

### 4.1.1 Le concentrazioni dell'ozono rilevate dalle reti provinciali

#### Aspetti generali

L'ozono è considerato un inquinante secondario, in quanto non viene emesso direttamente in atmosfera, ma viene prodotto attraverso reazioni chimiche che coinvolgono inquinanti primari e altri composti.

Nella troposfera esso si genera per ossidazione dei composti organici volatili in presenza di ossidi di azoto. Per la sua formazione è infatti necessaria una molecola e un atomo di ossigeno.

L'innesco di questi processi avviene grazie alla radiazione solare, che da avvio alla cosiddetta "fotochimica" dell'ozono.

A differenza dei suoi precursori, le cui concentrazioni sono direttamente proporzionali alle quantità emesse in prossimità delle sorgenti, la formazione dell'ozono risulta più complessa. I livelli che esso può raggiungere in determinate località sono influenzati dalle emissioni di altri inquinanti provenienti da aree più estese.

#### Rete per il rilevamento dell'ozono

La rete di rilevamento Qualità dell'Aria, realizzata in base alla Legge 35/84 e progettata a livello provinciale, è composta da circa 180 postazioni che misurano in continuo parametri chimici e meteorologici. La normativa sull'inquinamento atmosferico, prevede che anche l'ozono venga misurato in modo continuo, in quanto ubiquitario e tracciante dell'inquinamento fotochimico.

Il numero di stazioni che rilevano ozono, distribuite prevalentemente nel territorio urbano della Regione Lombardia, risulta pari a 53 (fig.4.1.1.1). Secondo i *Criteria for EUROAIRNET*, Decisione Comune 97/101/CE, 34 stazioni sono classificate appartenenti alla tipologia urbana, 10 alla tipologia suburbana, ovvero situate alla periferia della città o in aree residenziali al di fuori dell'area urbana principale e 9 a quella rurale, poste quindi in zone distanti da 3 a oltre 10 km dalla città

#### Analisi andamenti ozono

Generalmente le concentrazioni di ozono nei bassi strati dell'atmosfera presentano un marcato andamento stagionale: durante i mesi più caldi dell'anno, quando la radiazione solare è più intensa, tarda primavera-estate, i livelli tendono ad innalzarsi, mentre nel periodo invernale le concentrazioni sono molto basse, spesso prossime ai livelli di non rilevabilità strumentale.

Nell'arco della giornata l'andamento delle concentrazioni presenta un massimo nelle prime ore pomeridiane. In aree urbane, e specialmente nel periodo estivo, hanno luogo diversi processi fotochimici e gli inquinanti presenti sono essenzialmente dovuti alle emissioni autoveicolari.

La notte (soprattutto in presenza d'inversioni termiche) e il primo mattino (quando il traffico risulta più intenso) portano ad un accumulo di NO. Questo gradualmente viene sostituito da NO<sub>2</sub>, dando luogo successivamente alla formazione di ozono, che raggiunge valori massimi nelle ore centrali della giornata (13.00-14.00). Nel corso del pomeriggio la diminuzione della radiazione solare e le nuova emissione di reattivi quali NO, dovuti al traffico di rientro di fine giornata, riportano l'ozono a valori minimi.

Da un'analisi dei valori medi annuali si è riscontrato innanzitutto come le concentrazioni rispetto al 1993 abbiano subito una crescita (fig.4.1.1.2). In grafico sono riportati gli andamenti relativi a tre stazioni di misura, rappresentative di differenti tipologie del territorio regionale:

- area urbana, sorgente di precursori (Via Juvara – Milano);
- area sub-urbana, situata in prossimità di zone con forti emissioni di precursori;
- area rurale, soggetta a fenomeni di trasporto di masse d'aria.

In particolare è possibile osservare come in una stazione rurale (Varenna), soggetta a fenomeni di trasporto le concentrazioni siano più elevate rispetto alle altre. Infatti la maggior produzione di ozono troposferico generalmente si verifica a distanze di alcune decine di chilometri sottovento alle più importanti sorgenti di emissioni.

Questo fenomeno è spiegabile in parte, in quanto in aree urbane le emissioni da traffico determinano elevate concentrazioni di NO, riducendo così localmente quelle di ozono. La presenza di NO tuttavia permette il generarsi di NO<sub>2</sub>, che a sua volta trasportato dalle masse d'aria in movimento lontano dalle sorgenti, e quindi in siti remoti e/o rurali, porterà alla formazione di ozono. In parte si giustificano così i livelli inferiori di ozono nei centri urbani.

### Normativa

Gli effetti prodotti dall'ozono sulla salute umana sono riscontrabili attraverso disagi causate alle vie respiratorie, particolarmente esposte a tale inquinamento. La normativa nazionale relativamente alla protezione della salute prevede che la media di 8 ore non superi il limite di 110 µg/m<sup>3</sup> (DM 16/5/1996). E' stato riscontrato come tale valore venga più volte superato nel periodo estivo durante le ore centrali della giornata. La [figura 4.1.1.3](#) riporta le stazioni di misura che hanno registrato un numero di superamenti maggiore di 100: si può notare che i siti più esposti sono situati generalmente in zone sottovento a centri urbani (o a grandi aree metropolitane) ad alta intensità antropica.

Per quanto riguarda gli "episodi acuti", (facendo quindi riferimento ai livelli di attenzione e allarme, come medie orarie rispettivamente di 180µg/m<sup>3</sup> e 360µg/m<sup>3</sup>), i dati relativi all'anno 2000 mostrano una difficoltà generalizzata sull'intero territorio regionale a rispettare la soglia di attenzione (questo indicatore si presenta con modalità analoghe a quelle del limite per la protezione della salute, sia come ordine di grandezza sia come distribuzione territoriale), mentre la soglia di allarme non è mai stata superata.

Le normative individuano inoltre due soglie per la protezione della vegetazione, al superamento delle quali essa si ritiene possa essere danneggiata: concentrazione media giornaliera di 65 µg/m<sup>3</sup> e media oraria di 200 µg/m<sup>3</sup>. L'andamento di questi indicatori è stato ampiamente trattato nel paragrafo 3.1.1 ("Lo smog fotochimico").

### Riferimenti bibliografici

- ## Rapporto sulla Stato dell'Ambiente in Lombardia, 1999;
- ## Rapporto sulla Qualità dell'Aria di Milano e Provincia, Anno 1999;
- ## Piano Regionale Qualità dell'Aria.

A= non direttamente interessata alle sorgenti di emissione urbane  
 B = in zone ad alta densità abitativa  
 C = in zona ad elevato traffico veicolare  
 D = in zona periferico o suburbano

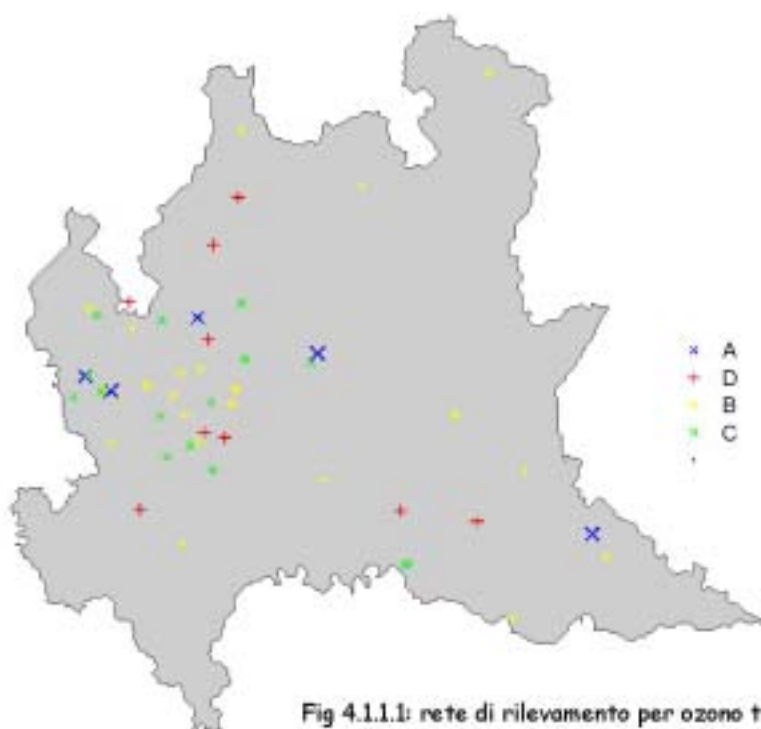


Fig 4.1.1.1: rete di rilevamento per ozono troposferico

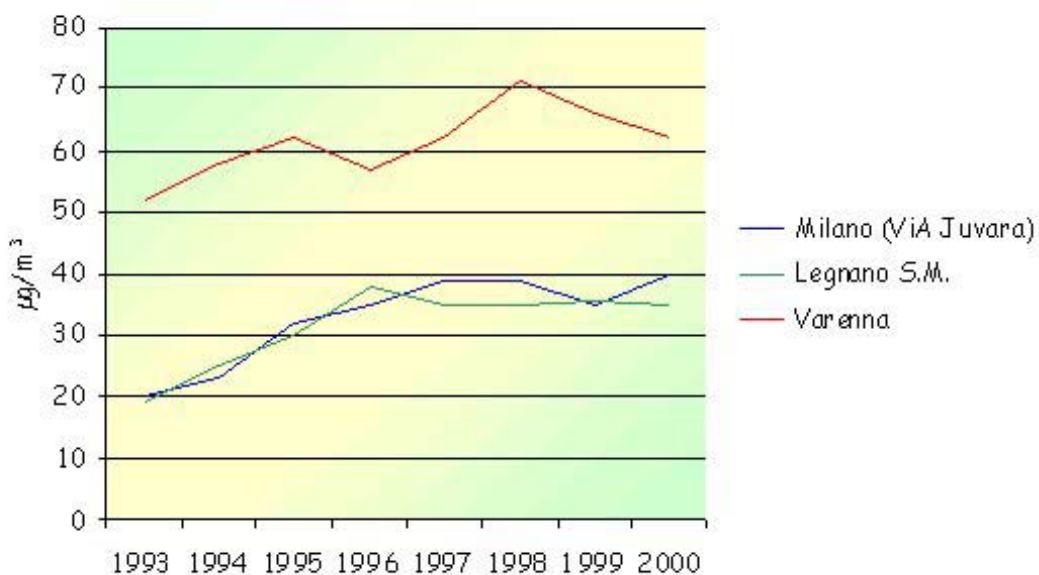


Fig 4.1.1.2: concentrazioni medie annuali di ozono



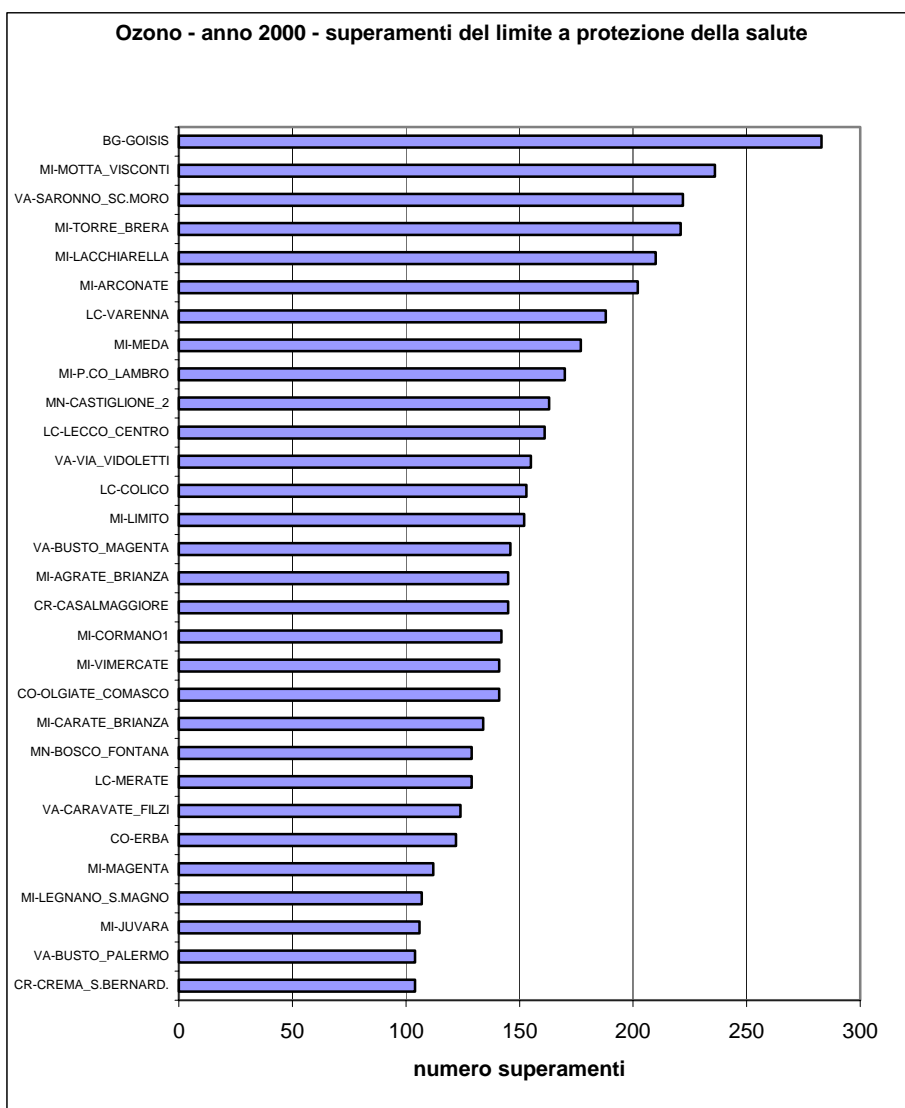


Figura 4.1.1.3 Stazioni con più 100 superamenti



### 4.1.2 L'ozono in siti alpini e pre-alpini

#### Premessa

Nelle zone alpine e pre-alpine, l'ozono risulta essere l'inquinante chimico, al quale viene attribuito maggior importanza, in particolare per quanto riguarda i suoi possibili effetti sugli ecosistemi. A quote elevate i danni alla vegetazione si ritengono per lo più attribuibili all'inquinamento fotochimico.

L'ozono troposferico può avere origine sia naturale che antropica. I livelli di concentrazione che generalmente si rilevano in territori complessi dipendono in gran parte da fenomeni meteorologici, quali:

- # moti convettivi di origine termica o associati ad instabilità atmosferica;
- # fenomeni di trasporto orizzontale su scala regionale;
- # scambi verticali e/o intrusioni da strati superiori dell'atmosfera.

#### Evoluzione stagionale e giornaliera dell'ozono

Per lo studio dell'ozono in siti alpini e pre-alpini ci si è avvalsi di campagne di monitoraggio condotte nel corso dell'ultimo decennio da diversi Istituti di Ricerca. I rilievi effettuati hanno permesso innanzitutto di evidenziare come i livelli di "fondo" tendano ad aumentare con l'altitudine (fig.4.1.2.1).

L'andamento stagionale risulta particolarmente influenzato dall'orografia del territorio e dalla quota. In siti pre-alpini, a quote intermedie tra i 400m e 1700m circa, le concentrazioni più elevate si rilevano nel periodo estivo (luglio-agosto) a seguito della maggiore insolazione e del conseguente aumento dell'attività fotochimica. In località alpine, invece ad altitudini quindi più elevate, i livelli massimi si registrano generalmente in primavera, quando predominano i contributi dovuti a fenomeni di scambi verticali su scala sinottica, in grado di coinvolgere gli strati più alti dell'atmosfera.

Nei siti alpini è stato riscontrato inoltre che lo strato di rimescolamento gioca un ruolo fondamentale per quanto riguarda i livelli di concentrazione che possono essere raggiunti dall'ozono.

Lo strato rimescolato inizia a formarsi poco dopo l'alba, il suo spessore aumenta progressivamente inglobando e rimescolando l'aria degli strati sovrastanti e raggiungendo il suo spessore massimo nel tardo pomeriggio. L'altezza alla quale arriva, varia a seconda della stagione e dell'orografia del territorio ed è limitata da uno strato stabile in grado di bloccare correnti e moti ascensionali.

In località poste a quote elevate, al di sopra del cosiddetto strato rimescolato, è stato rilevato che l'evoluzione delle concentrazioni di ozono è pressochè costante: soprattutto nella stagione calda non è presente la classica modulazione giornaliera, con valori massimi nelle ore centrali della giornata, in quanto l'apporto di inquinanti dal suolo è irrilevante.

In figura 4.1.2.1 sono rappresentati i giorni medi estivi registrati in tre postazioni dislocate in Valtellina: Sondrio, sito urbano, Alpe Culino (Val Gerola) e Bagni di Masino (Val Masino), valli laterali, poste rispettivamente sul versante nord a quota 1315m e sul versante sud a quota 1200m. E' possibile osservare innanzitutto come i livelli aumentino con la quota, e come il picco fotochimico evidente a Sondrio e ancora in Bagno di Masino, vada smussandosi nel sito a quota più elevata.

Come accennato in precedenza, nei siti in quota i livelli di ozono possono essere influenzati da determinati fenomeni meteorologici di trasporto, uno di questi è la brezza monte-valle. Si tratta di una circolazione atmosferica che può instaurarsi abitualmente in presenza di rilievi. Durante la notte la circolazione dell'aria si mette in movimento da monte verso il fondovalle, spostando l'aria inquinata notturna; durante il giorno la brezza di valle sposta le masse d'aria dalla pianura alle cime. A seguito di questi moti convettivi di origine termica, di giorno a quote più elevate, all'ozono fotochimico si

aggiunge quello che le masse d'aria trascinano sotto la spinta della brezza. Di notte, al suolo, l'inversione termica porta ad una rapida diminuzione delle concentrazioni di ozono, lasciando che in quota persistano livelli piuttosto elevati. Nei siti posti quindi a quote intermedie, nella stagione calda si possono talvolta raggiungere livelli di concentrazione paragonabili (se non addirittura più alti) a quelli che si misurano in siti posti a quote più elevate al di sopra dello strato di rimescolamento.

Un altro fenomeno legato all'orografia della regione e in parte alla circolazione su grande scala, in grado di trasportare masse d'aria fino al suolo, è il "foehn". Si tratta di un vento molto intenso, tipico del versante alpino. Nella nostra regione lo si riscontra principalmente durante la stagione invernale, in concomitanza ad una circolazione da Nord-NordOvest ed è accompagnato da un aumento della temperatura e da un abbassamento dell'umidità relativa. Generalmente si forma quando una catena montuosa ostacola il percorso di masse d'aria in spostamento da zone di alta pressione a zone di bassa pressione. Esso può dar luogo a scambi verticali dell'atmosfera lungo il profilo alpino, costituendo una via per il trasporto di ozono dalla libera troposfera al suolo.

### Strumentazione

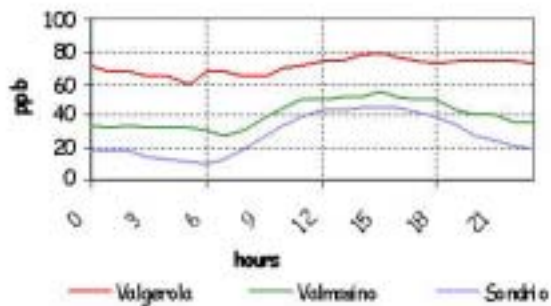
Per lo studio dell'ozono in siti alpini e pre-alpini oltre ai normali analizzatori in continuo generalmente alloggiati in laboratori mobili (fig.4.1.2.2) è possibile far uso anche di strumentazione particolare, in grado di fornire informazioni relativamente alla sua distribuzione verticale. Durante una campagna di monitoraggio condotta in Valtellina sono stati utilizzati i cosiddetti Tethersonde Meteorological Tower (fig.4.1.2.3): palloni, trattenuti al suolo da un cavo di nylon, dotati di sensori attraverso i quali è possibile ottenere profili verticali dell'atmosfera (fig.4.1.2.4 e fig.4.1.2.5). Un altro sistema utilizzato nella stessa campagna è quello del LIDAR: tecnica spettroscopica, che permette il monitoraggio di diversi inquinanti, tra cui anche l'ozono restituendo scansioni orizzontali e verticali dell'atmosfera, attraverso immagini tridimensionali. (fig.4.1.2.6)

Si tratta di apparecchiature molto costose, che richiedono inoltre la presenza continua di un operatore. Per questo non vengono utilizzate abitualmente, tuttavia le informazioni che si ottengono permettono di completare il quadro sulle possibili dinamiche che regolano le distribuzioni di questo inquinante.

### Riferimenti Bibliografici

- # Studi condotti dall'IFGA -Università Studi di Milano
- # Studi condotti da ENEL-CRTN - Milano;
- # Studi condotti dall'Istituto per l'Ambiente - CCR Ispra

Giorno Medio Estivo



<<



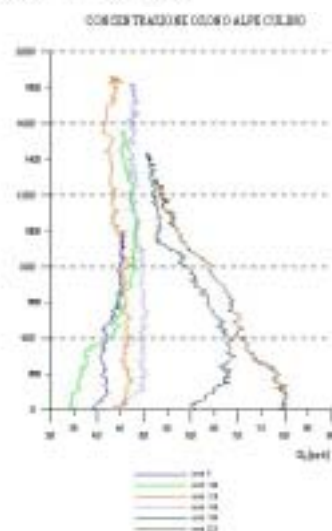
<<

Fig 4.1.2.1: giorno medio estivo



<<

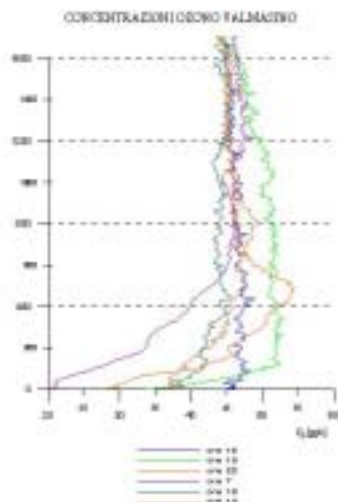
Fig 4.1.2.2: Laboratorio mobile per la misura di inquinanti atmosferici posizionato in un sito alpino



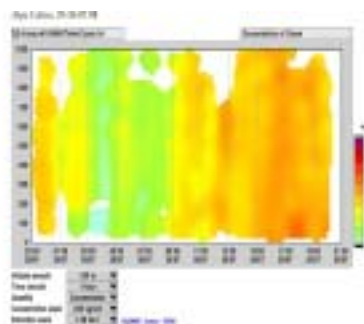
<<

Fig 4.1.2.3: Tethersonde Meteorological Tower

Fig 4.1.2.4: profilo verticale dell'atmosfera per la misura di ozono



<<



<<

Fig 4.1.2.5: profilo verticale dell'atmosfera per la misura di ozono

Fig 4.1.2.6: sezione verticale dell'atmosfera ottenuta tramite LIDAR (Light Detection And Ranging)

### 4.1.3 Biomonitoraggio dell'ozono mediante piante vascolari

#### Premessa

L'ozono è considerato uno dei più potenti agenti ossidanti, in grado d'interagire con un elevato numero di sistemi biologici. Esso presenta caratteristiche particolari che lo rendono più tossico verso la vegetazione rispetto ad altri inquinanti.

Per la protezione della vegetazione è stato elaborato in questi anni dalla Commissione Europea un indice: AOT40 (Accumulated exposure Over a Threshold of 40 ppb). Si tratta di un valore che tiene conto dell'esposizione cumulata al di sopra della soglia dei 40 ppb, ovvero  $78 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Il valore comunitario proposto non deve superare i  $3 \text{ ppb} \cdot \text{h}$ , ovvero  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$  nel periodo maggio-luglio.

Risulta tuttavia difficile attenersi a tale limite. Anche a livello europeo è stato riscontrato, come tale valore aumenti gradualmente spostandosi dalle regioni del Nord Europa, a quelle più a sud, raggiungendo valori massimi nelle regioni mediterranee.

#### Indice AOT e risposte Centro Geofisvegetative

In questi ultimi anni si è cercato di porre in relazione le dosi assorbite e le relative risposte vegetazionali.

Quest'ultime iniziano infatti ad evidenziarsi quando i livelli di ozono in atmosfera superano una certa soglia: il cosiddetto indice di AOT40. Questo valore viene espresso come somma delle differenze tra le concentrazioni medie orarie di ozono che superano i 40 ppb e il valore di soglia di 40 ppb in un determinato intervallo di tempo e con un'insolazione superiore a  $50 \text{ W}/\text{m}^2$ .

Tale soglia può far riferimento ad un livello critico a breve termine o a lungo termine. Le piante più sensibili manifestano nel primo caso danni fogliari visibili nell'arco di alcuni giorni, mentre nell'altro caso presentano cali di resa alla fine di una stagione vegetativa.

Il biomonitoraggio è una tecnica alternativa che utilizza organismi vegetali in grado di modificarsi se esposti a determinati inquinanti.

Le piante vascolari vengono impiegati come bioindicatori di inquinamento atmosferico (Tab.4.1.3.1). Quelle che possono essere considerate indicatrici della presenza di ozono sono tabacco (*nicotiana tabacum*) e spinacio (*spinacia oleracea*).

Diversi programmi di biomonitoraggio dell'ozono utilizzano la cultivar americana di tabacco Bel-W3 (fig.4.1.3.2). I vantaggi che hanno portato a tale scelta consistono in:

- ≠ notevole sensibilità all'ozono;
- ≠ buona relazione quantitativa tra dose di ozono e intensità delle lesioni fogliari,
- ≠ elevata tipicità e specificità dei sintomi fogliari;
- ≠ buona resistenza ad altri fattori di stress.

#### Metodologia per il rilievo del danno fogliare

La metodologia utilizzata per il rilievo del danno fogliare da ozono prevede innanzitutto la coltivazione delle piante in serre climatizzate. Si tratta infatti di disporre di un impianto in grado di filtrare l'aria, eliminando ozono e altri inquinanti. Le piante devono possibilmente svilupparsi tutte allo stesso modo, raggiungendo un'altezza pari a 40 cm circa e possedere almeno quattro foglie grandi completamente distese. Una volta raggiunto lo stadio vegetativo richiesto, queste vengono trasferite ai siti, in cui s'intenderà procedere con i rilevamenti ed esposte quindi all'aria ambiente.

Periodicamente sulle piante dovranno essere eseguite osservazioni al fine di valutare gli effetti prodotti dall'ozono.

L'esposizione all'ozono causa lesioni necrotiche puntiformi sulle pagine superiori della foglia. L'area ricoperta da necrosi viene analizzata visivamente; generalmente si può disporre di un atlante di fotografie (fig.4.1.3.3), in cui sono classificate le foglie danneggiate. Al fine di risalire alla dose di inquinante assorbito, per ogni foglia viene valutata settimanalmente la percentuale di area danneggiata. Dai rilievi viene così

estrapolato il cosiddetto Indice di Danno Fogliare (Leaf Injury Index LII). Il calcolo di questo valore, ovvero la risposta della pianta alla quantità di inquinante assorbito, si ottiene come media delle risposte di ciascuna foglia. Successivamente i valori di concentrazione di ozono, rilevati tramite strumentazione tradizionale, vengono correlati all'indice di danno.

### **Campagna di biomonitoraggio in Provincia di Milano**

Nella provincia di Milano nell'anno 1999 è stata condotta una campagna di biomonitoraggio dell'ozono mediante piante di tabacco.

In questa campagna i rilievi sono stati effettuati a partire dalla metà di giugno fino ai primi di settembre, sfruttando quindi il periodo vegetativo per il tabacco e di massima insolazione per la formazione di ozono. Sono stati realizzati quattro cicli di monitoraggio, in tredici postazioni della provincia di Milano: ovvero ogni tre settimane si è provveduto in ciascun sito a sostituire le piante con delle nuove.

La dislocazione delle piante in prossimità delle diverse centraline della provincia è stata effettuata tenendo conto della presenza di analizzatori di ozono, in grado di fornire misure di concentrazioni orarie. L'utilizzo di questi dati permette infatti il calcolo delle dosi a cui le piante sono esposte: AOT40.

A partire dai valori relativi al cosiddetto Leaf Injury Index rilevati nei diversi siti e applicando tecniche di geostatistica (kriging) sono state elaborate mappe della distribuzione spaziale dell'indice sul territorio provinciale. I dati ottenuti sono stati infine elaborati utilizzando criteri geostatistici e rappresentandoli attraverso mappe.

L'obiettivo del progetto è consistito nel definire procedure e individuare località adatte, al fine di realizzare un sistema di biomonitoraggio per alcuni inquinanti. La rete di rilevamento della Qualità dell'Aria è dotata di strumentazione per la misure di inquinanti atmosferici, che comporta elevati costi di gestione e manutenzione. Il biomonitoraggio si colloca quindi come metodologia complementare e che, se messa opportunamente a punto, potrebbe in futuro essere utilizzata per la predisposizione di una Rete Provinciale Integrata per il Monitoraggio Qualità dell'Aria.

### **Riferimenti bibliografici**

- ## Progetto biennale di Biomonitoraggio nella Provincia di Milano - ENEL-Ricerca (Segrate Milano);
- ## Environmental Assessment Report 2000;
- ## Studi condotti da ENEL-CRAM (Centro Ricerche Ambiente e Materiali)

SPECIE	SINTOMI	INQUINANTE
Giadiolo ( <i>Gladiolus gandavensis</i> ) Tulipano ( <i>Tulipa gesneriana</i> )	necrosi fogliare apicale oppure accumulo fluoruri (analisi chimica)	HF (e altri composti del fuoro)
Ortica minore ( <i>Urtica urens</i> ) Fienarola annuale ( <i>Poa annua</i> )	"bronzatura" a banda delle foglie	PAN
Tabacco ( <i>Nicotiana tabacum</i> ) Spinacio ( <i>Spinacia oleracea</i> )	necrosi fogliare puntiforme o estesa	O <sub>3</sub>
Petunia ( <i>Petunia nictaginisflora</i> ) Patata ( <i>Solanum tuberosum</i> )	aborto gemme fiorali; riduzione diametro fiori; riduzione dimensione dei tuberi	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>
Erba medica ( <i>Medicago sativa</i> ) Grano saraceno ( <i>Fagopyrum esculentum</i> )	clorosi e necrosi fogliari intermervali	SO <sub>2</sub>
Spinacio ( <i>Spinacia oleracea</i> ) Tabacco del Brasile ( <i>Nicotiana rustica</i> )	necrosi fogliari intermervali	NO <sub>2</sub>
Loglio maggiore ( <i>Lolium multiflorum</i> )	(accumulo elementi e analisi chimica)	HF, Cd, Mn, Pb, Zn



Teb 4.1.3.1: piante vascolari indicatrici della qualità dell'aria



Fig 4.1.3.2: Cultivar Americana di Tabacco Bel-W3

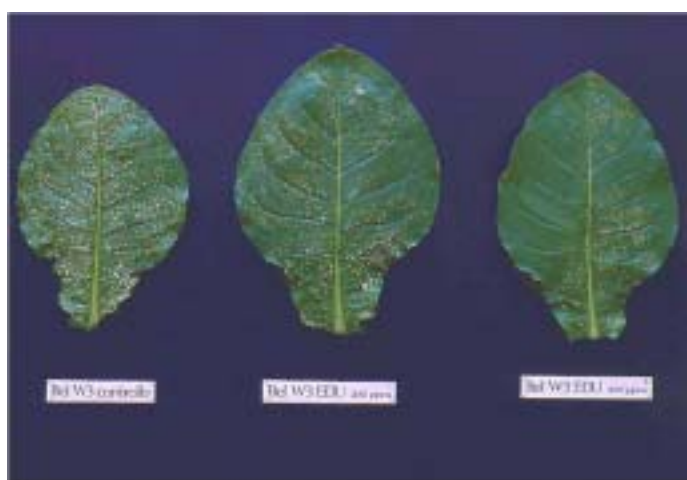


Fig 4.1.3.3: foglie di Cultivar Americana di Tabacco Bel-W3



## 4.2.1 I precursori dell'ozono

### Premessa

Ossidi di azoto ( $\text{NO}_x$ ) e composti organici volatili (COV), entrambi di origine prevalentemente antropica, sono considerati precursori dell'ozono troposferico.

Nella troposfera la formazione di ozono avviene a seguito delle emissioni di COV in presenza di  $\text{NO}_x$ .

Mentre le concentrazioni medie annue di ozono, a partire dal 1993, hanno mostrato un trend crescente, le concentrazioni di ossidi di azoto e in particolare del monossido di carbonio hanno subito in questi anni una diminuzione a seguito anche dell'applicazione della marmitta catalitica.

### Formazione dei precursori

Con ossidi di azoto s'intende l'insieme del monossido e biossido di azoto. L'ossido di azoto è un gas che si forma nei processi di combustione per ossidazione dell'azoto atmosferico. Il biossido di azoto si ottiene invece per ossidazione del rispettivo monossido con l'ossigeno.

Le sorgenti di questi inquinanti sono dovute prevalentemente al traffico autoveicolare. In particolare al momento dell'emissione  $\text{NO}_2$  ed  $\text{NO}$  sono in un rapporto a favore del monossido d'azoto: si stimano valori del rapporto in volume  $\text{NO}_2/\text{NO}$  intorno al 10%.

Con COV s'intendono invece i cosiddetti composti organici volatili: fanno parte del gruppo gli idrocarburi.

In aree urbane i COV vengono emessi principalmente attraverso l'impiego di solventi e l'utilizzo di carburanti. Su scala regionale è stato riscontrato inoltre che nel periodo estivo un'ulteriore fonte emissiva di idrocarburi è la vegetazione: i composti ai quali si fa riferimento in particolare sono i terpeni.

### Relazione tra ozono e precursori

Diversi processi in presenza di ossidi di azoto e radiazione solare portano alla formazione di ossidanti, quali  $\text{O}_3$  troposferico e radicale ossidrilico OH. Quest'ultimo in particolare risulta fondamentale nella chimica dell'atmosfera a causa della sua elevata reattività nei confronti di diverse specie gassose, quali ad esempio gli idrocarburi. Reazioni differenti portano alla formazione del radicale OH, tra queste la fotolisi dell'acido nitroso ( $\text{HNO}_2$ ) e del perossido di idrogeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ). La fonte principale risulta tuttavia la fotolisi dell'ozono in presenza di vapor d'acqua.

Studi condotti su serie storiche di ozono hanno evidenziato come le due classi di precursori ( $\text{NO}_x$  e COV) influenzino in modo diverso i livelli di questo inquinante.

L'utilizzo del "diagramma di isoconcentrazione" permette la rappresentazione dei massimi livelli di concentrazione di ozono generabili tramite differenti miscele di  $\text{NO}_x$  e COV. In [figura 4.2.1.1](#) è schematizzato tale diagramma: si tratta di un grafico, in cui le curve, rappresentano i punti di isoconcentrazione relativi alla media oraria massima di ozono raggiungibile tramite differenti miscele di  $\text{NO}_x$  e COV.

Tale diagramma viene spiegato tenendo conto del rapporto che sussiste tra le concentrazioni dei precursori COV e  $\text{NO}_x$ , ovvero del "potere ossidante dell'aria".

Il diagramma viene suddiviso in due parti: nella parte alta si trova che il rapporto tra le concentrazioni di COV ed  $\text{NO}_x$  risulta compreso tra 4-6. I valori di tali rapporti sono caratteristici di aree ad elevato traffico urbano. E' possibile constatare come nella parte superiore del grafico una diminuzione degli ossidi di azoto porti ad un aumento di ozono. Per ottenere invece un'effettiva riduzione di ozono è necessario un abbattimento dei COV. In aree urbanizzate, sottovento a emissioni di precursori le concentrazioni di ozono dipendono maggiormente dai COV. Pertanto una riduzione di ozono è possibile attraverso un controllo e quindi una diminuzione dei COV.

Quando invece il rapporto tra le concentrazioni di COV ed NO<sub>x</sub> è compreso in un range tra 40-60 ci si ritrova nella parte inferiore del diagramma. I valori di tale rapporto sono caratteristici di zone rurali, lontano da sorgenti. Osservando il grafico una riduzione dei livelli di concentrazione dei COV si dimostra inefficace per una diminuzione dei livelli di ozono. Ciò che porta invece in questo caso ad una effettiva sua riduzione è una diminuzione degli ossidi di azoto.

A seconda del "potere ossidante dell'aria" variazioni nei flussi di concentrazione dei precursori possono quindi portare a livelli di concentrazione di ozono differenti.

I meccanismi che regolano le relazioni tra precursori e ozono possono spiegare il cosiddetto effetto "week-end". Osservando l'evoluzione settimanale in zone ad elevato traffico autoveicolare, in periodi in cui non si siano verificati particolari fenomeni meteorologici, si riscontra durante il fine settimana un aumento dei livelli di ozono rispetto a quanto si registra durante i giorni lavorativi. L' aumento delle concentrazioni di livelli di ozono è infatti dovuto all'evidente riduzione delle emissioni di NO<sub>x</sub> e insufficiente riduzione di COV.

## Emissioni

Facendo riferimento a INEMAR (Inventario Emissioni Aria) istituito nell'ambito del Piano Regionale Qualità dell'Aria è possibile disporre di stime relative alle emissioni di NO<sub>x</sub> e COV. Nei grafici (fig.4.2.1.2. e fig 4.2.1.3) riportiamo le emissioni di NO<sub>x</sub> e COV suddivise per macrosettori. Entrambe hanno origine prevalentemente antropica e diverse sono le fonti che contribuiscono ad accrescere le loro concentrazioni nell'aria. Più del 50 % delle emissioni di NO<sub>x</sub> si stima abbiano origine dal traffico stradale. Per quanto riguarda quelle relative ai COV i settori che incidono maggiormente riguardano l'utilizzo dei solventi e ancora il traffico su strada. Tra le diverse province della Lombardia, Milano risulta la città con i più elevati valori di emissione di NO<sub>x</sub> e COV (fig.4.2.1.4 e fig.4.2.1.5).

La normativa prevede per NO<sub>x</sub> e COV standard di qualità dell'aria ai quali attenersi. Tali valori spesso non vengono rispettati. In particolare per il biossido di azoto per la prevenzione di episodi acuti vengono indicati i livelli di attenzione e di allarme, rispettivamente la media oraria di 200µgm<sup>3</sup> e 400 µgm<sup>3</sup>. A seguito di un'analisi effettuata su una serie di dati relativi all'anno 1997 è stato possibile riscontrare violazioni relative al livello di attenzione in più postazioni della regione. Tale soglia risulta essere stata superata dal 78% delle postazioni soprattutto durante il periodo invernale.

## Riferimenti Bibliografici

- # Rapporto sullo Stato dell'Ambiente in Lombardia, 1999;
- # Studi condotti da Dip. Scienze dell'Ambiente e del Territorio e Dip.Chimica Inorganica Metallorganica - Università Studi di Milano;
- # Piano Regionale Qualità dell'Aria.

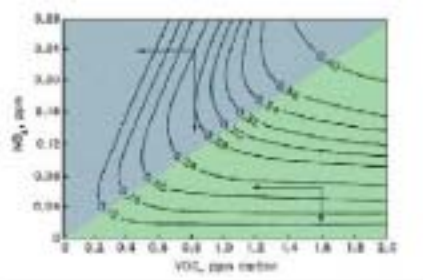


Fig 4.2.1.1: diagramma di isocentrazione relative all'ozono

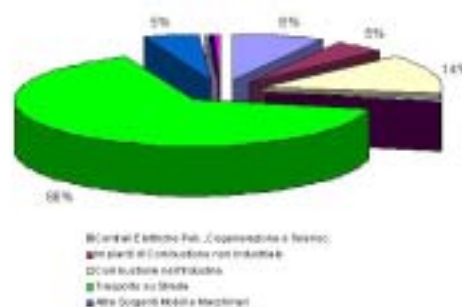


Fig 4.2.1.2: emisioni di NOx espresse in ton/annue

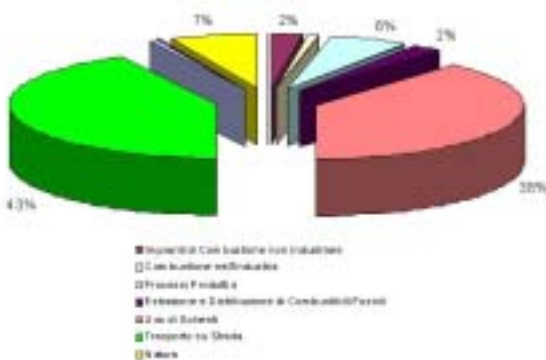


Fig 4.2.1.3: emisioni di COV espresse in ton/annue

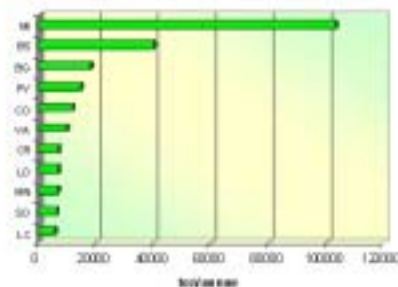


Fig 4.2.1.4: emisioni di NOx relative di macrosettori "Trasporti su strada"

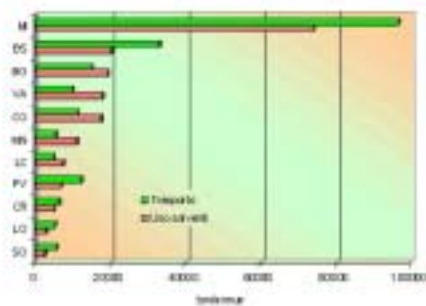


Fig 4.2.1.5: emisioni di COV relative di macrosettori "Trasporto su strada" e "Use di solventi"



### 4.3.1 Protocolli e azioni internazionali

#### La Convenzione Unece-CLRTAP e i suoi protocolli attuativi

La *Convention on Long-Range Transboundary Pollution*, siglata a Ginevra il 13 novembre 1979, si pone come obiettivo la protezione dell'uomo e dell'ambiente dall'inquinamento atmosferico, in particolare quello transfrontaliero a lunga distanza.

La Convenzione propone lo scambio di informazioni fra i paesi partecipanti e la cooperazione nell'attività di ricerca e monitoraggio per sviluppare nuove politiche e strategie atte alla riduzione dell'inquinamento atmosferico, utilizzando le migliori tecnologie disponibili ed economicamente applicabili e tecniche con produzione di rifiuti scarsa o nulla.

Alla Convenzione sono seguiti otto protocolli attuativi: in particolare, parlando di ozono troposferico, è opportuno fare riferimento a quello di Ginevra del 1991 (recepito nell'ordinamento italiano con Legge 12 aprile 1995, n. 146) e a quello di Göteborg del 1999.

Il primo riguarda il controllo delle emissioni di Composti Organici Volatili (COV) e dei loro flussi transfrontalieri, e si pone come obiettivo - da raggiungere entro il 1999 - la riduzione del 30% delle emissioni utilizzando come riferimento un anno compreso tra il 1984 ed il 1990. I dati relativi al raggiungimento dei target prefissati non sono ancora disponibili, mentre una prima valutazione è visibile in [tabella 4.3.1.1](#).

I metodi consigliati per il raggiungimento dei *target* sono molto vari: si propone l'emanazione di nuove norme nazionali con limiti più stringenti da applicare alle sorgenti di COV fisse e mobili, così come si incoraggia l'utilizzo di prodotti alternativi a basso tenore di COV. Si invita anche al coinvolgimento del pubblico nella campagna attraverso annunci pubblici e invitando ad un uso più consapevole dei vari mezzi di trasporto.

Inoltre si propone l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili, con particolare attenzione a quei COV considerati precursori di ozono troposferico. E' proposta anche la cooperazione a tutti i livelli fra gli stati partecipanti: dall'individuazione di aree particolarmente sensibili all'inquinamento da ozono troposferico, alla creazione di database di emissioni, alla modellizzazione del destino di questi contaminanti nell'atmosfera, fino allo scambio reciproco di esperienze anche in seno alle industrie.

Al protocollo sono uniti quattro allegati: il quarto, in particolare, fornisce una classificazione dei composti organici volatili in base al loro potenziale di creazione di ozono fotochimico (PCOP): in [tabella 4.3.1.2](#). è possibile vedere la suddivisione dei COV in base alla loro importanza negli episodi di formazione acuta di ozono.

Nel 1999 i membri dell'UNECE, riconoscendo che le emissioni di NO<sub>x</sub>, composti dello zolfo, COV e inquinanti secondari come ozono e prodotti di reazione dell'ammoniaca sono trasportati per lunga distanza in atmosfera, e riconoscendo i danni provocati da tali contaminanti sulla salute umana e degli ecosistemi, hanno siglato a Göteborg il *Protocollo per abbattere l'acidificazione, l'eutrofizzazione e l'ozono troposferico*. E' il primo documento di questo tipo che tratta nello specifico i composti ridotti dell'azoto.

Vengono stabiliti i carichi critici degli inquinanti considerati da non sorpassare e, nazione per nazione, viene fissato il tasso percentuale di riduzione da raggiungere entro il 2010. Inoltre vengono stabilite nuove soglie per le emissioni sia per gli impianti costruiti precedentemente al Protocollo, sia per quelli di nuova concezione, considerando le tecnologie disponibili, il costo ed il rapporto costi-benefici.

E' stato stimato che, quando il Protocollo sarà completamente operativo, in Europa si otterranno le seguenti riduzioni nelle emissioni: almeno il 63% per i composti dello zolfo, il 41% per gli NO<sub>x</sub>, il 40% per i COV e il 17% per i composti ridotti dell'azoto, rispetto al 1990 usato come riferimento.

Inoltre, si stima (UNECE, 2000) che all'attuazione completa del Protocollo le aree in Europa con carichi eccessivi acidificanti passeranno da 93 milioni di ettari nel 1990 a 15, quelle con eccessivi carichi eutrofizzanti da 165 milioni di ettari (1990) a 108 milioni di ettari, le giornate con livelli eccessivi di ozono saranno dimezzate. Sono state fatte stime

anche in merito alla salute della popolazione, e si è ipotizzato che gli anni di vita persi come conseguenza di esposizioni prolungate all'ozono saranno nel 2010 2.300.000 meno rispetto al 1990, e ci saranno circa 47.500 morti premature in meno dovute agli effetti dell'ozono e del particolato atmosferico.

### Le direttive europee

Fondamentalmente tre sono le direttive europee a cui fare riferimento in tema di inquinamento da ozono troposferico: la **92/72/CE**, la **96/62/CE** e la proposta di direttiva **COM (1999) 125-1**.

La prima è specifica per l'ozono troposferico e si propone di stabilire una procedura unificata a livello europeo per la sorveglianza ed il monitoraggio delle concentrazioni di ozono, per lo scambio di informazioni e per l'informazione e l'allerta della popolazione.

In essa vengono identificate:

- 4# soglia per la protezione della salute;
- 4# soglie per la protezione della vegetazione;
- 4# soglia per l'informazione della popolazione;
- 4# soglia di allerta della popolazione.

Per le definizioni di tali soglie e per i loro valori si rimanda al paragrafo successivo, in quanto tale direttiva è stata integralmente recepita nell'ordinamento italiano con il DM 16 maggio 1996.

Successivamente, nel 1996, è stata emanata la direttiva 96/62/CE in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente, la quale tratta di più contaminanti atmosferici e, per l'ozono, si propone di introdurre accanto alle soglie precedentemente enunciate anche dei valori-obiettivo da raggiungere nel tempo. La direttiva proponeva anche la nuova fissazione di valori limite e di soglie di allarme per l'ozono troposferico, rifacendosi alla 92/72 la quale dichiarava che nuovi valori in tal senso avrebbero dovuto essere emanati entro il 1996. Tali valori sono invece contenuti nella proposta di direttiva COM (1999) 125-1, non ancora ratificata, assieme ai valori-obiettivo da raggiungere entro il 2010, e vengono illustrati (assieme alle definizioni dei valori e delle soglie) nelle tabelle [4.3.1.3](#) - [4.3.1.6](#).

### Riferimenti bibliografici e siti internet

- ☞ [www.unece.org](http://www.unece.org)
- ☞ [www.europa.eu.int](http://www.europa.eu.int)

Membro	Riduzione delle emissioni (%) nel 1996, se non diversamente specificato	Riduzione delle emissioni (%) al 2000 (proiezione)	Target prescelto
Austria	-31	-30	-30% dal 1988
Bulgaria	-52	-21	Stabilizzazione al 1988
Repubblica Ceca	-35	-	-30% dal 1990
Danimarca	-35	-35	-30% dal 1985
Finlandia	-19	-	-30% dal 1988
Francia	-	-	-30% dal 1988
Germania	-41	-	-30% dal 1988
Ungheria	-30	-16	Stabilizzazione al 1988
<b>Italia</b>	<b>+7 (1995)</b>	<b>-19</b>	<b>-30% dal 1990</b>
Liechtenstein	-14 (1994)	-39	-30% dal 1984
Lussemburgo	-10	-35	-30% dal 1990
Olanda	-	-	-30% dal 1988
Norvegia, nazionale	+51	-20	Stabilizzazione al 1988
Norvegia, TOMA <sup>1</sup>	+30	+26	-30% dal 1989
Spagna	+25 (1993)	-	-30% dal 1988
Svezia	-20	-33	-30% dal 1988
Svizzera	-37	-50	-30% dal 1984
Regno Unito	-20	-41	-30% dal 1988

**Tabella 4.3.1.1**

Stato di attuazione al 1996 e proiezioni al 2000 del Protocollo di Goteborg (UNECE, 2000).

- 4# **Valore obiettivo:** livello fissato al fine di evitare a lungo termine effetti nocivi sulla salute umana e/o sull'ambiente nel suo complesso (vedi tabella 4.3.3.4)
- 4# **Obiettivi a lungo termine:** concentrazioni di ozono nell'atmosfera al di sotto delle quali si ritengono improbabili, in base alle conoscenze scientifiche attuali, effetti nocivi diretti sulla salute umana e/o sull'ambiente (tabella 4.3.3.5)
- 4# **Soglia di allerta:** livello oltre il quale vi è un rischio per la salute umana dell'intera popolazione in caso di breve esposizione (tabella 4.3.3.6)
- 4# **Soglia di informazione:** soglia di allerta per alcuni gruppi sensibili della popolazione (tabella 4.3.3.6)

**Tabella 4.3.1.3**

Definizione delle soglie contenute nella proposta di direttiva COM (1999) 125-1.

1 Tropospheric Ozone Management Area

	Parametro	Obiettivo a lungo termine da non superare
Valore-obiettivo per la protezione della salute umana	Media massima di 8 ore fra le medie ottenute nell'arco di un anno solare in base a moduli di 8 ore rilevati a decorrere da ogni ora	120 µg/m <sup>3</sup>
Valore-obiettivo per la protezione della vegetazione	AOT 40, calcolato sulla base delle concentrazioni di 1 ora da maggio a luglio	6000 µg/m <sup>3</sup> h

**Tabella 4.3.1.5**

Obiettivi a lungo termine per l'ozono troposferico contenuti nella proposta di direttiva COM (1999) 125-1.

<b>Abbastanza importanti</b>	
Alcheni	
Aromatici	
Alcani	Alcani > C <sub>6</sub> salvo il dimetil-2,3 pentano
Aldeidi	Tutte le aldeidi tranne la benzaldeide
COV naturali	Isoprene
<b>Poco importanti</b>	
Alcani	Alcani da C <sub>3</sub> a C <sub>5</sub> e dimetil-2,3 pentano
Chetoni	Metiletilchetone e metil-t-butilchetone
Alcooli	Etanolo
Esteri	Tutti gli esteri tranne l'acetato di metile
<b>Molto poco importanti</b>	
Alcani	Metano ed etano
Alchini	Acetilene
Aromatici	Benzene
Aldeidi	Benzaldeide
Chetoni	Acetone
Alcooli	Metanolo
Esteri	Acetato di metile
Idrocarburi clorurati	Metilcloroformio Cloruro di metilene Tricloroetilene e tetracloroetilene

**Tabella 4.3.1.2**

Classificazione dei COV in tre gruppi in base all'importanza nella creazione di ozono troposferico secondo il protocollo di Ginevra del 1991.

	Parametro	Valore-obiettivo	Anno entro il quale conseguire il valore-obiettivo
Valore-obiettivo per la protezione della salute umana	Media massima di 8 ore nell'arco delle 24 ore fra le medie ottenute in base a moduli di 8 ore rilevati a decorrere da ogni ora	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare per più di 20 giorni per anno solare come media su 3 anni	2010
Valore-obiettivo per la protezione della vegetazione	AOT 40, calcolato sulla base dei valori di 1 ora fra maggio e luglio	17000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ h}$ come media su 5 anni	2010

**Tabella 4.3.1.4**

Valori-obiettivo per l'ozono contenuti nella proposta di direttiva COM (1999) 125-1.



	Parametro	Soglia
Soglia di informazione	Media di 1 ora	180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Soglia di allerta	Media di 1 ora	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

**Tabella 4.3.1.6**

Soglie di informazione e di allerta per l'ozono contenute nella proposta di direttiva COM (1999) 125-1.

### 4.3.2 Il quadro nazionale

La normativa italiana in materia di ozono troposferico è derivata *in toto* dalle direttive europee, ed in particolare dalla direttiva 92/72, recepita nell'ordinamento tramite il Decreto Ministeriale 16 maggio 1996, recante "Attivazione di un sistema di sorveglianza di inquinamento da ozono", e dalla direttiva 96/62 recepita dal D. L.vo 4 agosto 1999, n. 351 "Attuazione della direttiva 96/62/CE in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente".

Inoltre, si fa riferimento alla legge 12 aprile 1995, n.146, sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero a distanza relativamente alle emissioni, la quale recepisce il Protocollo di Ginevra sui COV del 1991.

#### La normativa sull'ozono

I livelli di ozono previsti dal DM 16 maggio 1996 sono quelli della direttiva 92/72, la quale recepisce le indicazioni suggerite dall'Organizzazione Mondiale della Sanità, stabilite sulla base di accurate indagini scientifiche.

I valori che tale DM determina per la concentrazione di ozono nell'aria sono:

- 4# **livello di protezione della salute:** livello di ozono che non deve essere superato ai fini della protezione della salute umana, in caso di episodi prolungati di inquinamento;
- 4# **livello per la protezione della vegetazione:** concentrazione di O<sub>3</sub> oltre la quale la vegetazione può subire danni;
- 4# **livello di attenzione o di informazione alle persone:** livello di ozono oltre il quale si possono verificare effetti limitati e transitori per la salute umana, in caso di esposizione anche di breve durata, di gruppi di soggetti particolarmente sensibili;
- 4# **livello di allarme:** concentrazione di ozono oltre la quale esiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione anche di breve durata;
- 4# **stati di attenzione e di allarme:** in caso di raggiungimento di concentrazioni prossime ai livelli di attenzione o di allarme, l'autorità competente valuta l'opportunità di dichiarare lo stato di attenzione o di allarme.

Per la loro quantificazione numerica si veda la [tabella 4.3.2.1](#).

I valori così definiti vanno a sostituire i livelli precedenti fissati dal DPCM 28 marzo 1983, n. 30, che recava "Limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e di esposizione relativi ad inquinanti dell'aria nell'ambiente esterno". Esso fissava in 200 µg/m<sup>3</sup> (come concentrazione media di un'ora da non raggiungere più di una volta al mese) i valori massimi di accettabilità delle concentrazioni e i limiti massimi di esposizione.

Il DM 25 novembre 1994 (ancora vigente) fissava già in 180 µg/m<sup>3</sup> (come media oraria) il livello di attenzione, ed in 360 µg/m<sup>3</sup> (come media oraria) il livello di allarme. Tali valori sono stati utilizzati per aggiornare il DM 15 aprile 1994, e comunque si trovano inalterati nel DM 16 maggio 1996, in quanto sono i valori suggeriti dalla direttiva 92/72/CE.

Anche per l'ozono l'entrata in vigore del D. L.vo 4 agosto 1999, n. 351, modificherà la legislazione esistente in materia abrogandone i decreti attualmente in vigore. La piena operatività di tale decreto è subordinata all'emanazione di due decreti attuativi da parte del Ministro dell'Ambiente, i quali devono fornire i valori limite per i contaminanti considerati, i loro margini di tolleranza e i termini entro i quali tali valori dovranno essere raggiunti.

Attualmente i nuovi limiti sono in discussione anche in sede europea (proposta di direttiva COM (1999) 125-1).

## La normativa sui principali precursori

I COV, precursori dell'ozono troposferico, sono contemplati dalla legge 21 aprile 1995, n. 146, che è in pratica la traduzione in italiano del protocollo di Ginevra del 1991 di cui si è discusso al paragrafo precedente.

Sempre in materia di precursori di ozono troposferico, è utile ricordare le principali disposizioni che riguardano gli NO<sub>x</sub>. In attesa dell'attuazione del D. L.vo 4 agosto 1999, n. 351, i limiti per biossido di azoto sono quelli contenuti nel DPR 24 maggio 1988, n. 203 (vedi tabelle in cap.7).

In esse si fa riferimento a "valori limite" e "valori guida". All'art. 2 del medesimo decreto, tali valori vengono così definiti:

4# **Valori limite di qualità dell'aria:** limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e limiti massimi di esposizione relativi ad inquinanti nell'ambiente esterno.

4# **Valori guida di qualità dell'aria:** limiti delle concentrazioni e limiti di esposizione relativi ad inquinamenti nell'ambiente esterno destinati:

- a) alla prevenzione a lungo termine in materia di salute e protezione dell'ambiente;
- b) a costituire parametri di riferimento per l'istituzione di zone specifiche di protezione ambientale per le quali è necessaria una particolare tutela della qualità dell'aria.

## Riferimenti bibliografici e siti internet

# [www.parlamento.it](http://www.parlamento.it)

# [www.minambiente.it](http://www.minambiente.it)

# S.Maglia, M. Santoloci: "Il codice dell'ambiente 2000", ed. la tribuna, Piacenza

<b>Livello di protezione della salute</b>	110 µg/m <sup>3</sup> per il valore medio su 8 ore
<b>Livello per la protezione della vegetazione</b>	4# 200 µg/m <sup>3</sup> per il valore medio su un'ora 4# 65 µg/m <sup>3</sup> per il valore medio su 24 ore
<b>Livello di attenzione o di informazione alle persone</b>	180 µg/m <sup>3</sup> per il valore medio su un'ora
<b>Livello di allarme</b>	360 µg/m <sup>3</sup> per il valore medio su un'ora

**Tabella 4.3.2.1**

I livelli per l'ozono contenuti nel DM 16 maggio 1996. Per le definizioni si veda il testo.



### 4.3.3 L'impegno regionale

#### Premessa

I problemi associati all'inquinamento atmosferico, non accennano a diminuire: ossidanti fotochimici e deposizioni acide sono causa di effetti dannosi non solo per gli ecosistemi, ma anche per la salute umana.

Misure di controllo a livello internazionale sono già state prese in considerazione in passato, come ad esempio attraverso la convenzione delle Nazioni Unite, UN-ECE (United Nations Economic Commission for Europe) inerente il trasporto su grande scala dell'inquinamento atmosferico (Long Range Transport of Air Pollution).

In Italia invece, per quanto riguarda la Regione Lombardia nel 1999 è stata emanata una delibera della Giunta relativamente ai "Criteri e procedure per il contenimento e la prevenzione degli episodi acuti di inquinamento atmosferico".

Viene fatto riferimento ai principali inquinanti atmosferici, tra cui biossido di azoto, monossido di carbonio e ozono, per i quali vengono indicati i provvedimenti da assumere al raggiungimento del cosiddetto stato di allarme (Tab.4.3.3.1). In particolare per quanto riguarda NO<sub>2</sub> e CO si tratterà di prendere misure, quali il blocco totale del traffico automobilistico privato, comprese le auto catalizzate e blocco totale del traffico dovuto ai motocicli. Per quanto riguarda l'ozono invece al raggiungimento del rispettivo stato di allarme la popolazione dovrà esserne informata, provvedendo inoltre a controlli per il rispetto dei limiti relativi alla velocità dei veicoli.

#### SATURN (Studying Atmospheric Pollution in Urban Areas)

Ai paesi europei sono richiesti ulteriori sforzi a livello scientifico al fine di fornire strumenti e misure in grado di apportare soluzioni al problema dell'inquinamento atmosferico. A questo proposito s'inserisce il progetto EUROTRAC. Si tratta di un progetto europeo sul trasporto e sulle trasformazioni chimiche di composti in traccia presenti in troposfera. Esso s'inserisce all'interno di un'iniziativa politica istituita per incoraggiare lo sviluppo di ricerche tecnologiche in Europa.

La prima fase di EUROTRAC ha contribuito alla realizzazione di un "background" scientifico; l'obiettivo della seconda fase è invece quello di sviluppare efficaci strategie per il controllo e l'abbattimento dell'inquinamento atmosferico. EUROTRAC è costituito da diversi sottoprogetti (Tab.4.3.3.2), alcuni riguardanti in particolare lo studio dell'inquinamento in ambiente urbano, tra questi LOOP e SATURN. Si tratta di due sottoprogetti che hanno preso in considerazione aree della Regione Lombardia, in quanto rappresentative e particolarmente adatte per uno studio pilota.

Con l'acronimo SATURN va inteso lo studio dell'inquinamento atmosferico in aree urbane. Gli obiettivi principali di tale progetto riguardano la messa a punto di procedure al fine di stabilire relazioni tra sorgenti e recettori su scala urbana.

L'Italia ha contribuito a tale progetto attraverso attività sperimentali. Milano, quale centro urbano tra i più inquinati e popolati, è stata scelta infatti per effettuare campagne di misura. Sono stati inoltre sviluppati modelli appropriati in grado di:

- # migliorare le prestazioni dei modelli fotochimici su scala locale;
- # migliorare la conoscenza sulla distribuzione spazio-temporale degli inquinanti fotochimici presenti in area urbana mediante misure in situ.

Scopo di questo progetto, è il raggiungimento di una migliore comprensione dell'andamento della qualità dell'aria nelle città, al fine di uno sviluppo sostenibile in ambiente urbano.

#### LOOP (Limitation of Oxidant Production)

Un altro sottoprogetto del progetto EUROTRAC è LOOP. Gli obiettivi principali proposti con questo progetto riguardano lo studio della formazione di fotoossidanti in aree ad elevato inquinamento atmosferico, focalizzando l'attenzione in particolare sui

composti organici volatili e sugli ossidi d'azoto, quali precursori per l'ozono troposferico.

Una prima campagna di monitoraggio nell'ambito di tale progetto è stata condotta in Lombardia nel territorio della Pianura Padana.

Scopo di tale campagna, denominata PIPAPO (Pianura Padana Produzione d'Ozono), è stato quello di studiare la formazione di ozono, associato al trasporto transfontaliero di fotoossidanti.

Tale area offre diversi aspetti interessanti per studi legati a problemi d'inquinamento atmosferico:

- ## frequenti episodi in cui si riscontrano elevate concentrazioni di ozono;
- ## situazioni in cui si verificano rapidi cambiamenti nel "potere ossidante dell'aria", ovvero nel rapporto tra NOX e COV;
- ## elevate produzioni di inquinanti secondari, dovute in particolare alle emissioni di COV e NH<sub>3</sub>.

L'area, scelta per l'indagine è caratterizzata da condizioni meteorologiche particolari:

- ## frequenti ristagni degli inquinanti, in concomitanza ad elevati valori di radiazione solare;
- ## correnti d'aria a regime di brezza, con direzione Nord-Sud durante la notte, Sud-Nord durante il corso della giornata.

Si è trattato quindi di monitorare l'intera area relativamente ai processi fotochimici, cercando di individuare e seguire l'evoluzione del "plume fotochimico" generato dalla città di Milano (Fig. 4.3.3.3).

La campagna di misura è stata effettuata tra aprile e giugno; in coincidenza con il periodo vegetativo delle piante.

Diversi Istituti di Ricerca italiani e stranieri vi hanno preso parte (Tab. 4.3.3.4), contribuendo con attività e tecniche complementari al fine di fornire un quadro sui meccanismi che regolano la distribuzione dell'inquinamento dell'aria relativamente agli inquinanti di origine fotochimica sul territorio della Pianura Padana.

### Riferimenti Bibliografici

- ## DGR 44885 "Criteri e procedure per il contenimento e la prevenzione degli episodi acuti di inquinamento atmosferico" 5 Agosto 1999;
- ## Atti del Convegno "Ossidanti fotochimici e aerosoli in Lombardia" - Contributo dei Progetti Europei - Milano 21-22 giugno 1999

		<b>Livello</b>	<b>LIVELLO</b>
		<b>Attenzione</b>	<b>ALLARME</b>
<b>SO<sub>2</sub></b>	Media giorn.	125 µg/m <sup>3</sup>	250 µg/m <sup>3</sup>
<b>NO<sub>2</sub></b>	Media oraria	200 µg/m <sup>3</sup>	400 µg/m <sup>3</sup>
<b>CO</b>	Media oraria	15 mg/m <sup>3</sup>	30 mg/m <sup>3</sup>
	Media su 8 h	10 mg/m <sup>3</sup>	
<b>PTS</b>	Media giorn	90 µg/m <sup>3</sup>	180 µg/m <sup>3</sup>
<b>O<sub>3</sub></b>	Media oraria	180 µg/m <sup>3</sup>	360 µg/m <sup>3</sup>
<b>PM10</b>	Media gior.	50 µg/m <sup>3</sup>	75 µg/m <sup>3</sup>

&lt;&lt;

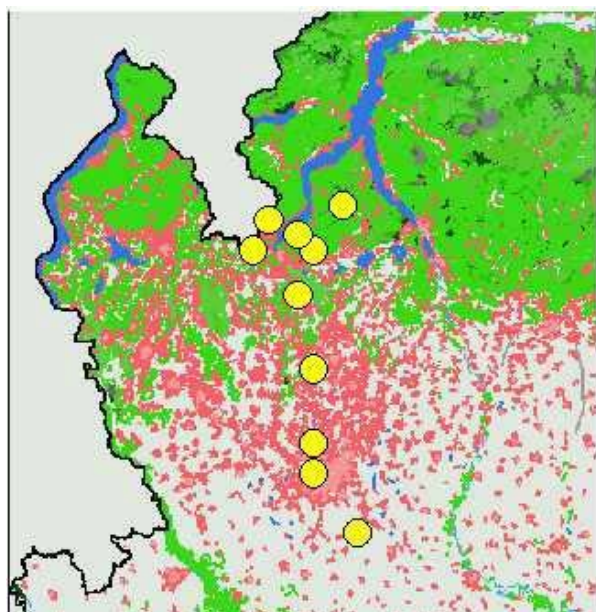
Tab. 4.3.3.1

Inquinanti da considerare e relativi livelli di attenzione e allarme secondo la DGR 44885/99

<b>AEROSOL</b>	Aerosol balance in Europe
<b>BIATEX-2</b>	Biosphere/Atmosphere exchange of pollutants
<b>CAPP</b>	Coastal air pollution processes
<b>CMD</b>	Chemical mechanism development
<b>GENEMIS</b>	Generation and evaluation of emission data
<b>GLOREAM</b>	Global and Regional Atmospheric Modelling
<b>LOOP</b>	Limitation of oxidant production
<b>MEPOP</b>	Research on mercury and POPs
<b>PROCLOUD</b>	Processing of trace constituents in clouds over Europe
<b>SATURN</b>	Studying atmospheric pollution in urban areas
<b>TOR-2</b>	Tropospheric Ozone Research
<b>TRAP45</b>	Trends in air pollution since 1945

Tab.4.3.3.2 Sottoprogetti di EUROTRAC-2

&lt;&lt;



&lt;&lt;

Fig.4.3.3.3 Postazioni di misure allineate lungo il percorso (S-N) delle correnti d'aria

# <b>Swedish Envir. Research Inst.</b>	Svezia
# <b>Swiss Federal Inst. of Technology</b>	Svizzera
# <b>Paul Scherrer Inst., Dip. of General Energy Technology</b>	Svizzera
# <b>Atmospheric Science, Swiss Federal Inst. of Technology</b>	Svizzera
# <b>Inst. For Envir. Protection and Agriculture</b>	Svizzera
# <b>MetAir AG, Applied Atmospheric</b>	Svizzera
# <b>Ist Fisica Generale Applicata di Milano</b>	Italia
# <b>Regione Lombardia, Servizio di Protezione Sanitaria</b>	Italia
# <b>Joint Research</b>	Italia
# <b>Centre Ispra</b>	
# <b>Fraunhofer Inst. für atmosphärische Umweltforschung</b>	Germania
# <b>IMK University Karlsruhe</b>	Germania
# <b>LISA Université Paris</b>	Francia
# <b>Austrian Research Centre Seibersdorf</b>	Austria

Tab.4.3.3.4 Partecipanti principali al progetto LOOP

