



**ARPA – Dipartimento Provinciale di Novara**

***RELAZIONE FINALE***

**VALUTAZIONE DELLA QUALITA' DELL'ARIA  
MEDIANTE CAMPIONATORI PUNTIFORMI DIFFUSIVI  
NEL PARCO DEL TICINO E NEI LAGONI DI MERCURAGO**

**Periodo di monitoraggio  
Ottobre 2002 – Febbraio 2004**

**La Responsabile dell'Area Tematica  
Qualità Aria ed Emissioni  
(*Giuseppina Annovazzi Rizzo*)**

**Il Direttore del Dipartimento  
(*Dott. Pietro Girò*)**

Marzo 2004

## **INDICE**

<b>CAPITOLO 1.....</b>	<b>3</b>
1. Introduzione.....	3
2. L'atmosfera.....	3
2.1 Composizione dell'atmosfera.....	4
3 Inquinamento atmosferico.....	4
3.1 Inquinanti Primari.....	5
3.1.1 Ossidi di Azoto.....	5
3.1.2 Ossidi di Zolfo.....	6
3.1.3 Composti Organici Volatili (COV) e idrocarburi (BTEX).....	7
3.2 Inquinanti secondari.....	8
3.2.1 Ozono.....	8
3.3 Lo smog fotochimico.....	10
3.4 Processi di deposizione.....	10
3.4.1 La deposizione secca.....	10
3.4.2 La deposizione umida.....	11
<b>CAPITOLO 2.....</b>	<b>12</b>
1. Normativa sull'inquinamento atmosferico.....	12
<b>CAPITOLO 3.....</b>	<b>14</b>
1 Il territorio del Parco del Ticino.....	14
2 Caratteristiche climatiche.....	14
<b>CAPITOLO 4.....</b>	<b>15</b>
1 Campionatura diffusiva.....	15
2 I componenti dei Radiello.....	15
3 Confronto tra un campionatore passivo e un analizzatore in continuo.....	16
<b>CAPITOLO 5.....</b>	<b>17</b>
1 Metodologie di analisi.....	17
<b>CAPITOLO 6.....</b>	<b>18</b>
1 Descrizione della campagna.....	18
2 Descrizione dei siti.....	18

3 Programmazione e svolgimento della campagna .....	18
<b>CAPITOLO 7.....</b>	<b>19</b>
1 Valutazione della qualità dell'aria.....	19
2 Parametri meteorologici.....	19
3 Biossido di zolfo.....	20
4 Biossido di azoto.....	27
5 Ozono.....	33
6 Idrocarburi aromatici (BTEX) .....	39
<b>CAPITOLO 8.....</b>	<b>45</b>
Conclusioni.....	45
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>47</b>
<b>ALLEGATO A.....</b>	<b>48</b>

# CAPITOLO 1

## 1. Introduzione

Il presente lavoro ha come scopo il controllo della qualità dell'aria di una zona importante sia dal punto di vista ambientale che naturalistico: il Parco del Ticino.

Il Parco Piemontese della Valle del Ticino, assieme al corrispondente Parco Lombardo, è uno dei maggiori Parchi fluviali Europei. Il territorio del Parco ha una superficie di 6250 ettari ed occupa una ristretta fascia lungo la riva destra del Ticino comprendendo parte del territorio di 11 comuni (da Castelletto Ticino a Cerano ). Esso si trova a ridosso di due regioni che hanno subito negli ultimi anni una crescente antropizzazione. La vicinanza di grandi città (Novara, Milano e Varese), dalle fiorenti attività industriali e l'ampliamento dell'aeroporto di Malpensa, che ha portato indirettamente al potenziamento delle linee di collegamento ( sia stradale che ferroviario) e allo sviluppo di nuove infrastrutture, ne fanno un territorio che merita una costante attenzione.

Per questi motivi, nell'ultimo decennio, sono stati eseguiti monitoraggi della qualità dell'aria utilizzando sia tecniche di biomonitoraggio che tecniche di campionatura passiva. Il nostro progetto ha come obiettivo lo studio sulla qualità dell'aria nel Parco regionale del Ticino e dei Lagoni di Mercurago attraverso la determinazione delle concentrazioni dei principali inquinanti atmosferici per il controllo di ecosistemi forestali, per evidenziare eventuali agenti di stress.

## 2. L'atmosfera

L'atmosfera terrestre è una massa aeriforme, con una determinata composizione ed ha una struttura stratificata. Le varie parti sovrapposte, denominate sfere, sono separate l'una dall'altra da strette fasce, dette pause.

La *troposfera*, la zona più vicina al suolo, è quella in cui si concentra quasi il 90% della massa atmosferica ed il 75% del vapore d'acqua. E' in essa che si svolgono le perturbazioni meteorologiche più intense e tutti quegli eventi che abitualmente costituiscono il "tempo". In questa zona la temperatura diminuisce, partendo dal suolo, con l'aumentare della quota; in generale la diminuzione è di circa 6 °C per ogni Km. Lo spessore della troposfera; varia da 8-18 Km. Al di sopra della troposfera si estende uno strato di transizione, la *tropopausa*, con una temperatura compresa tra 50 °C e 80 °C sotto zero ed uno spessore ridotto, che raggiunge al massimo i due Km. Oltre la tropopausa ha inizio la *stratosfera*, nella cui parte inferiore la temperatura prende a salire, dapprima lentamente (fino a una quota di 30 Km), poi più rapidamente fino a raggiungere il valore di circa 0 °C nella *stratopausa*, che si trova a circa 50 Km dalla superficie terrestre. L'innalzamento della temperatura sembra dovuto alla presenza di ozono (O<sub>3</sub>) e di ossigeno

atomico e molecolare, che assorbono le radiazioni solari con lunghezza d'onda situata nell'ultravioletto; di conseguenza, aumentando la sua agitazione molecolare, l'atmosfera si riscalda. Lo strato atmosferico successivo (da 50 a 80 Km), in cui si verifica una nuova diminuzione della temperatura in funzione della quota, è la *mesosfera*, la quale è delimitata superiormente da una fascia a inversione termica molto marcata detta *menopausa*. Sopra segue la *termosfera*, così denominata perché la temperatura riprende a salire e vi raggiunge valori molto elevati (1000 °C a 100 Km di altezza). Sopra la termosfera ad altezze di oltre 1000 Km, si estende l'*esosfera*, dalla quale i gas dell'atmosfera terrestre possono sfuggire disperdendosi nello spazio.

## 2.1 Composizione dell'atmosfera

Nell'aria sono presenti gas la cui concentrazione non cambia apprezzabilmente nel tempo. Questi sono l'Azoto ( $N_2$  circa il 78%) e l'Ossigeno ( $O_2$  circa il 21%). In pratica l'aria è rappresentata dalla miscela di questi due gas a cui si affiancano altri gas permanenti come i gas nobili Argon ( Ar ), Ne ( Ne ), Elio ( He ), Xenon ( Xe ) e Idrogeno (  $H_2$  ). Inoltre possono essere presenti sostanze risultanti dalle attività umane, industriali e anche naturali, la cui presenza più o meno marcata in determinate aree viene indicata come inquinamento atmosferico.

## 3 Inquinamento atmosferico.

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

Le sostanze responsabili dell'inquinamento atmosferico sono numerose e diversificate, in termini di caratteristiche chimico-fisiche e di effetti sulla salute e sull'ambiente; esse normalmente si distinguono in:

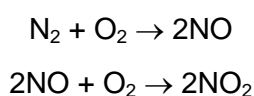
- *Inquinanti primari*: vengono immessi direttamente in atmosfera a causa di attività antropiche o fenomeni naturali (biossido di zolfo, monossido di azoto, ammoniaca, benzene, monossido di carbonio, polveri, piombo, ecc.);
- *Inquinanti secondari*, sono tutte quelle specie chimiche che derivano da reazioni chimiche e fotochimiche degli inquinanti primari fra loro o con costituenti di base dell'atmosfera (ozono, biossido di azoto, prodotti di ossidazione di idrocarburi, ecc.).

### 3.1 Inquinanti Primari

#### 3.1.1 Ossidi di Azoto

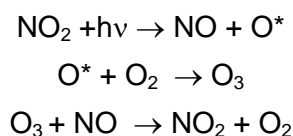
L'ossido di azoto (NO) e il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) sono le specie presenti in concentrazioni più elevate.

Il monossido di azoto (NO) si forma per combinazione diretta dell'azoto e dell'ossigeno atmosferico in qualsiasi processo di combustione ad elevata temperatura.



Alle normali temperature dell'aria, l'ossigeno e l'azoto reagiscono pochissimo tra loro e pertanto le suddette reazioni non avvengono. Solo durante le reazioni di combustione, in cui vengono superati i 1100°C, si ha una rapida produzione di NO mediante la prima reazione, mentre normalmente non più dello 0.5% dell' NO si trasforma in NO<sub>2</sub> mediante la seconda reazione.

La notevole reattività fotochimica è sicuramente la caratteristica peculiare degli ossidi di azoto; infatti, tra gli inquinanti atmosferici, l'NO<sub>2</sub> è quello che assorbe più efficientemente i raggi UV che raggiungono la terra. L'interazione tra NO<sub>2</sub> e UV conduce ad una complessa serie di reazioni che vengono denominate "Ciclo Fotochimico":



Poiché l'NO<sub>2</sub> viene rigenerato dalla reazione dell'NO e dell'O<sub>3</sub> formati, il risultato complessivo sembrerebbe una reazione ciclica continua. Purtroppo, appena nel sistema vengono introdotti gli idrocarburi, si verifica una modificazione degli equilibri: gli idrocarburi reagiscono con gli atomi di ossigeno formando dei radicali liberi altamente reattivi che, a loro volta, ossidano l'NO a NO<sub>2</sub> senza consumo di ozono, favorendo l'accumulo di NO<sub>2</sub> e di O<sub>3</sub>. I radicali liberi possono ancora reagire con l'NO<sub>2</sub> per formare il PAN (nitrato di perossiacetilnitrato) o con gli idrocarburi per formare aldeidi, chetoni e alchilnitrati.

#### *Danni causati all'uomo*

Il biossido di azoto è un gas tossico, irritante per le mucose ed è responsabile di specifiche patologie a carico dell'apparato respiratorio con diminuzione delle difese polmonari (bronchiti, allergie, irritazioni).

Gli ossidi di azoto contribuiscono alla formazione delle piogge acide e favoriscono l'accumulo di nitrati al suolo che possono provocare alterazione di equilibri ecologici ambientali.

#### *Danni causati alla vegetazione*

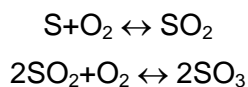
I danni causati alla vegetazione per la presenza di ossidi di azoto sono stimabili facendo riferimento ad esperimenti di laboratorio. Questi studi hanno rivelato danni all'apparato fogliare (necrosi) e diminuzione della velocità di fotosintesi.

### **3.1.2 Ossidi di Zolfo**

Dalla combustione dei materiali contenenti zolfo vengono prodotti ossidi di questo elemento: anidride solforosa o biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>) e anidride solforica (SO<sub>3</sub>). Lo zolfo può essere immesso in atmosfera anche come H<sub>2</sub>S, H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> oltre ai diversi solfati.

I due composti SO<sub>2</sub> e SO<sub>3</sub> sono i principali responsabili dell'inquinamento atmosferico da ossidi di zolfo. L'SO<sub>2</sub> viene generato dal riscaldamento civile e industriale, da attività industriali e da traffico autoveicolare.

La formazione degli SO<sub>x</sub> è rappresentata principalmente dai seguenti equilibri:



La quantità di SO<sub>3</sub> prodotta è generalmente sempre molto modesta, poiché in presenza di vapore d'acqua questo si trasforma facilmente in acido solforico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>):



#### *Danni causati all'uomo*

Il biossido di zolfo è molto irritante per gli occhi, la gola e le vie respiratorie. In atmosfera, attraverso reazioni con l'ossigeno e le molecole d'acqua, contribuisce all'acidificazione delle precipitazioni e di acidificazione dei corpi idrici, in particolare a debole ricambio, con conseguente compromissione della vita acquatica. Le precipitazioni acide possono avere effetti corrosivi anche su materiali da costruzione, manufatti lapidei, vernici e metalli.

#### *Danni causati alla vegetazione*

La gravità dei danni arrecati alla vegetazione in presenza di biossido di zolfo è proporzionale alla sua concentrazione in atmosfera. Ad alte concentrazioni e per brevi tempi di esposizione si sono osservati gravi danni che consistono nella necrosi fogliare (le foglie scoloriscono e si seccano). Tale fenomeno è dovuto alla capacità della vegetazione di trasformare l'SO<sub>2</sub> assorbita in H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e quindi in solfati che si depositano ai margini delle foglie nelle regioni

apicali. A basse concentrazioni e per tempi di esposizione prolungati si osservano danni cronici che inducono al blocco del meccanismo di formazione della clorofilla.

### **3.1.3 Composti Organici Volatili (COV) e idrocarburi (BTEX)**

Con la dicitura composti organici volatili (COV o VOC - Volatile Organic Compounds), si intendono tutta quella serie di composti organici, prodotti dalle attività umane o naturali, che si trovano allo stato di gas alle condizioni di temperatura e pressione esistenti a livello troposferico.

La fonte antropica di maggior peso è il traffico autoveicolare, poiché esso realizza una combustione a volume costante; importanti sono anche le caratteristiche del combustibile stesso, poiché mentre il metano brucia tendenzialmente in maniera completa, con l'aumento del peso molecolare degli idrocarburi si ha maggiore probabilità di rilascio di incombusti, nonché maggiore formazione di prodotti di ossidazione parziale.

Alcuni idrocarburi sono dotati di elevata tossicità e sono pertanto oggetto di campagne di monitoraggio finalizzate; tra questi sono da considerare in particolare gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) e il benzene. Un certo interesse ambientale assumono anche i clorofluorocarburi (CFC), inerti nella troposfera, ma estremamente reattivi nell'ozonosfera, dove contribuiscono in maniera determinante alla formazione del "buco dell'ozono".

#### *BTEX*

Il benzene e gli altri idrocarburi aromatici (toluene, etilbenzene, orto-meta e para xileni), definiti complessivamente BTEX, sono presenti principalmente nell'aria delle zone urbane e industrializzate.

Il benzene ( $C_6H_6$ ) è il composto aromatico più semplice, essendo costituito da un unico anello a sei atomi di carbonio. E' chiaro, incolore e dotato di un odore caratteristico che risulta piacevole a concentrazioni basse, sgradevole a concentrazioni elevate. E' un costituente della benzina e ne sono particolarmente ricche le benzine "verdi", che ne sfruttano le proprietà antidetonanti. La maggior parte è dovuta alle emissioni di origine veicolare, mentre la rimanente parte deriva dalle emissioni di sorgenti fisse, principalmente da processi industriali.

Il benzene, a differenza di altri COV, è una molecola stabile e relativamente inerte e non ha un ruolo significativo nei processi di inquinamento secondario.

#### *Danni causati all'uomo*

A causa della notevole volatilità, la principale via di esposizione per l'uomo è rappresentata dall'inalazione, sebbene anche l'ingestione non sia trascurabile a causa del trasferimento lungo la catena alimentare. Gli effetti sanitari indotti dal benzene comportano danni al sistema nervoso centrale e, a seguito di prolungate esposizioni, la leucemia. Inoltre il benzene è stato classificato:



- Dalla I.A.R.C. (International Agency for Research on cancer) nel gruppo 1 (sostanze cancerogene per l'uomo);
- Dalla A.C.G.I.H. (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) in classe A1 (cancerogeno accertato per l'uomo).

Studi di mutagenesi evidenziano inoltre che il benzene agisce sul bagaglio genetico delle cellule.

## 3.2 Inquinanti secondari

### 3.2.1 Ozono

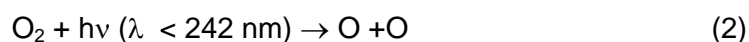
La presenza dell'ozono in atmosfera è dovuta a complesse reazioni fotochimiche dei suoi precursori (ossidi di azoto e composti organici volatili) sotto l'azione della radiazione solare.

L'ozono si forma dalla reazione tra l'ossigeno molecolare e l'ossigeno atomico secondo la seguente reazione:



dove M è una molecola che contribuisce al bilancio energetico, ma non entra nella reazione.

L'ossigeno molecolare è molto diffuso in atmosfera, quindi risulta importante evidenziare i meccanismi che forniscono ossigeno atomico. Questi sono essenzialmente legati a due processi: la dissociazione fotochimica dell'ossigeno molecolare secondo la reazione:



e la dissociazione fotochimica del biossido di azoto secondo la reazione



Nella stratosfera prevale la seconda reazione, mentre nella troposfera si realizza principalmente la terza.

L'ozono formato può nuovamente reagire con il monossido d'azoto prodotto per dissociazione fotochimica di  $\text{NO}_2$  o proveniente da altre sorgenti inquinanti, subendo una decomposizione secondo la reazione:



Nell'insieme, quindi, le tre reazioni (1), (3), (4) costituiscono un sistema in equilibrio in cui l'ozono prodotto dipende dal rapporto tra le concentrazioni di  $\text{NO}_2$  e  $\text{NO}$  e da una costante di equilibrio legata alla cinetica delle reazioni ed alle condizioni di insolazione.

Risultano pertanto importanti, per la formazione dell'ozono, tutti quei meccanismi che incrementano la presenza di  $\text{NO}_2$  a scapito dell' $\text{NO}$ , elevando il valore del rapporto  $\text{NO}_2/\text{NO}$ . Questo ruolo è attribuito ai radicali  $\text{HO}_2$  e  $\text{RO}_2$  (R indica un radicale organico) che si formano in atmosfera per decomposizione dei composti organici volatili e del  $\text{CO}$ .

Va inoltre rimarcato che la decomposizione di una molecola di idrocarburi può condurre all'ossidazione in  $\text{NO}_2$  di numerose molecole di  $\text{NO}$  e contribuire quindi alla produzione di alcune molecole di  $\text{O}_3$ .

A determinare le concentrazioni di ozono negli strati d'aria vicini al suolo contribuiscono non solo i meccanismi di produzione, ma anche quelli di distruzione. Si osserva a tale proposito che in aria pura l'ozono è distrutto per fotolisi, con produzione di gruppi  $\text{OH}$ .

#### *Danni causati all'uomo*

Azione irritante sulle mucose, in particolare delle vie respiratorie. Si concentra prevalentemente nei tessuti della parte terminale dell'albero respiratorio tra bronchioli e alveoli, ove esercita la sua intensa azione ossidante; passa nel sangue solo in minima quantità. Aumenta la frequenza degli attacchi asmatici e dei disturbi respiratori, soprattutto nei soggetti più sensibili. Inoltre l'ozono potenzia gli effetti nocivi di altri inquinanti atmosferici, in particolare: idrocarburi, polveri e biossido di azoto.

#### *Danni causati alla vegetazione*

L'ozono è in grado di danneggiare la vegetazione, sia riducendo la resa e la qualità dei raccolti, sia influenzando la crescita di piante ornamentali e di vegetazione spontanea. Gli effetti diretti si producono in primo luogo sulla superficie delle foglie e degli aghi, ma anche al loro interno. Sulla faccia superiore della foglia possono comparire necrosi puntiformi e si osservano modifiche negli strati di cera cuticolari. L'ozono penetra poi all'interno delle piante attraverso gli stomi. Danneggia inoltre la vegetazione alterandone i meccanismi biochimici e fisiologici. Attacca infatti le strutture sensibili all'ossidazione (in particolare i legami doppi  $\text{C}=\text{C}$ ), producendo sostanze intermedie tossiche che, se non vengono smaltite, producono lesioni primarie, come la modifica della permeabilità delle pareti cellulari. L'assorbimento dell'ozono può inoltre interferire con la fotosintesi, può indurre un invecchiamento precoce della pianta, anticipando l'ingiallimento e la caduta delle foglie e può modificare la resistenza ai parassiti.

### **3.3 Lo smog fotochimico**

Lo smog fotochimico è un particolare inquinamento dell'aria che si produce nelle giornate caratterizzate da condizioni meteorologiche di stabilità e di forte insolazione. Gli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) e i composti organici volatili (VOC), emessi nell'atmosfera da molti processi naturali od antropogenici, vanno incontro ad un complesso sistema di reazioni fotochimiche indotte dalla luce ultravioletta presente nei raggi del sole; il tutto porta alla formazione di ozono (O<sub>3</sub>), perossiacetil nitrato (PAN), perossibenzoil nitrato (PBN), aldeidi e centinaia di altre sostanze. Tali inquinanti secondari vengono indicati col nome collettivo di smog fotochimico perché sono generati da reazioni chimiche catalizzate dalla luce e costituiscono la componente principale dello smog che affligge molte città ed aree industrializzate.

### **3.4 Processi di deposizione**

Gli inquinanti presenti in atmosfera non solo si disperdono in essa, ma si depositano al suolo a causa di particolari meccanismi che sono chiamati processi di deposizione. Con questo termine si riassumono tutti quei fenomeni chimico-fisico che sono alla base del trasferimento dei gas e delle particelle, presenti in atmosfera, dall'aria al suolo.

In realtà dobbiamo sottolineare che gli inquinanti, fatta eccezione per il particolato, non si depositano al suolo. Quando la deposizione avviene in assenza di precipitazioni gli inquinanti a contatto con la superficie (suolo nudo, vegetazione, laghi, fiumi, ecc.) innescano complesse reazioni di tipo chimico, chimico-fisico e biochimico che, da un lato, tendono a depurare l'aria e dall'altro aggrediscono la vegetazione, alterano la composizione dei suoli e delle acque superficiali. Tutto questo diventa ampiamente complesso se avviene in presenza di precipitazioni in quanto l'inquinante reagisce chimicamente con l'acqua meteorica e raggiunge il suolo interagendo con tutto quello che si trova sulla superficie terrestre. Questi due fenomeni prendono il nome di *deposizione secca* e *deposizione umida*.

#### **3.4.1 La deposizione secca**

Con il termine deposizione secca si intende il trasferimento degli inquinanti dall'atmosfera ad una superficie (suolo, mari, vegetazione ecc.) dove possono subire molteplici trasformazioni. La caratteristica di tale fenomeno è che esso avviene senza il coinvolgimento dell'acqua presente in atmosfera.

I fattori che influenzano fortemente tale processo sono la concentrazione e le caratteristiche degli inquinanti in aria, le condizioni meteorologiche e le caratteristiche chimico-fisiche della superficie sulla quale questi si depositano.

Tale processo si articola in due fasi ben distinte: il trasferimento degli inquinanti ad una superficie e la ritenzione di essi su tale superficie.

### **3.4.2 La deposizione umida**

Le deposizioni umide sono costituite dall'insieme dei processi di impoverimento dell'aria dovuti all'interazione dell'acqua in fase liquida o solida con gli inquinanti presenti in atmosfera. Questo tipo di deposizione si basa su fenomeni chimico-fisico molto complessi e si presenta come l'insieme di due processi:

- il *rainout* con il quale si intende la rimozione della particella inquinante a livello della nuvola che avviene per condensazione del vapore attorno alla particella stessa;
- il *washout* con il quale si intende l'abbattimento per impatto delle precipitazioni delle precipitazioni con le sostanze inquinanti presenti.

Si noti come questo processo non è indotto dall'interazione tra suolo e atmosfera, come nel caso della deposizione secca, ma avviene in tutta l'atmosfera dove ovviamente vi è la presenza di acqua meteorica.

## CAPITOLO 2

### 1. Normativa sull'inquinamento atmosferico

Di seguito vengono riportate le tavole riassuntive contenenti i valori limiti degli inquinanti monitorati.

Inquinante: Biossido di zolfo - SO<sub>2</sub> Decreto 2 aprile 2002 n°60

	Periodo di mediazione	Valore limite	Margine di tolleranza	Data entrata in vigore
Valore limite per la protezione della salute umana	1 ora	350 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 24 volte l'anno.	150 µg/m <sup>3</sup> (43%)	1° gennaio 2005
Valore limite per la protezione della salute umana	24 ore	125 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 3 volte l'anno	nessuno	1° gennaio 2005
Valore limite per la protezione degli ecosistemi	Anno civile e inverno (1 ottobre-31 marzo)	20 µg/m <sup>3</sup>	nessuno	19 luglio 2001
Soglia di allarme	3 ore	500 µg/ m <sup>3</sup>	nessuno	

Inquinante: Ossidi di azoto – NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub> Decreto 2 aprile 2002 n°60

	Periodo di mediazione	Valore limite	Margine di tolleranza	Data entrata in vigore
Valore limite orario	1 ora	200 µg/m <sup>3</sup> NO <sub>2</sub> da non superare più di 18 volte l'anno	50%	1° gennaio 2010
Valore limite annuale	Media anno	40 µg/m <sup>3</sup> NO <sub>2</sub>	50%	1° gennaio 2010
Valore limite annuale per la protezione degli ecosistemi	Media anno	30 µg/m <sup>3</sup> NO <sub>x</sub>	nessuno	19 luglio 2001
Soglia di allarme	3 ore	400 µg/m <sup>3</sup> NO <sub>2</sub>	nessuno	

Inquinante: Benzene – Decreto 2 aprile 2002 n°60

	Periodo di mediazione	Valore limite	Margine di tolleranza	Data entrata in vigore
Valore limite per la protezione della salute umana	Media anno	5 µg/m <sup>3</sup>	5 µg/m <sup>3</sup> (100%) all'entrata in vigore della presente normativa, riducendo dal 1° gennaio 2006 e ogni 12 mesi successivi di 1 µg/m <sup>3</sup> fino a raggiungere lo 0% nel gennaio 2010	1° gennaio 2010

Inquinante: Ozono – D.P.C.M.28/03/1983-D.M.25/11/1994 D.M. 16/05/1996

Periodo di riferimento	Limite ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Tempo mediazione dati	Commenti
ora	200	Ora	Valore limite da non superare più di 1 volta al mese
ora	180 (attenzione) 360 (allarme)	Ora	Livelli di attenzione e di allarme DM 16/5/96
8 ore	110 (media mobile trascinata)	Ora	Livello per la protezione della salute DM 16/5/96
ora	200	Ora	Livello per la protezione della vegetazione DM 16/5/96
giorno	65	24 ore	

## CAPITOLO 3

### 1 Il territorio del Parco del Ticino

Il territorio del Parco del Ticino Piemontese, di circa 62500 ettari, insieme al corrispondente Parco Lombardo, è considerato uno tra i principali Parchi fluviali in Europa. Situato sulla sponda destra del fiume, si estende lungo una fascia di circa 60 Km, occupando una buona parte del territorio di 11 comuni. In ampiezza, per tutta questa lunghezza, presenta una media di circa 2 km.

Le dimensioni di tale area sono tali da poter permettere una suddivisione ben precisa. Si identificano 4 zone: la *Valle*, la *Pianura irrigua*, l'*altopiano asciutto*, e le *colline*.

Le differenze microambientali hanno favorito l'impianto di una flora notevolmente varia e ricca.

### 2 Caratteristiche climatiche

Il Parco regionale del Ticino è caratterizzato da condizioni climatiche di tipo continentale.

Paragonato con il clima continentale centro europeo, quello della valle del Ticino ha una temperatura media annuale superiore ed un'escursione termica inferiore. Questi due fattori sono la conseguenza diretta degli inverni miti, determinati dalle correnti d'aria provenienti dal nord che, valicando le Alpi, si raffreddano rapidamente, condensano causando eventualmente delle piogge, e si riscaldano più velocemente scendendo nelle vallate (Foehn). Le piogge sono abbastanza frequenti da Maggio ad ottobre, con una prevalenza in Maggio per le piogge frequenti ed in Luglio, Agosto ed Ottobre a causa di temporali, infrequenti ma spesso violenti. I mesi più secchi dell'anno sono normalmente Gennaio e Febbraio, ma tutta la stagione invernale è caratterizzata da lunghi periodi di siccità. A sud della valle le condizioni climatiche si differiscono a causa di inverni nebbiosi, dovuti ad inversioni termiche maggiori. Questo fenomeno influenza negativamente la dispersione degli inquinanti. Sono frequenti i periodi di calma strumentale di vento, dovute alla persistenza di situazioni meteorologiche tipicamente anticicloniche e alla posizione topografica ed alla configurazione orografica del territorio, posto principalmente nella pianura centrale della vallata del Po, racchiuso a nord e ad ovest dalle Alpi e a sud dall'Appennino Ligure.

## CAPITOLO 4

### 1 Campionatura diffusiva

Il campionamento diffusivo o passivo permette di determinare il valore della concentrazione della sostanza in esame come media relativa al periodo di campionamento. In questo modo la misura non è sensibile a variazioni improvvise di concentrazione, fornendo informazioni più realistiche per una valutazione a lungo termine del contaminante. Il termine passivo indica la differenza relativa alle modalità di campionamento degli analiti rispetto alle comuni tecniche dinamiche. Mentre nei sistemi attivi sono impiegati dispositivi per forzare il flusso del campione attraverso il sistema di raccolta, in quelli passivi tale flusso si basa sulla diffusione degli stessi, in accordo con la prima legge di Fick. Inoltre questi campionatori passivi hanno un costo estremamente economico, per la loro semplicità di impiego possono essere utilizzati da un personale non specializzato e per le dimensioni ridotte sono facilmente trasportabili e non richiedono né energia elettrica, né linee telefoniche, né manutenzione. Per queste caratteristiche è una tecnica che si adatta particolarmente per campionamenti in luoghi difficilmente accessibili (come le zone suburbane e rurali).

### 2 I componenti dei Radiello

I Radiello sono costituiti da una cartuccia adsorbente, dal corpo diffusivo cilindrico, dalla piastra di supporto. Esclusa la cartuccia adsorbente, tutti questi componenti sono utilizzabili per diversi campionamenti seguendo, ovviamente, le istruzioni di uso.

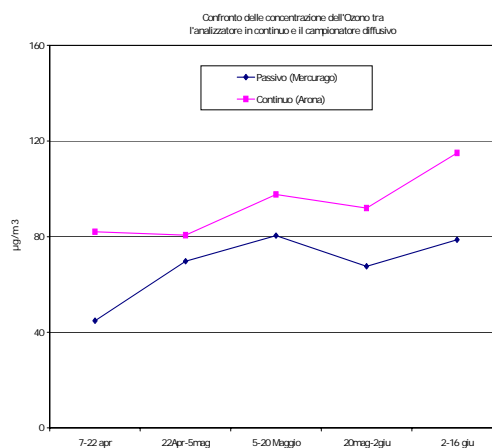
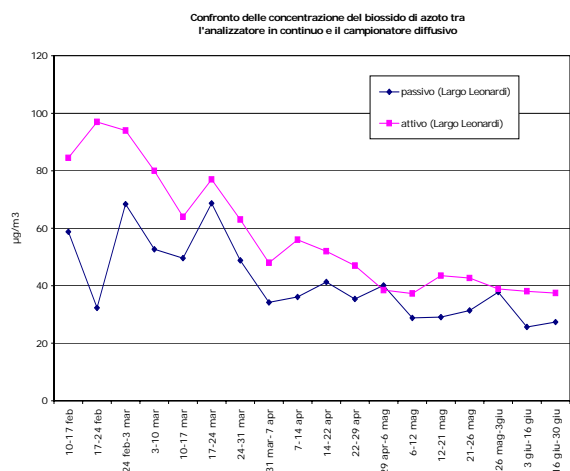
- *La cartuccia adsorbente.* Esistono diversi tipi di cartucce adsorbenti e chemiadsorbenti, in relazione all'inquinante da campionare. Sono tutte lunghe 60 mm e hanno un diametro di 4,8 mm o di 5,8 mm.
- *Il corpo diffusivo.* Nella nostra campagna sono stati utilizzati tre tipi di corpi diffusivi. Per il campionamento di SO<sub>2</sub> e NO<sub>2</sub> si è impiegato il corpo diffusivo bianco in polietilene microporoso con 1,7 mm di spessore e porosità media di  $25 \pm 5 \mu\text{m}$ . La lunghezza del percorso diffusivo è di 18 mm. Per il campionamento di O<sub>3</sub> si è utilizzato il corpo diffusivo blu che ha le stesse caratteristiche costruttive di quello bianco ma è opaco alla luce. Infine per captare i BTEX si è fatto uso del corpo diffusivo giallo; è in polietilene microporoso e ha 5 mm di spessore e  $10 \pm 2 \mu\text{m}$  di porosità. La lunghezza del percorso diffusivo è di 150 mm. Il corpo diffusivo deve essere avvitato alla piastra di supporto.
- *La piastra di supporto.* E' in policarbonato e serve sia da tappo che da sostegno del corpo diffusivo. E' dotata di filetto per l'avvitamento del corpo diffusivo ed è corredata di una pinza che ne permette il posizionamento ad un apposito supporto.



### 3 Confronto tra un campionatore passivo e un analizzatore in continuo

Durante la campagna di monitoraggio, al fine di verificare la corrispondenza tra i dati di un campionatore passivo e di un campionatore attivo, si è provveduto a posizionare un diffusore passivo in coerenza con la stazione di rilevamento qualità aria, sita in Largo Leonardi a Novara per il biossido di azoto ( $\text{NO}_2$ ), mentre per la valutazione dell'ozono sono stati considerati i valori registrati nelle centralina di Arona e confrontati con la stazione di Mercurago.

Nei grafici seguenti si evidenziano gli andamenti temporali tra le concentrazioni, rilevate dal campionatore passivo e quelle rilevate nelle centraline in continuo.



Dai grafici si evidenzia che le concentrazioni rilevate con il metodo passivo sono sottostimate rispetto al metodo attivo sia per il biossido di azoto che per l'ozono. Il risultato era prevedibile in quanto il metodo di campionamento non è sensibile a variazioni improvvise di concentrazione.

Si ritiene che l'utilizzo di tali diffusori in aree rurali (come quelle del Parco del Ticino), ovvero in località non direttamente interessate da forti sorgenti di emissioni fornisce una stima delle concentrazioni sicuramente di buon livello qualitativo.

## CAPITOLO 5

### 1. Metodologie di analisi

Le analisi sono state eseguite nei laboratori di analisi chimica e strumentale (cromatografia e spettrofotometria di massa ) del dipartimento ARPA di Novara. Le cartucce chemiadsorbenti, specifiche per la valutazione delle concentrazioni di  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{O}_3$  e BTEX, sfruttano differenti meccanismi di funzionamento descritti nei successivi paragrafi.

Il biossido di azoto ( $\text{NO}_2$ ) è chemiadsorbito dalla trietanolammina (TEA) sotto forma di  $\text{NO}_2^-$  il quale è dosato mediante spettrofotometria visibile.

Il biossido di zolfo ( $\text{SO}_2$ ) è chemiadsorbito dalla trietanolammina (TEA) sotto forma di  $\text{SO}_2^-$  il quale è dosato mediante cromatografia ionica.

L'ozono reagisce con il 4, 4'-dipiridiletilene formando la 4-piridilaldeide (ozonolisi). La 4-piridilaldeide viene fatta reagire con il 3-metil-2-benzotiazolinone idrazone cloruro (MBTH) formando l'azide che viene dosata mediante spettrofotometria visibile.

Gli idrocarburi aromatici (BTEX) vengono adsorbiti su una cartuccia cilindrica in rete di acciaio inossidabile contenente carbone grafitato. I BTEX vengono dosati mediante desorbimento termico e sono analizzati in gascromatografia capillare con detector MS.

## CAPITOLO 6

### 1 Descrizione della campagna

La scelta dei siti di campionamento per la valutazione della qualità dell'aria attraverso le misure puntuali di concentrazione al suolo degli inquinanti, effettuate con i campionatori passivi, è stata indirizzata verso l'individuazione di luoghi lontani dai centri abitati e dalle principali vie di comunicazione, in modo da ottenere misure reali sull'inquinamento di fondo. Inoltre i siti scelti per il posizionamento presentano una buona dinamicità dei fenomeni atmosferici e sono tali da impedire accumuli di inquinante al suolo. I campionatori passivi sono stati inseriti in apposite capannine di materiale plastico e fissati su pali di sostegno, a circa 2-2,5 m. dal piano campagna in modo da ripararlo dalle intemperie e garantire una buona ventilazione.

### 2 Descrizione dei siti

Nella [mappa](#), sono indicati i siti di campionamento scelti per la campagna di monitoraggio. Si sono individuati otto punti di misura, cinque all'interno del Parco del Ticino, due all'interno dei Parchi dei Lagoni di Mercurago e del Lago Maggiore ed uno, denominato punto di bianco, nel comune di Belgirate (in un sito prossimo alle pendici del Mottarone).

Inoltre si descrivono e si presentano gli otto siti di campionamento indicando le coordinate UTM ([Cerano](#), [Cameri](#), [Bellinzago](#), [Varallo Pombia](#), [Castelletto Ticino](#), [Mercurago](#), [Dormelletto](#) e [Belgirate](#)).

### 3 Programmazione e svolgimento della campagna

La campagna di monitoraggio della qualità dell'aria è stata effettuata nel periodo che va dal 7 ottobre 2002 al 9 febbraio 2004.

Gli inquinanti in esame sono il biossido d'azoto (NO<sub>2</sub>), il biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), il benzene-toluene-etilbenzene-xileni (BTEX) e l'ozono (O<sub>3</sub>).

Il programma di campionamento si è svolto secondo una tempistica diversa in funzione dell'inquinante monitorato.

- Biossido di azoto: l'inquinante in questione è stato campionato per tutto il periodo della campagna ad intervalli quindicinali.

- Biossido di zolfo: le misure di questo inquinante si sono svolte esclusivamente nella stagione invernale, in quanto le immissioni sono correlate all'uso degli impianti termici. Le campionature sono state eseguite ad intervalli quindicinali.
- BTEX: questi inquinanti sono stati monitorati per tutto il periodo della campagna ad intervalli regolari di quindici giorni.
- Ozono: il monitoraggio di questo inquinante risulta fondamentale per la valutazione dei danni fitotossici indotti alla vegetazione del parco. Le campionature sono state eseguite con frequenza quindicinale e nelle stagioni primavera-estate, in quanto l'inquinante presenta valori critici esclusivamente in questi periodi.

	2002			2003												2004	
	o	n	d	g	f	m	a	m	g	l	a	s	o	n	d	g	f
NO <sub>2</sub>																	
O <sub>3</sub>																	
BTEX																	
SO <sub>2</sub>																	

## CAPITOLO 7

### 1 Valutazione della qualità dell'aria

Di seguito si presentano le misure degli inquinanti relativi al monitoraggio eseguito, nel periodo Ottobre 2002 - febbraio 2004, nel Parco del Ticino e nel Parco dei Lagoni di Mercurago e dei Canneti di Dormelletto. Nell'analisi dei dati i valori riscontrati sono messi a confronto, oltre che con i parametri meteorologici, anche con gli standards di qualità dell'aria attualmente vigenti in materia.

### 2 Parametri meteorologici

Durante il periodo della campagna si è eseguita una raccolta di dati meteorologici. E' fondamentale correlare le misure degli inquinanti alle condizioni meteorologiche locali poiché queste ultime ne influenzano sia la concentrazione, sia la distribuzione.

Nelle immediate vicinanze del nostro sito di rilevamento di Bellinzago Novarese, all'interno del Parco del Ticino, si trova una postazione meteorologica gestita dal CSI Piemonte. Per tale motivo si sono richiesti a quest'Ente i bollettini meteorologici mensili dei principali parametri meteo, integrati con i dati forniti dalla rete di rilevamento qualità dell'aria Arpa Novara. I parametri acquisiti sono:

- Precipitazioni (mm): l'andamento delle precipitazioni evidenzia dei massimi nel periodo autunno-inverno;
- Temperatura (°C) e Radianza ( $W/m^2$ ): non si discostano da quelli medi della zona;
- Velocità del vento (m/s) e Direzione del vento (%): le misure evidenziano condizioni di calma o modesto di vento con direzione prevalentemente da Nord – Nord-Est.

I parametri meteo non sono direttamente correlabili ai dati di concentrazione degli inquinanti, in quanto essi sono mediati su quindici giorni. Solo per i valori dell'ozono si riscontrano buone correlazioni con la radianza, e quindi con la temperatura.

La direzione e la velocità del vento sono presentati dettagliatamente nell'Allegato A.

### 3 Biossido di zolfo

Le misure di biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>) sono state eseguite da Ottobre 2002 a fine Marzo 2003 e da ottobre 2003 al 9 febbraio 2004 su base quindicinale. Questo inquinante è importante nella valutazione dell'ecosistema forestale dei Parchi in quanto contribuisce all'acidificazione dell'ambiente (vegetazione, laghi, fiumi ecc.).

Dai dati riportati nelle figure da n. 1 a n. 8, si può notare una concentrazione poco significativa di questo inquinante; nel caso specifico i valori sono notevolmente inferiori ai limiti stabiliti dal D.M. 2 Aprile 2002 n°60 (per la protezione degli ecosistemi forestali tale limite è di 20 µg/m<sup>3</sup>). Questo fatto è confermato anche dalla tendenza regionale e nazionale che ha evidenziato una marcata diminuzione delle concentrazioni al suolo di biossido di zolfo. Ciò è dovuto all'evoluzione tecnica apportata ai grandi impianti (ad esempio gli impianti a turbo-gas per le centrali termoelettriche e le industrie), all'impiego sempre più diffuso del metano nel riscaldamento domestico e all'utilizzo di combustibili a basso tenore di zolfo. E' comunque importante evidenziare che, nel caso in esame, valori così poco significativi sono dovuti al fatto che i nostri siti di campionamento sono lontani da fonti dirette di immissione ed inoltre il traffico veicolare è vietato nella maggior parte dei territori dei Parchi.

In figura n. 9 vengono riportati i valori medi dell'intero periodo registrati per tutte le stazioni con i valori massimi e in figura n. 10 sono riportati i dati di concentrazione registrati nei vari siti nello stesso periodo. I dati sono distribuiti uniformemente e sono molto bassi. Il valore massimo è stato riscontrato nel sito di Bellinzago (2.1 µg/m<sup>3</sup>). Il periodo, in cui è stato riscontrato tale valore, è caratterizzato da assenza di precipitazioni atmosferiche e da una situazione di inversione termica.

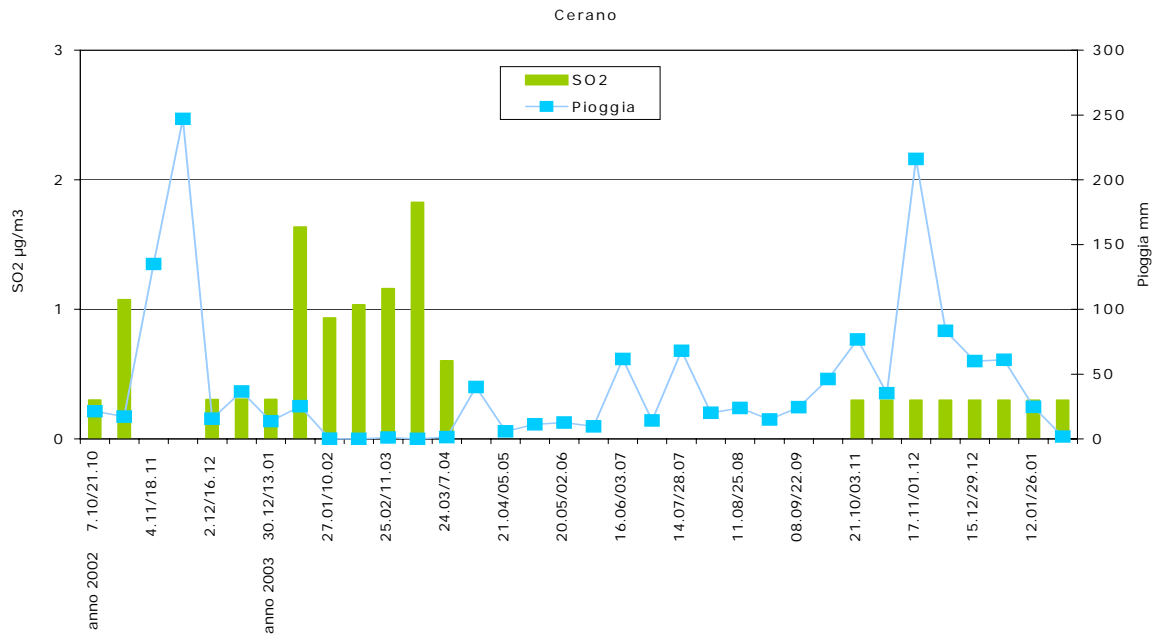


Figura n. 1

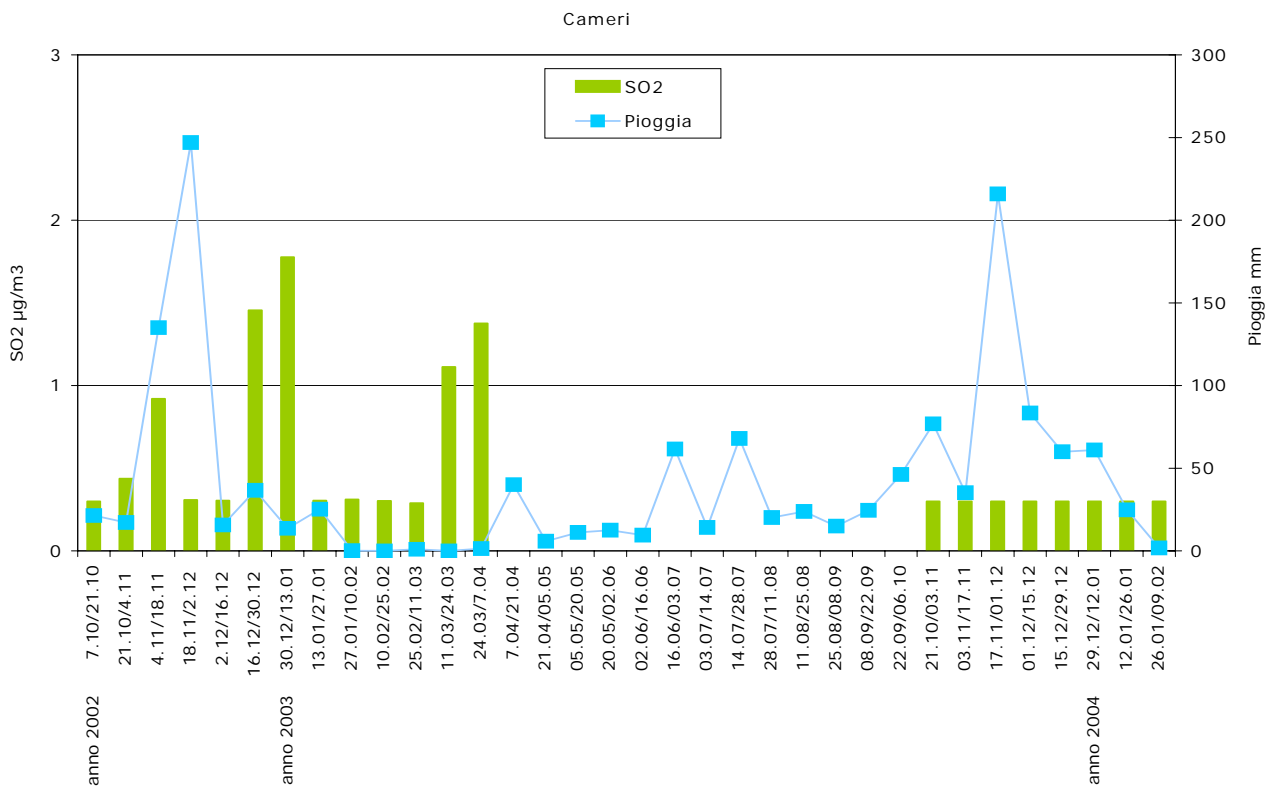
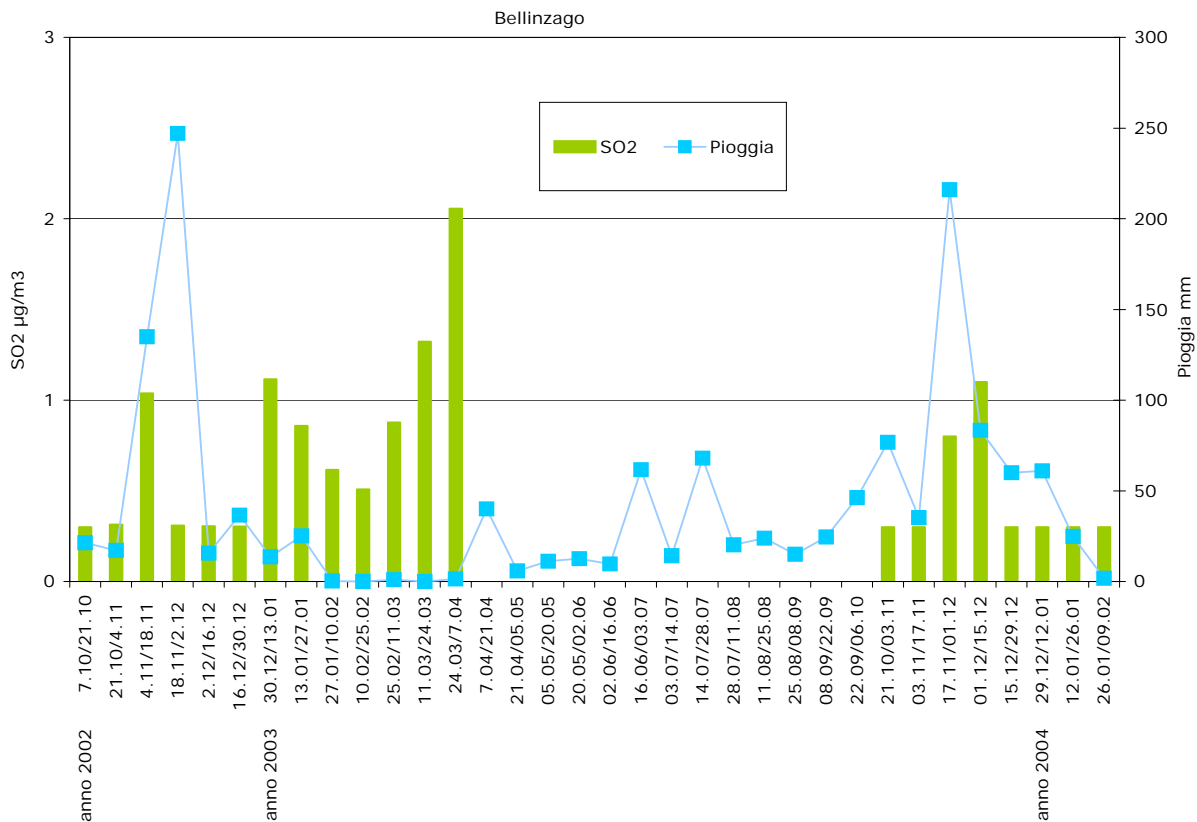
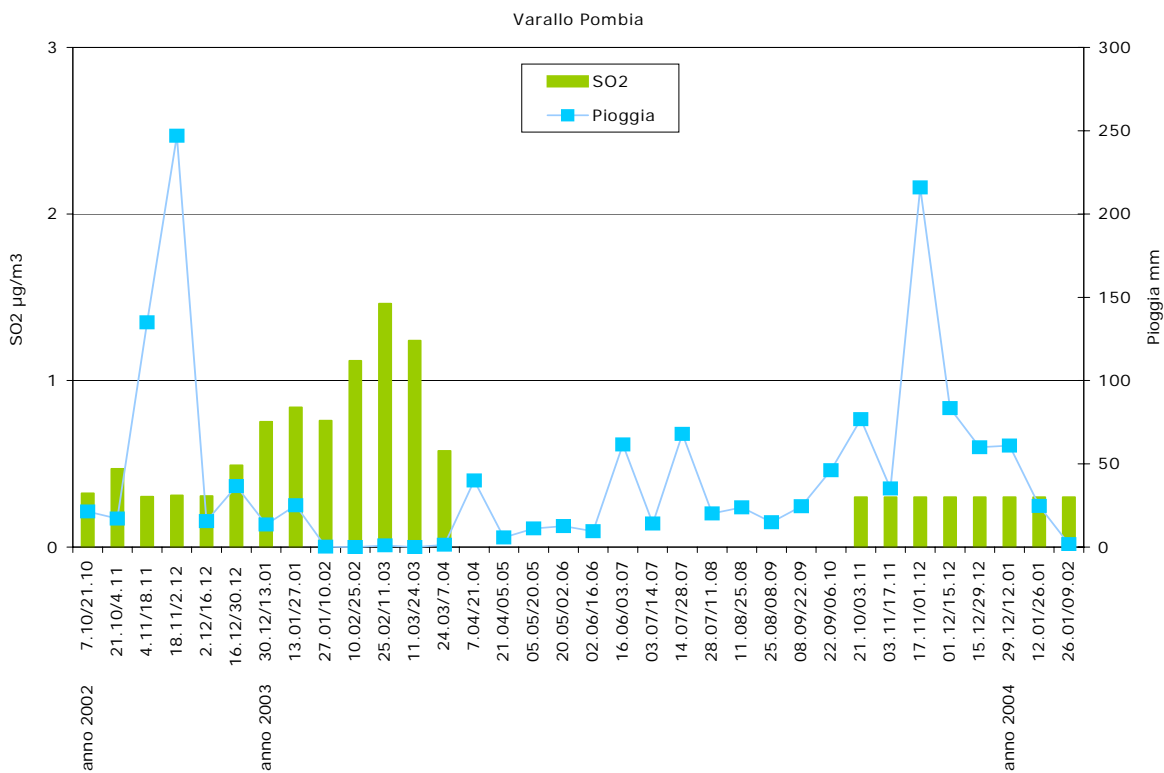


Figura n. 2



**Figura n. 3**



**Figura n. 4**



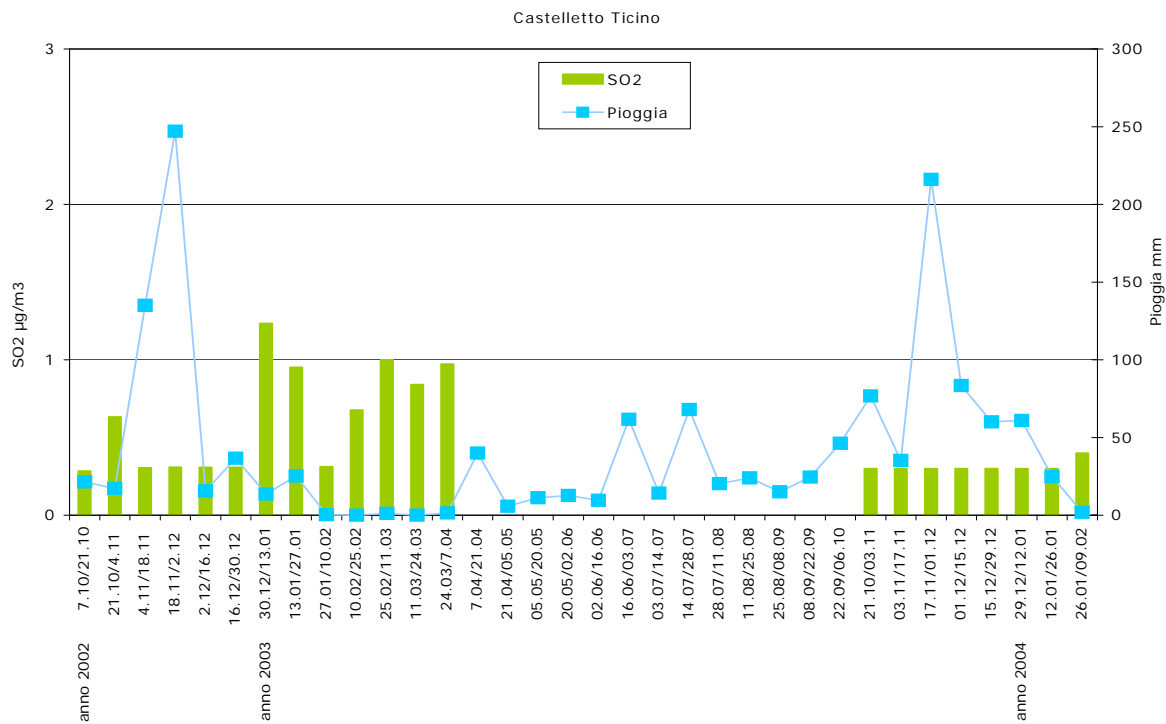


Figura n. 5

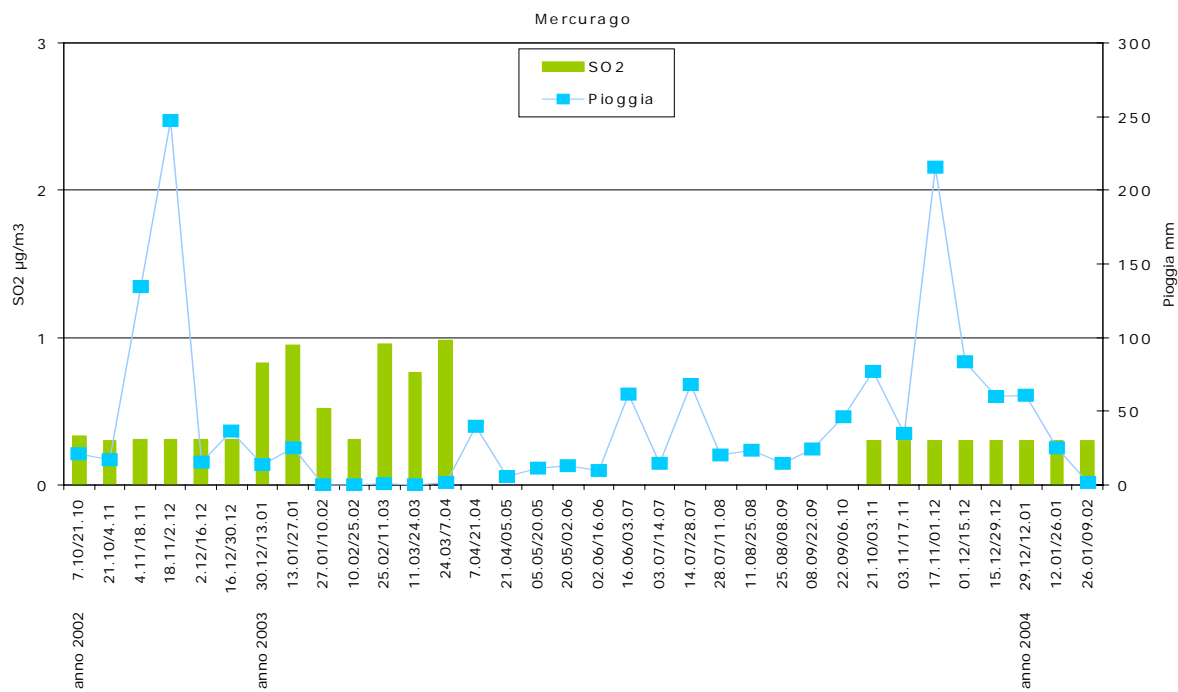
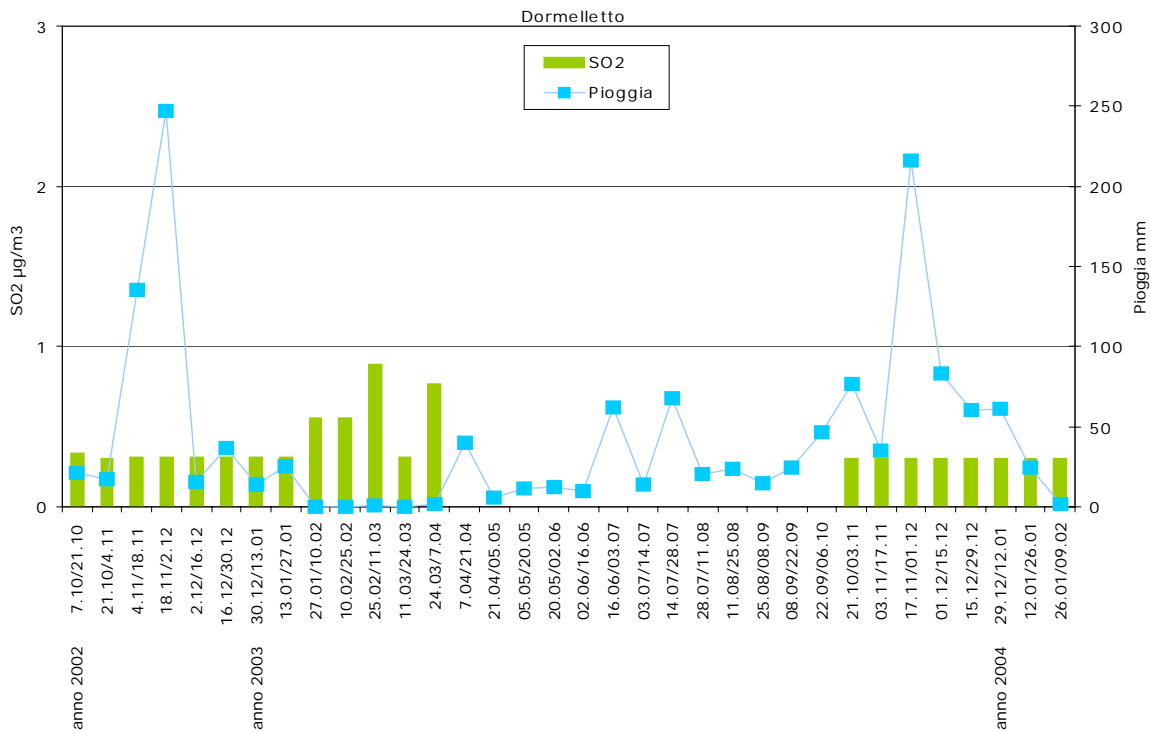
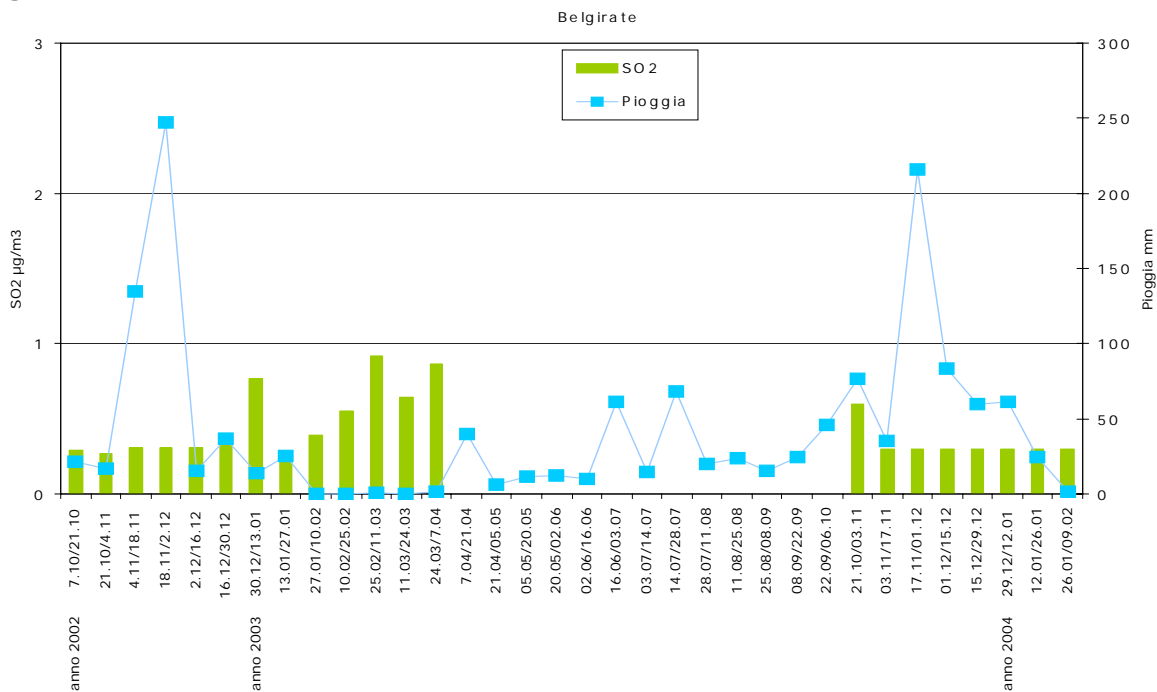


Figura n. 6



**Figura n. 7**



**Figura n. 8**

Inquinante: Biossido di zolfo - SO<sub>2</sub>  
 Medie e massimi intero periodo: ottobre 2002 - febbraio 2004

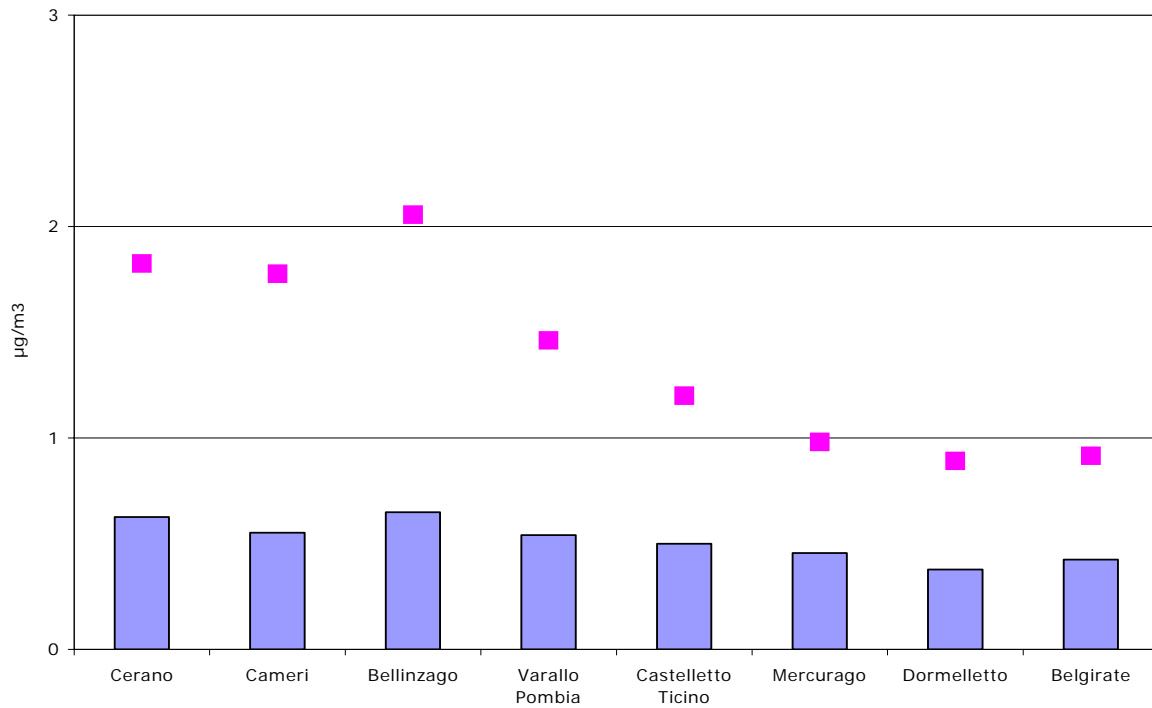


Figura n. 9

Dati di concentrazione del Biossido di zolfo nello stesso periodo invernale registrati nelle stazioni monitorate

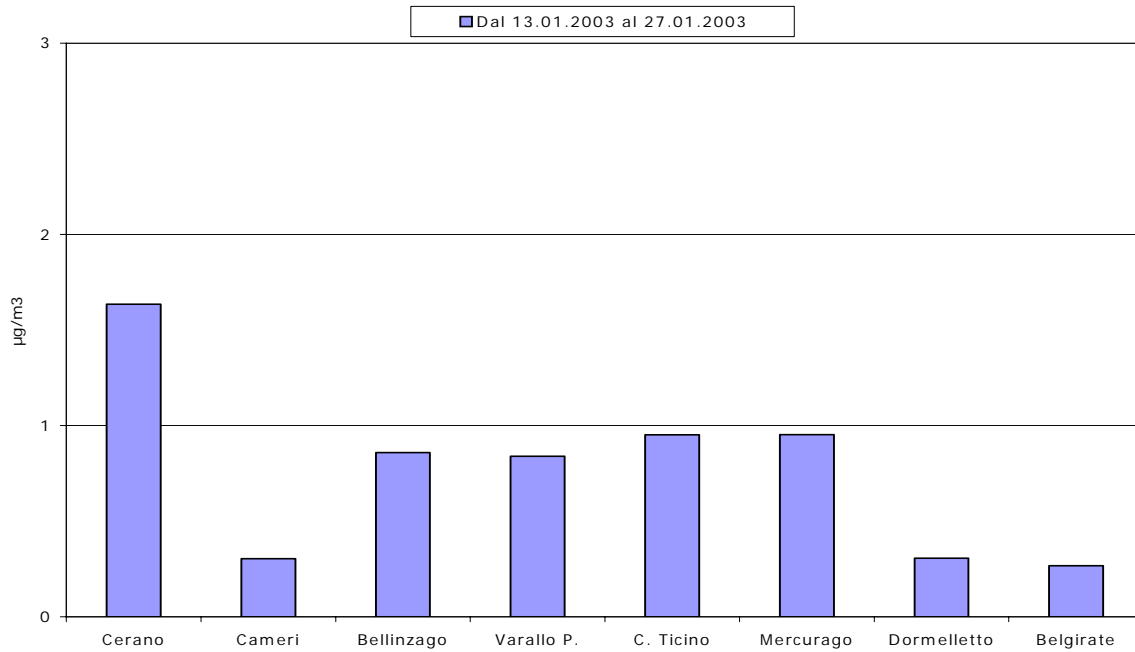


Figura n. 10

#### 4 Biossido di azoto

Le misure di biossido di azoto ( $\text{NO}_2$ ) sono state eseguite per tutta la durata della campagna, ad intervalli quindicinali.

Gli ossidi di azoto contribuiscono, su larga scala, alla formazione di piogge acide mentre, su scala locale, favoriscono l'accumulo di nitrati al suolo che possono alterare gli equilibri ecologici ambientali.

Come si evidenzia dalla tabelle in allegato A e dalle figure da n. 11 a n. 18, le concentrazioni di questo inquinante sono maggiormente significative nel periodo autunnale ed invernale.

I valori medi dell'intero periodo, riportati in figura n. 19, sono distribuiti uniformemente lungo tutta la valle del Ticino. Le stazioni di Cameri, Castelletto Ticino e Dormelletto, con valori medi di 29.8, 24.2 e 23.9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  registrano i valori più alti, mentre i siti di Mercurago con una media di 18,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e Belgirate di 19.8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  registrano i valori più bassi tra tutti i siti di campionamento.

Nei siti di Cameri e Castelletto Ticino, figura n. 19, si sono misurati, oltre i valori medi dell'intero periodo più elevati, anche i valori massimi quindicinali più alti (rispettivamente 75.8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e 86,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Tali aree sono sicuramente le più influenzate dalla vicinanza di importanti vie di comunicazione di zone industriali.

Nel sito di Cerano sono andati persi due periodi di campionamento, durante la stagione autunnale, a seguito dell'inondazione che ha reso l'intera zona inaccessibile.

In figura n. 20 sono riportati i valori di concentrazione del biossido di azoto riscontrati in un periodo invernale e in uno estivo. Risulta evidente che le concentrazioni riscontrate nel periodo invernale sono più significative di quelle rilevate nel periodo estivo.

Dai risultati ottenuti, il livello critico per gli  $\text{NO}_x$ , basato sulla somma delle concentrazioni di  $\text{NO}_2$  ed  $\text{NO}$ , e ritenuto che, al di fuori dei centri urbani le concentrazioni di  $\text{NO}$  possono ritenersi trascurabili, viene rispettato il valore limite fissato dal D.M 2 Aprile 2002 n°60 a 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  quale concentrazione di media annua.

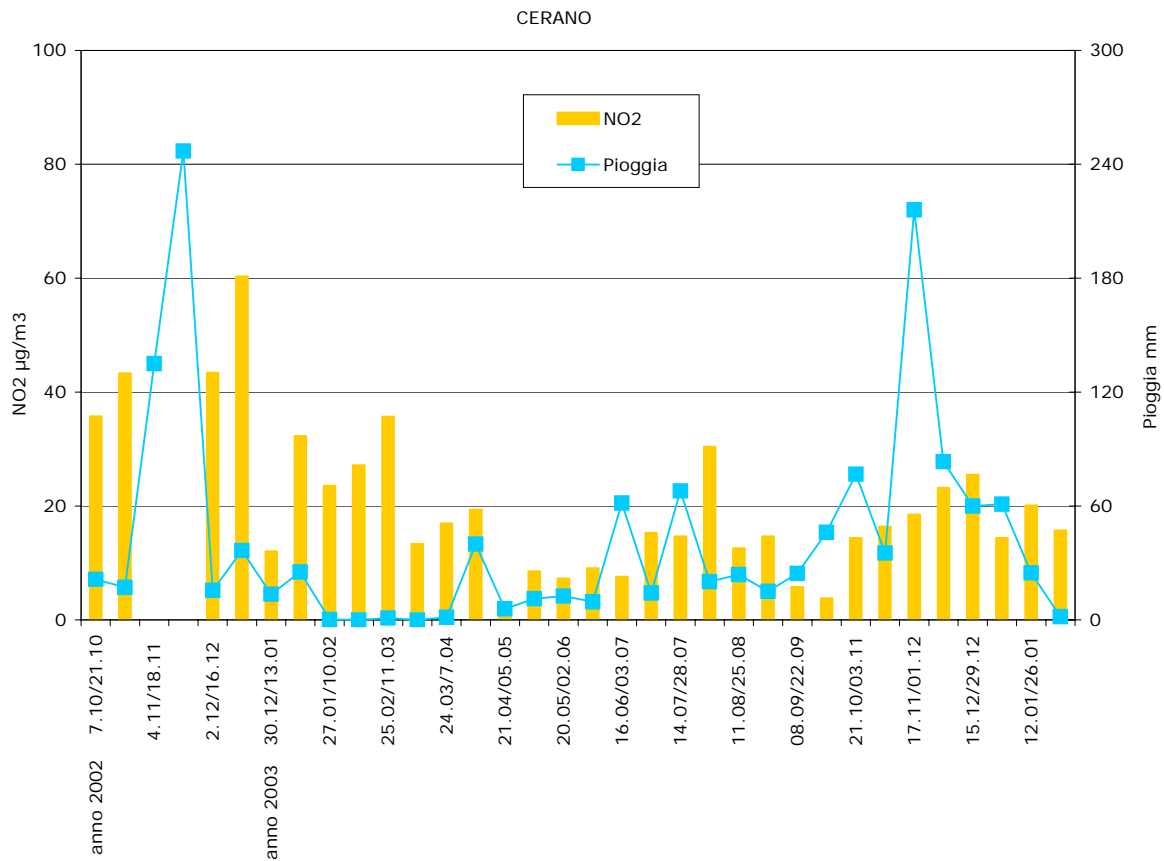


Figura n. 11

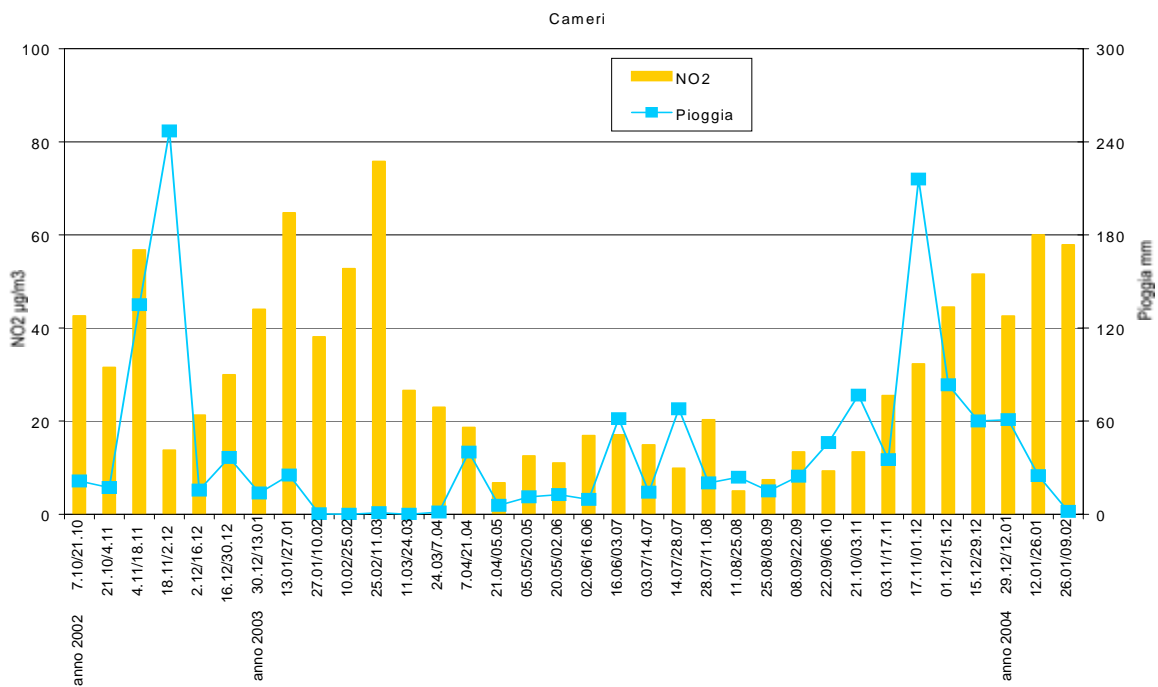


Figura n. 12

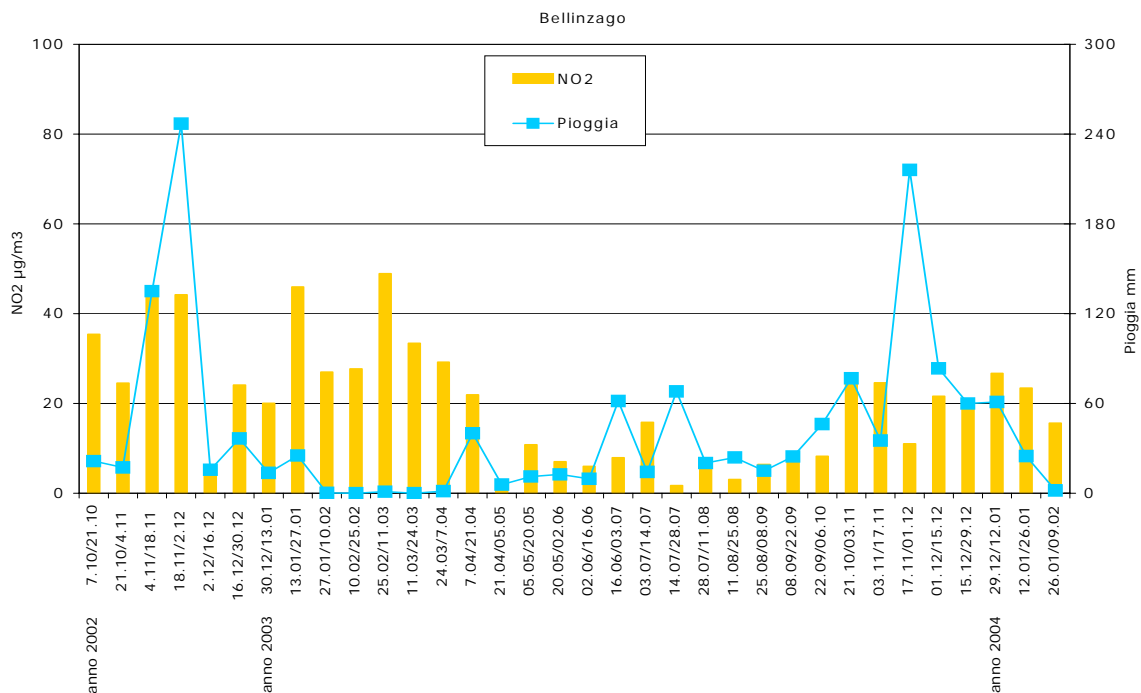


Figura n. 13

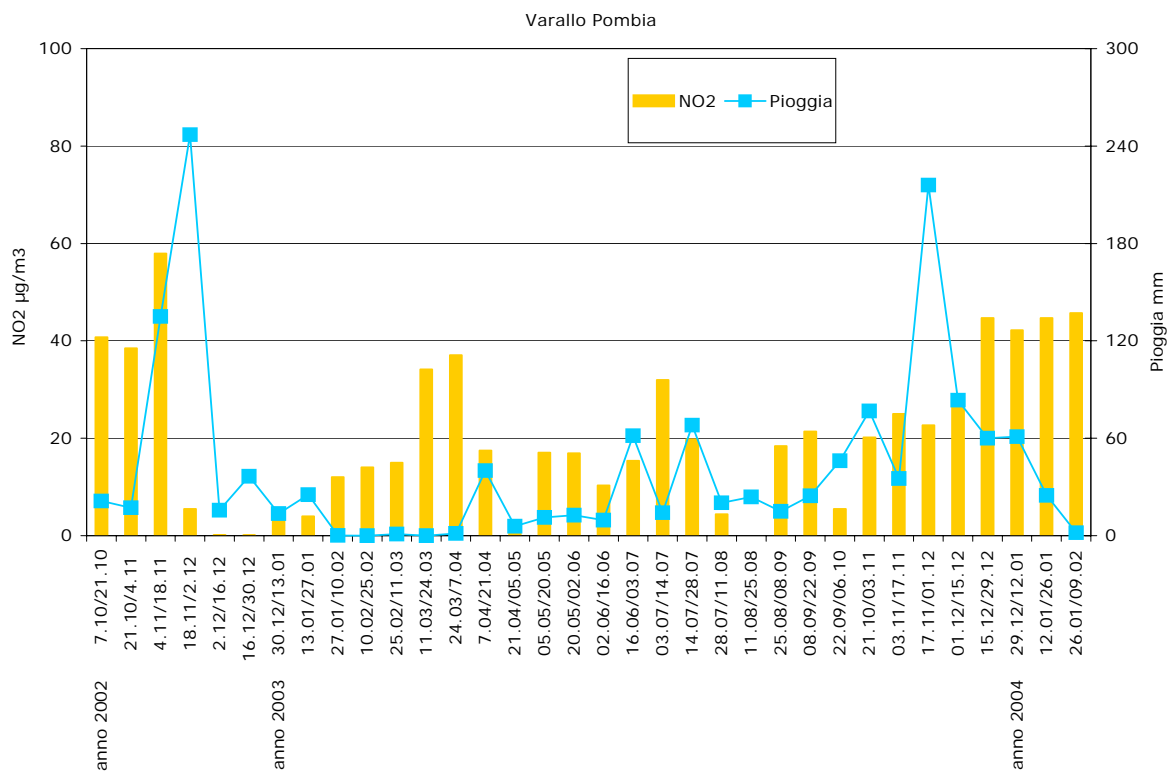


Figura n. 14

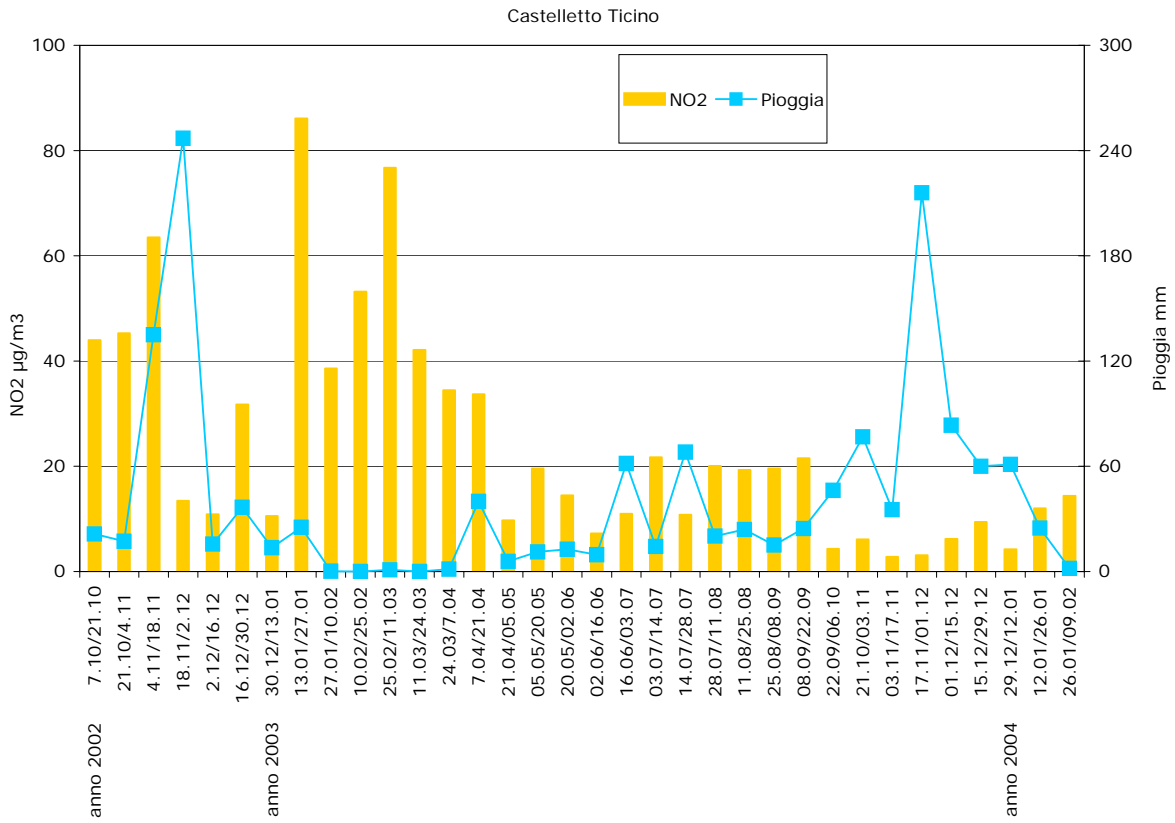


Figura n. 15

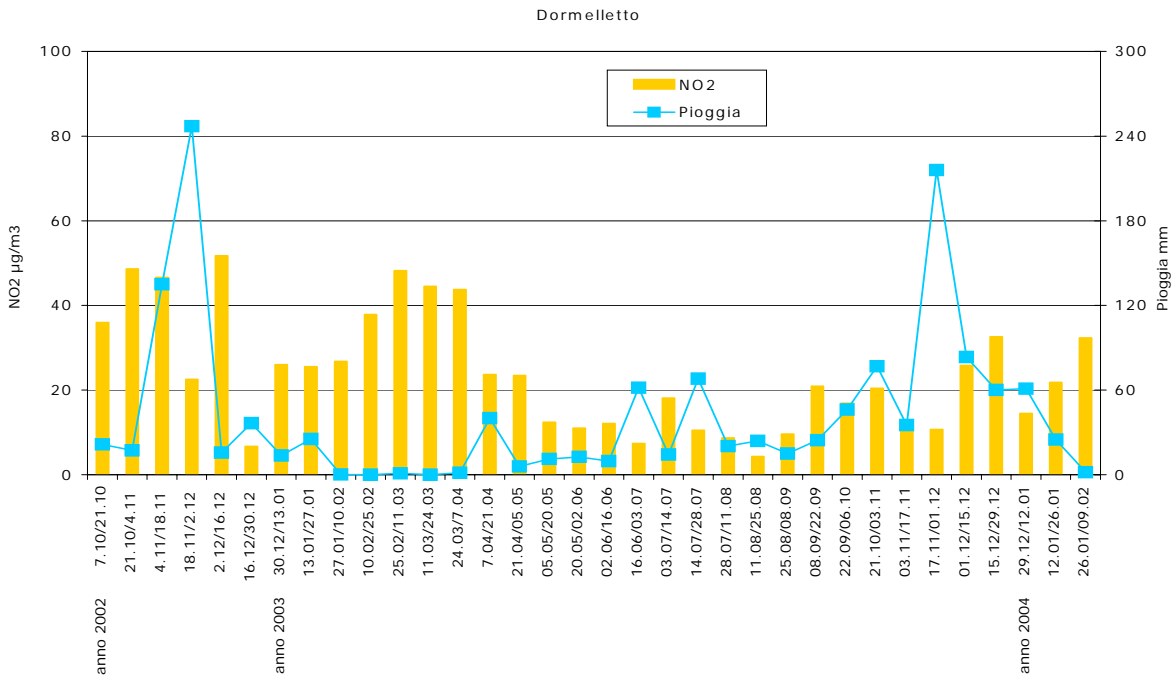


Figura n. 16

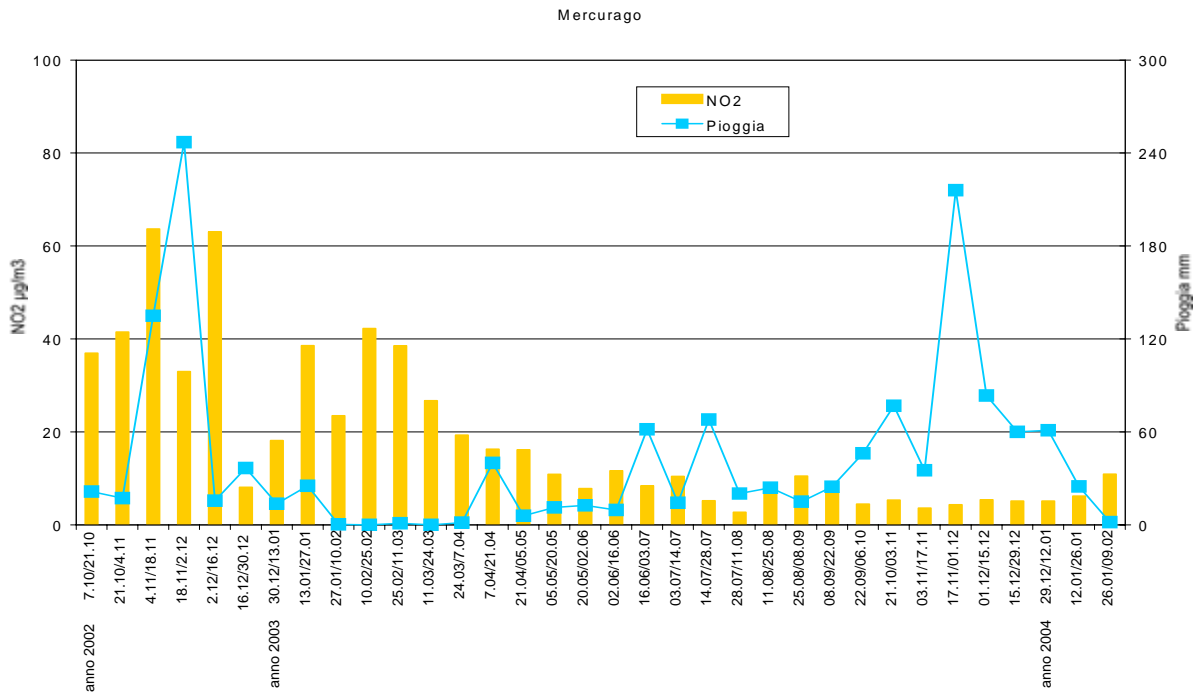


Figura n. 17

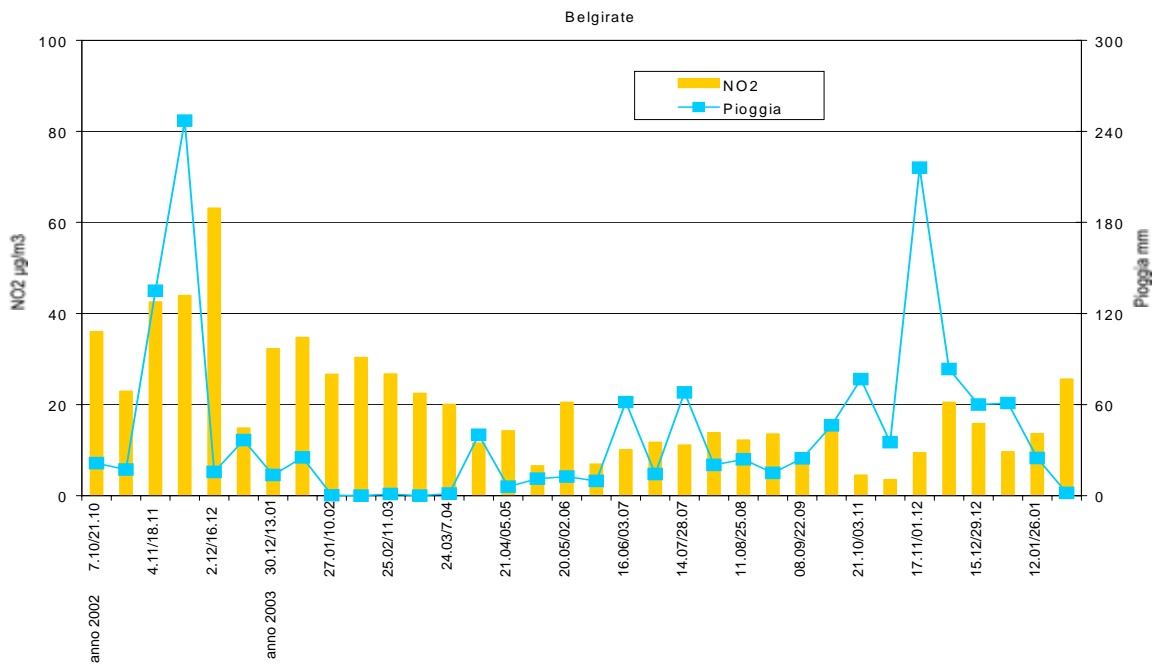
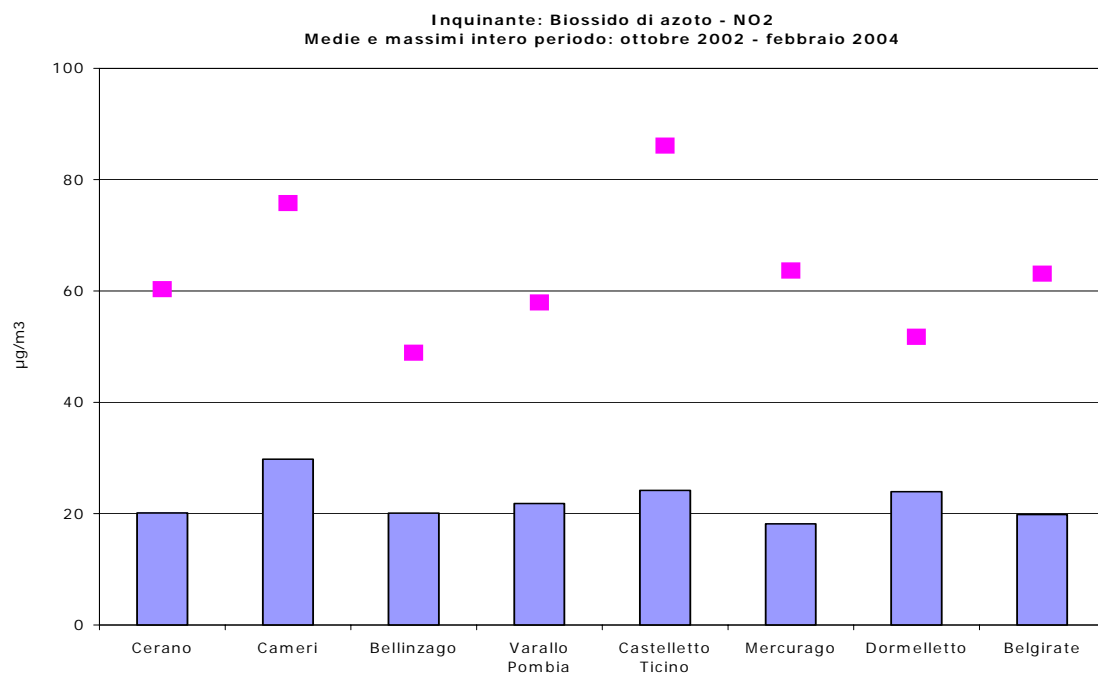
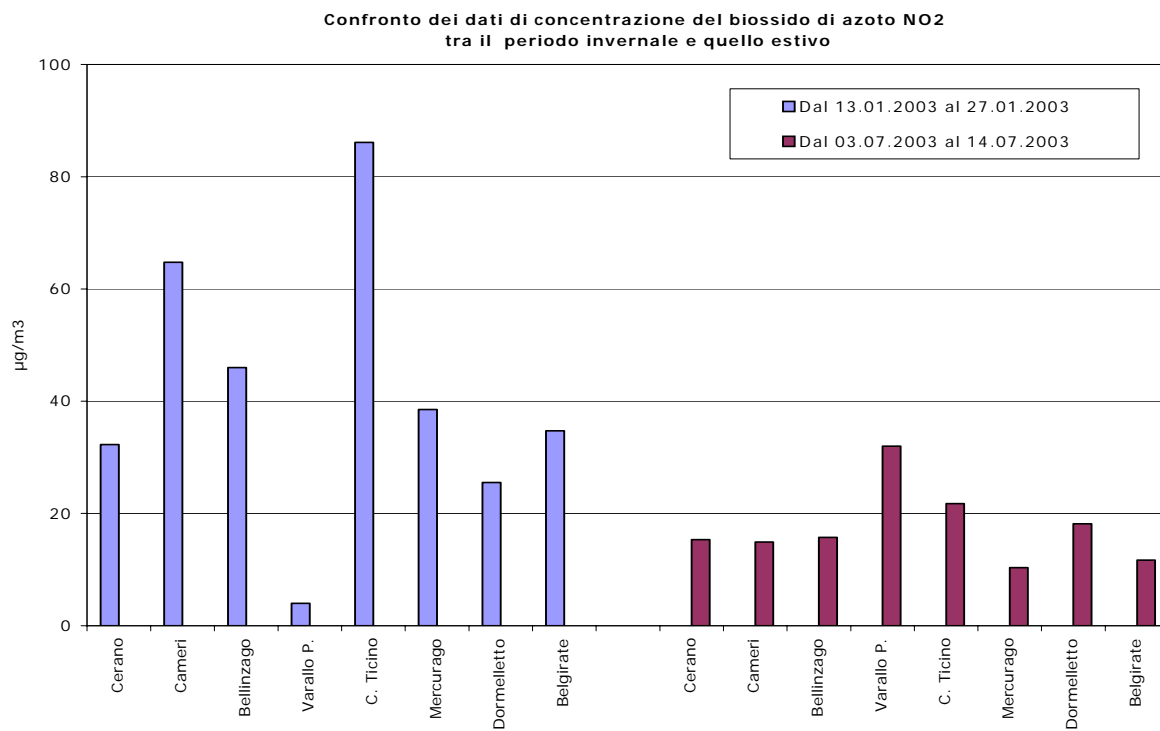


Figura n. 18





**Figura n. 19**



**Figura n. 20**

## 5 Ozono

Le misure dell'ozono sono state eseguite con cadenza quindicinale nel periodo primaverile estivo: da Aprile 2003 a ottobre 2003. L'ozono è un inquinante secondario fotochimico influenzato dalla radiazione solare e da precursori come biossido di azoto e Composti Organici Volatili.

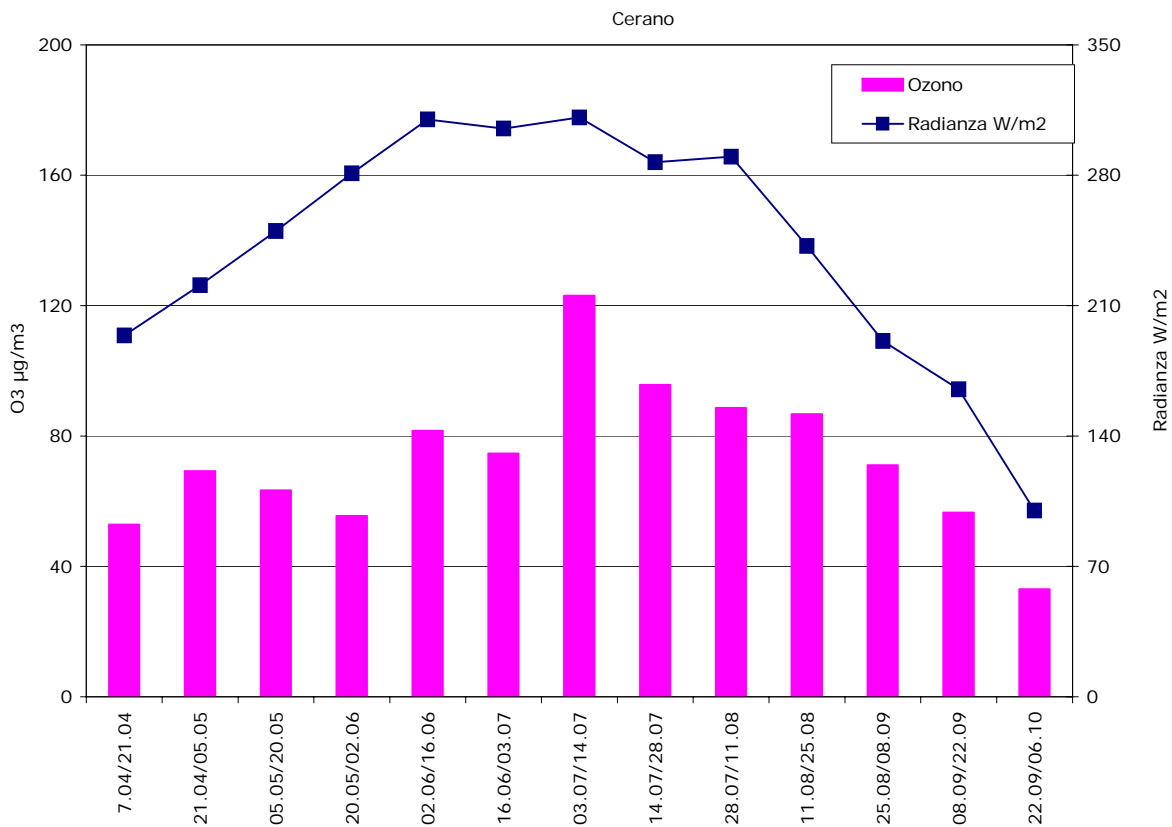
Nell'allegato A sono riportati i valori di concentrazione in tutte le postazioni con l'indicazione dei valori minimi massimi e medi.

Il monitoraggio ha evidenziato, per tutti i siti (vedi figure da n. 21 a n. 28), elevate concentrazioni di tale inquinante, rilevando un rischio oggettivo per gli ecosistemi forestali e per le colture agrarie. A partire dalla prima settimana di maggio si osserva un rapido aumento delle concentrazioni da Ozono in concomitanza con l'aumento dei valori della radianza.

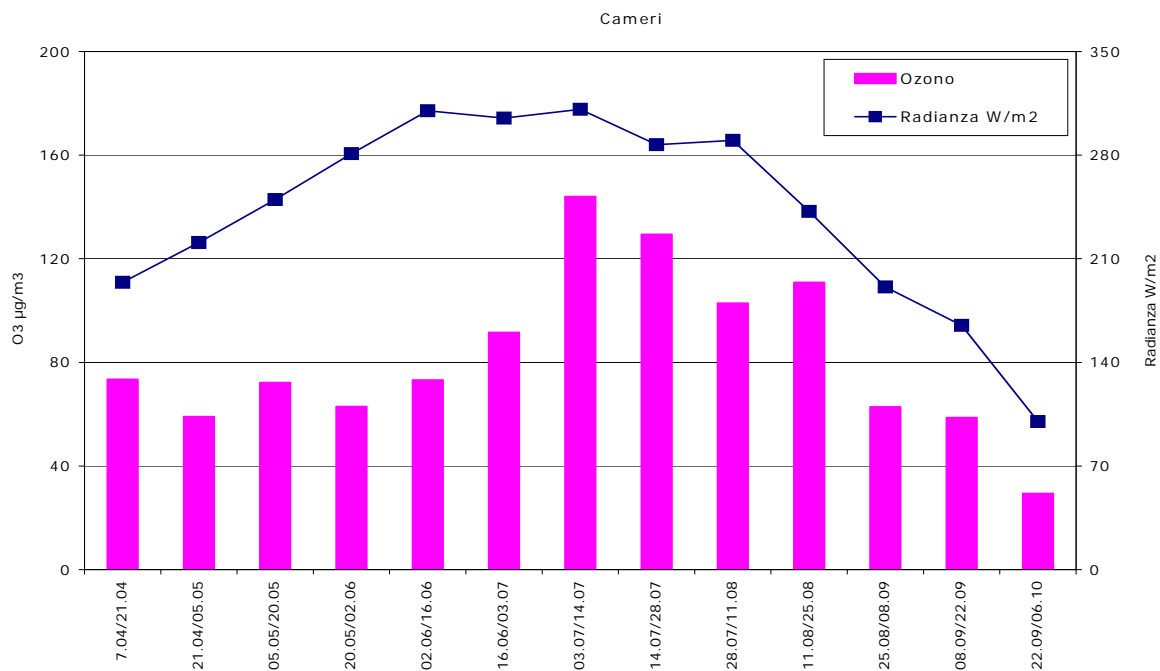
In figura n. 29 vengono riportati i valori medi dell'intero periodo e i valori massimi. In figura n. 30 sono riportati di dati dell'ozono registrati nelle varie stazioni nello stesso periodo. I valori di concentrazione medi sono compresi tra i 73.2 e 95  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . La media più elevata risulta quella di Belgirate (95  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). I valori massimi sono stati raggiunti in tutti i siti di campionamento nel periodo 3-21 Luglio in corrispondenza del massimo irraggiamento. Le massime concentrazioni al suolo sono state raggiunte nelle postazioni di Belgirate (174.7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e di Mercurago (174.3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) nello stesso periodo 3-14 Luglio. I valori minimi sono caratteristici delle settimane di inizio e fine periodo di campionamento (inizio Aprile e Ottobre), dove i valori delle radianze sono inferiori a quelle tipicamente estive.

Il D.M. 2 Aprile 2002 n°60 fissa, nel caso di ecosistemi forestali, un limite giornaliero di 65  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . I dati rilevati sono relativi a medie quindicinali e mostrano superamenti del valore limite di  $\text{O}_3$ , anche se non direttamente correlabili.

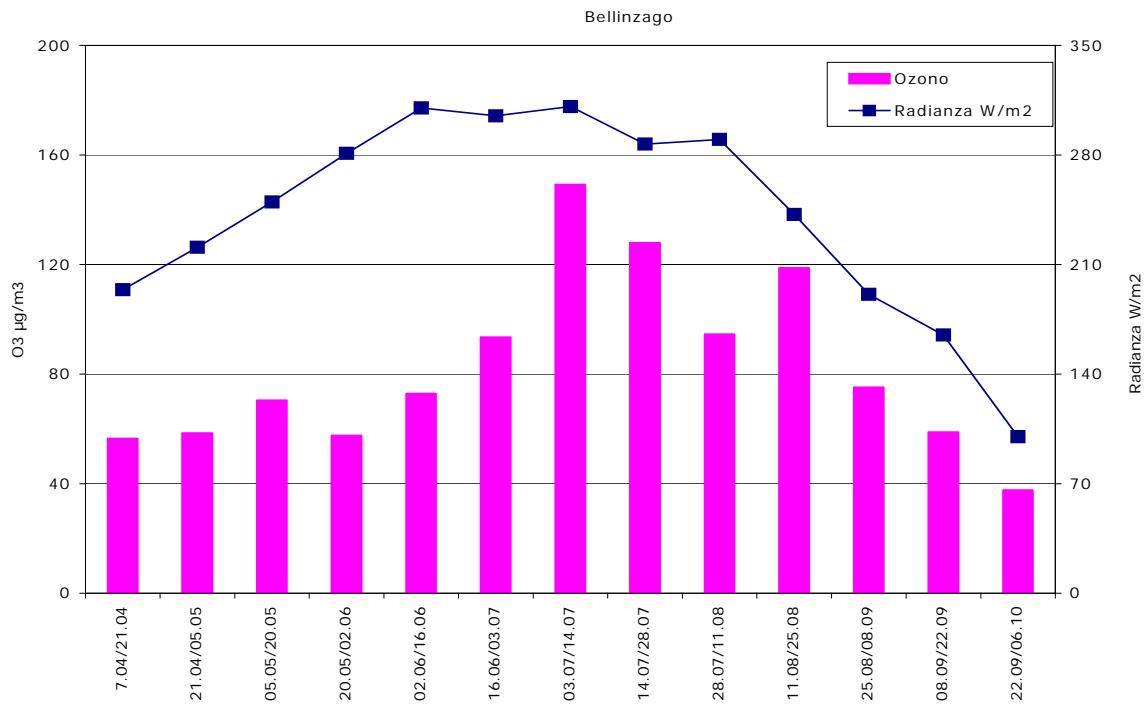
E' interessante osservare come le concentrazioni di  $\text{NO}_2$  mostrino un andamento generalmente inverso a quello di  $\text{O}_3$ .



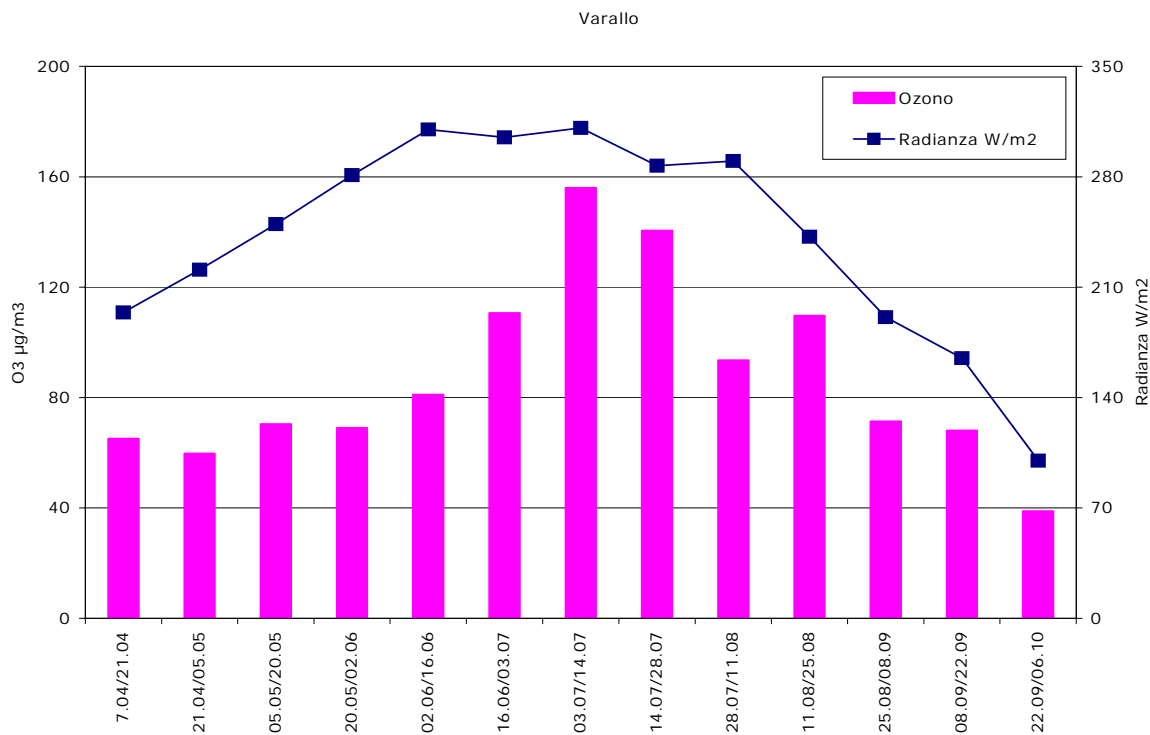
**Figura n. 21**



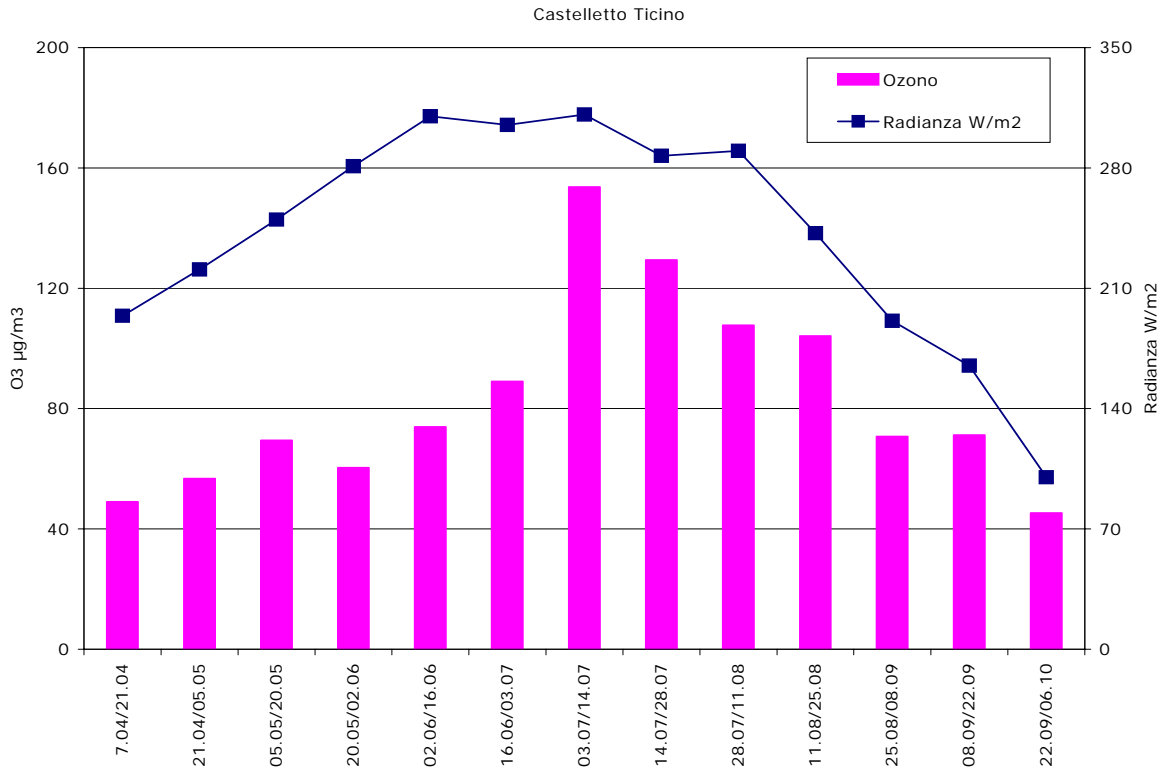
**Figura n. 22**



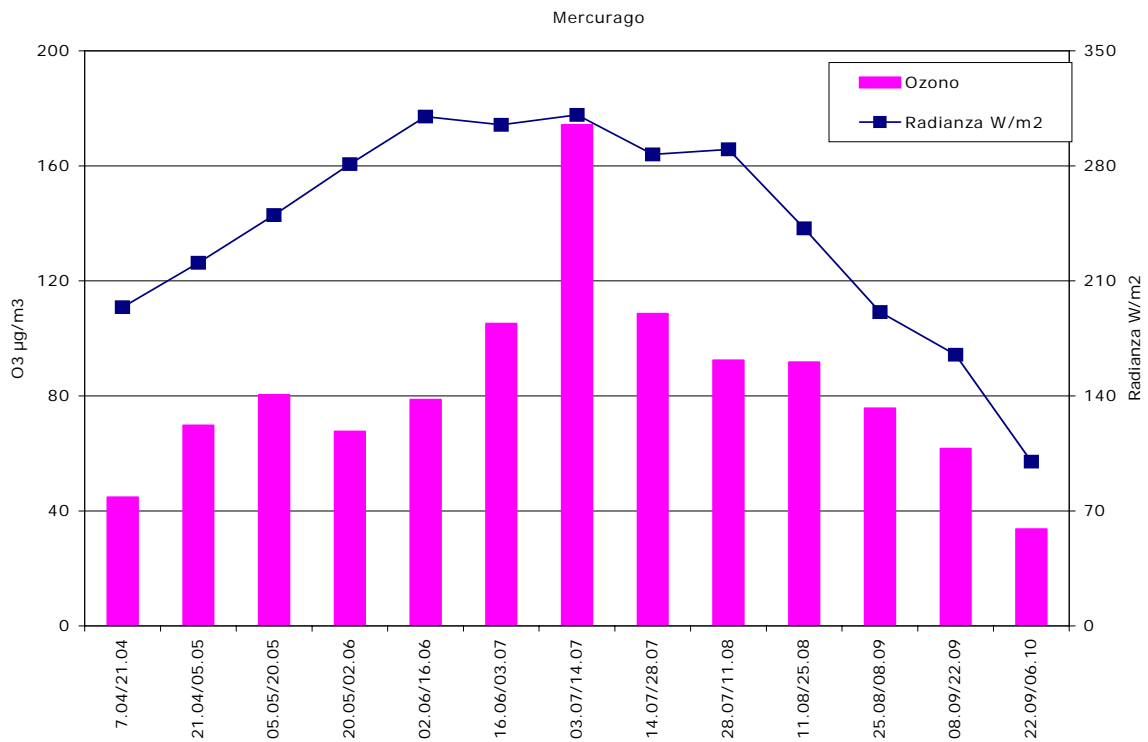
**Figura n. 23**



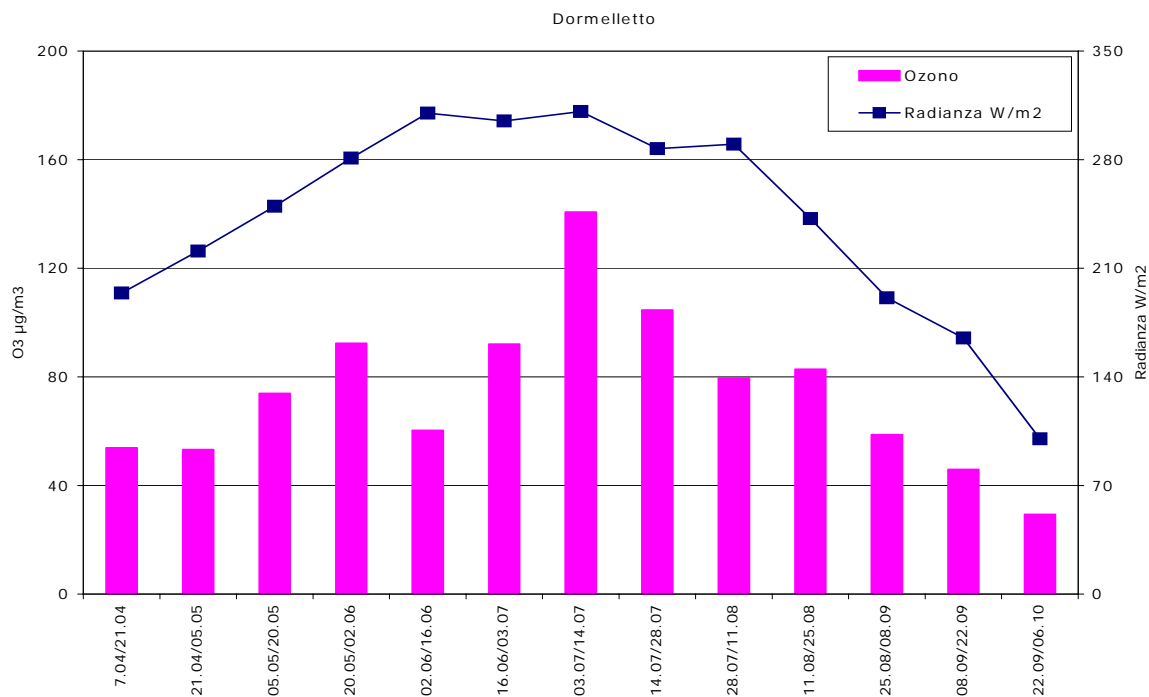
**Figura n. 24**



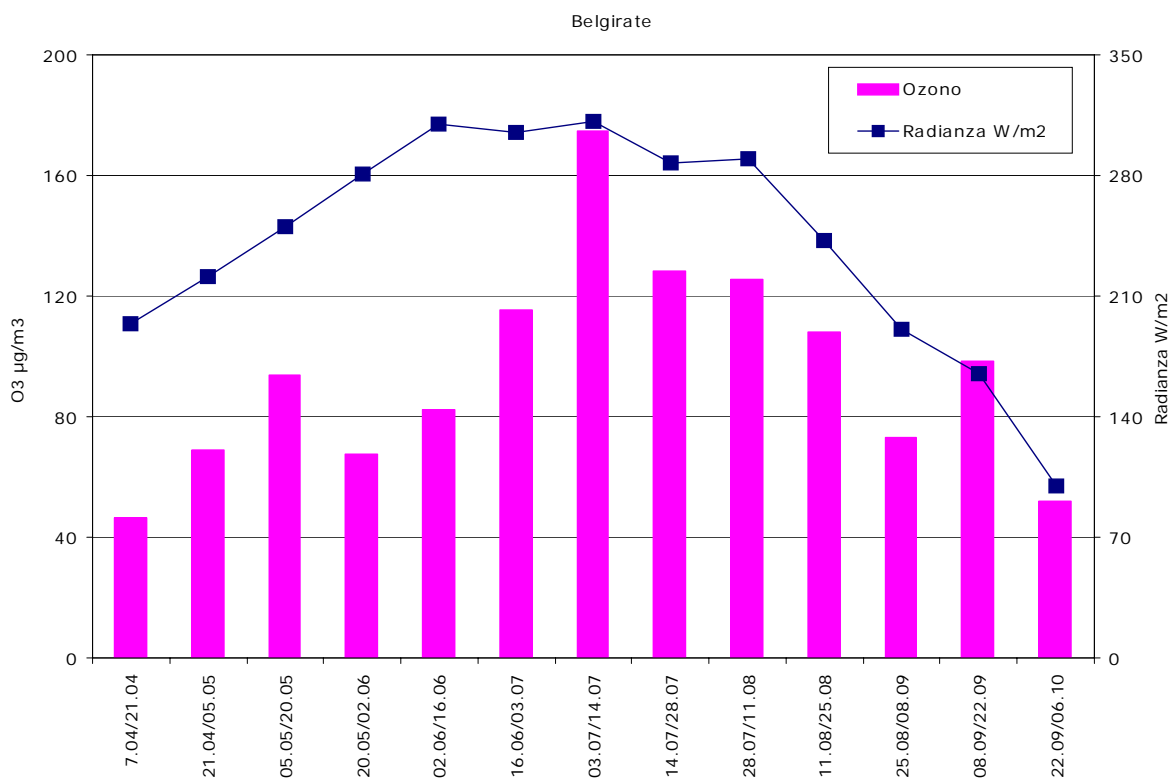
**Figura n. 25**



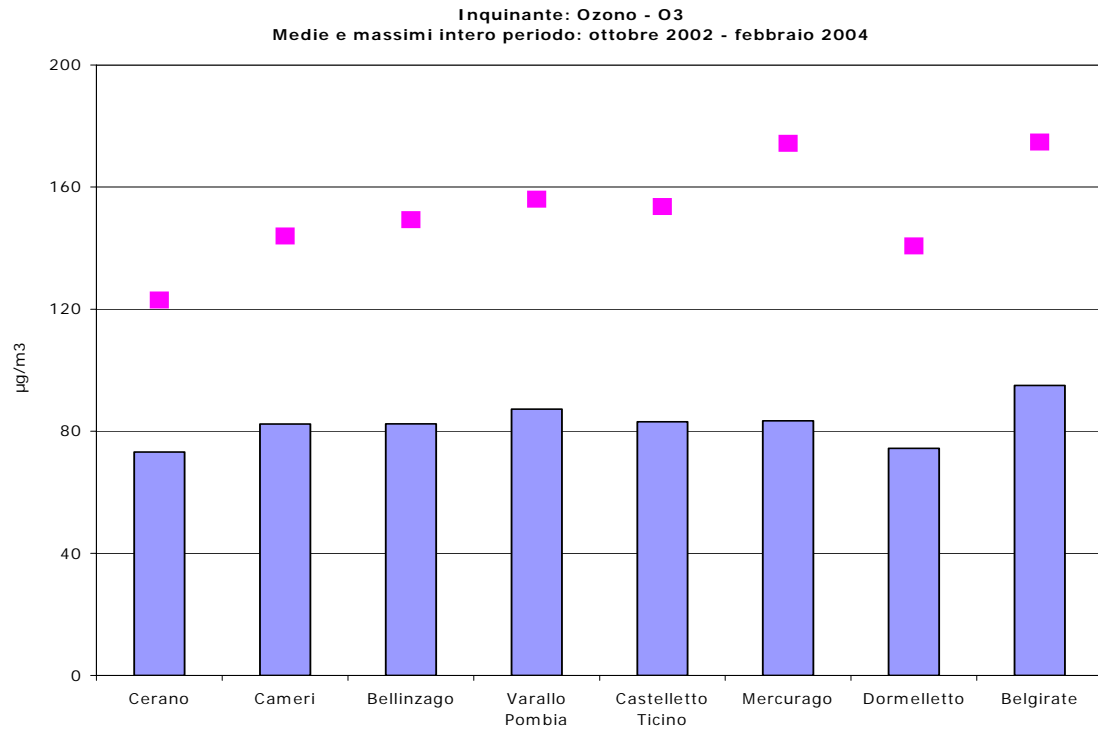
**Figura n. 26**



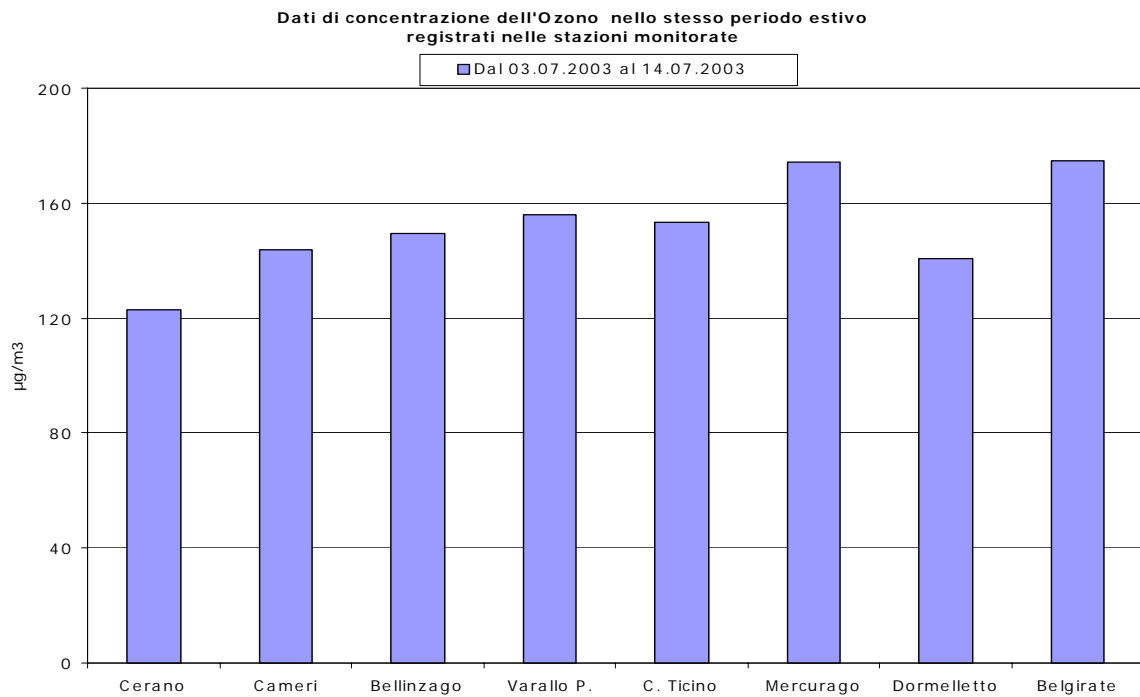
**Figura n. 27**



**Figura n. 28**



**Figura n. 29**



**Figura n. 30**

## 6 Idrocarburi aromatici (BTEX)

Le misure degli idrocarburi aromatici (benzene, toluene, etilbenzene e xileni) sono state eseguite ad intervalli di 15 giorni per l'intera durata della campagna di monitoraggio e i dati sono riportati nell'Allegato A e nelle figure da n. 31 a n. 38.

Il Benzene è l'unico inquinante della famiglia degli idrocarburi aromatici per il quale la normativa prevede un valore limite ( $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , D.M 2 Aprile 2002 n° 60).

In figura n. 39 vengono riportati i valori medi dell'intero periodo e i valori massimi. Le concentrazioni medie del benzene riscontrate si attestano intorno a valori inferiori ai  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . I valori massimi quindicinali sono stati misurati nelle stazioni di Varallo Pombia ( $7,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e Castelletto Ticino ( $8,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Le concentrazioni di tale inquinante risultano maggiori nel periodo autunno-inverno rispetto al periodo estivo, figura n. 40.

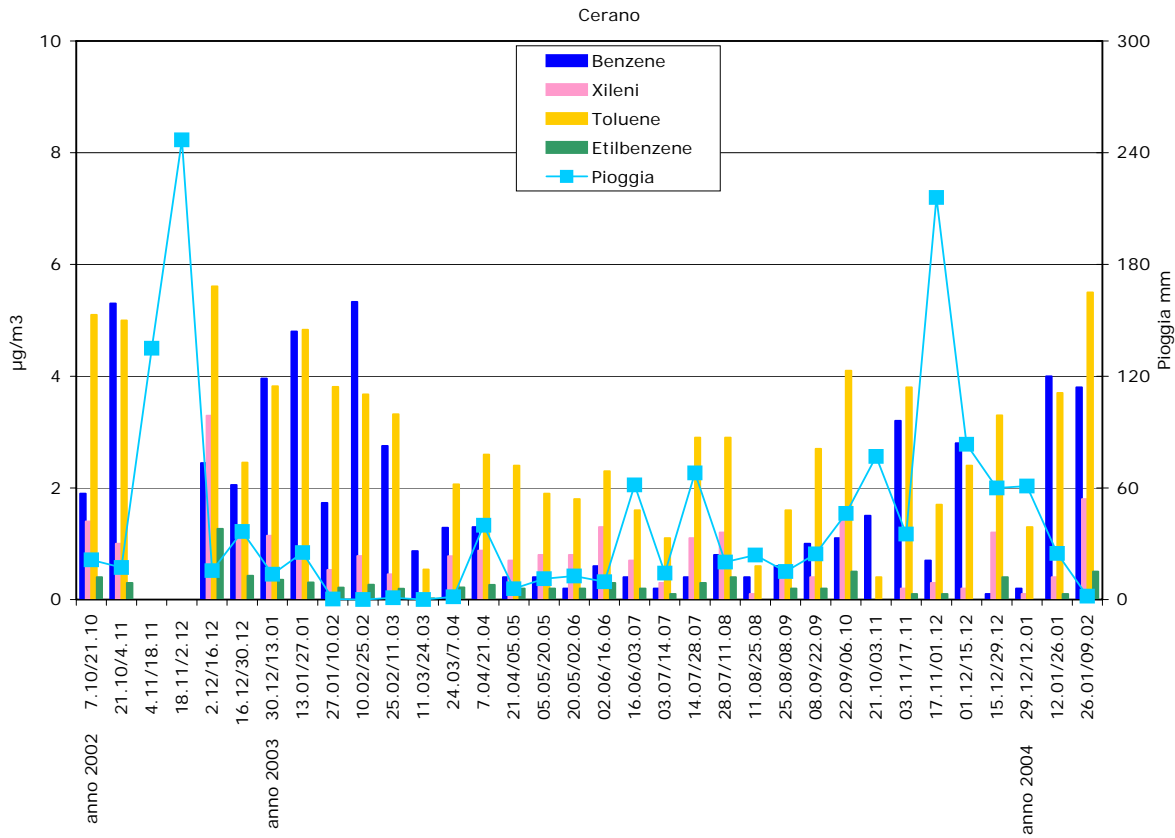
Quanto sopra indicato è conseguente a un periodo di significativa inversione termica individuabile anche dai dati proveniente dalla rete di rilevamento della qualità dell'aria.

Per il toluene, per il quale non è disponibile un limite normativo, si sono rilevate concentrazioni medie superiori rispetto a quelle del benzene.

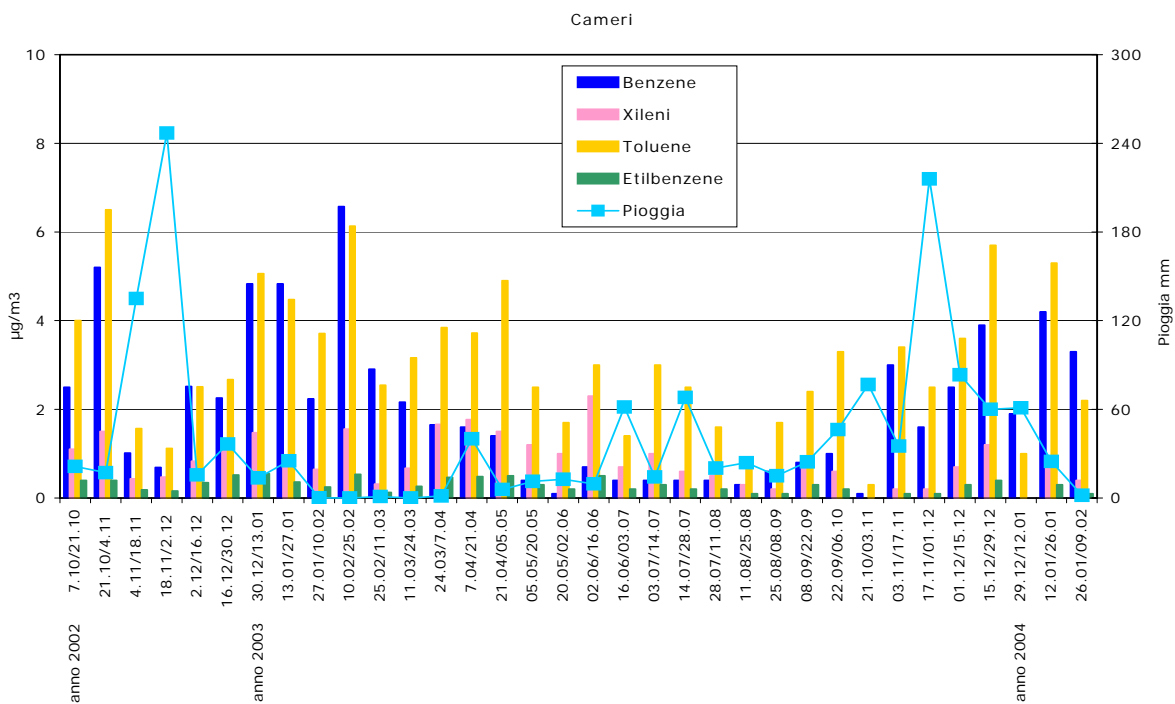
Negli ultimi anni, in seguito all'introduzione delle benzine verdi, si è assistito ad un aumento dei composti omologhi del benzene, in particolare del toluene, impiegato come antidetonante.

Per gli xileni e l'etilbenzene, si sono rilevate concentrazioni medie inferiori rispetto a quelle del benzene.

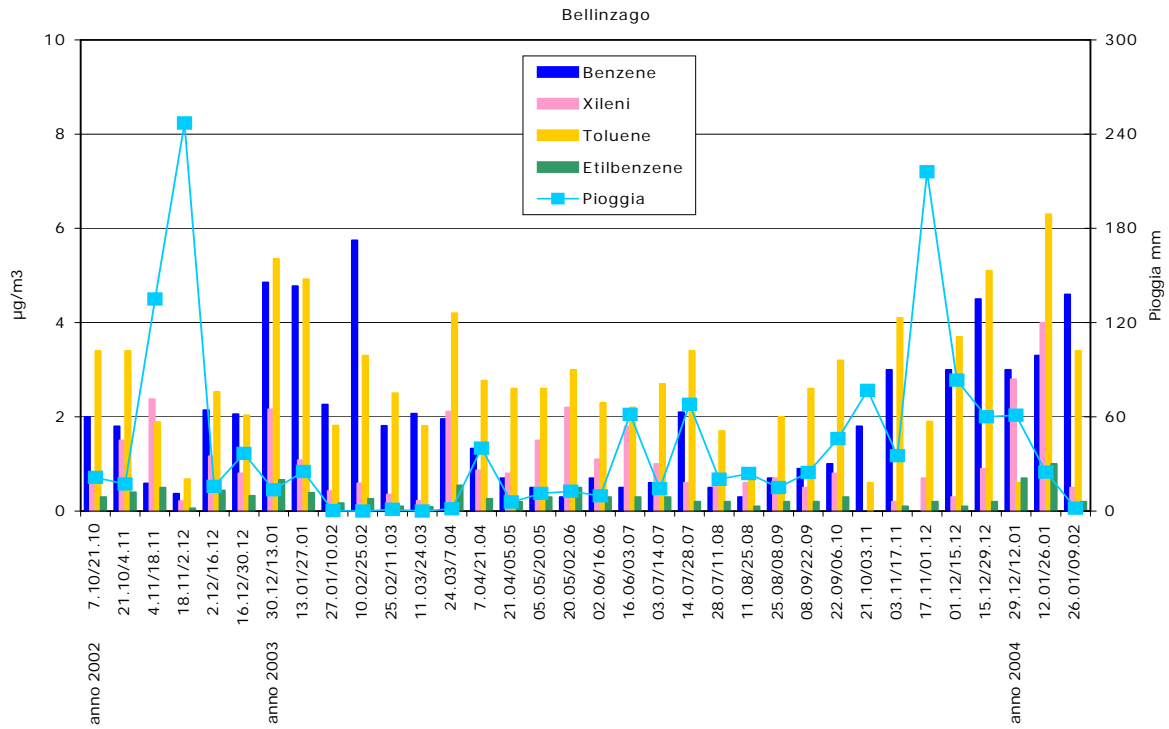




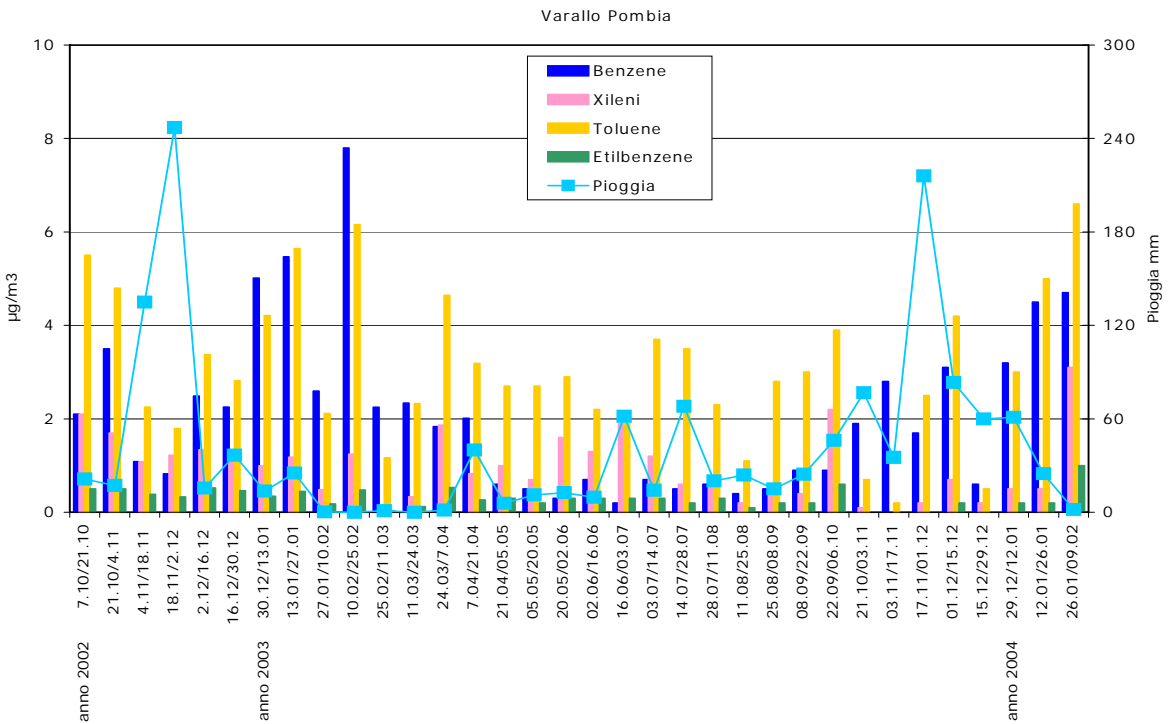
**Figura n. 31**



**Figura n. 32**



**Figura n. 33**



**Figura n. 34**

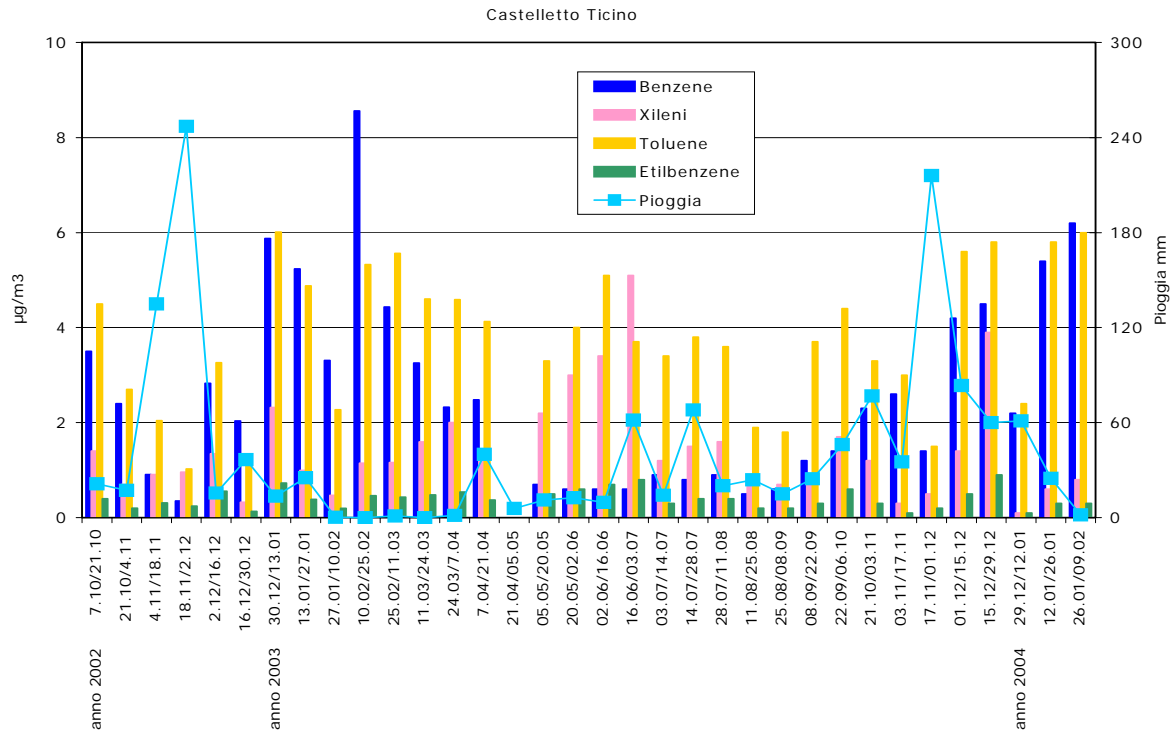


Figura n. 35

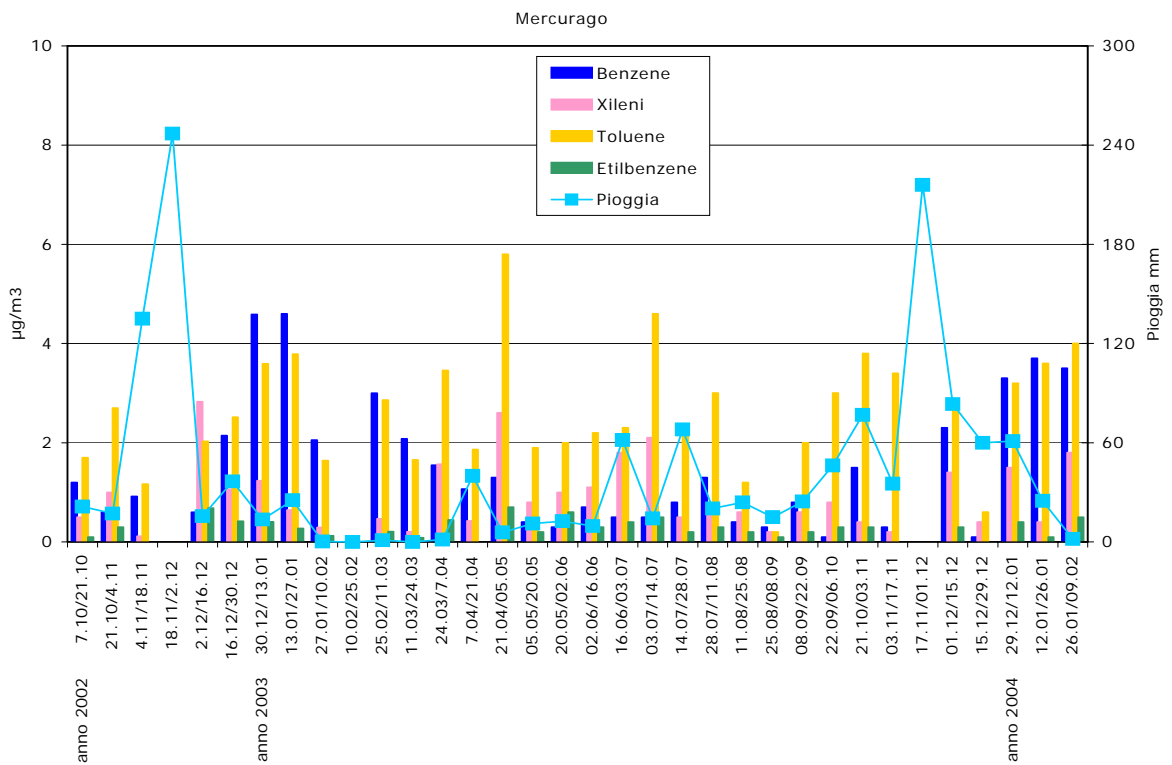
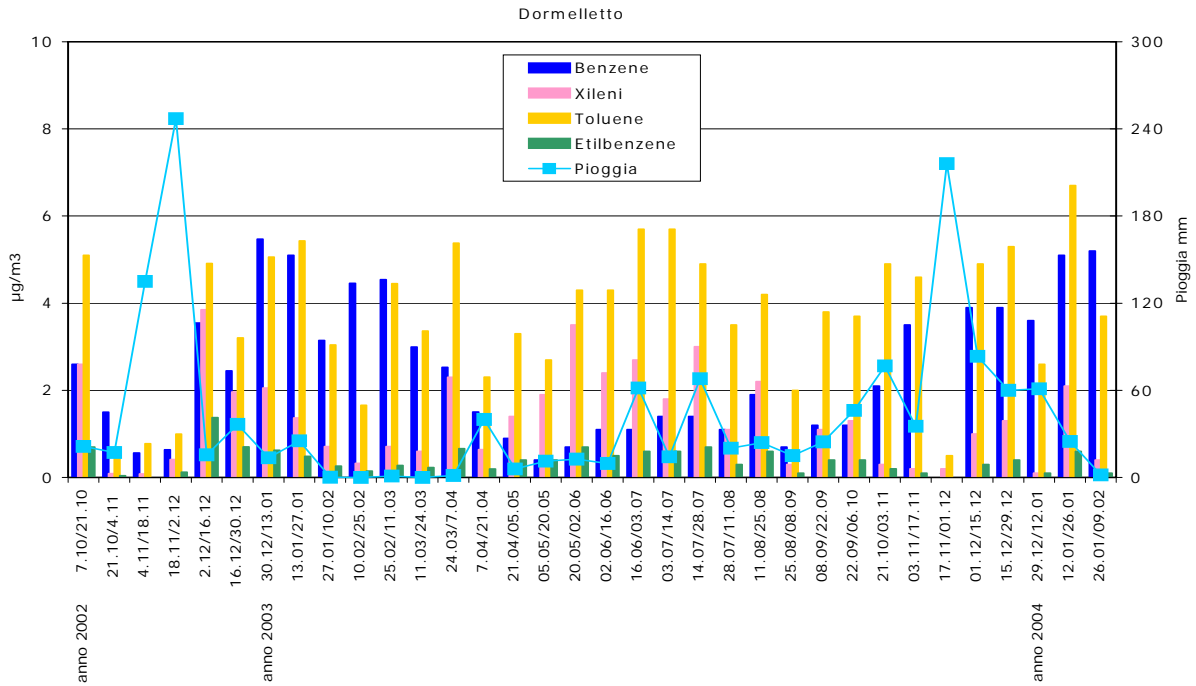
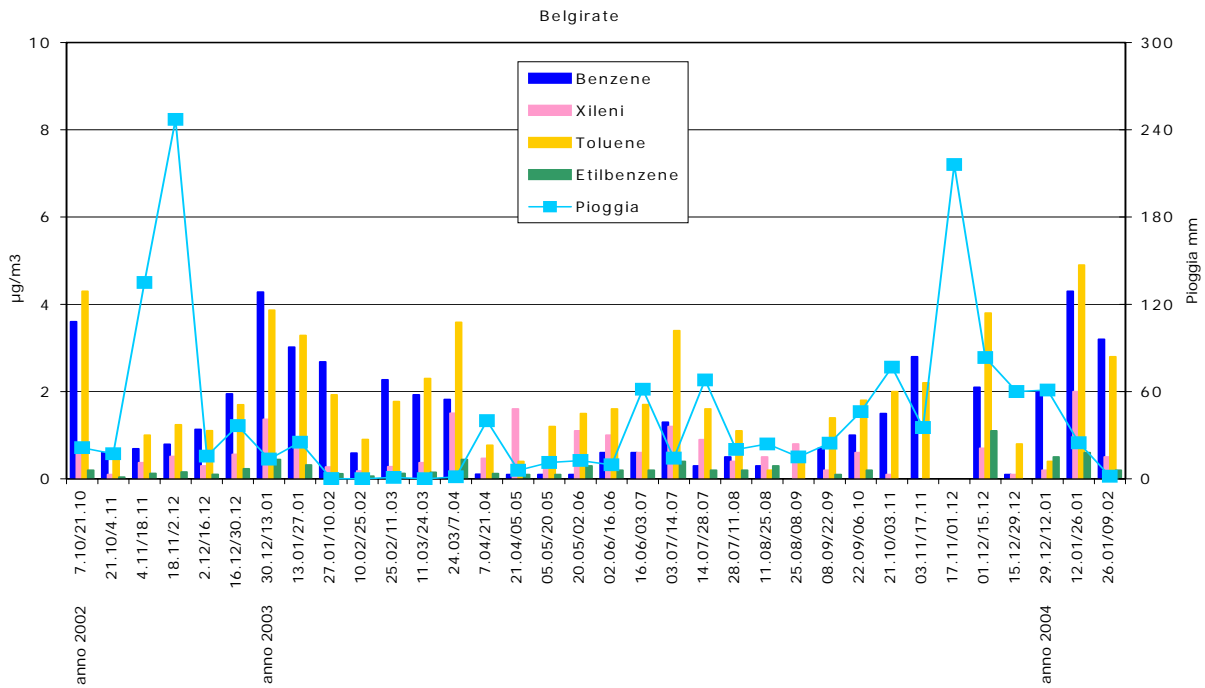


Figura n. 36



**Figura n. 37**



**Figura n. 38**

Inquinanti: BTEX  
Medie e massimi intero periodo: ottobre 2002 - febbraio 2004

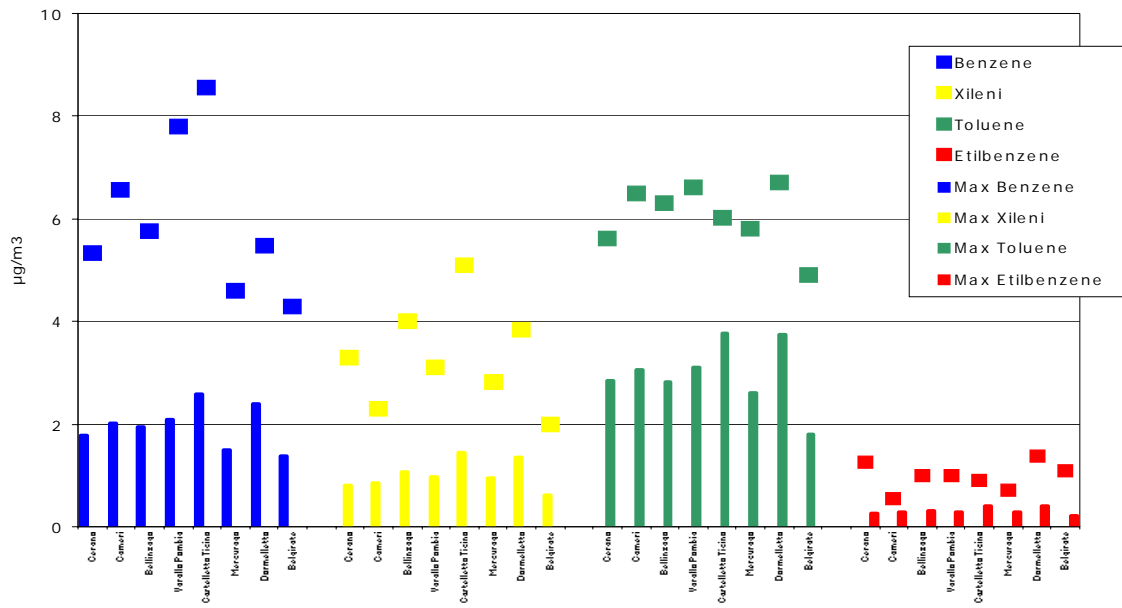


Figura n. 39

Confronto dei dati di concentrazione dei BTEX tra il periodo invernale e quello estivo

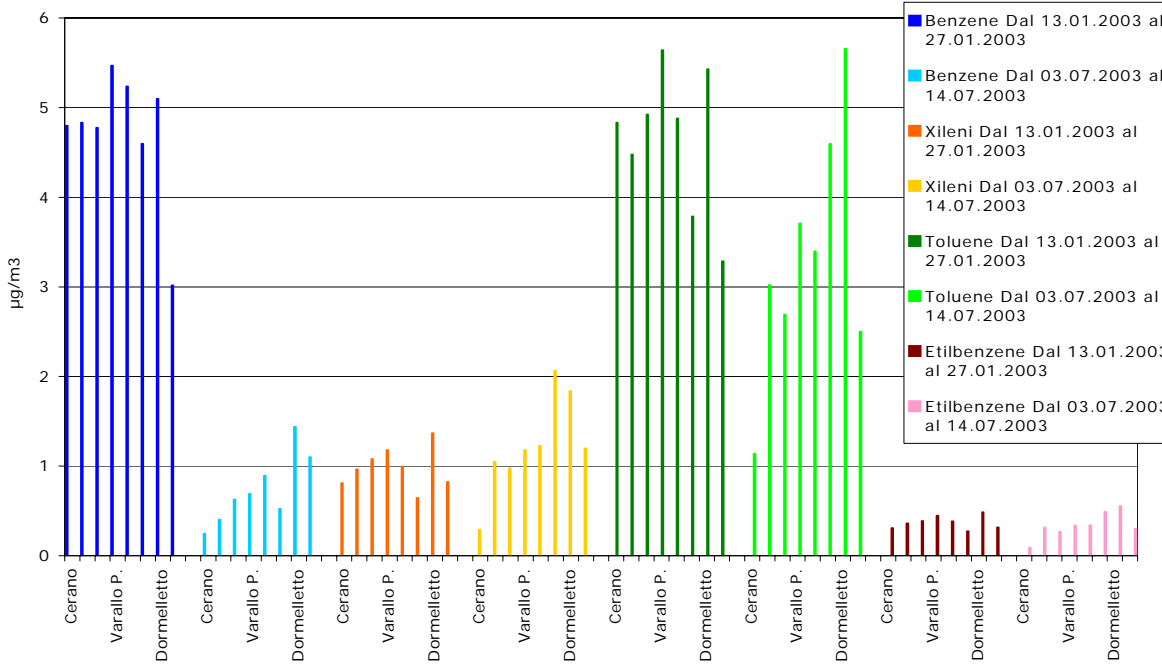


Figura n. 40

## CAPITOLO 8

### Conclusioni

La campagna di rilevamento della qualità dell'aria ha evidenziato l'influenza delle attività antropiche limitrofe al Parco del Ticino e ai Parchi del lago Maggiore. La presenza degli inquinanti atmosferici è dovuta alla somma di fenomeni di inquinamento locale e di trasporto di effluenti gassosi da aree più lontane.

Riassumendo:

- Risulta superato, presso tutti i siti di campionamento, il valore di riferimento per la protezione della vegetazione dell'Ozono ( $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$  media giornaliera, D.M. 26/5/1996);
- I valori medi annuali del Biossido di Azoto sono leggermente inferiori al valore limite di riferimento ( $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  D.M. 2 Aprile 2002 n. 60);
- Per il Benzene non si sono registrati superamenti del valore limite ( $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  D.M. 2 Aprile 2002 n. 60). Per i suoi composti omologhi (*Toluene, Etilbenzene, Xileni*), per i quali non è disponibile un valore limite di riferimento, le concentrazioni sono risultate significative;
- I valori di Biossido di Zolfo sono nettamente inferiori al limite di riferimento ( $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  D.M. 2 Aprile 2002 n. 60). Detto fenomeno, come già anticipato, rispecchia la tendenza nazionale, laddove si assiste ad una diminuzione delle concentrazioni, dovuta all'impiego di combustibili liquidi a basso tenore di zolfo ed al massiccio uso del metano per gli impianti termici.

Dal confronto con i dati di misure pregresse, eseguite nei siti di cui alla presente indagine (*Ambientitalia nel 2000 e nel 2001*), si evidenzia un incremento dell'inquinamento atmosferico alquanto marcato per l'ozono, mentre per gli altri inquinanti monitorati, biossido di azoto e benzene, non si rilevano condizioni peggiorative.

L'analisi della qualità dell'aria, mediante la campagna di monitoraggio diffusiva condotta, ha evidenziato come l'ozono, dannoso per l'ecosistema forestale in quanto inibisce la fotosintesi, costituisca un rischio potenziale per la vegetazione.

La Commissione Europea (C.E.) con la Direttiva 2002/3/CE del Parlamento Europeo, propone i valori bersaglio dell'ozono per la protezione della vegetazione di AOT40 (Accumulated Over the Threshold of 40 ppb) calcolato su un'ora da maggio a luglio di  $18000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  come media su 5 anni per il 2010, mentre l'obiettivo a lungo termine è di  $6000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Si tratta di un indice espresso come somma delle differenze, tra le concentrazioni medie orarie di Ozono superiori a 40 ppb (1 ppb=  $1,963 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e il valore soglia di 40 ppb, in un determinato intervallo di tempo ed in presenza di un irraggiamento solare superiore a  $50 \text{ Watt}/\text{m}^2$ .

Per la determinazione di tale parametro non è possibile utilizzare i dati provenienti dalla campagna eseguita con i campionatori passivi, in quanto il dato di riferimento base è la media oraria.

Per ovviare a questo inconveniente si sono utilizzati i dati provenienti dalla rete di rilevamento della qualità dell'aria Dipartimento ARPA di Novara con i dati rilevati dalle stazioni di monitoraggio in continuo di Arona e Romentino, adiacenti al Parco del Ticino:

Arona	66000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$
Romentino	64000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$

Dai dati riscontrati, si rileva che tale obiettivo non potrà essere rispettato poiché già per il 2003 il valore di AOT40 è alto. Sarebbero necessarie azioni atte a ridurre la quantità delle emissioni in atmosfera dei gas precursori alla formazione di Ozono.

Per quanto riguarda gli altri inquinanti atmosferici monitorati dalla rete di rilevamento, nel periodo relativo alla campagna di rilevamento nel Parco, si è osservata una variabilità temporale su base stagionale.

Nei mesi invernali, si è osservata un'alta stabilità atmosferica, che in aggiunta alla frequente presenza di inversioni termiche al suolo, ha causato episodi acuti di inquinamento.

Nel periodo estivo, come prevedibile, si nota un miglioramento della qualità dell'aria rispetto alle concentrazioni di polveri sottili, mentre situazioni anticicloniche caratterizzate da stagnazione e forte irraggiamento hanno causato aumenti in concentrazione di inquinanti secondari (Ozono).

Per quanto riguarda il Biossido di Azoto, Anidride Solforosa e BTEX, durante il periodo di monitoraggio in oggetto, non si sono evidenziati fenomeni di aumento di concentrazioni degne di preoccupazione, se non sporadici superamenti dei livelli di attenzione dell' $\text{NO}_2$ , su base oraria, rilevati in qualche stazione di tipo urbano.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] [www.parchilagomaggiore.it/storia](http://www.parchilagomaggiore.it/storia).
- [2] Giovanna Finzi- Guido Pirovano-Marialuisa Volta. "Gestione della qualità dell'aria (modelli di simulazione e prevenzione)" McGraw-Hill 2001
- [3] Luigi Pozzoli e Umberto Maugeri. "Igiene industriale-campionamento gas, vapori, polveri" Edizioni La Gogliardica Pavese 1986.
- [4] G. Bertoni, R. Tappa, I. Allegroni. "Valutazione della "performance" di un campionatore passivo per il monitoraggio del benzene ed altri composti aromatici volatili nell'ambiente urbano e negli ambienti confinati" *Acqua&Aria* Giugno/Luglio 1999
- [5] Pozzoli, L. and D. Cottica. 1987. "An Overview of the effects of temperature, pressure, humidity, storage and face velocity". In: A. Berlin, R.H. Brown and K.J. Saunders (Eds.). *Diffusive sampling, an alternative approach to workplace air monitoring*. EC Publ no 10555 EN, Brussels-Luxembourg: 119-130.
- [6] E. Angelino, M. Bedogni, E. Brevetti, G. Lanzani, C. La vecchia, A. Musitelli, M. Valentini. "Inquinamento da ozono". Studi monografici sulla qualità dell'aria, provincia di Milano 1997.
- [7] C. Minoia, P. Apostoli, G.B. Bartolucci. "Il benzene" *Tossicologia, ambienti di vita e di lavoro* 118-123. Morgan edizioni tecniche. 1995.
- [8] L. Toniolo, F. Duse, A. Mantovani, U. Fellico "Benzene: vecchio puzzle, nuovo problema". *Tossicologia, ambienti di vita e di lavoro*, 165-178. Morgan edizioni tecniche-1995.
- [9] Consorzio Parco del Ticino. "Valutazione della qualità dell'aria mediante campionatori puntiformi passivi nei Parchi del Ticino". Edito da Consorzio Parco del Ticino 2001
- [10] R. Vecchi, G. Valli. "Ozone assessment in the southern part of Alps" *Atmospheric Environment* 33 (1999) 97-109.
- [11] F. De Santis. "La nuova direttiva ozono e la protezione della vegetazione". *Acqua&Aria* Giugno/Luglio 2000 18-22.
- [12] A. Buffoni, M. Tita. "Misure di inquinanti atmosferici nelle aree del Parco regionale del Ticino e del Parco del lago Maggiore (del 2000-2001): relazione finale". *Ambientitalia* (Istituto ricerche), Milano.
- [13] Fondazione Maugeri di Padova. "Manuale radiello" Edizione Gennaio 2003



## **ALLEGATO A**

