per la protezione della vegetazione DM 60/2002

Campagne conoscitive

Nelle campagne svolte nelle aree urbane di Foligno, Spoleto e Città di Castello i valori di concentrazione del biossido di azoto (NO₂) in aria sono risultati al di sotto del valore limite per la protezione della salute (200 µg/m³) come valore orario, mentre il valore medio annuo è risultato al di sopra del limite previsto nel 2002 per la protezione della salute.

Nelle campagne svolte invece nei centri urbani di Todi, Castiglione del Lago e Gubbio, le concentrazioni di biossido di azoto (NO₂) sono risultate, come valore orario, al di sotto del limite e come valore medio totale, appena al di sotto del limite previsto nel 2002 per la protezione della salute.

Risultano superate le soglie di valutazione inferiore e superiore.

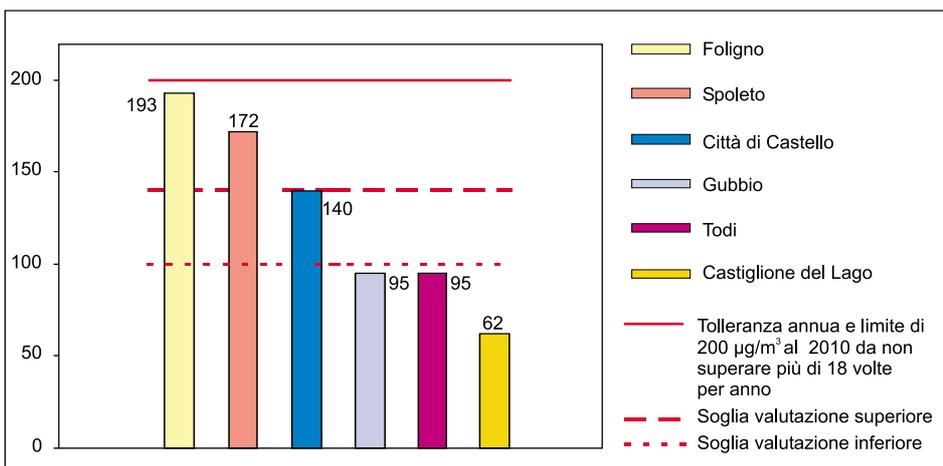
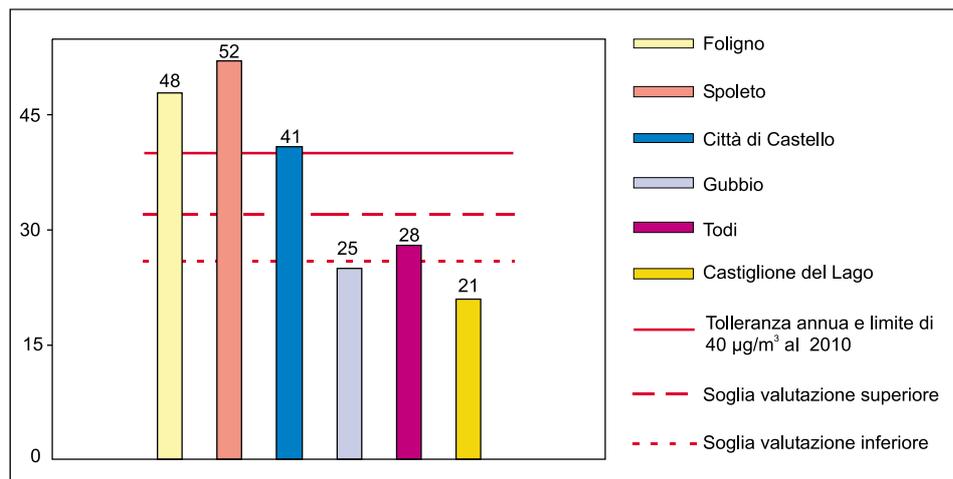


Grafico 25 – Biossido di azoto: media oraria (µg/m³), valore limite per la protezione della salute DM 60/2002

Grafico 26 – Biossido di azoto: media annua ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), valore limite per la protezione della salute DM 60/2002



Monossido di carbonio (CO)

Rete di Perugia

I valori di monossido di carbonio registrati, rispettano, già in tutte le postazioni, il limite da raggiungere nel 2005 per la massima media delle 8 ore.

Nelle postazioni di Parco Cortonese e Porta Pesa non si supera la soglia di valutazione superiore e neppure la soglia di valutazione inferiore che, invece, sono raggiunte nella postazione di Fontivegge con un andamento relativamente stabile nei tre anni (valori compresi tra 9 e 11 mg/m^3). Dall'analisi dell'andamento delle concentrazioni in un giorno tipo del periodo invernale, il traffico autoveicolare viene confermato come la principale causa della presenza di questo inquinante ed è per questo che, proprio nelle ore di punta del traffico, si hanno i massimi di concentrazione di monossido di carbonio.

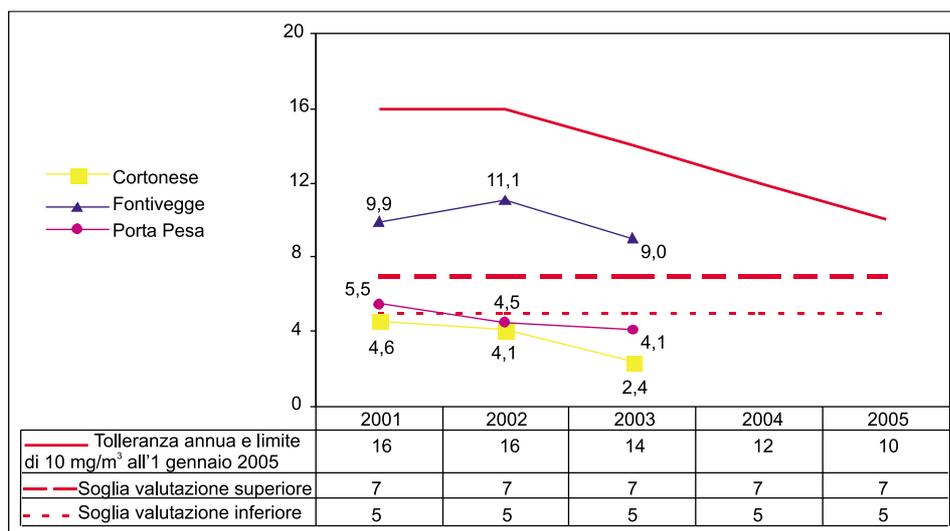
Rete di Terni

L'inquinamento da CO varia notevolmente da un punto all'altro della città e assume caratteristiche di rilievo solo in stretta prossimità di zone molto trafficate (incroci e semafori).

I limiti sono rispettati in entrambe le stazioni di monitoraggio di Terni (Verga e Carrara) e nella stazione di Orvieto Ciconia; in particolare, i massimi orari raggiunti si presentano molto al di sotto del limite in vigore prima del 2002 (15 mg/m^3 corrispondente alla soglia di attenzione) e i massimi sulle 8 ore (calcolati sulla media mobile, come prevede la nuova normativa) si mantengono al di sotto del limite di 16 mg/m^3 previsto per il 2002 (tale valore non è stato raggiunto durante l'anno).

Risulta rispettato anche il limite sulle 8 ore previsto per il 2006 (10 mg/m^3 , valore limite per la protezione della salute umana).

Grafico 27 – Monossido di carbonio: rete di Perugia, massima media su 8 ore (mg/m^3), valore limite per la protezione della salute DM 60/2002



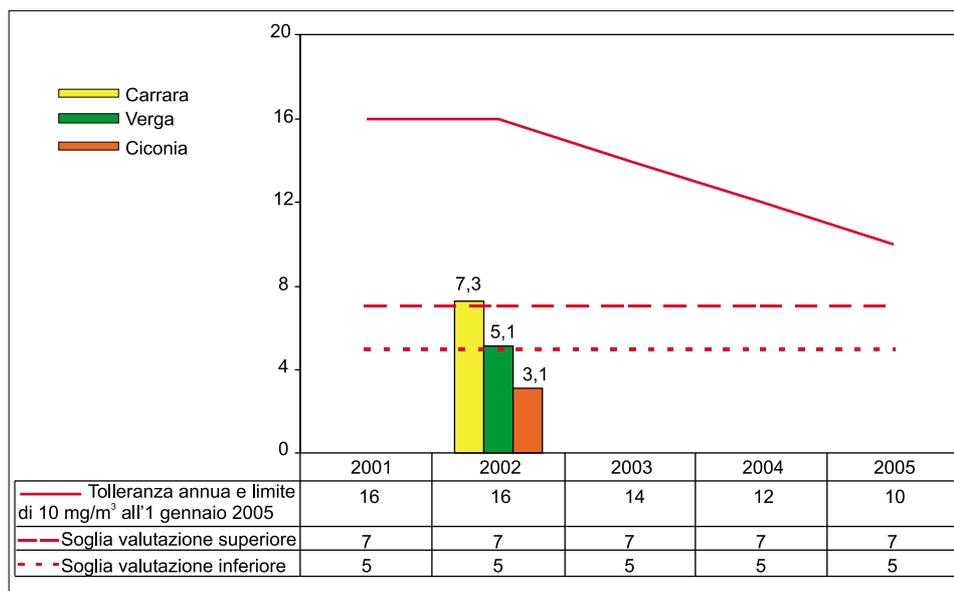


Grafico 28 – Monossido di carbonio: rete di Terni, massima media su 8 ore (mg/m³), valore limite per la protezione della salute DM 60/2002

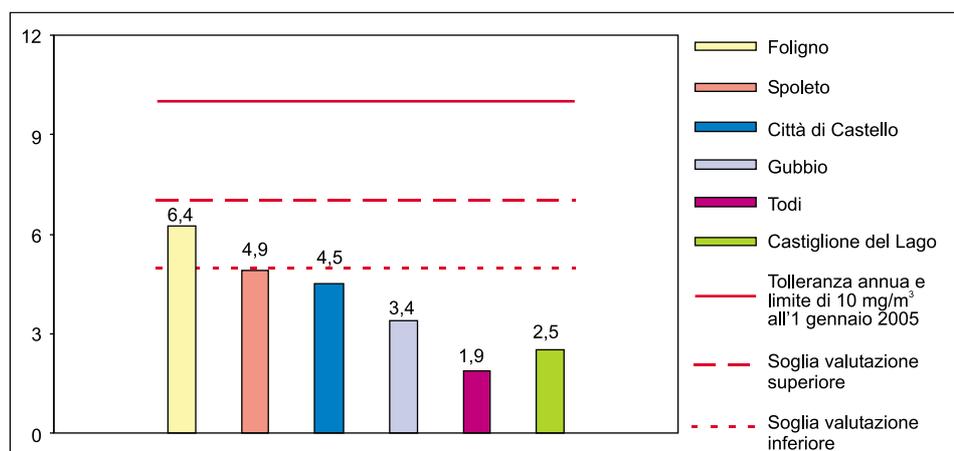


Grafico 29 – Monossido di carbonio: massima media su 8 ore (mg/m³), valore limite per la protezione della salute DM 60/2002

Per quanto riguarda le soglie di valutazione previste dal DM 60/02, i calcoli relativi al 2002 mostrano per Terni il raggiungimento della soglia di valutazione superiore per 6 volte presso la stazione Carrara, mentre la soglia di valutazione inferiore viene superata per 2 volte presso la stazione di Verga e per 119 volte presso la stazione di Carrara.

Nessun raggiungimento delle soglie è stato registrato presso la stazione di Orvieto-Ciconia, dove i valori medi sulle 8 ore si mantengono tutti al disotto della soglia di valutazione inferiore. Questi risultati evi-

denziano decisamente una maggiore criticità dell'inquinamento da traffico autoveicolare per la città di Terni rispetto ad Orvieto.

Campagne conoscitive

Per quanto riguarda il monossido di carbonio (CO), le concentrazioni in aria sono risultate sempre abbondantemente entro i limiti di legge in tutte le campagne effettuate.

Per Foligno risulta superata la soglia di valutazione inferiore ma non quella superiore.

Ozono (O₃)

Rete di Perugia

Per questo inquinante si hanno superamenti dei limiti di concentrazione per le medie di 8 ore nelle postazioni di Parco Cortonese e Ponte San Giovanni; nelle due postazioni sono superati anche i livelli di attenzione, mentre non si raggiungono mai i livelli di allarme.

I valori così alti di ozono sono perfettamente correlati alle eccezionali condizioni meteo riscontrate nel periodo estivo del 2003. L'esame del giorno tipo del periodo estivo, soprattutto per la postazione del Parco Cortonese ove per la minore presenza di inquinamento l'ozono è più stabile, conferma che le massime concentrazioni in aria di O₃ sono raggiunte nelle ore centrali e più assolate della giornata.

Rete di Terni

I risultati del monitoraggio dell'ozono evidenziano una situazione di criticità nel periodo estivo, accentuata nell'area comunale di Narni.

Per quanto riguarda il valore di riferimen-

to per la protezione della salute umana (medie di 8 ore superiori a 110 µg/m³), le situazioni più critiche si evidenziano a Terni, nelle stazioni di Borgo Rivo, Carrara e Maratta e a Narni, nelle stazioni di San Girolamo, Narni Scalo e Montoro.

Fuori limite risulta anche la stazione di Orvieto Ciconia, dove si sono registrati 60 superamenti del valore limite.

L'inquinamento da ozono presenta caratteristiche tali da dover necessariamente richiamare l'attenzione della comunità, anche in termini di interventi di contenimento che, a causa della complessità dei fenomeni di smog fotochimico, non possono prescindere dal controllo di tutti gli inquinanti primari, ed in particolar modo degli ossidi di azoto e degli idrocarburi insaturi (traffico auto-veicolare, impianti di riscaldamento ed emissioni industriali).

L'area maggiormente penalizzata risulta, come detto, il comune di Narni; i fenomeni fotochimici, tuttavia, sono da inquadrare su scala più vasta, e richiedono interventi concertati almeno a livello provinciale. È fuori da ogni dubbio (anche sulla base dell'analisi delle circolazioni atmosferiche e delle

Grafico 30 – Ozono: rete di Perugia, media 1 ora (µg/m³), livello di attenzione per la protezione della salute DM 16 maggio 1996

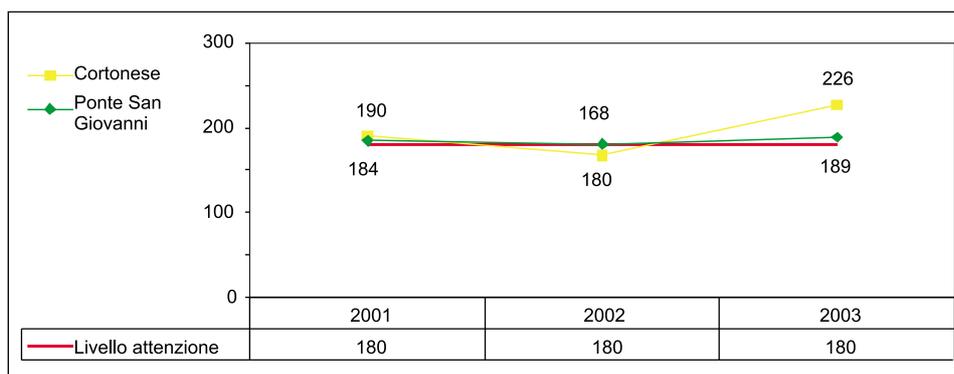
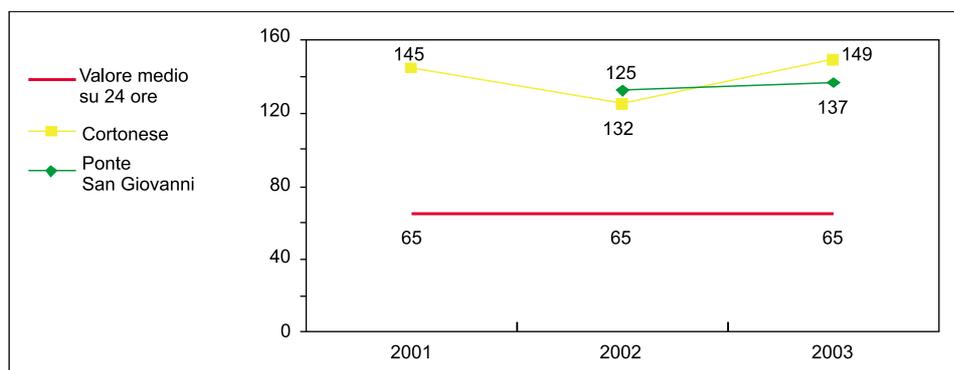


Grafico 31 – Ozono: rete di Perugia, media 24 ore (µg/m³), livello di attenzione per la protezione della vegetazione DM 16 maggio 1996



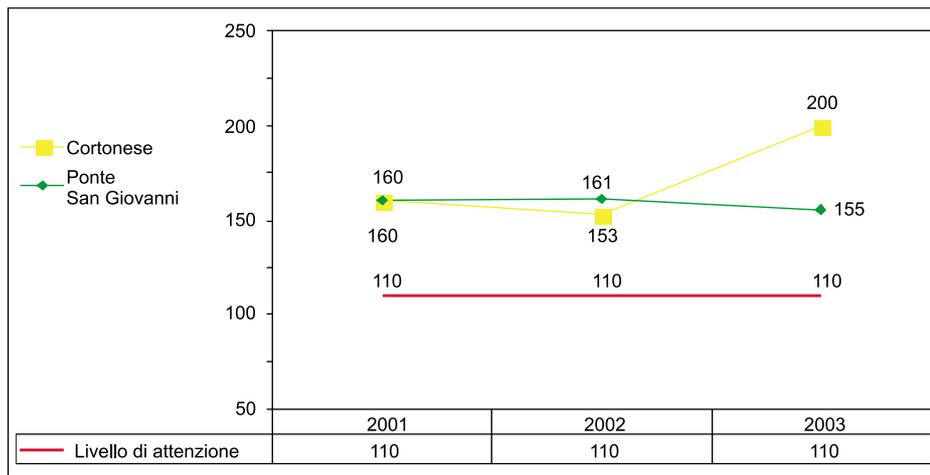


Grafico 32 – Ozono: rete di Perugia, media 8 ore (mg/m^3), livello di attenzione per la protezione della salute DM 16 maggio 1996

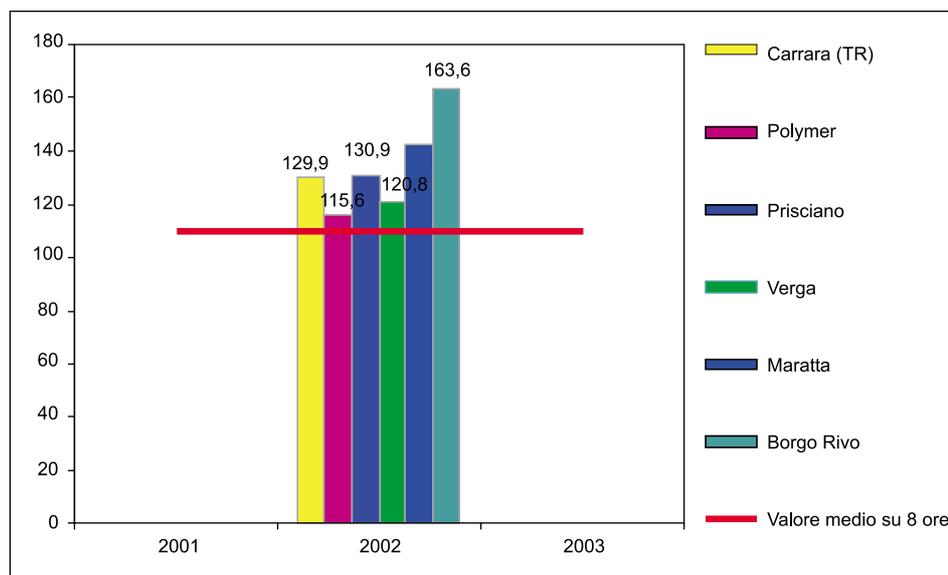


Grafico 33a – Ozono: rete di Terni, media massima 8 ore ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), valore limite per la protezione della salute DM 16 maggio 1996

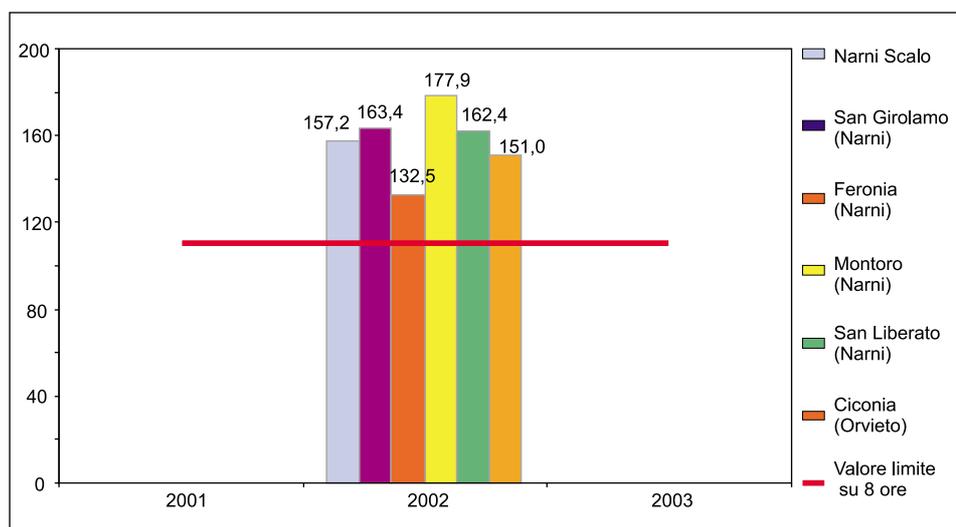


Grafico 33b – Ozono: rete di Terni, media massima 8 ore ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), valore limite per la protezione della salute DM 16 maggio 1996

prevalenze dei venti estivi) che le emissioni della conca ternana abbiano un ruolo determinante sui fenomeni fotochimici registrati nel narnese. In quest'area possono inoltre esservi fattori locali attivanti, come la presenza di idrocarburi derivanti anche da alcune tipologie di vegetazione. La situazione di maggiore criticità si manifesta nelle zone periferiche ed extraurbane, dove è maggiore l'effetto dell'insolazione estiva (Borgo Rivo e Maratta per il Comune di Terni, Montoro e San Liberato per il Comune di Narni).

Per quanto riguarda il punto di monitoraggio di Orvieto Ciconia, si osserva come anche quest'area si presenti caratterizzata da fenomeni fotochimici estivi di un certo rilievo, risentendo probabilmente degli effetti del traffico autoveicolare (anche in funzione dall'asse autostradale che attraversa la zona) e delle emissioni provenienti dall'agglomerato urbano di Orvieto.

L'inquinamento da ozono, in conclusione,

interessa tutti i punti di monitoraggio e, soprattutto nel periodo estivo, determina una situazione che può presentare alcuni rischi per la vegetazione e per la fascia più sensibile della popolazione. Il carattere di estrema diffusione di questo tipo di inquinamento e, soprattutto, la complessità dei precursori che possono originarlo, rendono non facili gli interventi di contenimento.

Campagne conoscitive

Per tutte le campagne eseguite nei centri urbani monitorati, le concentrazioni di ozono (O_3) rispettano i livelli di attenzione e di allarme e il limite relativo alla media oraria per la protezione della vegetazione, mentre risultano superati il limite relativo alla media mobile sulle 8 ore per la protezione della salute e la media di 24 ore per la protezione della vegetazione.

In generale, quindi, le campagne confermano la stessa criticità per l'ozono già evidenziata dalle reti di Perugia e Terni.

Grafico 34 – Ozono: media 1 ora ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), valore per la protezione della salute DM 16 maggio 1996

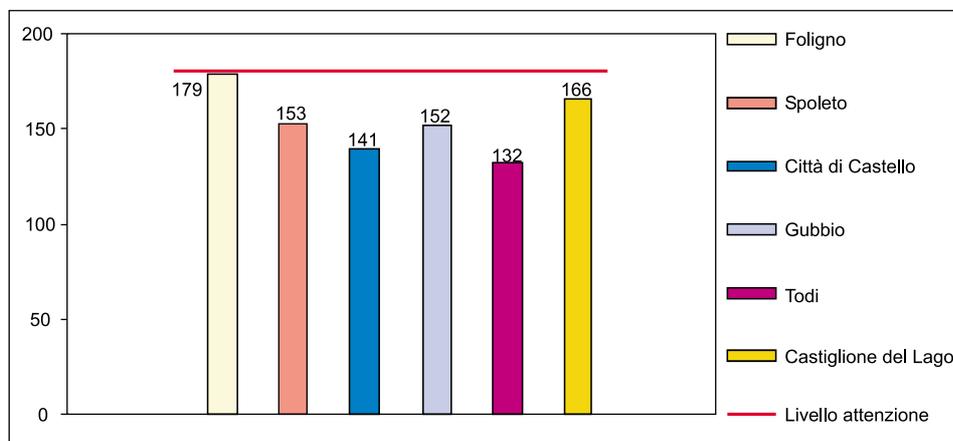
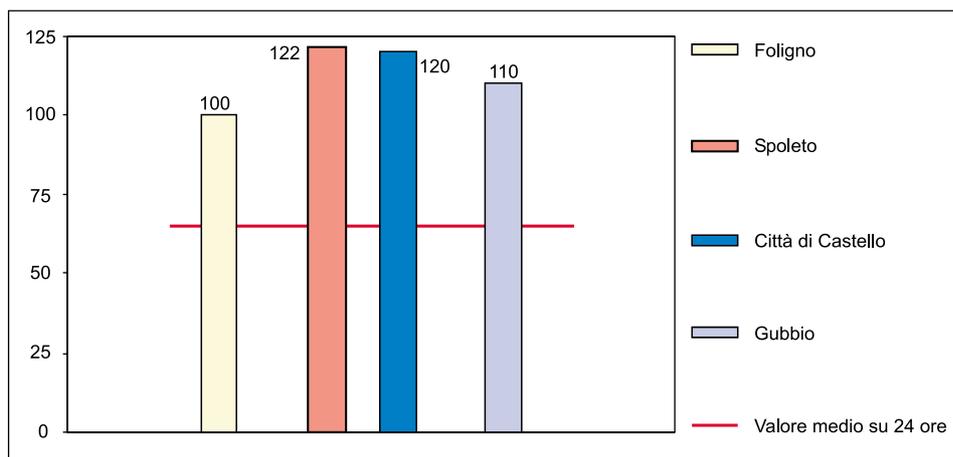


Grafico 35 – Ozono: media 24 ore ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), valore limite per la protezione della vegetazione DM 16 maggio 1996



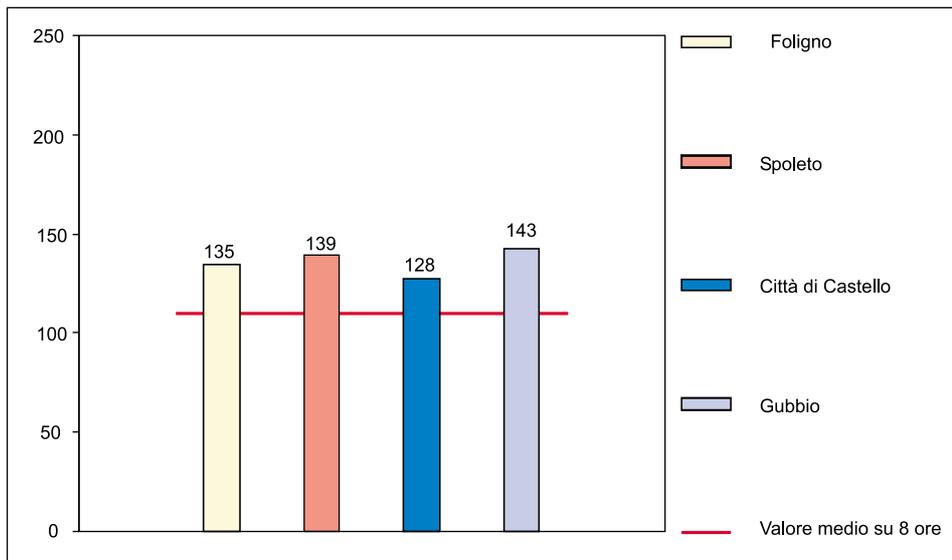


Grafico 36 – Ozono: media massima su 8 ore (µg/m³), valore limite per la protezione della salute DM 16 maggio 1996

Biossido di zolfo (SO₂)

Rete di Perugia

I valori delle concentrazioni riscontrate per tale inquinante sono ampiamente al di sotto sia dei valori limite, sia delle soglie di valutazione e ciò conferma la scarsa influenza di questo inquinante sulla qualità dell'aria del comune di Perugia, essendo i valori, inferiori alle soglie stesse di oltre un ordine di grandezza.

Rete di Terni

Anche se in misura minore rispetto a Perugia, i valori rimangono al di sotto dei limiti stabiliti dalla legge (valore limite orario e giornaliero per la protezione della sa-

lute umana) sia a Terni che a Narni, dove si raggiungono valori invernali molto vicini al valore limite per la protezione degli ecosistemi.

I valori medi invernali si collocano al di sopra della soglia di valutazione superiore stabilita dal DM 60/02 sia a Terni che a Narni; i valori medi giornalieri, invece, si collocano al di sotto della soglia inferiore di valutazione.

Campagne conoscitive

Per il biossido di zolfo (SO₂) le concentrazioni in aria sono risultate tutte di un ordine di grandezza più basso del più restrittivo limite individuato dal DM 60/2002 e più basse della soglia di valutazione inferiore, tali

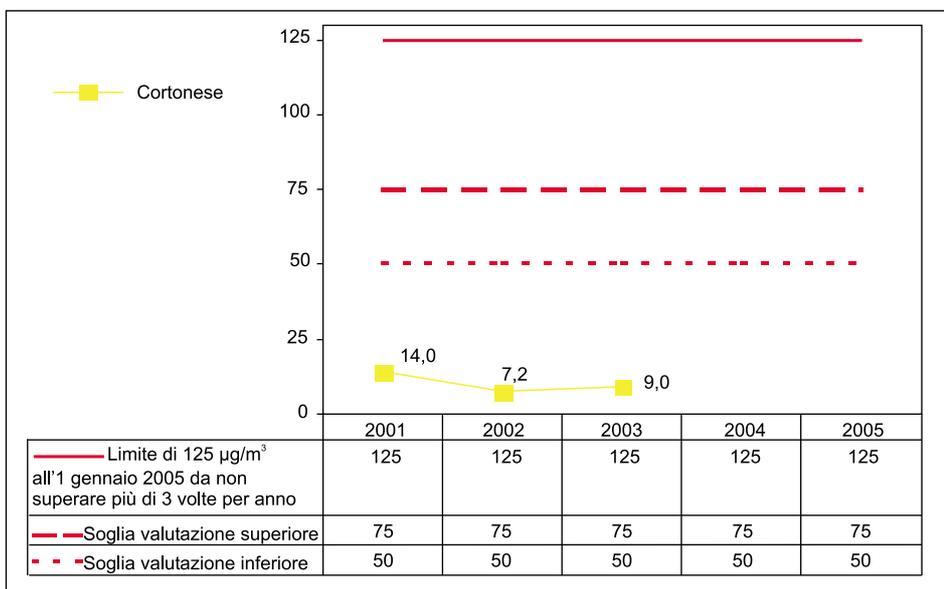


Grafico 37 – Biossido di zolfo: rete di Perugia, media 24 ore (µg/m³), valore limite per la protezione della salute DM 60/2002

Grafico 38 – Biossido di zolfo: rete di Terni, media 24 ore ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), valore limite per la protezione della salute DM 60/2002

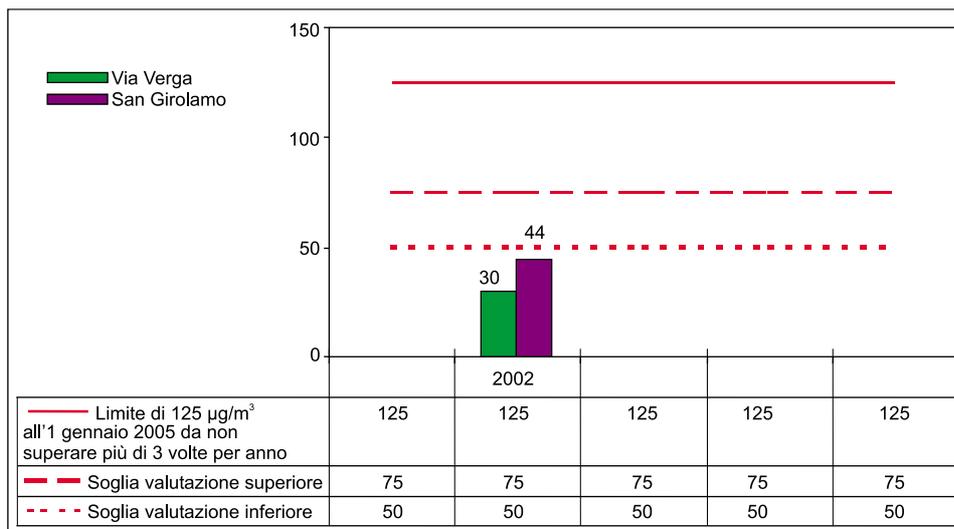
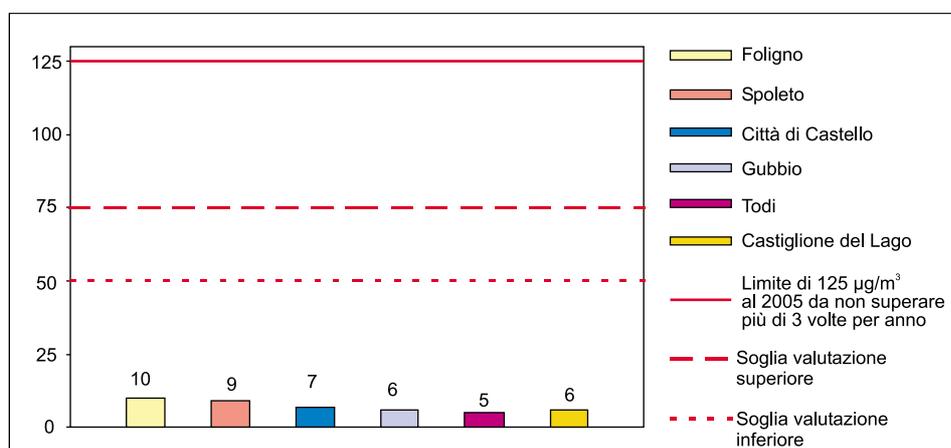


Grafico 39 – Biossido di zolfo: media 24 ore ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), valore limite per la protezione della salute DM 60/2002



così da poter dire che, per tutte le città monitorate, questo inquinante ha una scarsa rilevanza ai fini dell'inquinamento atmosferico.

Particelle sospese (PM10)

Rete di Perugia

I valori ottenuti per le polveri fini respirabili (PM10), anche nel corso del 2003 sono degni di attenzione nella postazione di Ponte San Giovanni, infatti, anche se si registra un lieve miglioramento rispetto all'anno precedente con la media annuale sotto il limite, si hanno 46 superamenti del limite a fronte dei 35 concessi dalle norme; a Fontivegge è confermata l'inversione di tendenza del 2002, con un incremento medio di concentrazione di circa il 20% rispetto ai dati del 2002, con una media annua di $52 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e un nume-

ro molto alto di superamenti (124 superamenti).

Si evidenzia, pertanto, almeno per questo inquinante, l'urgenza di adottare interventi mirati ad una modifica e/o riduzione della pressione del traffico nei punti di maggiore criticità individuati, anche in considerazione del fatto che per questo inquinante i limiti prevedono un'ulteriore diminuzione nel periodo 2005-2010 (fase 2 del DM 60/2002).

Rete di Terni

Il monitoraggio del PM10 nel comune di Terni mostra valori molto vicini tra gli anni 2002 e 2001. Si registrano lievi aumenti nei valori medi annuali nelle stazioni di Borgo Rivo e Maratta e una lieve flessione del valore medio annuale nella stazione Verga. I massimi giornalieri, invece, mostrano un deciso aumento nei 3

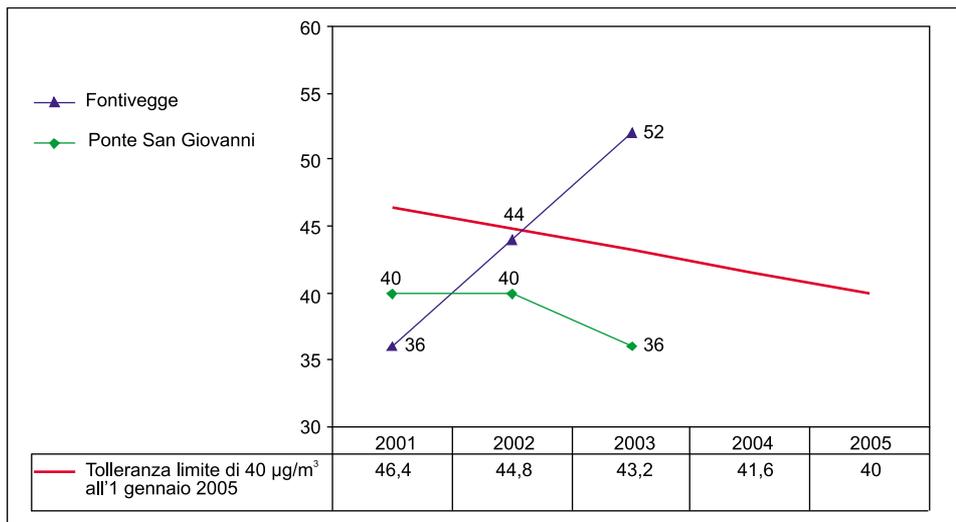


Grafico 40 – PM10 fase 1: rete di Perugia, media annua ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), valore limite per la protezione della salute DM 60/2002

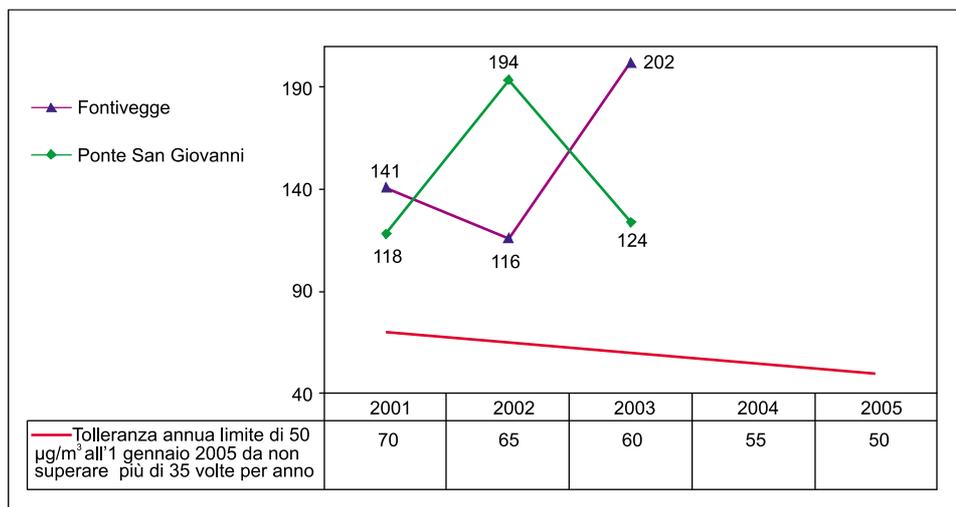


Grafico 41 – PM10 fase 1: rete di Perugia, media sulle 24 ore ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), valore limite per la protezione della salute DM 60/2002

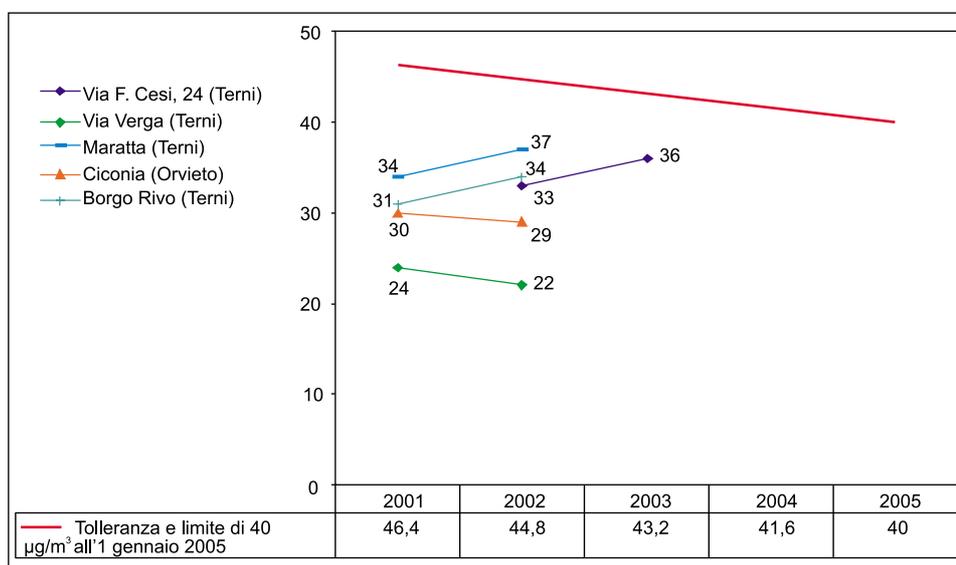


Grafico 42 – PM10 fase 1: rete di Terni, media annua ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), valore limite per la protezione della salute DM 60/2002

Grafico 43 – PM10: rete di Terni, media 24 ore ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), valore limite per la protezione della salute DM 60/2002

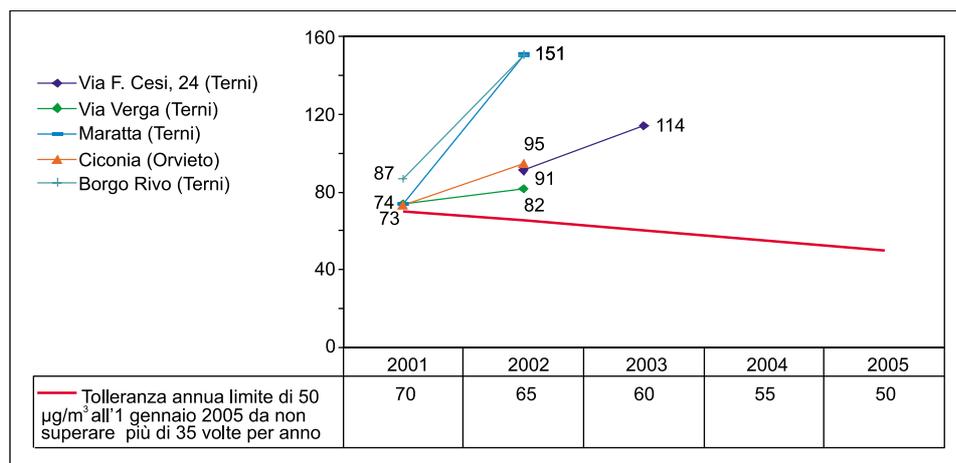


Grafico 44 – PM10: media annua ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), valore limite per la protezione degli ecosistemi DM 60/2002

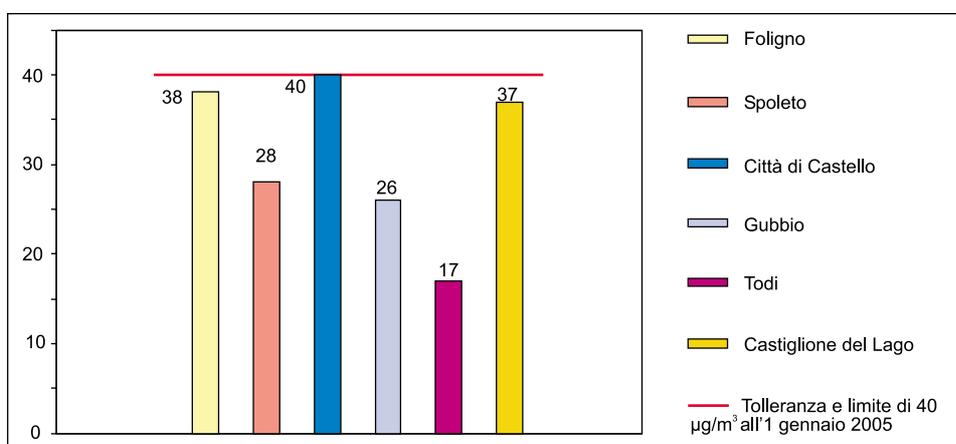
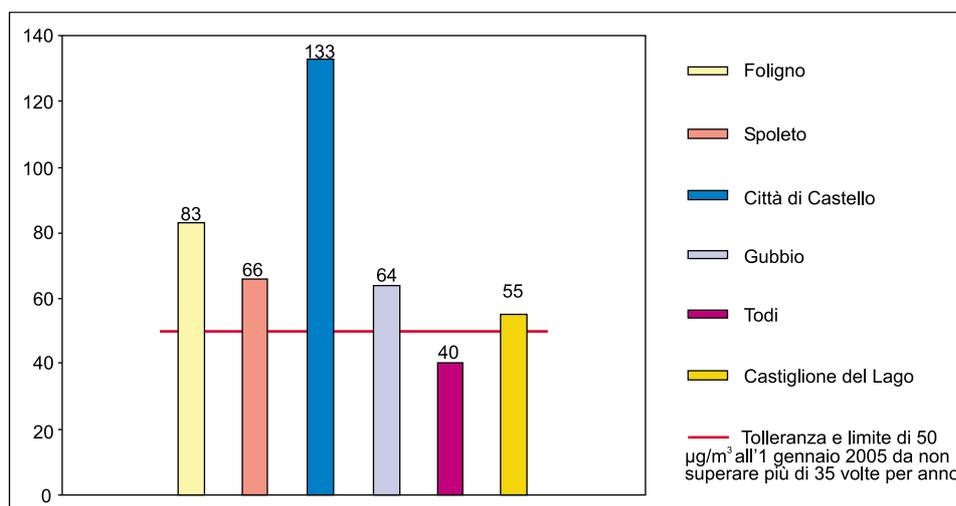


Grafico 45 – PM10: media 24 ore ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), valore limite per la protezione degli ecosistemi DM 60/2002



punti di monitoraggio. Per quanto riguarda i nuovi criteri stabiliti dal DM 60/02, viene rispettato il valore limite di 24 ore per la protezione della salute con il margine di tolleranza previsto per il 2002 (65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 35 volte l'anno); infatti anche se il valore limite per il massimo giornaliero è superato (vedi grafico 44), il numero di superamenti è infe-

riore a 35. Il limite previsto per il 2005 invece non viene rispettato (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ superati per più di 35 volte nelle stazioni di Borgo Rivo e Maratta). Il valore limite annuale per la protezione della salute umana previsto per il 2005, è rispettato in tutte le stazioni.

Migliore la situazione nel comune di Orvieto, dove è rispettato il valore limite

previsto per il 2002. La situazione generale dell'inquinamento da PM10 risulta appena accettabile; occorre limitare gli episodi di raggiungimento di valori giornalieri superiori a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (soprattutto nell'area ternana di Borgo Rivo - Maratta), in accordo anche con la nuova normativa. Azioni di contenimento di questo tipo di inquinante possono essere intraprese con provvedimenti sul traffico autoveicolare (fluidificazione del traffico, promozione dell'uso dei mezzi pubblici), con incentivazioni alla metanizzazione (anche degli autoveicoli), con il controllo della corretta combustione degli impianti destinati alla climatizzazione degli edifici (corretta manutenzione) e con il controllo delle emissioni industriali.

Campagne conoscitive

In tutte le campagne eseguite da Arpa Umbria nei vari centri urbani della regione, il valore delle medie annue del particolato fine PM10 risulta sempre inferiore al limite per la protezione degli ecosistemi previsto dal DM 60/2002 ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Per quanto riguarda la media giornaliera, il grafico relativo mostra che, tranne nel caso del centro urbano di Todi, viene superato il limite previsto dalla normativa ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$), ma in nessun caso viene superato il numero massimo di superamenti per anno consentito (35 superamenti annui).

Benzene

Rete di Perugia

I valori di concentrazione del benzene, rilevato con analizzatore automatico e con campionamenti passivi, risultano in diminuzione nel triennio in tutte le postazioni. Il benzene, monitorato a Fontivegge con analizzatore in continuo e a Cortonese, Porta Pesa, Ponte San Giovanni ed altre 11 postazioni distribuite in città con campionamenti passivi mediante "Radiello", rispetta abbondante il valore limite attualmente in vigore.

Anche il confronto con il limite previsto per il 2010 mostra una situazione tranquillizzante con una sola postazione (via XIV Settembre) ancora leggermente al di sopra del limite. Il trend di riduzione di questo inquinante in aria, che nel 2003 si è attestato intorno al 15% rispetto all'anno precedente, ci permette di affermare che il limite sarà sicuramente rispettato.

Rete di Terni

Il trend delle concentrazioni medie annue di benzene dal 2001 al 2003 mostra un'inversione di tendenza passando dal 2001-2002 al 2002-2003, in quanto prima c'è stata una netta diminuzione nei valori registrati in tutte le stazioni della rete (ad eccezione di quella in via Federico Cesi), mentre nell'ultimo anno c'è stato un sostanziale au-

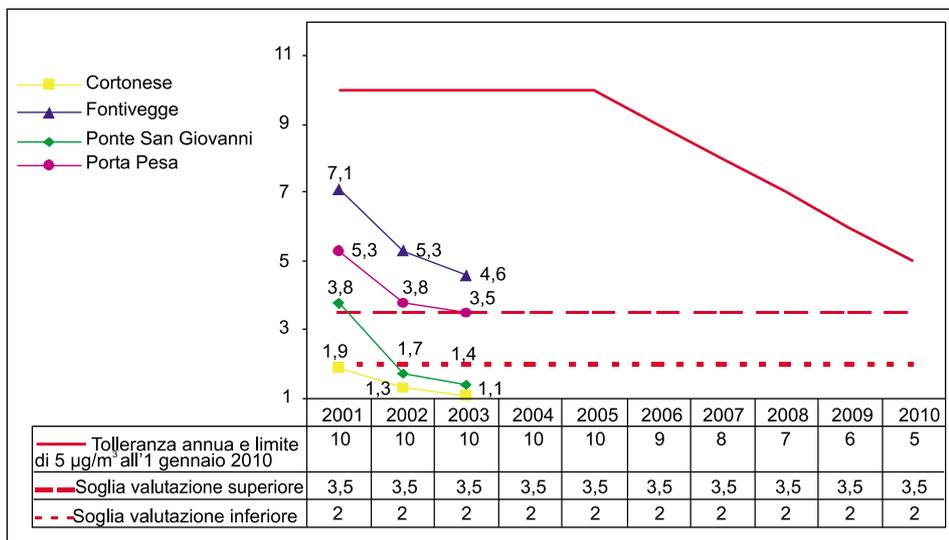


Grafico 46 – Benzene: rete di Perugia, media annua ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), valore limite per la protezione della salute DM 60/2002

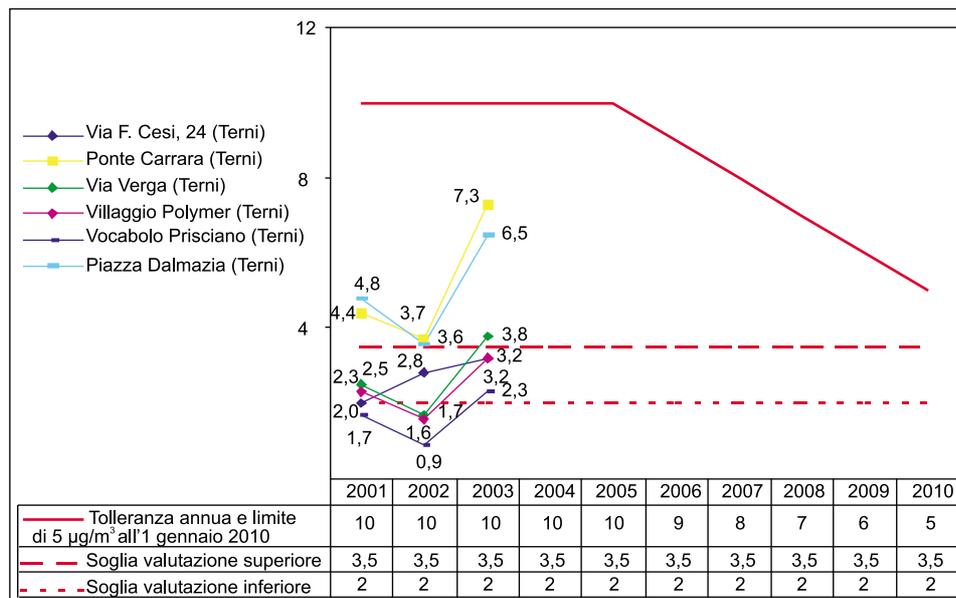


Grafico 47a – Benzene: rete di Terni, media annua (µg/m³), valore limite per la protezione della salute DM 60/2002

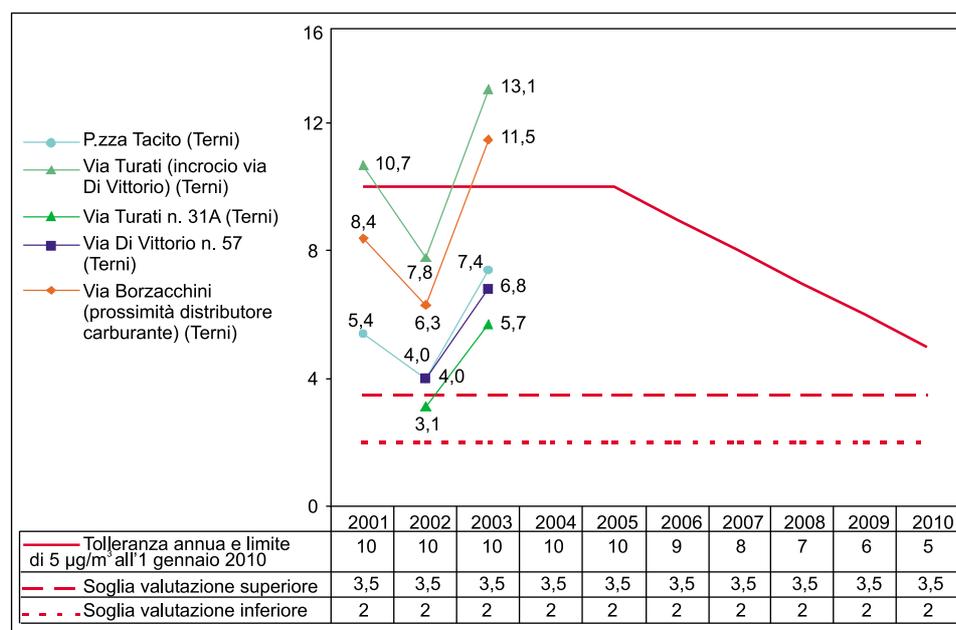


Grafico 47b – Benzene: rete di Terni, media annua (µg/m³), valore limite per la protezione della salute DM 60/2002

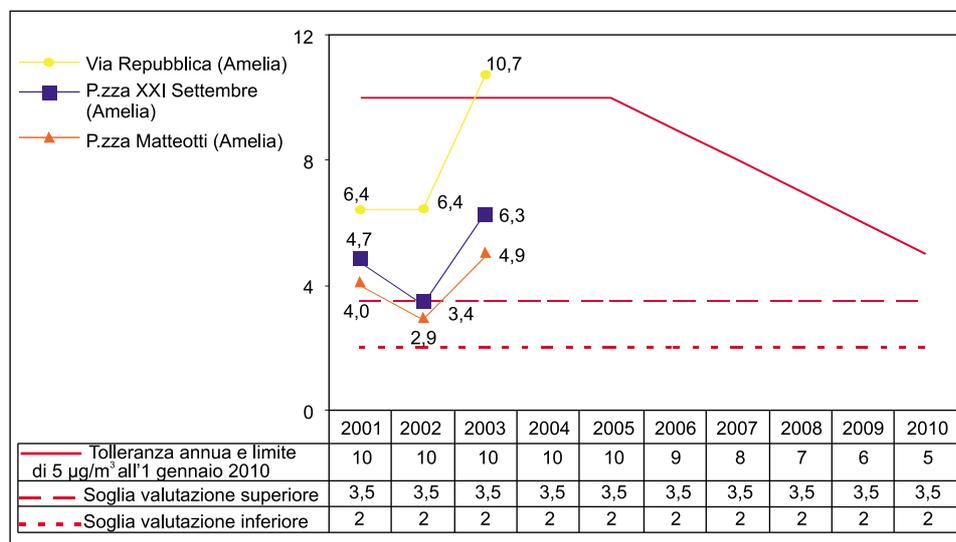


Grafico 47c – Benzene: rete di Terni, media annua (µg/m³), valore limite per la protezione della salute DM 60/2002

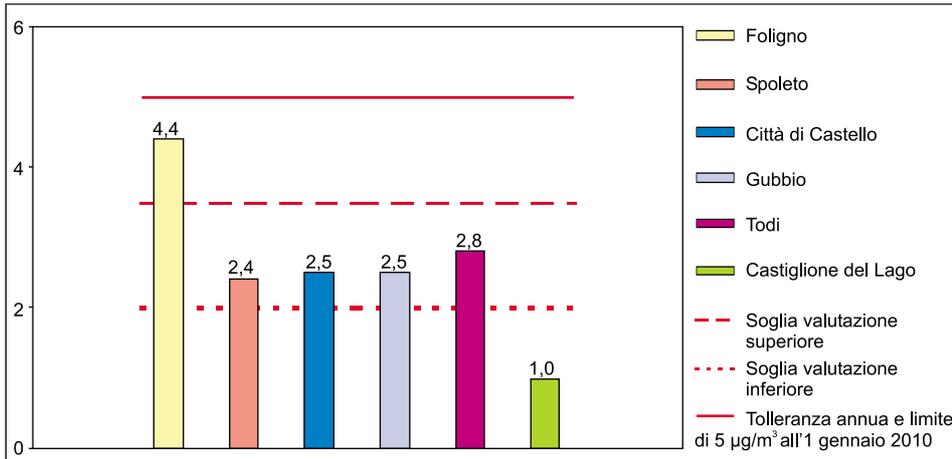


Grafico 48 – Benzene: media annua (µg/m³), valore limite per la protezione della salute DM 60/2002

mento che ha portato al superamento non solo della soglia di valutazione superiore (in ben otto stazioni della rete), ma in tre casi anche al superamento del valore limite.

Campagne

Per il benzene risulta rispettato il valore limite di 5 mg/m³ previsto per il 2010 per tutte le campagne eseguite dal laboratorio mobile di ARPA Umbria. Fatta eccezione per Castiglione del Lago, in tutte i centri urbani è stata superata la soglia di valutazione inferiore, mentre a Foligno è stata superata anche quella di valutazione superiore.

Metalli pesanti

Rete di Perugia

Per quanto riguarda i metalli pesanti, rile-

vati con metodica semiautomatica (prelievo su supporto filtrante ed analisi in laboratorio) solo in pochi casi si è avuto il superamento del limite di rilevabilità del metodo impiegato in laboratorio. Nella stazione di Fontivegge, la concentrazione del piombo, unico parametro per cui è fissato il limite, è risultata abbondantemente sotto i limiti.

Rete di Terni

Le concentrazioni di piombo in aria sono andate generalmente diminuendo nel corso degli anni rimanendo sempre ampiamente al di sotto del limite annuale che, in base al nuovo DM 60/02, è fissato in 0,5 µg/m³. Anche nel 2003, le concentrazioni giornaliere si sono mantenute su valori piuttosto bassi e il dato medio cumulativo, pari a

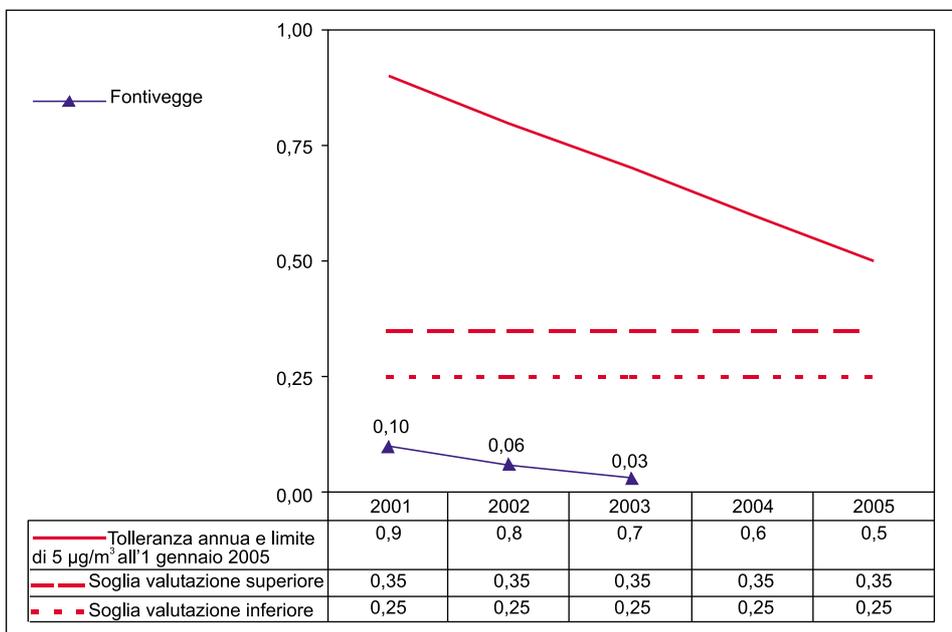


Grafico 49 – Piombo: rete di Perugia, media annua (µg/m³), valore limite per la protezione della salute DM 60/2002

Grafico 50 – Piombo: rete di Terni, media annua ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), valore limite per la protezione della salute DM 60/2002

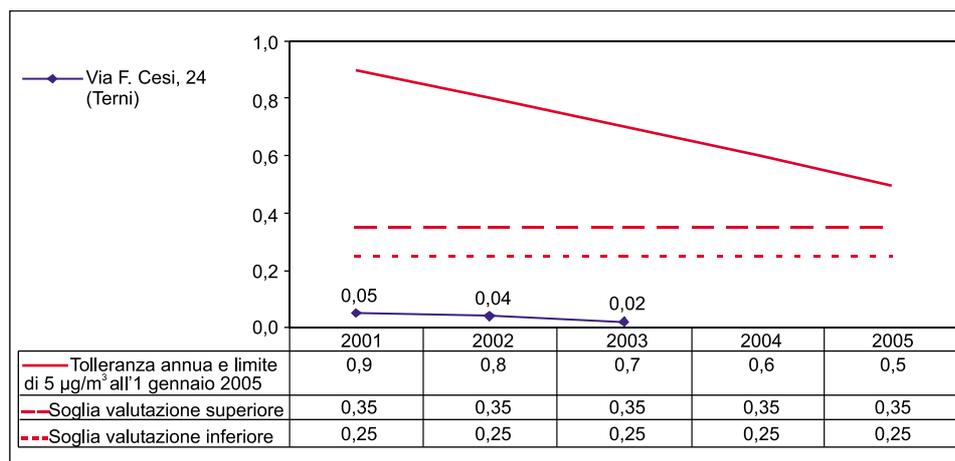
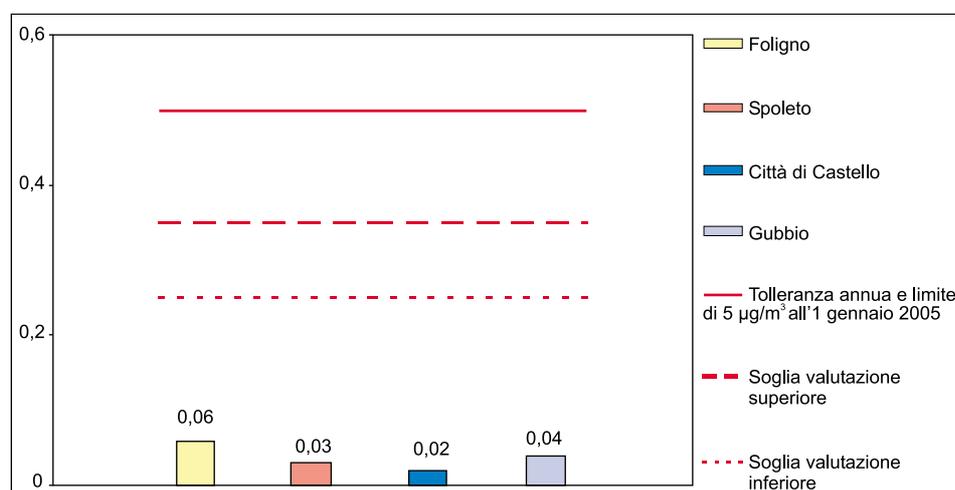


Grafico 51 – Piombo: media annua ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), valore limite per la protezione della salute DM 60/2002



$0,020 \mu\text{g}/\text{m}^3$ conferma l'andamento in diminuzione già riscontrato negli anni precedenti, da ricondurre ai diversi provvedimenti messi in atto sia a livello nazionale che locale (principalmente produzione di benzine senza piombo).

Campagne conoscitive

Il piombo è risultato ovunque più basso del limite a conferma che, con la scomparsa dal mercato delle benzine super e con l'uso ormai generalizzato delle benzine verdi, questo inquinante non rappresenta più alcun problema per la salubrità delle atmosfere urbane. Per gli altri metalli pesanti i valori di concentrazione in aria sono risultati molto bassi e da considerare trascurabili se non addirittura assenti.

Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

Rete di Perugia

Gli IPA sono attualmente monitorati nella postazione di Fontivegge; il valore rilevato dalla stazione nel 2003 è risultato in diminuzione rispetto al 2002 e comunque inferiore all'obiettivo di qualità di $1 \text{ ng}/\text{m}^3$.

Rete di Terni

La concentrazione media annuale di questo inquinante mostra un andamento crescente fino al 1990, con valori di poco superiori all'attuale limite, per poi diminuire ed attestarsi su valori inferiori al limite stesso. Il valore medio calcolato per l'anno 2002 risulta pari a $0,40 \text{ ng}/\text{m}^3$ e scende a $0,21 \text{ ng}/\text{m}^3$ nel 2003; dopo il risultato in contro-

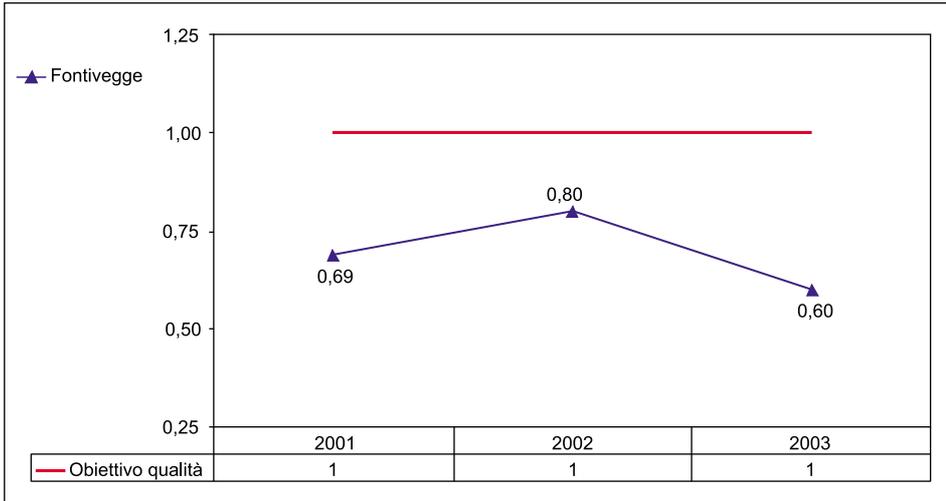


Grafico 52 – IPA: rete di Perugia, obiettivi di qualità (ng/m³) DM 25 novembre 2004

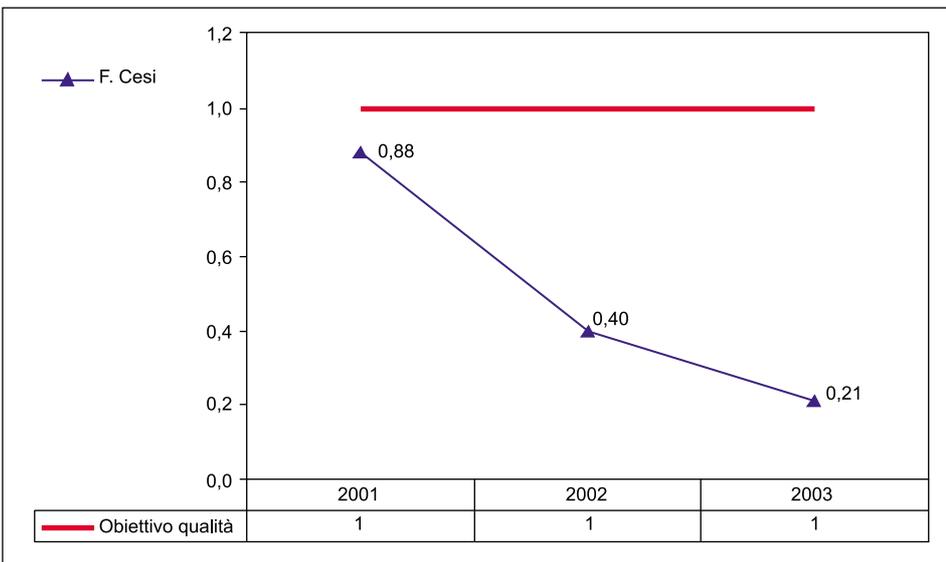


Grafico 53 – IPA: rete di Terni, obiettivi di qualità (ng/m³) DM 25 novembre 2004

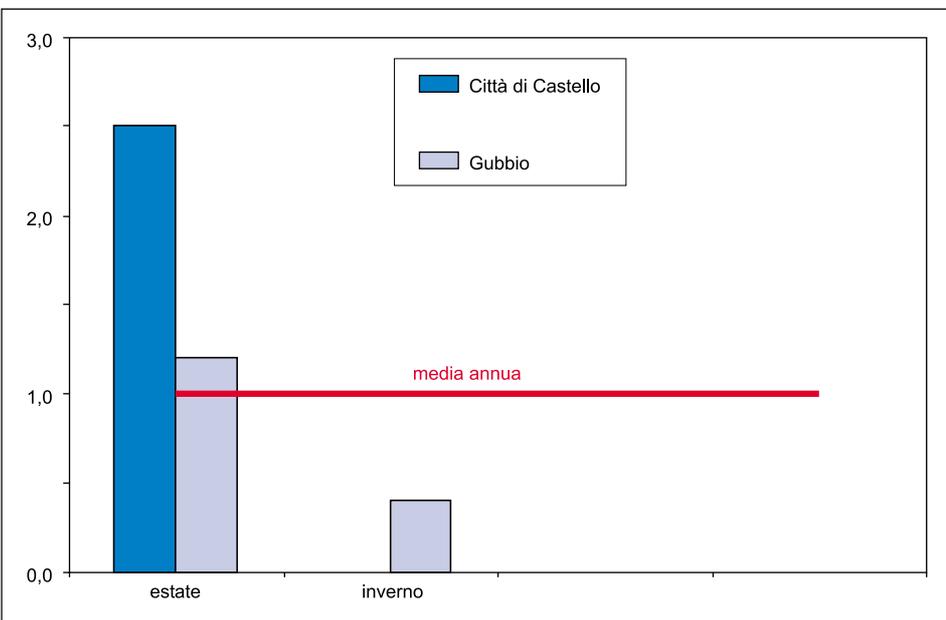


Grafico 54 – IPA: obiettivi di qualità (ng/m³) DM 25 novembre 2004

tendenza del 2001, quindi, sembra riprendere il trend decrescente dell'inquinante, ben visibile dalla linea di tendenza calcolata sulle medie annuali disponibili. È importante mettere in risalto inoltre che, sia il valore del 2002 che quello del 2001, potrebbe essere sovrastimato rispetto alla media annuale reale, in quanto non sono stati inclusi nel calcolo i valori relativi ai mesi estivi. Nel periodo estivo, infatti, la concentrazione di questa sostanza si riduce sensibilmente, a causa dell'instaurarsi in atmosfera di reazioni chimiche con la radiazione solare e lo stesso ozono che ne provocano la riduzione.

Campagne conoscitive

L'analisi degli IPA durante le campagne svoltesi nei maggiori centri urbani della regione ha riguardato, in particolare, i comuni di Castiglione del Lago, Città di Castello e Gubbio.

A Castiglione del Lago sono effettuati 10 campionamenti distribuiti nel periodo di monitoraggio della durata di 3 mesi; le concentrazioni in aria di questo inquinante non hanno mai prodotto una rilevanza analitica. A Città di Castello e a Gubbio, invece, le concentrazioni del benzo(a)pirene registrate nel periodo del monitoraggio sono risultate sopra il valore limite.

A Città di Castello questo parametro è stato rilevato nel periodo ottobre - dicembre 2002; i valori riscontrati nei mesi di novembre e dicembre sono nettamente al di sopra del limite previsto, come superiore è il valore medio del trimestre.

A Gubbio si sono svolte due campagne, una estiva ed una invernale; durante la campagna invernale del 2003, la media relativa a tre campioni di 24 ore ha registrato un valore molto alto, per cui si ritiene che questo inquinante debba essere tenuto sotto controllo nell'area in questione.

Il traffico veicolare, privato e pubblico, rappresenta, come noto, la principale sorgente di inquinamento atmosferico in ambito urbano, alla quale vanno ad aggiungersi il riscaldamento degli edifici e le emissioni in atmosfera generate dalle attività produttive.

Il miglioramento dei livelli di inquinamento può e deve essere perseguito principalmente con strategie di intervento sulla mobilità e sulla domanda di mobilità, con interventi programmati di pianificazione dei flussi veicolari, della viabilità, che coinvolgono, per forza di cose, tutta l'area urbana nel suo complesso, nonché con lo sviluppo del trasporto pubblico, pulito ed efficiente, e con forme di controllo, incentivazione e innovazione che riguardino sia i veicoli a motore che tutte le altre sorgenti inquinanti.

Di seguito (pp. 68-69), si riporta un quadro riassuntivo, per ogni stazione della rete, sulla base dell'ultimo dato disponibile di ciascun inquinante.

In tutta la regione, è confermata una situazione di sostanziale controllo per il biossido di zolfo, il piombo, il monossido di carbonio e gli idrocarburi policiclici aromatici; per questi inquinanti, in generale, si registrano trend in diminuzione o che comunque non mostrano sostanziali cambiamenti.

Gli inquinanti che danno maggiore preoccupazione sono l' NO_2 , l' NO_x , il particolato fine (PM10) e l'ozono.

L' NO_2 è un elemento di criticità per l'ambito urbano perugino; infatti le medie orarie registrate per questo inquinante superano, in tutte le stazioni, la soglia di valu-

tazione superiore; nella stazione di Fontivegge viene superato sia il valore limite orario (per ben 172 volte) che quello annuo, rendendo la situazione allarmante.

Anche per Foligno, Spoleto e Città di Castello, durante le campagne svoltesi tra il 2000 ed il 2003, le concentrazioni medie annue di NO_2 superano il valore limite previsto dalla normativa vigente.

Gli NO_x , importanti per la protezione della vegetazione, rappresentano un elemento di forte pressione sia per Perugia che per Terni ed Orvieto dove il valore limite per la protezione della vegetazione viene superato.

Anche le polveri PM10 rappresentano un fattore di criticità per l'inquinamento dell'aria in ambito urbano. Le concentrazioni di polveri non segnano evidenti segnali di riduzione nel corso di questi anni, perfettamente in linea con quella che è la crescita del traffico veicolare in genere, il quale contribuisce in maniera oltremodo importante alla produzione di materiale particolato sospeso.

A Perugia il problema delle polveri sottili è molto preoccupante; nelle due postazioni di Fontivegge e Ponte San Giovanni, le concentrazioni del PM10 come medie nelle 24 ore, non solo superano il valore limite, ma anche il numero di superamenti concessi nell'arco di un anno; a Fontivegge, per esempio, il numero di superamenti del valore limite è quasi quattro volte quello concesso dalla normativa (124 superamenti sui 35 permessi).

Un'ulteriore considerazione sul PM10 va fatta nell'ambito delle campagne eseguite nei maggiori centri urbani del territorio

	CO	Benzene	Pb	O ₃	O ₃	O ₃	IPA
Media	8 ore	Annua	Annua	1 ora	24 ore	8 ore	Annua
Perugia (2003)							
Cortonese		X		L	L	L	
Fontivegge	S	S	X				X
Ponte San Giovanni	X	X		L	L	L	
Porta Pesa	X	S					
Terni	2002	2003	2003	2002	2002	2002	2003
Via F. Cesi, 24		I	X				X
Ponte Carrara	S	S				L	
Via Verga	I	S				L	
Villaggio Polymer		I				L	
Vocabolo Prisciano		I				L	
Piazza Dalmazia		S					
Piazza Tacito		S					
Via Turati (via Di Vittorio)		L					
Via Turati n. 31A		S					
Via di Vittorio n. 57		S					
Via Borzacchini		L					
Maratta						L	
Borgo Rivo						L	
Amelia (2002)		2003					
Via Repubblica		L					
Piazza XXI Settembre		S					
Piazza Matteotti		S					
Narni (2002)							
San Girolamo							
Narni Scalo							
Narni Feronia							
Montoro							
San Liberato							
Orvieto (2002)							
Ciconia	X					L	
Campagne (2000-02)*							
Foligno	I	S	X	X	L	L	
Spoletto	X	I	X	X	L	L	
Città di Castello	X	I	X	X	L	L	
Gubbio	X	I	X	X	L	L	
Todi	X	I		X			
Castiglione del Lago	X	X		X			

Tabella 16 – Inquinanti per i quali la normativa prevede il numero massimo di superamenti concessi

Valori

L	> di limite + tolleranza
S	> soglia valutazione superiore
I	> soglia valutazione inferiore
X	< soglia valutazione inferiore

* Confronto con limite finale DM60

regionale: Foligno, Spoleto, Città di Castello, Gubbio e Castiglione del Lago. Durante queste indagini le medie massime sulle 24 ore hanno evidenziato il superamento del valore limite per la protezione della salute previsto per il 2005 (50 µg/m³); il numero di superamenti, però, è inferiore a

quello permesso dalla normativa, per cui la situazione si può considerare ancora accettabile, ma sicuramente da tenere sotto controllo.

Un ulteriore elemento di criticità generale per quasi tutti i maggiori centri urbani della regione è l'ozono; le concentrazioni di

Media	SO ₂		SO ₂		SO ₂	NO ₂		NO ₂	NO _x	PM10		PM10
	oraria (per Perugia 3 ore)	superamenti (24 sup/anno concessi)	24 ore	superamenti (3 sup/anno concessi)	annua TR inv PG	1 ora	superamenti (18 sup/anno concessi)	annua	annua	24 ore	superamenti (35 sup/anno concessi)	annua
Perugia (2003)												
Cortonese	X		X		X	S	1	I	L			
Fontivegge						L	172	L		L	124	L
Ponte San Giovanni						S	28	S		L	46	X
Porta Pesa						S	10	S				
Terni												
	2002		2002		2002	2002		2002	2002	2003		2003
Via Federico Cesi, 24										X		X
Ponte Carrara						I	n.d.	S				
Via Verga	X		X		S	I	n.d.	I				
Villaggio Polymer						I	n.d.	S				
Vocabolo Prisciano						X		I	L			
P.zza Dalmazia												
P.zza Tacito												
Via Turati (via di Vittorio)												
Via Turati n. 31A												
Via Di Vittorio n. 57												
Via Borzacchini												
Maratta						X		I				
Borgo Rivo						S	n.d.	S				
Amelia (2002)												
Via Repubblica												
P.zza XXI Settembre												
P.zza Matteotti												
Narni (2002)												
San Girolamo	X		X		S							
Narni Scalo						S	n.d.	I				
Narni Feronia						I	n.d.	X	L			
Montoro						X		I	L			
San Liberato						S	n.d.	I				
Orvieto (2002)												
Ciconia						I	n.d.	S		L	6	X
Campagne (2000-02)*												
Foligno	X		X		X	S		L		L	6	X
Spoletto	X		X		X	S		L		L	5	X
Città di Castello	X		X		X	S		L		L	9	L
Gubbio	X		X		X	X		X		L	31	X
Todi			X		X	X		I		X		X
Castiglione del Lago			X		X	X		X		L	2	X

Valori

L	> di limite + tolleranza
S	> soglia valutazione superiore
I	> soglia valutazione inferiore
X	< soglia valutazione inferiore

* Confronto con limite finale DM60

n.d. = non disponibile

ozono superano i valori limite in tutte le stazioni di monitoraggio della rete di Perugia e Terni. Anche durante le campagne condotte nei centri urbani di Foligno, Spoleto, Città di Castello e Gubbio, i valori di ozono misurati superano il valore limite previsto dalla normativa.

Le dinamiche di formazione, trasporto e rimozione dell'ozono troposferico e degli altri inquinanti secondari dello smog fotochimico, sono molto complesse e ancora limitate le conoscenze sui meccanismi che ne influenzano le concentrazioni al suolo, pertanto non sono sufficienti interventi contingenti a carattere locale per limitare la concentrazione in aria di questi

inquinanti, ma è necessario intervenire sui precursori nel medio e lungo periodo, tenendo anche conto della possibilità del trasporto a lunga distanza.

Infine, va evidenziato come a Terni e ad Amelia, le campagne di monitoraggio del benzene hanno fatto rilevare situazioni di forte criticità con valori annuali che, in alcune stazioni, superano l'obiettivo di qualità di 10 µg/m³.

È da mettere in evidenza, tuttavia, che le zone più critiche sono quelle più trafficate, in particolare l'incrocio stradale tra via Turati e via Di Vittorio (il dato viene rilevato campionando presso il palo semaforico al centro dell'incrocio) e l'asse viario di via

Tabella 17 – Inquinanti per i quali la normativa non prevede il numero massimo di superamenti concessi in un anno

Borzacchini (caratterizzato dalla presenza di alcune stazioni di servizio di carburanti), circostanze che sicuramente tendono a penalizzare le informazioni che si traggono dalle misure. Negli altri punti di monitoraggio, i valori medi annuali si mantengono entro l'obiettivo di qualità, anche se nella maggior parte dei punti di monitoraggio la soglia di valutazione superiore prevista dal DM 60/2002 viene abbondantemente superata.

Dare un giudizio complessivo sulla qualità dell'aria in Umbria non è semplice perché essa varia in funzione delle fonti di emissione e anche delle caratteristiche topografiche e morfologiche del territorio, delle condizioni meteorologiche locali, del periodo considerato e di numerosi altri fattori.

È possibile comunque dire che la situazione illustrata in questo report attesta un trend regionale, relativamente al comportamento degli inquinanti, in linea con una tendenza nazionale determinata esclusivamen-

te da azioni di carattere generale (nuove norme di omologazione dei veicoli, carburanti meno inquinanti, ecc.); si evidenzia l'assenza dell'azione di forza sul territorio ottenibile esclusivamente con azioni a livello locale, per esempio incentivazioni per il ricambio dei veicoli, l'uso del bollino blu, una spinta verso la metanizzazione, forti limitazioni al traffico veicolare in aree critiche, ecc. (la costruzione della metropolitana va già in questa direzione).

Sicuramente, il ritardo che si può evidenziare in questa fase verrà recuperato in occasione della elaborazione e successiva attuazione dei "Piani e programmi" previsti dal DLGS 351/99, sui quali l'Amministrazione regionale sta già lavorando dopo l'acquisizione dello studio di zonizzazione del territorio, e che consentirà di intervenire con piani di azione nelle aree critiche ovvero di mantenere le condizioni di qualità ambientale nelle altre parti del territorio regionale.

Bibliografia e riferimenti internet

BIBLIOGRAFIA

- ARPA Lazio, *Il monitoraggio della qualità dell'aria nella regione Lazio* (serie "Quaderni"), Roma 2002.
- ARPA Piemonte, *Rapporto sullo stato dell'ambiente 2002*, Torino 2002.
- ARPA Umbria - Dipartimento di Perugia, Comune di Perugia, *Relazione annuale qualità dell'aria nel comune di Perugia 2003*.
- ARPA Umbria - Dipartimento di Terni, Provincia di Terni - Servizio Tutela Ambientale, *Relazione annuale sulla qualità dell'aria nella provincia di Terni 2002*.
- ARPA Umbria - Dipartimento di Perugia, *Monitoraggio qualità dell'aria. Comune di Foligno (dal 01/09/00 al 31/03/01; dal 16/06/02 al 27/10/02)*.
- ARPA Umbria - Dipartimento di Perugia, *Monitoraggio qualità dell'aria. Comune di Spoleto (dal 28/10/02 al 21/05/03)*.
- ARPA Umbria - Dipartimento di Perugia, *Monitoraggio qualità dell'aria. Comune di Città di Castello (dal 16/06/00 al 23/08/00 - dal 3/10/02 al 03/01/03)*.
- ARPA Umbria - Dipartimento di Perugia, *Monitoraggio qualità dell'aria. Comune di Castiglione del Lago (dal 10/04/02 al 02/07/02)*.
- ARPA Umbria - Dipartimento di Perugia, *Monitoraggio qualità dell'aria. Comune di Gubbio (dal 5/07/02 al 30/09/02; dal 10/10/03 al 31/12/03)*.
- ARPA Umbria - Dipartimento di Perugia, *Monitoraggio qualità dell'aria. Comune di Todi (dal 25/09/01 al 11/06/02)*.
- Comune di Firenze - Assessorato all'Ambiente, *La qualità dell'aria. Problematiche ambientali ed effetti sulla salute*, Firenze 2000.
- DM 2 aprile 2002, n. 60.
- Istituto Superiore di Sanità, *Normative sulla qualità dell'aria e recepimento delle Direttive della Unione Europea*, in "Annali 2003", 35 (3), pp. 343-350.
- Provincia di Torino, Università degli Studi di Torino, *Inquinamento atmosferico e salute. Un documento di approfondimento sui temi della qualità dell'aria e delle implicazioni sulla salute*, Torino 2003.
- Regione Lombardia, ARPA Lombardia, *Segnali ambientali della Lombardia. Rapporto sullo stato dell'ambiente 2002*, Milano 2002.
- Valutazione ex ante ambientale 31 dicembre 2002, DOCUP Obiettivo 2*.
- Valutazione della qualità dell'aria ambiente, classificazione del territorio in zone o agglomerati e definizione delle aree per il monitoraggio* (lavoro svolto nell'ambito della Convenzione del 09/12/2002 con la Regione Umbria: "Implementazione del Pia-

no per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria della Regione Umbria", Deliberazione della Giunta Regionale n. 247 del 17 luglio 2002).

WHO, *Guidelines for air quality*, Ginevra 1999.

RIFERIMENTI INTERNET

www.arpat.toscana.it

www.enea.it

www.epa.gov

www.europe.eu.int

www.iarc.fr

www.iss.it

www.niesh.nih.gov

www.nonsoloaria.com

www.who.int