



*I cambiamenti verificatisi a partire dagli anni '70 nella struttura economica della Lombardia e negli stili di vita, sommati ad una serie di interventi normativi che hanno interessato numerosi settori produttivi e civili, hanno determinato la riduzione delle emissioni degli inquinanti convenzionali. Gran parte della popolazione lombarda rimane però ancora esposta ad elevate concentrazioni di ozono e polveri sottili la cui riduzione necessita di ulteriori interventi. Per quanto riguarda i danni agli ecosistemi le cause principali sono da ricercare nelle emissioni di sostanze acidificanti ed eutrofizzanti e nell'ozono.*

### 10.1 Sviluppo della normativa

#### Normativa nazionale sulla qualità dell'aria

I criteri per la tutela della salute umana e dell'ambiente connessi alla qualità dell'aria, nonché i limiti per gli inquinanti aerodispersi sono stati inizialmente definiti nella normativa nazionale con il D.P.C.M. 28/03/83 e il D.P.R. n. 203 del 24/05/88. Tali decreti fissano gli standard di qualità e i valori guida per gli inquinanti in ambiente esterno.

Successivamente il D.M. del 20/05/91 introduceva i criteri per un controllo sistematico e uniforme dell'inquinamento atmosferico e per la definizione dei piani di risanamento della qualità dell'aria.

Il D.M. del 25/11/94 aggiornava i limiti di concentrazione ed i livelli di attenzione e di allarme e introduceva gli obiettivi di qualità per la frazione PM<sub>10</sub> delle particelle sospese, per il benzene e per gli idrocarburi policiclici aromatici, mentre il D.M. del 16/05/96 aggiornava i limiti per l'ozono (O<sub>3</sub>) ed introduceva il livello di protezione della salute umana e della vegetazione.

A partire dal 1999 il recepimento delle nuove direttive comunitarie ha introdotto un diverso approccio per il controllo dell'inquinamento atmosferico e per la gestione e la valutazione della qualità dell'aria, sulla base di criteri armonizzati tra i Paesi membri dell'Unione Europea. Il D. Lgs. n. 351 del 04/08/99 infatti recepisce la Direttiva Quadro 96/62/CE e demanda a successivi decreti attuativi la definizione dei parametri tecnico-operativi specifici per ciascun inquinante, in recepimento delle direttive "figlie". Il primo di questi (D.M. n. 60 /02) è stato emanato il 02/04/02 e stabilisce i nuovi valori limite e le soglie di allarme per biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), PM<sub>10</sub>, piombo (Pb), benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) e monossido di carbonio (CO), il termine entro cui tali limiti devono essere raggiunti e il numero di superamenti massimi consentiti in un anno. Il superamento del margine di tolleranza del limite (che deve decrescere di anno in anno, fino al raggiungimento del valore limite stesso) è indicativo della necessità di attuare un piano o un programma di risanamento nell'area interessata.

Per quanto concerne le concentrazioni di ozono, la Direttiva 2002/03/CE, non ancora recepita a livello nazionale, stabilisce i valori obiettivo, i valori bersaglio e le soglie d'allarme e di informazione. Essa inoltre garantisce che negli Stati membri vengano adottati criteri uniformi per la valutazione delle concentrazioni di ozono e dei suoi precursori per salvaguardare e migliorare la qualità dell'aria. In conformità con le altre Direttive, prevede che le informazioni relative alle concentrazioni di ozono siano messe a disposizione della popolazione e che venga attuata una maggiore cooperazione tra gli Stati membri per individuare interventi atti a ridurre i problemi connessi al trasporto dell'ozono oltre i confini nazionali (inquinamento transfrontaliero).

Evoluzione dei protocolli internazionali

Al fine di ottenere un efficace abbattimento dei livelli di inquinamento nel corso degli ultimi 20 anni sono state firmate numerose Convenzioni internazionali seguite da vari Protocolli attuativi e Direttive allo scopo di fissare obiettivi di emissioni sempre più stringenti. La prima Convenzione Internazionale è stata quella di Ginevra del 1979 finalizzata a proteggere l'ambiente e la salute dall'inquinamento atmosferico transfrontaliero a lunga distanza (CLRTAP - Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution). Numerosi protocolli attuativi (Helsinki, Sofia, Ginevra, Oslo, Aarhus Goteborg, Stoccolma) sono seguiti dal '85 ad oggi. In particolare con il Protocollo di Oslo del '94 è stato introdotto l'approccio secondo il quale le riduzioni delle emissioni di inquinanti per ciascuno Stato vengono definite in modo tale da ridurre gli effetti e i superamenti dei cosiddetti "carichi critici". Il carico critico è definito come una stima quantitativa dell'esposizione ad uno o più inquinanti, al di sotto della quale non avvengono significativi effetti dannosi per gli ecosistemi. Il Protocollo di Goteborg del 1999, invece, affronta in modo complessivo un insieme di più inquinanti ed effetti. Esso propone per la prima volta una visione integrata dei vari fenomeni di inquinamento atmosferico a larga scala: acidificazione, eutrofizzazione, formazione di ozono troposferico.

Successivamente al Protocollo di Goteborg è stata emanata la Direttiva NECD (National Emission Ceilings Directive) che fissa i limiti nazionali di emissione e le riduzioni alle emissioni da raggiungere entro il 2010 rispetto ai

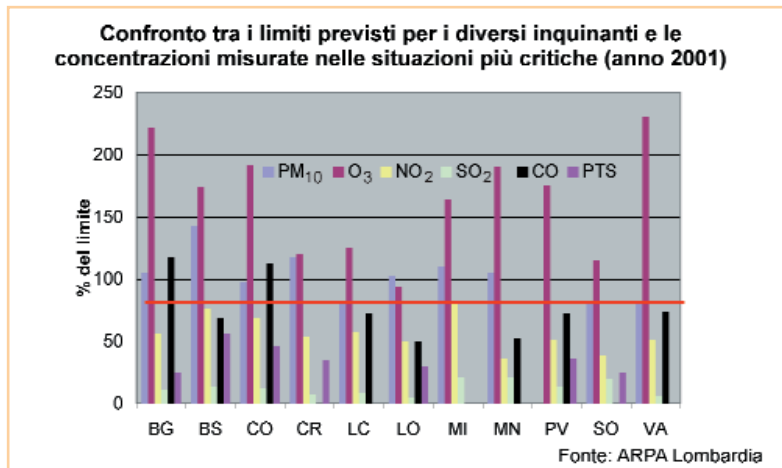
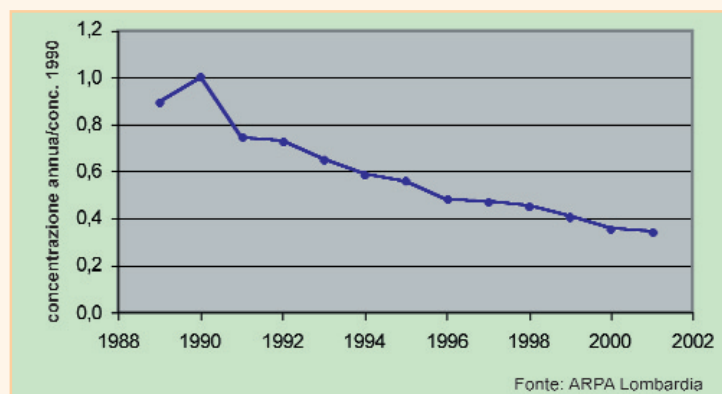


Figura 10.1 Per caratterizzare lo stato della qualità dell'aria in ogni capoluogo lombardo si è calcolato il rapporto tra il parametro statistico previsto dalla normativa per ciascun inquinante, osservato nella situazione più critica, e il rispettivo standard in vigore nel 2001. In tutti i capoluoghi di provincia sono generalmente rispettati i valori guida o gli obiettivi di qualità per gli inquinanti ad eccezione di ozono e PM<sub>10</sub>.

SO <sub>2</sub>	<b>protezione salute umana</b> media oraria: 350 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 24 volte/anno media giornaliera: 125 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 3 volte/anno
	<b>protezione ecosistemi</b> media annuale: 20 µg/m <sup>3</sup> semestre invernale: 20 µg/m <sup>3</sup>
NO <sub>2</sub>	<b>protezione salute umana</b> media oraria: 200 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 18 volte/anno media annuale: 40 µg/m <sup>3</sup>
NO <sub>x</sub>	<b>protezione ecosistemi</b> media annuale: 30 µg/m <sup>3</sup>
PM <sub>10</sub>	<b>protezione salute umana</b> media giornaliera: 50 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 35 volte/anno media annuale: 40 µg/m <sup>3</sup>
Pb	<b>protezione salute umana</b> media anno: 0.5 µg/m <sup>3</sup>
CO	<b>protezione salute umana</b> media 8 ore: 10 mg/m <sup>3</sup>
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	<b>protezione salute umana</b> media annuale: 5 µg/m <sup>3</sup>
O <sub>3</sub>	<b>protezione salute umana</b> media 8 ore: 120 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 25 gg/anno (media su 3 anni)
	<b>protezione vegetazione</b> AOT40: 18000 µg/m <sup>3</sup> h (media su 5 anni)

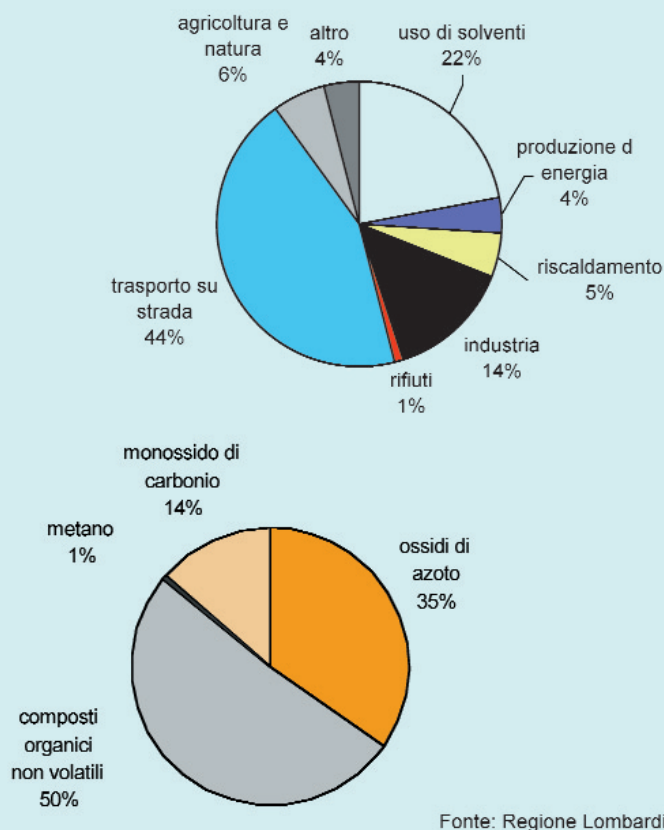
Tabella 10.1. Limiti introdotti dal DM n.60 del 02/04/02 da conseguire a regime (2005-2010).

## Il monossido di carbonio



Il monossido di carbonio, precursore dell'ozono connesso al traffico autoveicolare, in seguito all'introduzione della marmitta catalitica, al rinnovo del parco circolante ed al varo delle successive Direttive che limitano le emissioni dei motori a combustione interna, subisce una progressiva riduzione.

## Emissioni dei precursori dell'ozono in Lombardia nel 1997.



**Figura 10.2** Le emissioni di precursori dell'ozono sono state combinate utilizzando dei fattori peso ricavati dai Tropospheric Ozone-Forming Potentials (TOFP), cioè in base al loro potenziale contributo alla formazione dell'ozono. I fattori utilizzati sono pari a: 1.22 per ossidi azoto, 0.11 per monossido di carbonio, 0.014 per metano e 1.0 per COVNM. I trasporti su strada rappresentano la fonte prevalente di precursori, mentre il contributo più importante alla formazione di ozono deriva dai COVNM.

livelli del 1990. Con questa Direttiva vengono quindi stabiliti i tetti di emissione nazionali per tutti gli Stati Membri dell'Unione Europea e per alcuni altri paesi Europei di quattro inquinanti:  $\text{NO}_x$ , COVNM (composti organici volatili non metanici),  $\text{NH}_3$ ,  $\text{SO}_2$ .

Per consentire di raggiungere tali obiettivi di riduzione delle emissioni l'Unione Europea ha emanato diverse altre importanti direttive che agiscono direttamente sulle fonti emmissive. Fra queste vanno ricordate: la Direttiva per la riduzione dei composti organici legati all'uso di solventi, la Direttiva per la riduzione delle emissioni da grandi impianti di combustione (LCP), la Direttiva per la riduzione del contenuto di zolfo in alcuni combustibili liquidi, la Direttiva sulla prevenzione e la riduzione integrata dell'inquinamento.

Sempre a livello europeo, la valutazione dei possibili interventi da adottare nei vari settori per raggiungere gli obiettivi di qualità dell'aria e delle emissioni viene svolta nell'ambito del programma Clean Air for Europe (CAFE), che dovrebbe condurre alla proposta di nuove strategie nel quadro del Sixth Environmental Action Plan (6EAP) nel 2005.

## 10.2 Ozono

L'ozono ( $\text{O}_3$ ) è un inquinante secondario, cioè che si forma a seguito di reazioni chimiche che avvengono in atmosfera tra i precursori (ossidi di azoto, composti organici, monossido di carbonio) in presenza di intenso irraggiamento solare e alte temperature. Tali condizioni si verificano tipicamente nei mesi estivi: le concentrazioni di ozono sono quindi tendenzialmente elevate nelle ore pomeridiane da maggio a settembre, in funzione delle condizioni meteorologiche.

L'ozono è un forte ossidante e pertanto può attaccare i tessuti dell'apparato respiratorio; ad alte concentrazioni può quindi provocare una riduzione della funzionalità polmonare, irritazione agli occhi e alla gola e tosse. Esposizioni prolungate nel tempo a concentrazioni moderate possono indurre una riduzione della funzionalità polmonare nelle categorie più sensibili, ovvero bambini, soggetti asmatici o affetti da patologie dell'apparato cardio-respiratorio.

L'ozono inoltre può provocare danni alla vegetazione limitandone l'attività di fotosintesi e la crescita.

### Emissioni

Poiché l'ozono è un inquinante secondario, è possibile stimarne la formazione solo a partire dalla valutazione delle emissioni dei suoi precursori. Applicando opportuni fattori peso che consentono di tener conto della potenzialità dei diversi inquinanti di originare ozono, si possono individuare i contributi delle principali fonti alla produzione complessiva di precursori e le contromisure da adottare. In Lombardia il traffico è il maggior responsabile delle emissioni di precursori dell'ozono, seguito dalle attività industriali, artigianali e domestiche che utilizzano o producono solventi.

Altre fonti in ordine di importanza sono rappresentate dai processi di combustione (industriale e per riscaldamento domestico) e dagli impianti di produzione di energia.

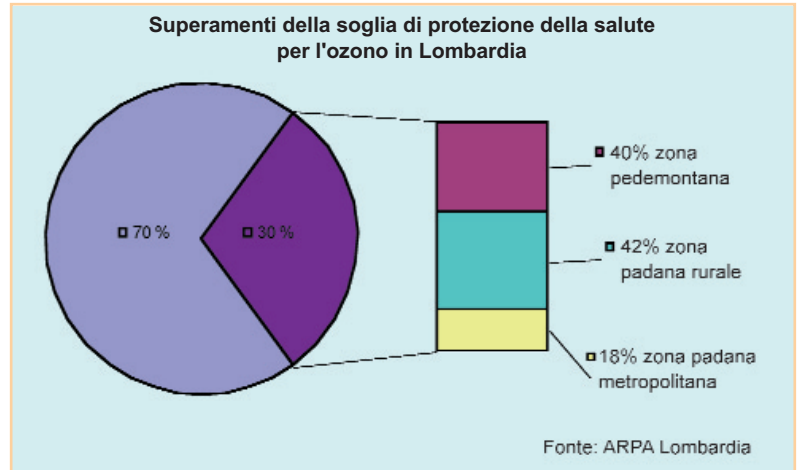
I precursori a maggior potenziale di formazione dell'ozono sono gli ossidi di azoto ( $\text{NO}_x$ ) e i composti organici volatili non metanici (COVNM). In Lombardia il traffico contribuisce per il 50% alla produzione di ossidi di azoto e per il 36% a quella di composti organici volatili, i processi di utilizzo e produzione di solventi sono responsabili per il 42% delle emissioni di composti organici volatili, mentre i processi di combustione e gli impianti di produzione di energia rispondono complessivamente per il 40% della formazione di ossidi di azoto.

I Protocolli messi a punto negli anni passati per combattere il fenomeno dell'inquinamento fotochimico a lunga distanza sono stati:

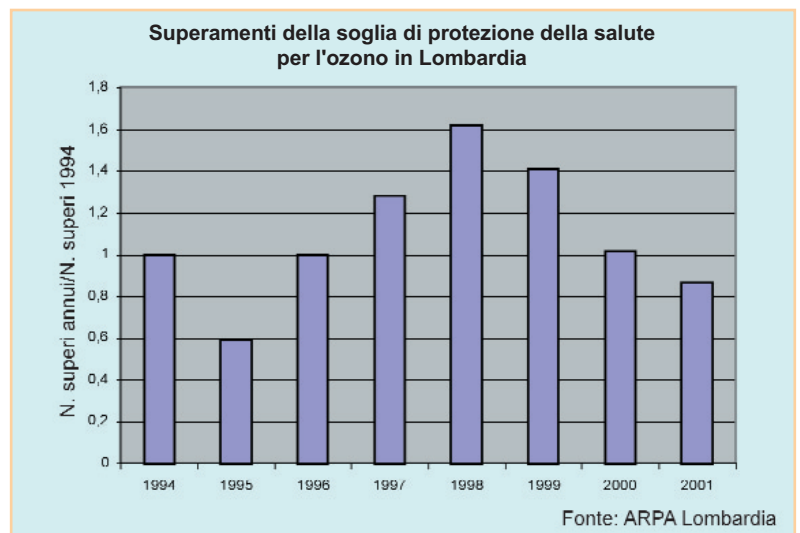
- il Protocollo di Sofia del 1988 che prevedeva di stabilizzare entro il 1994 le emissioni di ossidi di azoto rispetto ai livelli stimati per il 1987. L'Italia si era assunta l'impegno di ridurre ulteriormente le emissioni di ossidi di azoto entro il 1998 del 30% rispetto ai livelli del 1987.

- il Protocollo di Ginevra del 1991 che prevedeva la riduzione entro il 1999 delle emissioni di composti organici volatili diversi dal metano del 30% rispetto ai livelli stimati per il 1990.

Al momento attuale riduzioni dei precursori dell'ozono sono richieste sia dalla Direttiva NECD che dal Protocollo di Goteborg, che indicano come obiettivo la diminuzione del 51% delle emissioni di ossidi di azoto e del 57% dei composti organici volatili per l'Unione Europea entro il 2010, percentuali di riduzione da applicare ai livelli di emissione dichiarati per il 1990. Gli obiettivi di riduzione per l'Italia sono rispettivamente di 49 % e 47 %.

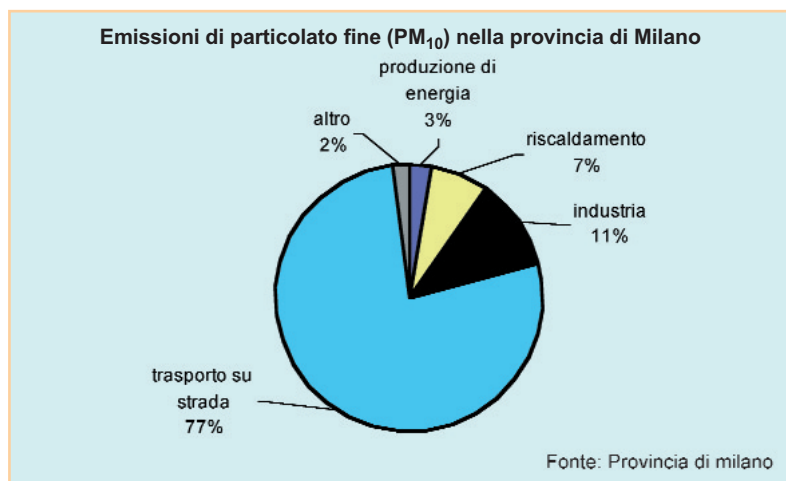


**Figura 10.3 (a)** La percentuale dei superamenti nel 2001 è pari al 30% del totale delle ore del semestre estivo (aprile-settembre). La maggior parte dei superamenti si osserva nelle zone periferiche e non direttamente influenzate dalle sorgenti di emissione.

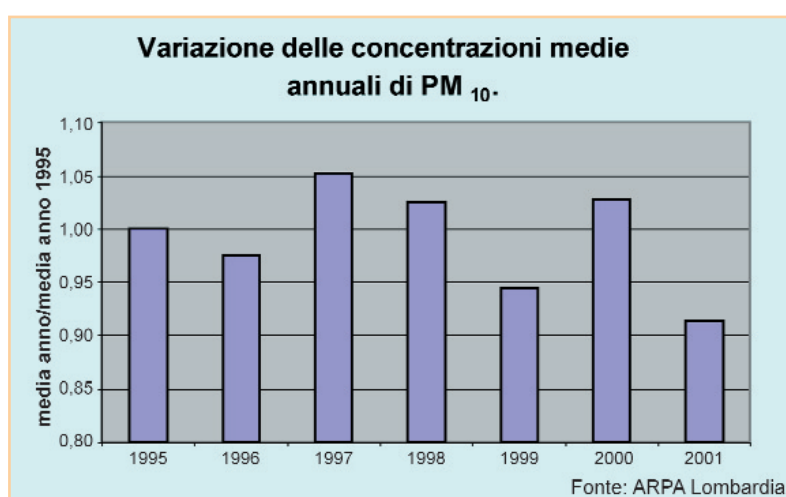


**Figura 10.3 (b)** Il valore rappresentato nella figura è il numero di superamenti dell'attuale soglia per la protezione della salute indicata dalla normativa sia europea che nazionale, di  $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per la media mobile di otto ore. Il valore è normalizzato rispetto all'anno 1994.

Le fluttuazioni che si osservano di anno in anno sono anche dovute al variare delle condizioni meteorologiche. Non è pertanto possibile trarre una conclusione univoca riguardo all'effetto sulle concentrazioni dovuto alla variazione delle emissioni.



**Figura 10.4** Emissioni di PM<sub>10</sub> del 1998 per settore. Il contributo da trasporto su strada non include la componente dovuta al risollevarsi del manto stradale ad opera dei veicoli circolanti e dall'usura dei freni e pneumatici.



**Figura 10.5** Il monitoraggio sistematico del PM<sub>10</sub> è relativamente recente. Fino al 1994, infatti, la rete di rilevamento misurava il particolato totale sospeso (PTS), cioè tutte le particelle senza effettuare una selezione in funzione delle dimensioni. Pertanto la serie presentata inizia con il valore relativo all'anno 1995, preso come riferimento.

### Concentrazioni

La formazione dell'ozono è strettamente legata alla presenza dei suoi precursori, che sono inquinanti primari, cioè emessi direttamente in atmosfera dalle sorgenti di inquinamento, e al verificarsi di condizioni meteorologiche favorevoli alla produzione e all'accumulo degli inquinanti fotochimici.

Poiché nelle aree urbane vengono emesse grandi quantità di ossidi di azoto e di idrocarburi, e l'ozono si forma in atmosfera durante il trasporto di masse d'aria che contengono questi inquinanti (precursori), le concentrazioni più elevate di ozono si ritrovano nelle zone suburbane e sottovento rispetto alle aree di emissione degli inquinanti primari.

In Lombardia la presenza dei rilievi nel nord della regione causa un regime di brezze che, soffiando da sud di giorno, trasportano masse d'aria inquinate dalle aree urbane (in particolare l'area metropolitana milanese), verso la zona prealpina ed alpina, dove possono causare l'innalzamento delle concentrazioni di ozono.

Anche le aree rurali nel sud della regione possono presentare elevate concentrazioni di ozono, dovute in questo caso a fenomeni di trasporto dei precursori a grande scala, regolati dal regime di venti in direzione est - ovest tipico della Val Padana.

D'altro canto, poiché il monossido di azoto, emesso prevalentemente dal traffico, reagisce con l'ozono riducendone le concentrazioni, nelle zone urbane i livelli di ozono sono generalmente più bassi.

### 10.3 Il particolato fine

Con il termine PM<sub>10</sub> si intende la frazione di polvere aerodispersa con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm. L'importanza sanitaria del particolato fine deriva dal fatto che queste particelle sono in grado di penetrare attraverso le vie aeree e di depositarsi nell'apparato respiratorio, fino a raggiungere il tratto tracheo-bronchiale.

La capacità delle polveri di provocare effetti dannosi dipende non solo dalle dimensioni delle particelle, e quindi dalla profondità di penetrazione nell'apparato respiratorio, ma anche dalla loro composizione, in particolare dalla presenza di metalli pesanti e idrocarburi policiclici aromatici (IPA).

Le patologie legate all'inalazione del particolato fine sono dovute sia a fenomeni di eleva-

ta concentrazione ma di breve durata, sia ad esposizioni continue a concentrazioni più moderate, che possono dare origine a forme croniche. In particolare gli effetti a breve termine riguardano infezioni respiratorie acute, crisi di asma bronchiale, aggravamento di sintomi respiratori e cardiaci in soggetti affetti da malattie polmonari e cardiocircolatorie, disturbi cardiocircolatori. Effetti di tipo cronico che possono insorgere sono disturbi respiratori come tosse, bronchite cronica, diminuzione della funzionalità polmonare.

**Emissioni**

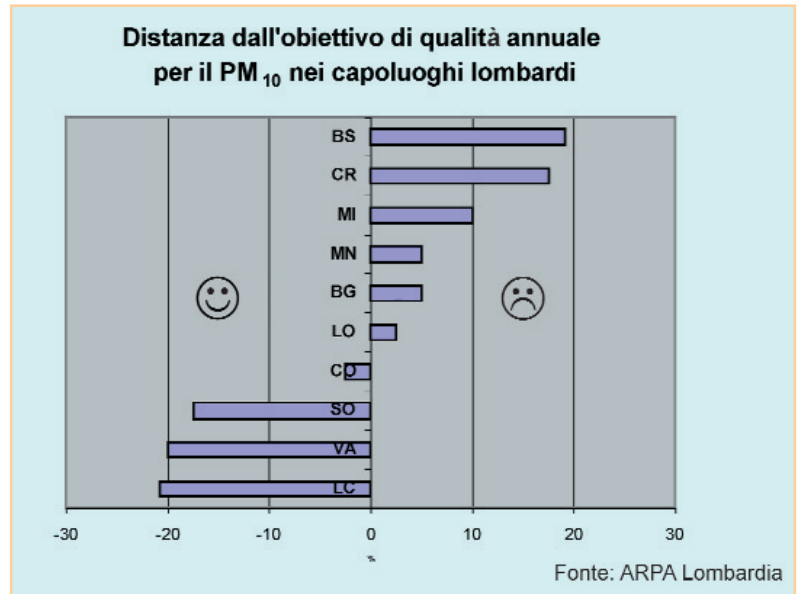
La principale fonte di particolato fine è costituita dal traffico stradale. Prendendo ad esempio il bilancio emissivo della provincia di Milano, si rileva che il traffico contribuisce per più del 70%. Seguono l'industria, sommando i contributi dovuti sia alla combustione che ai processi produttivi, gli impianti di riscaldamento residenziale e commerciale e gli impianti di produzione di energia.

Non esistono limiti massimi nazionali di emissione per il PM<sub>10</sub> né obiettivi di riduzione nell'ambito dei Protocolli relativi all'inquinamento transfrontaliero CLRTAP. Tuttavia l'andamento delle emissioni di PM<sub>10</sub> dovrebbe beneficiare indirettamente delle riduzioni delle emissioni richieste per gli inquinanti che contribuiscono alla formazione di particolato secondario, cioè ossidi di azoto e di zolfo.

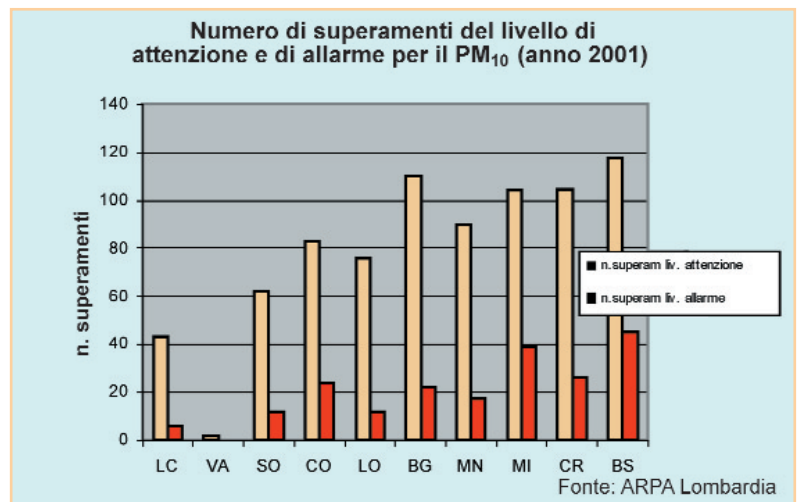
**Concentrazioni**

La concentrazione del PM<sub>10</sub> dipende, oltre che dalle emissioni, anche dalle condizioni meteorologiche che si verificano nel corso dell'anno, in particolare dal perdurare di situazioni di forte stabilità atmosferica (soprattutto nel periodo invernale) e dalla piovosità. Tutto questo rende difficile discriminare, nell'andamento delle concentrazioni annuali, le variazioni dovute alle sorgenti emissive e quelle influenzate dal fattore meteorologico.

Il PM<sub>10</sub> è in parte emesso direttamente come inquinante primario e in parte si forma in atmosfera a seguito di reazioni chimiche (inquinante secondario). Pertanto si ritrova sia nelle aree urbane che in quelle più periferiche, anche a chilometri di distanza. I livelli misurati sono quindi abbastanza uniformi in tutte le aree del territorio regionale interessate dalle medesime condizioni meteo-climatiche. Mentre il limite definito dalla normativa

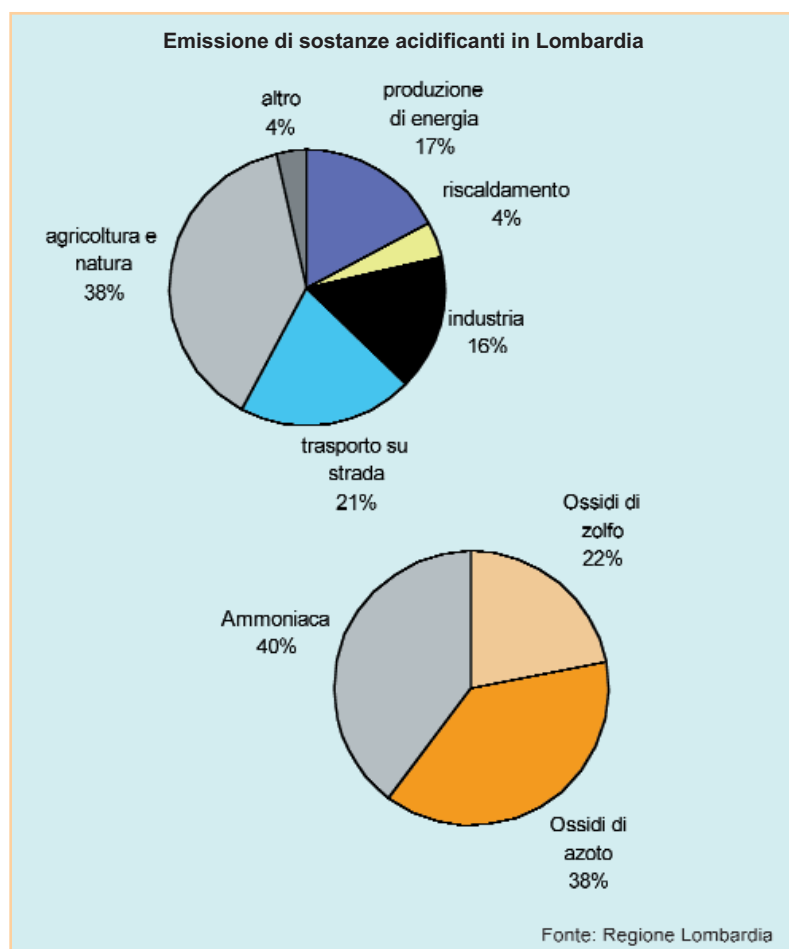


**Figura 10.6** L'obiettivo di qualità, definito dal DM 25/11/94 e confermato come valore limite annuale per la protezione della salute umana dal DM n. 60 del 02/04/02, fissa in 40 µg/m<sup>3</sup> la media annuale delle medie giornaliere. Nella fascia pedemontana si riscontra il rispetto di tale obiettivo. Altre, le diverse condizioni meteorologiche contribuiscono all'accumulo del PM<sub>10</sub> che raggiunge concentrazioni medie annue superiori al valore limite.



**Figura 10.7** la Regione Lombardia ha definito limiti giornalieri per le concentrazioni di PM<sub>10</sub> in termini di livello di attenzione (50 µg/m<sup>3</sup>) e di allarme (75 µg/m<sup>3</sup>). Nell'anno 2001 tali limiti sono stati raggiunti e superati in tutti i capoluoghi lombardi, ad eccezione di Varese.

Il raggiungimento dello stato di attenzione o di allarme, ossia il superamento dei rispettivi limiti per sette giorni consecutivi, comporta l'adozione dei provvedimenti di contenimento delle emissioni previsti per le aree critiche (limitazione della produzione di energia elettrica per i grandi impianti, riduzione della temperatura di esercizio degli impianti termici civili, limitazione del traffico).



**Figura 10.8** Le emissioni di gas acidificanti sono state combinate utilizzando dei fattori peso ricavati dal loro potere acidificante in equivalenti acidi ( $H^+$ ). I fattori utilizzati sono pari a: 31.25 per ossidi di zolfo, 21.74 per ossidi di azoto, 58.82 per ammoniaca.

L'agricoltura, i trasporti su strada e la produzione di energia rappresentano le fonti prevalenti di acidificanti, mentre la quota maggiore di tali sostanze è rappresentata dall'ammoniaca e dagli ossidi di azoto.

nazionale per l'anno 2001 riguarda esclusivamente la media annuale, la Regione Lombardia ha definito soglie riferite alla concentrazione media giornaliera (livelli di attenzione e di allarme), al fine di individuare le situazioni critiche di inquinamento e intervenire con provvedimenti d'urgenza per il contenimento delle emissioni.

Dal confronto delle concentrazioni medie annuali del 2001 con il limite di legge, si osserva che tutti i capoluoghi di provincia sono stati interessati da situazioni acute di inquinamento, più contenute nella fascia pedemontana. In particolare, in presenza di vento proveniente da nord, tendono a migliorare le condizioni nell'area prealpina mentre con il permanere di forte stabilità atmosferica in pianura è favorito l'innalzamento delle concentrazioni in tutto il bacino padano lombardo. Viceversa, con vento da sud est, tendono a diminuire le concentrazioni nelle zone di Lodi, Cremona, Pavia, ed aumentano invece quelle misurate a Varese, Como, Lecco, Sondrio.

Il manifestarsi di situazioni acute di inquinamento atmosferico da  $PM_{10}$  in modo diffuso in tutte le zone critiche del territorio lombardo, ovvero un bacino di circa 4.500.000 abitanti, lascia prevedere che questo inquinante sarà l'indicatore della criticità della qualità dell'aria anche nei prossimi anni.

#### 10.4 Sostanze acidificanti

Ossidi di azoto, ossidi di zolfo ed ammoniaca contribuiscono alla acidificazione e all'eutrofizzazione, che possono provocare danni sia al suolo ed agli ecosistemi acquatici e terrestri che agli edifici ed ai materiali.

##### Emissioni

Applicando opportuni fattori peso che consentono di combinare le emissioni dei singoli gas in base alla loro potenziale capacità acidificante, si possono individuare i contributi delle principali fonti alla formazione delle emissioni complessive di sostanze acidificanti.

Attualmente in Lombardia il sistema agroforestale rappresenta la principale fonte di emissione di gas acidificanti, rispondendo per la quasi totalità della formazione di ammoniaca. Altre fonti di rilievo sono il traffico e i processi di combustione (industriali e domestici). Un contributo non trascurabile viene infine fornito dagli impianti di produzione di energia, principale fonte emissiva di ossidi di zolfo.

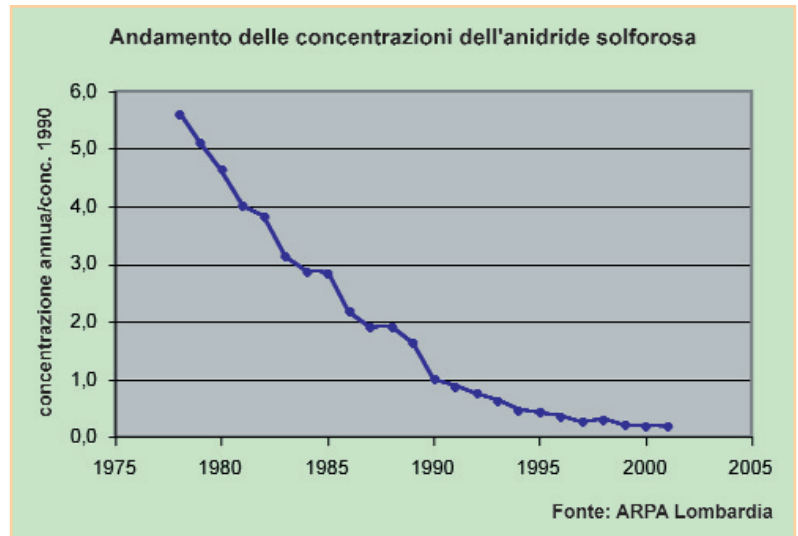
I protocolli messi a punto in passato per combattere i fenomeni di acidificazione ed eutrofizzazione sono stati:

- il protocollo di Helsinki del 1985 che prevedeva la riduzione delle emissioni entro il 1993 delle emissioni di zolfo del 35% rispetto ai livelli stimati nel 1980;
- il già citato protocollo di Sofia che prevedeva entro il 1994 la stabilizzazione delle emissioni di ossidi di azoto rispetto ai livelli del 1987;
- il protocollo di Oslo che richiedeva un'ulteriore riduzione delle emissioni di ossidi di zolfo, prevedendo una riduzione delle emissioni di ossidi di zolfo del 65 % entro il 2000 e del 73 % entro il 2005 rispetto ai livelli stimati nel 1980.

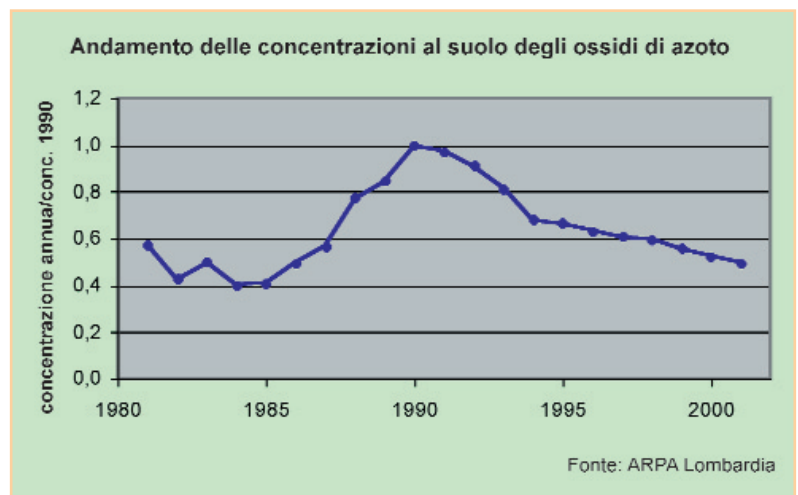
Riduzioni dei gas acidificanti sono richieste sia dalla Direttiva NECD che dal Protocollo di Goteborg che indicano come obiettivo per l'Unione Europea la diminuzione del 76 % delle emissioni di ossidi di zolfo, del 51 % delle emissioni di ossidi di azoto e del 18% delle emissioni di ammoniaca entro il 2010, percentuali di riduzione da applicare ai livelli di emissione stimati per il 1990. Gli obiettivi di riduzione per l'Italia sono rispettivamente 71 %, 49 %, 10 %.

#### Concentrazioni

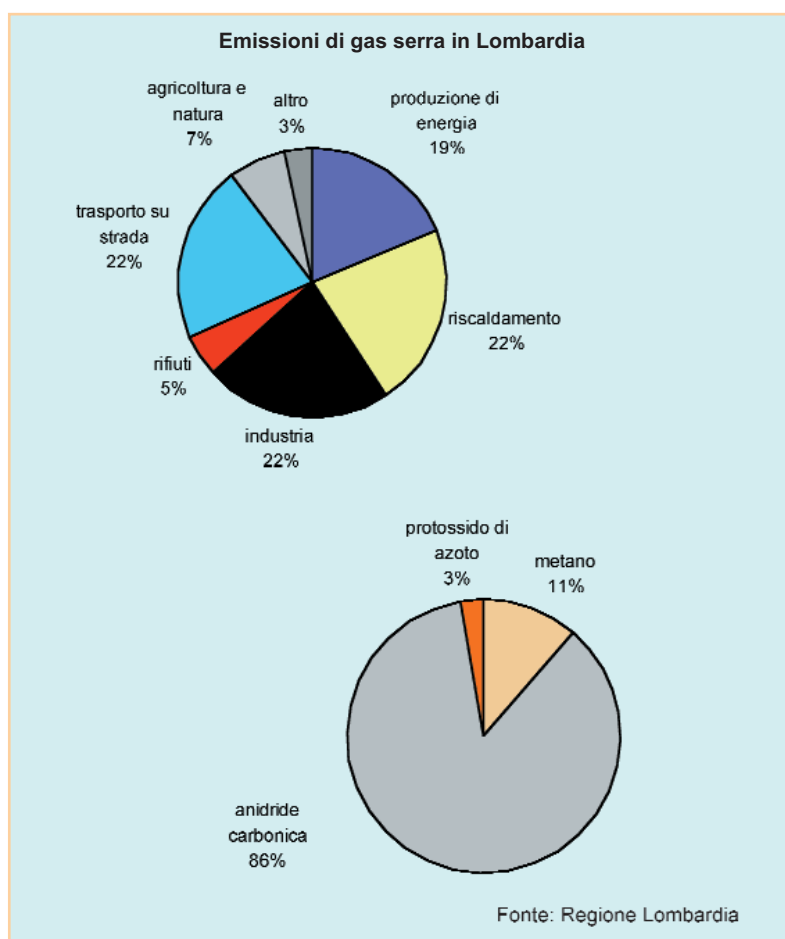
Negli anni '60 le concentrazioni in atmosfera di anidride solforosa erano notevolmente elevate. A partire dai primi anni '70 si assiste al varo di una serie di misure volte al contenimento dell'utilizzo di combustibili ad elevato impatto ambientale che culminano con una prima ordinanza sindacale del 1973 emanata dal Comune di Milano. Negli stessi anni prende l'avvio il processo di metanizzazione che viene fortemente sostenuto e incentivato per oltre un decennio. Nel frattempo, anche a livello regionale, vengono compiute azioni per limitare o disincentivare l'utilizzo di combustibili ad elevato impatto ambientale quali carbone e oli combustibili. Anche a livello nazionale le prescrizioni relative al tenore di zolfo nei combustibili divengono sempre più restrittive in seguito al recepimento di alcune Direttive Comunitarie. Infine, con il D.P.C.M. dell'8 marzo 2002, si riconosce alle Regioni la possibilità di limitare l'uso di combustibili ad elevato impatto ambientale in conseguenza delle valutazioni espresse nei rispettivi Piani di Risanamento della Qualità dell'Aria (PRQA). Le drastiche limitazioni imposte all'uso di carbone e oli combustibili e la parallela metanizzazione hanno avuto evidenti effetti positivi



**Figura 10.9** Fin dagli anni '70, il varo di numerosi provvedimenti legislativi volti alla limitazione o al contenimento dell'utilizzo di combustibili ad elevato contenuto di zolfo sommato agli effetti della metanizzazione sia degli impianti ad uso civile sia degli impianti per la produzione di energia, ha determinato una costante diminuzione delle emissioni e quindi anche delle concentrazioni di anidride solforosa.



**Figura 10.10** In sintonia con la tendenza nazionale, le emissioni di ossidi di azoto in Lombardia subiscono, per tutti gli anni '80, un notevole incremento dovuto all'aumento sia del parco veicolare sia delle percorrenze specifiche (e quindi anche di quelle totali) mentre, già a partire dal 1991, sono visibili gli effetti della normativa orientata al contenimento delle emissioni da fonti fisse e mobili.



**Figura 10.11** Le emissioni di gas serra sono state combinate utilizzando dei fattori peso ricavati dal potenziale di riscaldamento globale di ciascun inquinante in rapporto all'anidride carbonica. I fattori utilizzati sono pari a: 310 per protossido di azoto, 21 per metano, 1 per anidride carbonica.

L'origine delle emissioni è equamente ripartita tra l'industria, il trasporto su strada, il riscaldamento e la produzione di energia, mentre l'anidride carbonica rappresenta la sostanza quantitativamente più rilevante per il tema dei cambiamenti climatici.

sia sul fronte delle emissioni di ossidi di azoto che su quello del biossido di zolfo.

Sul fronte delle emissioni autoveicolari - per contrastare principalmente gli effetti della motorizzazione di massa, prolungatasi fino ai primi anni '90 - si assiste al varo di provvedimenti che tendono a contenere le emissioni dei motori per autotrazione. Si assiste quindi all'introduzione delle marmitte catalitiche che dà l'avvio al rinnovo del parco autoveicolare. L'introduzione di tale dispositivo consente una più completa ossidazione dei prodotti parziali di combustione quali CO e idrocarburi ed una cospicua riduzione delle emissioni di ossidi di azoto. In seguito la Comunità Europea ha provveduto al varo di Direttive che impongono limiti sempre più bassi alle emissioni dei motori a combustione interna.

Alla riduzione delle emissioni ottenuta mediante l'adozione delle marmitte catalitiche ed agli adeguamenti alle Direttive comunitarie va sommato l'effetto dovuto all'introduzione, nel 1993, del Bollino Blu: tale provvedimento è basato sulla constatazione che un motore correttamente messo a punto produce emissioni in linea con i valori previsti per quel determinato modello e senza dubbio inferiori a quelle che produrrebbe in assenza di manutenzione.

## 10.5 Gas Serra

Biossido di carbonio (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), protossido di azoto (N<sub>2</sub>O), i cosiddetti gas serra, naturalmente presenti nell'atmosfera, contribuiscono alla stabilizzazione delle temperature sulla superficie terrestre.

Le attività umane stanno però modificando la concentrazione e la distribuzione di tali gas nell'atmosfera.

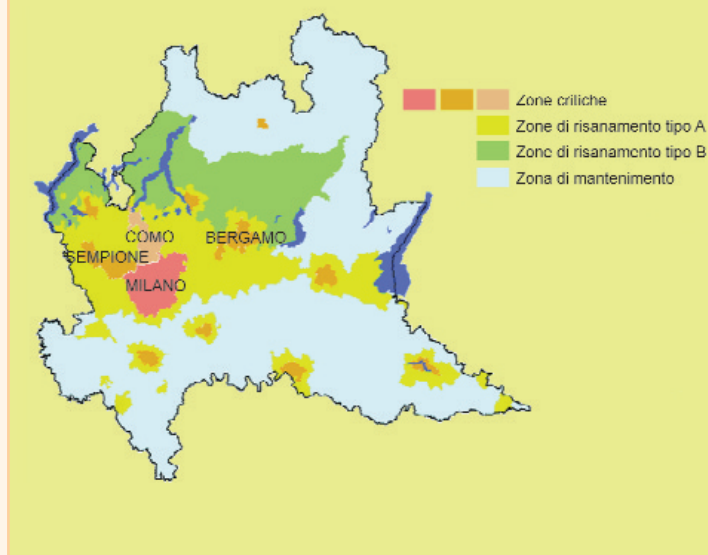
Come conseguenza l'IPCC (Comitato Intergovernativo sul Cambiamento Climatico) stima per i prossimi dieci anni un aumento della temperatura media globale dell'ordine di 0.1 – 0.3 °C ed un aumento del livello del mare da 1.5 a 9.5 cm.

Applicando opportuni fattori peso che consentono di combinare le emissioni dei singoli gas serra in base al loro potenziale di riscaldamento globale rispetto all'anidride carbonica, si possono individuare i contributi delle principali fonti alla formazione complessiva di gas serra.

Alla produzione di gas serra contribuiscono per circa un quinto ciascuno quattro fonti: il trasporto su strada, la combustione nei processi industriali, il riscaldamento, la produzione di energia. Il rimanente quinto deriva in buona parte dall'agricoltura, in particolare dall'allevamento zootecnico, quale fonte principale di metano, e dall'uso di fertilizzanti a cui è legata la produzione di protossido di azoto.

Il Protocollo di Kyoto individua come obiettivo per l'Unione Europea la riduzione dei gas serra nel periodo 2008-2012 dell'8% rispetto alle emissioni del 1990 e del 6,5% per l'Italia.

#### Provvedimenti di emergenza per il contenimento delle aree critiche



Per l'adozione dei piani di risanamento e dei provvedimenti di emergenza per il contenimento delle emissioni, la Regione Lombardia ha così suddiviso il territorio regionale (DGR VII/6501 del 19/10/01):

- **Zone critiche:** aree dove almeno un inquinante eccede il valore limite e le soglie di allarme, o il valore limite aumentato del margine di tolleranza. In Lombardia sono state individuate 4 zone critiche sovracomunali (che comprendono comuni contigui delle province di Milano, Como, Varese e Bergamo) e 8 comunali (i capoluoghi di provincia, non compresi nelle zone sovracomunali)
  - **Zone di risanamento di tipo A:** aree dove uno o più inquinanti raggiungono livelli compresi fra il valore limite e il valore limite aumentato del margine di tolleranza
  - **Zone di risanamento di tipo B:** aree di superamento dell'ozono
  - **Zone di mantenimento:** aree del territorio regionale in cui gli inquinanti raggiungono livelli inferiori al limite e tali da non comportare il rischio di superamento degli stessi
- La Regione ha inoltre definito per le zone critiche piani di azione, ossia provvedimenti di urgenza per contenere le emissioni da adottare al raggiungimento di situazioni di elevato inquinamento atmosferico

#### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI E DI APPROFONDIMENTO

[http://www.minambiente.it/Sito/settori\\_azione/iar/inquinamento\\_atmosferico/inquinamento\\_atmosferico](http://www.minambiente.it/Sito/settori_azione/iar/inquinamento_atmosferico/inquinamento_atmosferico)  
[http://reports.eea.eu.int/signals-2001/index\\_html](http://reports.eea.eu.int/signals-2001/index_html)  
<http://ambiente.regione.lombardia.it>  
[http://etc-acc.eionet.eu.int/about\\_etcacc](http://etc-acc.eionet.eu.int/about_etcacc)  
<http://www.sinanet.anpa.it/documentazione/Default.asp>  
<http://www.sinanet.anpa.it/documentazione/Annuario2001/indice.htm>