

SEZIONE PROTEZIONE ARIA E ACQUA

UFFICIO PROTEZIONE DELL'ARIA

ANALISI DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

2000

DIVISIONE AMBIENTE

DIPARTIMENTO DEL TERRITORIO

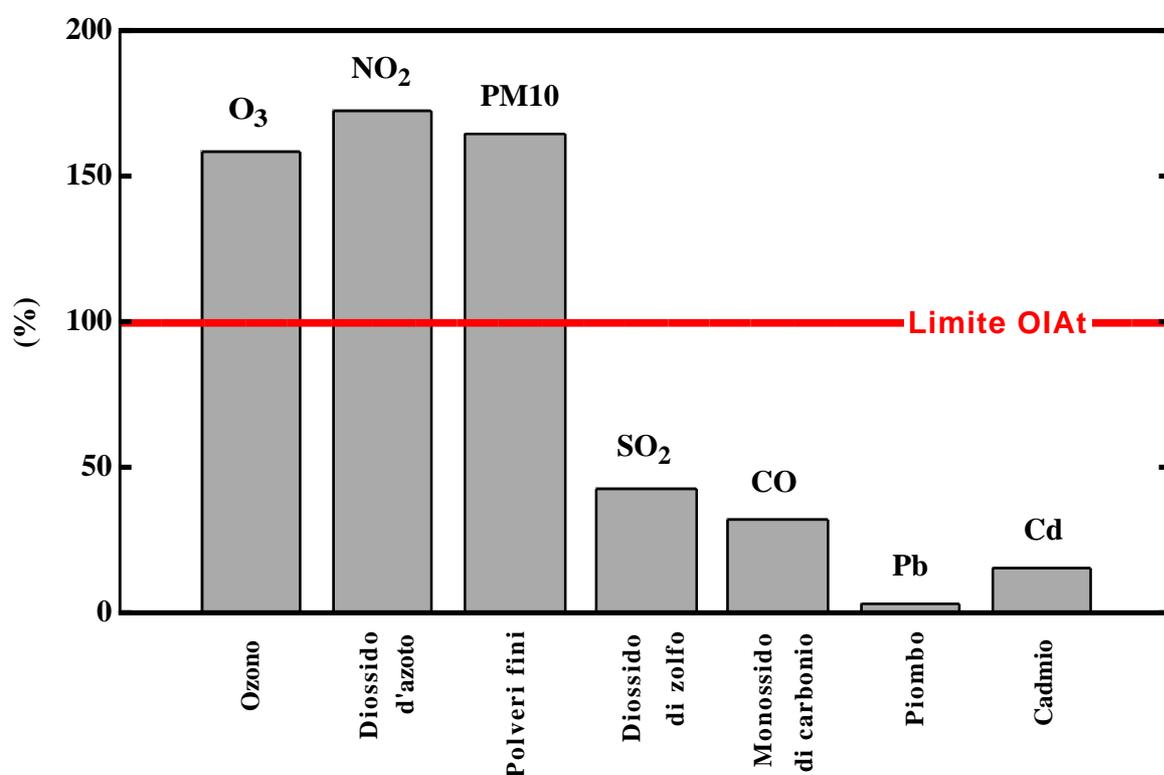
Settembre 2001

Sommario	3
Parte prima	
Qualità dell'aria in Ticino: situazione e tendenze evolutive.....	8
1.1 Diossido di zolfo	8
1.2 Diossido d'azoto.....	11
1.3 Ozono.....	13
1.4 Monossido di carbonio.....	17
1.5 Polveri fini.....	17
1.6 Composti organici volatili	22
Parte seconda	
Mappe di esposizione all'inquinamento di diossido di azoto.....	26
2.1 Problema e aspetti metodologici	26
2.2 Valutazione delle immissioni di diossido di azoto	26
2.2.1 Generalità sul modello Pollumap.....	27
2.2.2 I dati di ingresso del modello	27
2.2.3 Taratura e sensibilità del modello.....	28
2.2.4 Mappe di esposizione alle immissioni di diossido di azoto.....	30
2.3 Esposizione della popolazione residente al diossido di azoto	32
2.4 Possibili sviluppi futuri.....	32
Allegati	
I Impostazione delle analisi dell'aria	33
II Risultati delle analisi con strumenti elettronici.....	38
III Risultati delle analisi con metodi passivi	60
IV Valori limite d'immissione.....	66
V Abbreviazioni	67
VI Unità di misura.....	68
VII Fattori di conversione.....	69
Bibliografia	70

Qualità dell'aria in Ticino: situazione di stabilità

Complessivamente durante il 2000 si è assistito ad un leggero miglioramento della qualità dell'aria rispetto all'anno precedente, malgrado i valori delle immissioni siano ancora sopra le soglie. Dei 18 limiti di immissione fissati dall'Ordinanza contro l'inquinamento atmosferico (OIA) 12 sono stati rispettati. Rimangono non rispettati i limiti per la media giornaliera e la media annua del diossido d'azoto, i limiti per la media oraria e il 98° percentile dell'ozono e i nuovi limiti per la media giornaliera e la media annua di polveri fini.

La situazione delle immissioni dei principali inquinanti può essere descritta riportando per i diversi inquinanti i valori più elevati rilevati dalle stazioni d'analisi in percento dei relativi limiti d'immissione stabiliti dall'OIA:



Immissioni nel Canton Ticino: carico inquinante nel 2000 in percento dei relativi limiti OIA. Ad eccezione dell'ozono (98° percentile) e del monossido di carbonio (media giornaliera massima) i valori indicati si riferiscono alle concentrazioni medie annue.

Questi valori vengono riscontrati negli agglomerati e lungo le principali vie di comunicazione, e sono quindi rappresentativi della qualità dell'aria nelle zone dove vive la maggior parte della popolazione.

Troppe polveri fini (PM10)

Le polveri fini PM10 sono costituite dalle sostanze inquinanti prodotte dal traffico, dall'industria e da altre fonti di emissione. I limiti d'immissione fissati dall'OIAAt per la media annua ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e la media giornaliera ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sono ampiamente superati sia negli agglomerati urbani che in periferia.

Dalle analisi effettuate risulta che sul fondovalle in Ticino sussistono concentrazioni medie annue di polveri fini comprese tra i 26 e $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Simili valori sono stati registrati anche in altri luoghi della Svizzera con forti emissioni locali: $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella città di Zurigo, $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nel centro di Berna e $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a Härkingen dove le autostrade A1 e A2 si incrociano. Soltanto nelle località in quota le immissioni medie annue scendono al di sotto del limite. Sul Rigi ad esempio la concentrazione media annua durante il 2000 è stata di $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sulla scorta dei primi 8 mesi di misura a Brione s.M. si può affermare che anche in Ticino nelle zone elevate i limiti per le polveri fini – ad eccezione di qualche giornata particolare – sono rispettati.

Anche il valore medio giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, che può essere superato al massimo una volta all'anno, non è rispettato. Nelle città e negli agglomerati del Cantone sono registrati picchi superiori ai $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, distribuiti, a dipendenza del punto di misura, su un minimo di 19 giorni fino ad un massimo di 61 giorni. I valori medi giornalieri massimi registrati dalle diverse stazioni si situano tra i 103 e i $142 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

È prematuro parlare di tendenze evolutive per questo inquinante, in quanto nella maggior parte dei casi si dispone di soli tre anni consecutivi di misura. Sulla base della serie di Chiasso, dove si registrano dati a partire dal 1994, si può affermare che ci si trova in una situazione di stabilità.

Ozono (O₃): il maggior numero di superamenti durante il mese di giugno

Durante i periodi estivi pressoché ovunque le immissioni di ozono superano largamente i limiti fissati dall'OIAAt sia per intensità che per durata. Il limite di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per la media oraria nel 2000 è stato superato per un totale di ore che varia tra le 81 di Bodio e le 485 di Brione s.M.. Le concentrazioni medie orarie massime sono variate tra i $174 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di Bodio e i $241 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di Chiasso e si sono registrate in tutte le stazioni durante il mese di giugno.

Nonostante questi valori elevati l'inquinamento fotochimico è stato di parecchio inferiore rispetto a quello dell'anno precedente. Questa diminuzione è conseguenza del cattivo tempo che ha caratterizzato il mese di luglio.

A causa dell'influsso della meteorologia sulla formazione dell'ozono è difficile riconoscere una tendenza evolutiva. Sulla base delle serie storiche di dati si può affermare che i provvedimenti finora adottati hanno probabilmente consentito di arrestare la crescita delle concentrazioni di ozono.

Diossido d'azoto (NO₂): valori ancora eccessivi

Le concentrazioni di diossido d'azoto sono fortemente influenzate dalle fonti di emissione locali. Pertanto, quanto illustrato nel grafico precedente per questo gas può essere considerato come un inquinamento tipico all'interno dei principali centri del Cantone e lungo gli assi stradali con forte traffico. Lontano dalle principali fonti di emissioni, come ad esempio sui pendii in quota, si registrano per contro valori inferiori al limite OIAt.

All'inizio degli anni '80 le immissioni di diossido d'azoto erano in forte crescita. Grazie ai provvedimenti di natura tecnica è stato possibile arrestare questa crescita e in seguito, grazie anche a condizioni meteo-climatiche favorevoli, si è verificata una marcata diminuzione delle immissioni di diossido d'azoto. Tuttavia le concentrazioni misurate durante il 2000 sono state in parte superiori rispetto a quelle del 1999. Ciò che conferma l'affermazione secondo la quale negli ultimi anni si sta assistendo ad una stabilizzazione delle immissioni di questo inquinante, su valori che rimangono ancora superiori ai limiti fissati dall'OIAt.

Un elevato potenziale per un'ulteriore riduzione delle emissioni è offerto da provvedimenti come la gestione e la moderazione del traffico negli agglomerati, la promozione del trasporto delle merci su rotaia e l'introduzione di nuove norme per i gas di scarico dei veicoli a motore, in particolare quelli nel settore degli "Offroad".

Diossido di zolfo (SO₂), monossido di carbonio (CO), piombo (Pb) e cadmio (Cd): limiti d'immissione rispettati

Le immissioni di diossido di zolfo (anidride solforosa) sono da diversi anni conformi con le norme di qualità dell'aria fissate dall'OIAt e i carichi annui si situano attorno a valori di due volte inferiori al limite.

La diminuzione delle immissioni di questo inquinante è da ricondurre alla riduzione del tenore di zolfo nell'olio combustibile e, per il Sottoceneri, alla diffusione del gas naturale. Nella Bassa Leventina il rispetto dei limiti è stato ottenuto soprattutto tramite i provvedimenti adottati da una grossa azienda operante nella regione.

Le immissioni di monossido di carbonio sono da diversi anni conformi con le norme di qualità dell'aria fissate dall'OIAt. I provvedimenti tecnici (regolazione della combustione nei motori dei veicoli e diffusione del catalizzatore sui veicoli a motore) sono riusciti a compensare l'incremento del traffico.

I metalli pesanti (piombo e cadmio) presenti nelle polveri sono analizzati a Bodio, dove le relative concentrazioni, come negli anni passati, sono risultate inferiori ai limiti previsti dall'OIAt. L'introduzione del catalizzatore e della benzina "verde" hanno permesso di ridurre il piombo presente nelle polveri a valori nettamente al di sotto dei limiti previsti dall'OIAt. Un'ulteriore riduzione dovrebbe verificarsi con il divieto entrato in vigore il 1.1.2000 di utilizzare e smerciare benzina contenente piombo.

Composti organici volatili (VOC): valori troppo elevati anche se non soggetti a limiti di immissione

Nonostante l'OIA non preveda alcun limite d'immissione per i composti organici volatili, essi sono molto importanti per almeno due ragioni: da un lato alcuni di questi composti, come ad esempio il benzolo, sono pericolosi per la salute umana. Dall'altro diversi componenti di questa grande classe di sostanze sono, insieme agli ossidi d'azoto, i precursori dell'ozono.

Il carico di composti organici volatili emessi nell'atmosfera è notevolmente calato negli ultimi anni. Questo miglioramento è da ricondurre alle misure adottate alla fonte, come ad esempio l'installazione dei sistemi di recupero dei vapori di benzina presso le stazioni di servizio e i grandi depositi. Questi provvedimenti sono efficienti per quanto attiene agli effetti locali e sono quindi molto importanti considerata la tossicità di alcune sostanze organiche. Al miglioramento ha pure contribuito il risanamento di diverse installazioni industriali. Essi sono tuttavia insufficienti per ridurre in modo sensibile le concentrazioni di ozono nelle stagioni calde.

Durante il 2000 sono state effettuate delle nuove misure dei VOC mediante campionatori passivi in 5 località del Cantone. Complessivamente sono stati analizzati 35 composti organici volatili appartenenti a 4 classi: aromatici, alcani, monoterpeni e clorurati.

Complessivamente in ogni luogo di misura si osserva una configurazione delle immissioni di VOC simile. La classe maggiormente immessa è quella degli aromatici, che ha come fonti principali il traffico stradale che è ubiquitario e le industrie, che hanno ovviamente effetti più regionalizzati. Per quanto riguarda le altre categorie i valori sono inferiori e simili in tutti i punti di rilevamento. Sono comunque da evidenziare le misure più elevate di Stabio per i monoterpeni, e di Vezia per i clorurati, entrambe dovute ad alcuni impianti industriali operanti nelle rispettive regioni.

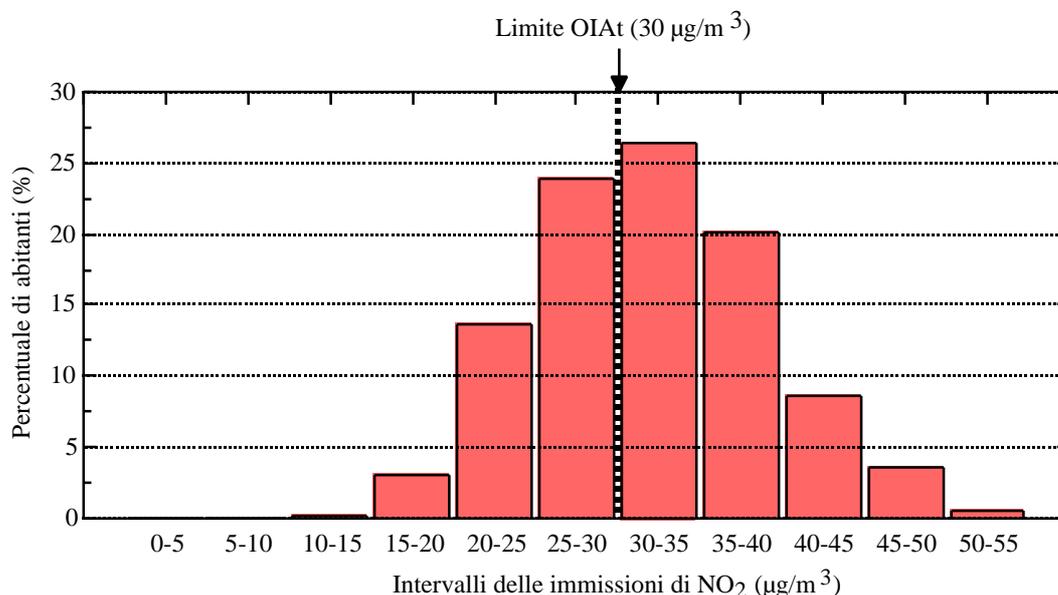
Per citare l'esempio delle immissioni su scala cantonale di benzolo, noto composto organico volatile aromatico cancerogeno, queste variano tra 1.9 e 3.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e sono paragonabili a quelle rilevate a livello svizzero e nettamente inferiori al limite fissato recentemente dall'EU di 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Questo non deve comunque far dimenticare e sottovalutare la pericolosità di questa sostanza e la situazione problematica della stessa in Ticino.

Mappe di esposizione all'inquinamento da diossido di azoto

Per capire su scala regionale la *reale esposizione della popolazione residente all'inquinamento da diossido di azoto* sono state allestite delle cosiddette **mappe di esposizione** tramite l'utilizzo di un adeguato modello matematico, che tiene conto dei riscontri sperimentali.

Nel presente rapporto sono riportati i risultati finora ottenuti per il Mendrisiotto ed il Basso Ceresio. Essi mostrano che per un'ampia fascia attorno ai principali assi di traffico, ed in particolare l'A2, il limite fissato dall'OIA per la media annua di diossido di

azoto è tuttora superato. Analizzando la popolazione esposta ai valori medi annui di NO₂, si osserva come circa il 60% di tutta la popolazione del Mendrisiotto e Basso Ceresio (cioè 28'000 persone) sia esposta a valori medi annui di diossido di azoto superiori al limite di 30 µg/m³ fissato dall'OIAAt. Inoltre almeno il 4% della popolazione è esposto a valori, che superano del 50% tale limite.



Necessità di risanamento

Nonostante i progressi ottenuti durante l'ultimo decennio diversi limiti rimangono superati. Per far fronte a questa situazione occorrerà da un lato dotarsi di nuove misure in grado di contrastare tra l'altro l'inquinamento causato dalle polveri fini e d'altro canto rendere più specifici i provvedimenti già adottati.

Le nuove misure verranno elaborate nell'ambito della Concezione cantonale sull'ambiente ed in sede di aggiornamento del Piano cantonale di risanamento dell'aria, mentre i provvedimenti già in vigore verranno adeguati alle realtà locali con l'elaborazione e l'adozione di piani regionali. Di recente è stato posto in consultazione il Piano di risanamento dell'aria del Luganese. Sono invece in fase di allestimento i piani di risanamento per i comprensori del Mendrisiotto e del Piano di Magadino.

Qualità dell'aria in Ticino: situazione e tendenze evolutive

1.1 Diossido di zolfo (anidride solforosa)

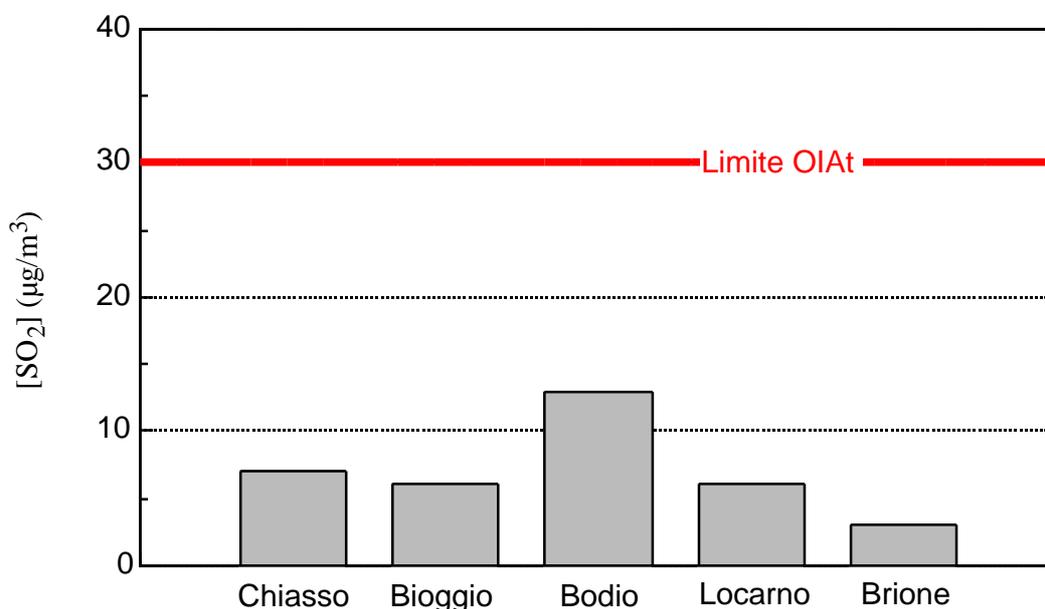


Figura 1: Concentrazioni medie annue di diossido di zolfo nel 2000.

Le concentrazioni medie annue di diossido di zolfo (SO₂) registrate durante il 2000 nelle diverse località sono mostrate graficamente nella figura 1. Per il nono anno consecutivo, la media annua di SO₂ è stata su **tutto** il territorio cantonale inferiore al limite di 30 µg/m³ previsto dall'OIA.

Questo risultato è stato raggiunto *progressivamente* nel corso degli anni e rispecchia una *riduzione sistematica* delle rispettive emissioni, che è stata ottenuta grazie alla riduzione del tenore di zolfo nell'olio combustibile e, per il Sottoceneri, anche grazie alla diffusione del gas naturale. Infatti, come si osserva nella figura 2, le concentrazioni di SO₂ nei centri cittadini di Chiasso, Locarno e Lugano sono diminuite pressoché regolarmente e sono rientrate nei limiti fissati dall'OIA già all'inizio degli anni '90. Successivamente la situazione si è ulteriormente migliorata.

A Lugano, per esempio, dal 1982 al 2000 la media annua è scesa da 62 µg/m³ a 6 µg/m³, vale a dire una riduzione **di più del 90%**.

Nella figura 2 sono riportate anche le immissioni rilevate nella regione collinare Brione s.M.¹. Queste permettono di constatare come lontano dai fondovalle le concentrazioni di diossido di zolfo siano comunque da tempo inferiori ai limiti previsti dall'Ordinanza federale.

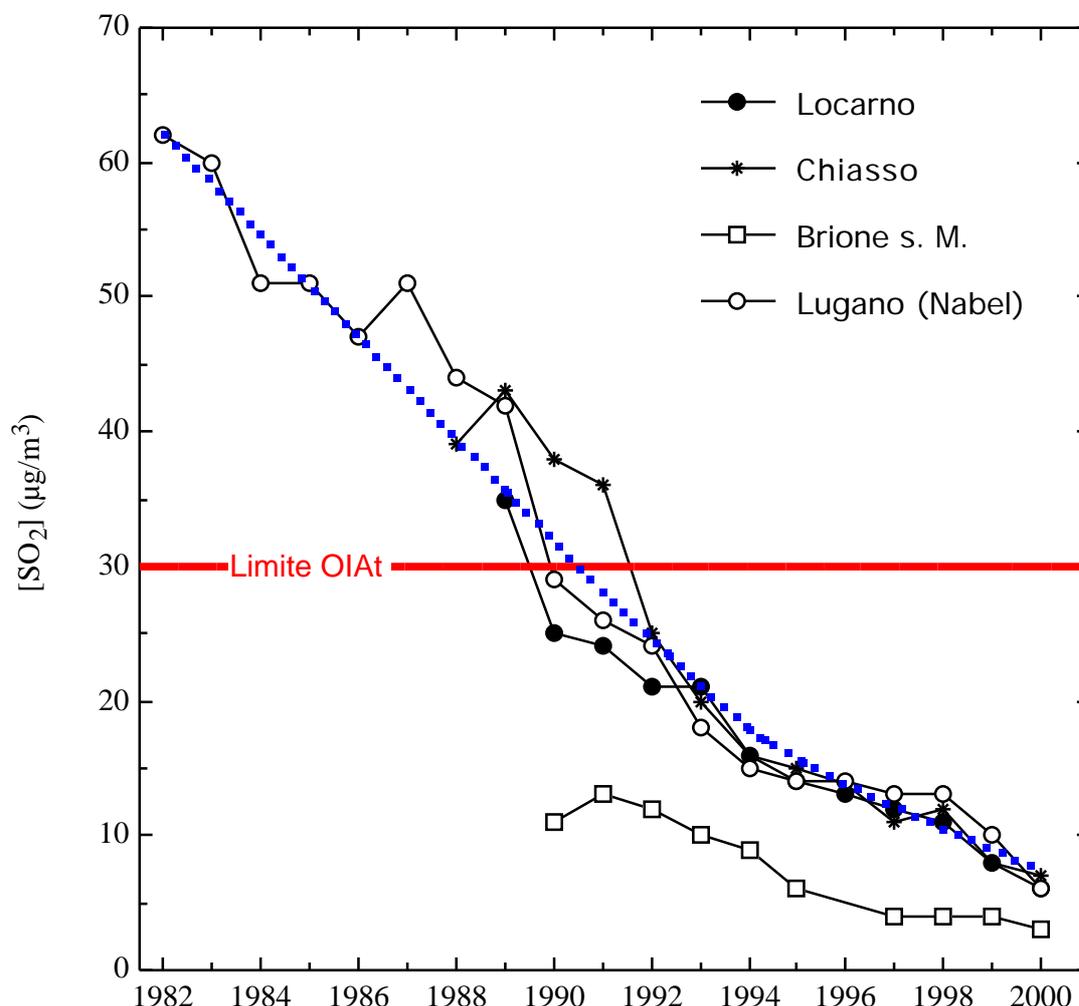


Figura 2: Diossido di zolfo: concentrazioni medie annue a Lugano (stazione NABEL), Chiasso, Locarno e Brione s.M. (stazioni cantonali). La curva tratteggiata serve da guida per gli occhi.

A Bodio, nella Bassa Leventina alla fine degli anni '80 si registravano, come illustrato nella figura 3, delle giornate con immissioni di diossido di zolfo nettamente superiori al limite OIA per la media giornaliera (300 e oltre invece di 100 µg/m³).

Il rispetto di questo limite è stato raggiunto tramite provvedimenti sia di gestione che di depurazione dei gas di scarico adottati da una grossa azienda operante nella regione.

¹ Il valore relativo al 1996 non è stato riportato in quanto la serie di dati, per motivi tecnici, non è risultata completa.

Nella sopraccitata figura si osserva infatti, come a partire dal 1992 non sia più stato superato il limite previsto dall'OIAI per la concentrazione media giornaliera.

Anche la concentrazione media annua, che già nel 1990 era inferiore al limite OIAI, è tendenzialmente diminuita. Tuttavia nella Bassa Leventina si registrano le concentrazioni medie annue più elevate del Cantone, poiché qui le immissioni sono influenzate dall'esercizio degli impianti industriali. In questa regione particolarmente nei mesi caldi vengono fatte segnare le concentrazioni maggiori: mentre nel resto del Cantone durante l'estate le immissioni di diossido di zolfo sono di poco superiori allo zero, a Bodio si registrano delle concentrazioni medie mensili tra i 9 e i 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (v. figura A2.4 dell'allegato 2).

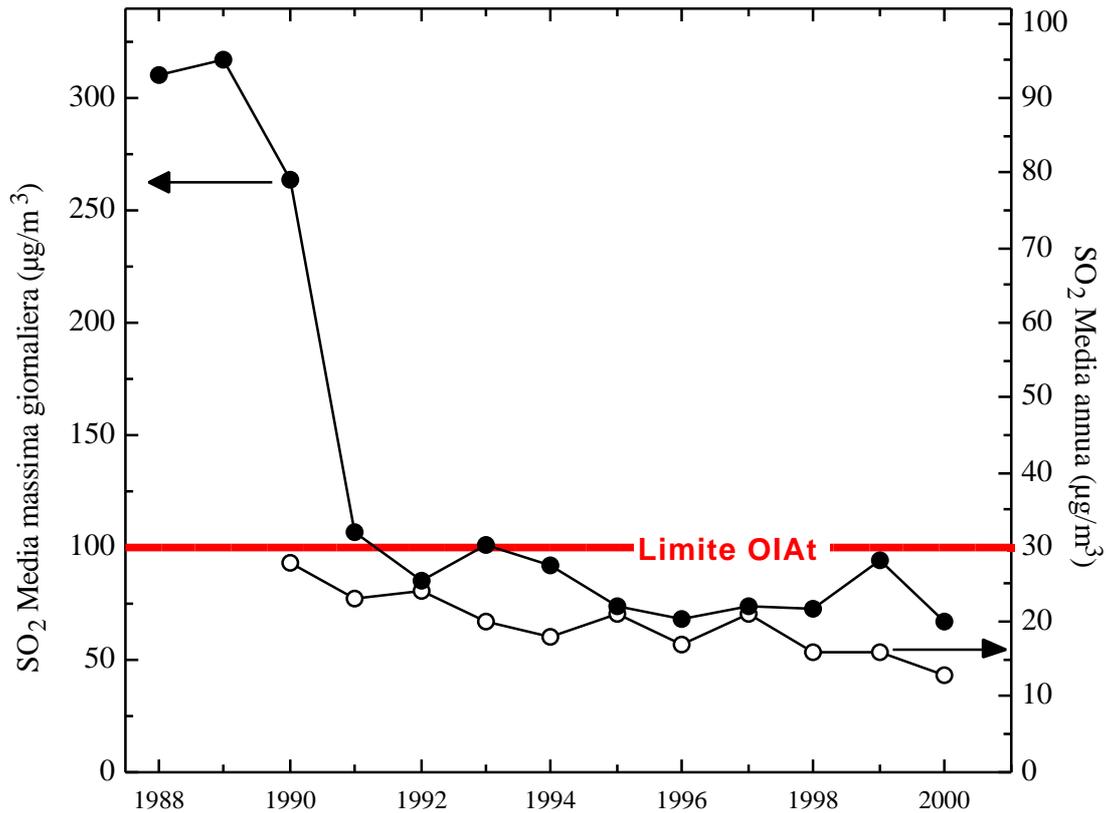


Figura 3: Concentrazioni massime giornaliere (pallini neri e scala di sinistra) e medie annue (pallini bianchi e scala di destra) di diossido di zolfo a Bodio.

1.2 Diossido di azoto

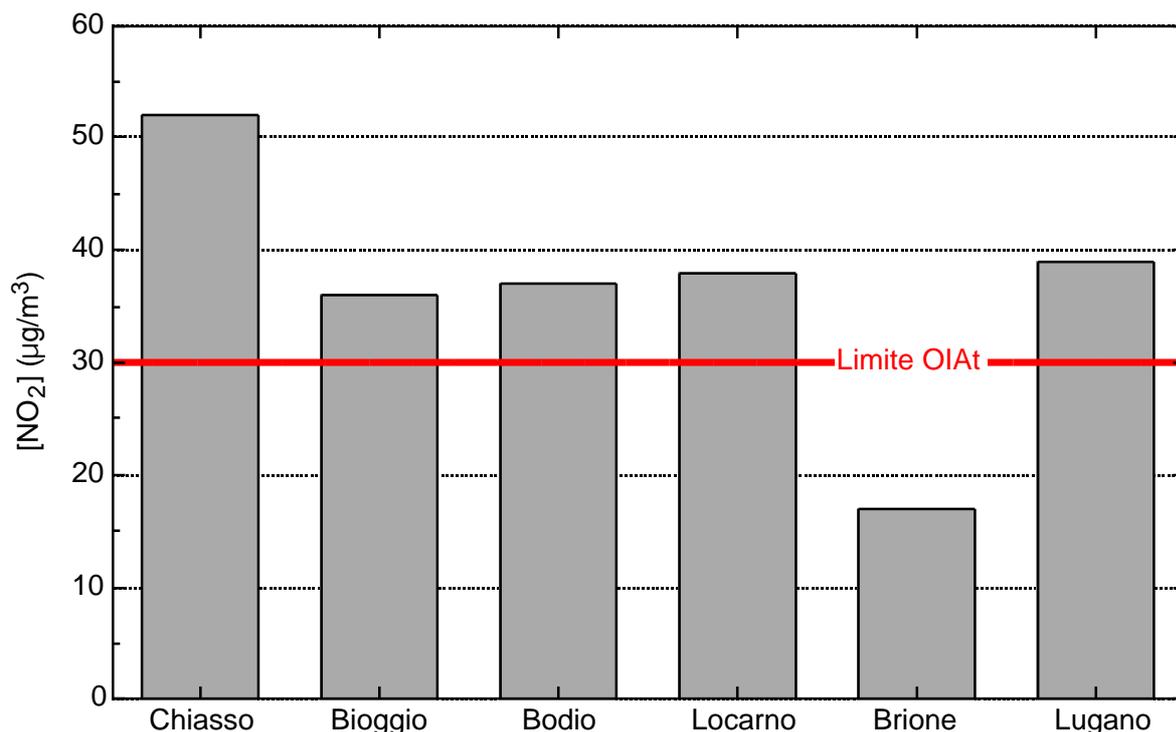


Figura 4: Concentrazioni medie annue di diossido d'azoto nel 2000.

Le concentrazioni medie annue di diossido d'azoto (NO₂) misurate durante il 2000 nelle diverse località sono illustrate graficamente nella figura 4. Si riscontra come all'interno dei principali agglomerati anche durante quest'anno le immissioni di diossido d'azoto hanno superato chiaramente il limite fissato dall'OIA. Soltanto nella zona collinare di Brione s.M. le immissioni di diossido d'azoto sono inferiori ai limiti di legge. E questo nonostante l'entrata in funzione del camino d'aerazione della galleria Mappo-Morettina nel 1996.

L'evoluzione delle immissioni di diossido d'azoto è illustrata nella figura 5 dove oltre alle medie annue ottenute tramite le stazioni della rete cantonale di Chiasso, Bodio, Brione s.M. e Locarno sono riportate anche quelle misurate dalla stazione NABEL ubicata a Lugano². Il grafico evidenzia come all'inizio degli anni '80 si è assistito ad un aumento delle concentrazioni del diossido d'azoto in atmosfera, tendenza che negli anni '90 si è invertita.

Nel 2000, tuttavia, i carichi inquinanti di diossido d'azoto sono stati superiori in quasi tutte le località di misurazione del Cantone (eccezion fatta per Lugano) rispetto all'anno precedente.

² Fino a maggio del 1992 era situata in corso Elvezia (coordinate 717.6/96.6), in seguito la stazione è stata spostata in via Madonnetta.

Questa situazione potrebbe essere in parte ricondotta ai lunghi periodi di smog invernale (dovuti ad una spiccata situazione di inversione termica) verificatisi soprattutto nel Sottoceneri nel gennaio e febbraio del 2000.

Per quanto riguarda lo sviluppo delle immissioni di NO₂ nella zona di Chiasso si è partiti da valori abbastanza elevati che però nel tempo hanno subito un'importante diminuzione in seguito al calo del traffico dovuto ai provvedimenti di moderazione effettuati nelle immediate vicinanze della stazione d'analisi.

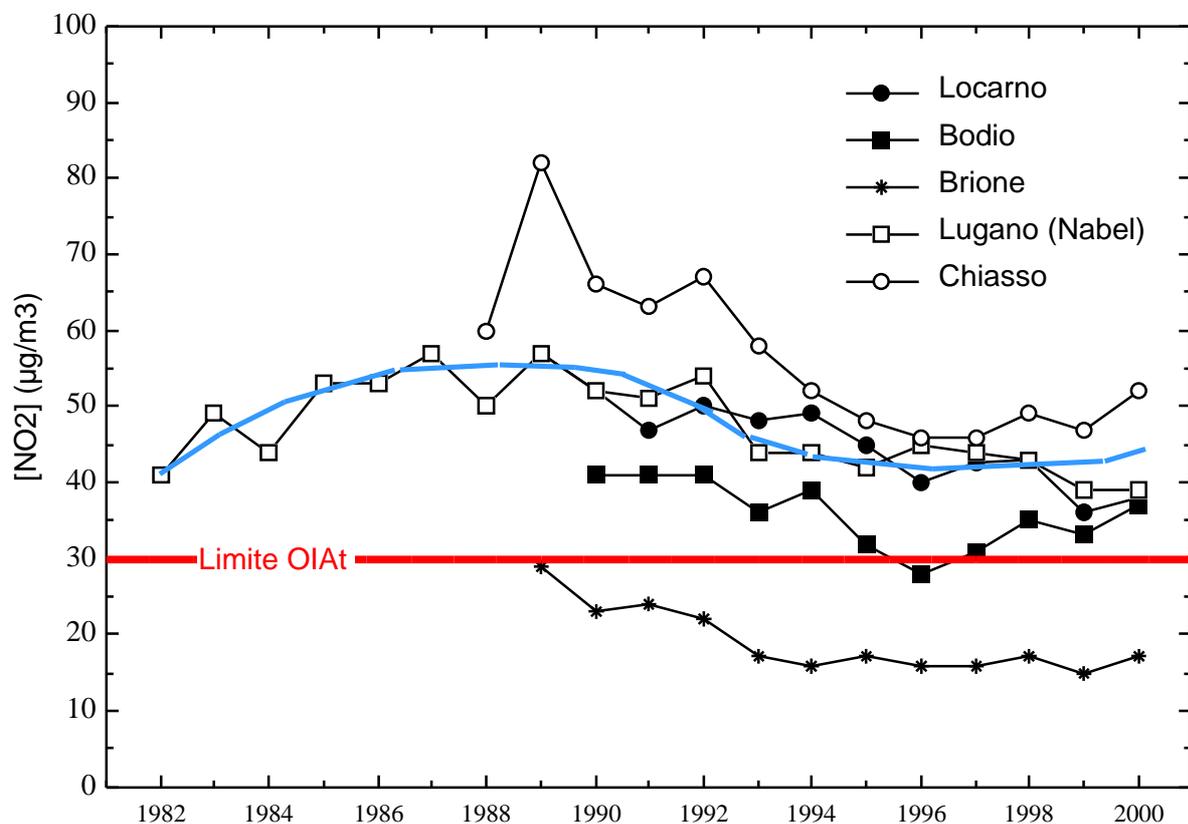


Figura 5: Diossido d'azoto: concentrazione medie annue a Lugano (stazione NABEL), Chiasso, Locarno, Brione s.M. e Bodio (stazioni cantonali).

I risultati delle misure effettuate con i campionatori passivi (v. allegato 3 tabelle A3.1 – A3.3) mostrano che il limite OIA è chiaramente superato in tutti i principali centri del Cantone e più in generale in prossimità degli assi stradali con elevato volume di traffico.

La tendenza evolutiva delle immissioni di NO₂ può essere analizzata distinguendo inizialmente tra zone con un inquinamento particolarmente elevato (medie annue superiori ai 50 µg/m³), zone mediamente inquinate (medie annue comprese tra 30 e 50 µg/m³) e zone poco inquinate (medie annue inferiori ai 30 µg/m³).

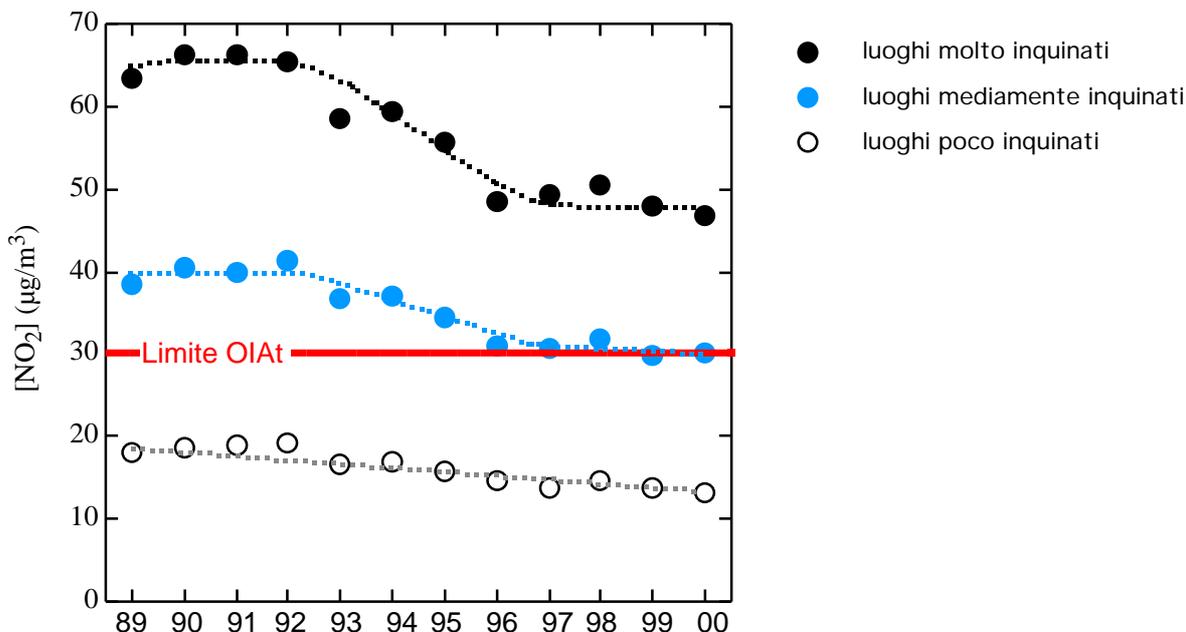


Figura 6: Evoluzione delle immissioni di diossido d'azoto, distinguendo tra zone con un tasso alto di inquinamento, zone con un tasso medio di inquinamento e zone con un tasso basso di inquinamento.

Per realizzare la figura 6 sono stati elaborati i risultati delle analisi eseguite in tutto il Cantone a partire dal 1989 con i campionatori passivi: questi sono stati successivamente suddivisi nelle categorie sopraccitate e per ogni anno calcolate le concentrazioni medie delle stesse. In questa figura, si osserva come nei luoghi maggiormente inquinati le immissioni di NO₂ abbiano raggiunto un massimo negli anni 90 - 91 ed in seguito siano diminuite. Come evidenziato nel grafico, il miglioramento si è verificato tra il 1992 e il 1996. Durante questo periodo l'inquinamento da NO₂ è sceso di circa 15 µg/m³ nei luoghi maggiormente colpiti e di quasi 10 µg/m³ in quelli caratterizzati da un tasso medio di inquinamento. A partire dal 1996 questa tendenza positiva si è arrestata e si osserva una certa stabilizzazione delle medie annuali misurate.

1.3 Ozono

L'Ordinanza contro l'inquinamento atmosferico prevede due limiti per le immissioni di ozono: 100 µg/m³ per il 98° percentile dei valori semiorari di un mese e 120 µg/m³ per la media oraria.

Durante il 2000, analogamente agli anni precedenti, il limite OIAt per il **98° percentile** dei valori semiorari mensili è stato superato da aprile fino a settembre. In alcuni luoghi dei superamenti si verificano anche durante i mesi di marzo e ottobre (v. allegato 2 tabelle A2.12 – A2.17). La figura 7 mostra il 98° percentile mensile massimo, misurato in tutte le località nel mese di luglio, ad eccezione di quella di Bodio dove lo si è registrato nel mese di giugno.

Le concentrazioni medie orarie massime sono variate tra i 174 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di Bodio e i 241 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di Chiasso e si sono verificate per lo più nei mesi di giugno e luglio. È evidente da questo grafico che il limite OIAt è decisamente superato in tutto il Cantone.

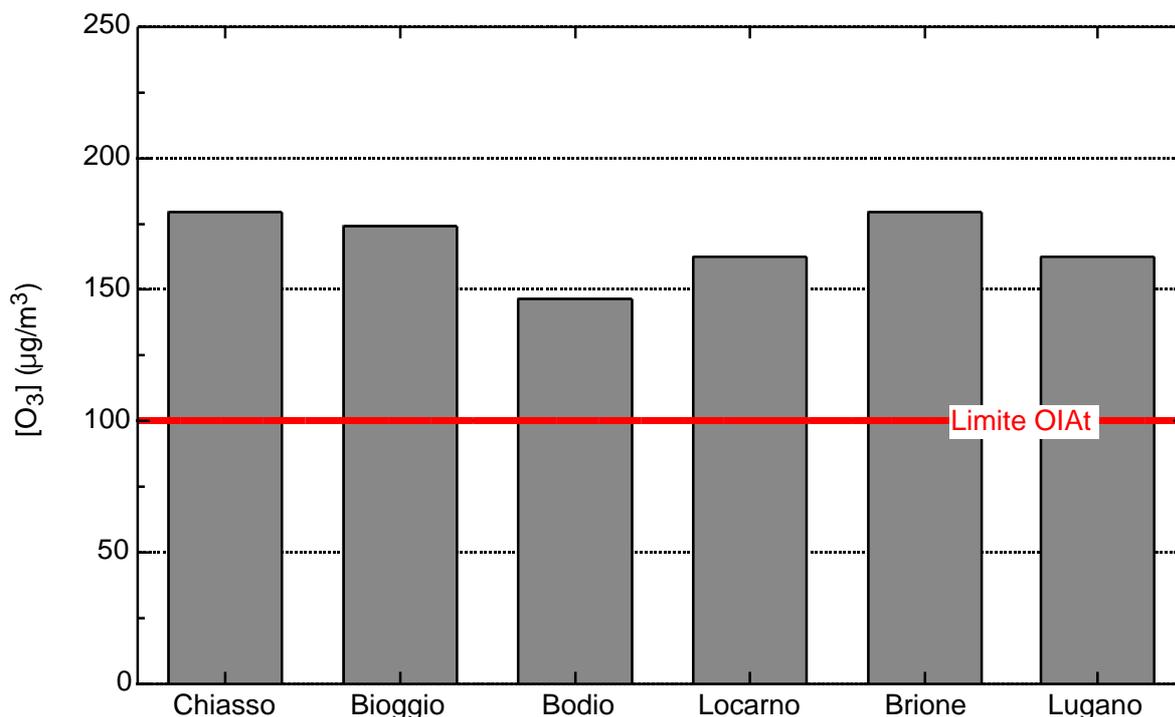


Figura 7: 98° percentili mensili massimi delle concentrazioni (semiorarie) di ozono (2000).

Nel caso dell'ozono è difficile riconoscere una tendenza evolutiva in quanto le sue immissioni risultano condizionate dalla situazione del tempo atmosferico. L'influsso della meteorologia è evidente se si considera il numero di superamenti del limite per la concentrazione **media oraria** nei diversi anni. Questo parametro, riferito ad un determinato periodo (per esempio un'estate), permette di ottenere un apprezzamento circa la durata delle immissioni eccessive. Nella figura 8 il numero di superamenti del limite orario verificatosi, in media, durante una giornata da giugno ad agosto nelle località di Brione s.M. e Lugano è illustrato per diversi anni a partire dal 1989. Nella stessa figura sono riportate anche le temperature medie estive misurate a Locarno Monti nei medesimi anni. Si può notare un parallelismo tra la durata delle immissioni eccessive e la temperatura, ad eccezione del 1996 quando nel mese di giugno si è registrato un numero elevato di superamenti, che nel computo medio totale ha più che compensato le condizioni meteorologiche sfavorevoli degli altri due mesi.

La figura 8 permette di osservare che anche durante le estati più "fredde" il limite orario viene superato in media per diverse ore al giorno (almeno 4 ore a Brione s.M. e per più di 2 a Lugano). L'OIAt consente **un solo superamento all'anno**.

Confrontando i dati registrati durante le recenti estati con quelli che hanno caratterizzato le estati degli anni 1989, 1990 e 1991 sembrerebbe che in condizioni di temperatura e di irraggiamento simili, la durata delle immissioni eccessive di ozono sia oggi giorno

inferiore a quella delle suddette estati a cavallo tra gli anni '80 e '90. Questo risultato può essere ritenuto incoraggiante. Esso conferma la tesi, che la riduzione delle emissioni dei precursori dell'ozono con provvedimenti di natura tecnica (installazione del catalizzatore su veicoli a motore e risanamenti di importanti impianti stazionari come ad esempio i grandi depositi e distributori di benzina), abbia permesso perlomeno di stabilizzare le immissioni di ozono. Tuttavia questa affermazione non deve portare a sottovalutare la gravità dei superamenti dei limiti. Infatti, com'è evidenziato a titolo d'esempio nella figura 9, dove i 98° percentili mensili delle concentrazioni semiorarie misurate a Brione s.M. sono rappresentati a partire dal gennaio 1989, l'intensità delle immissioni di ozono durante i mesi caldi supera in maniera netta il limite OIAt.

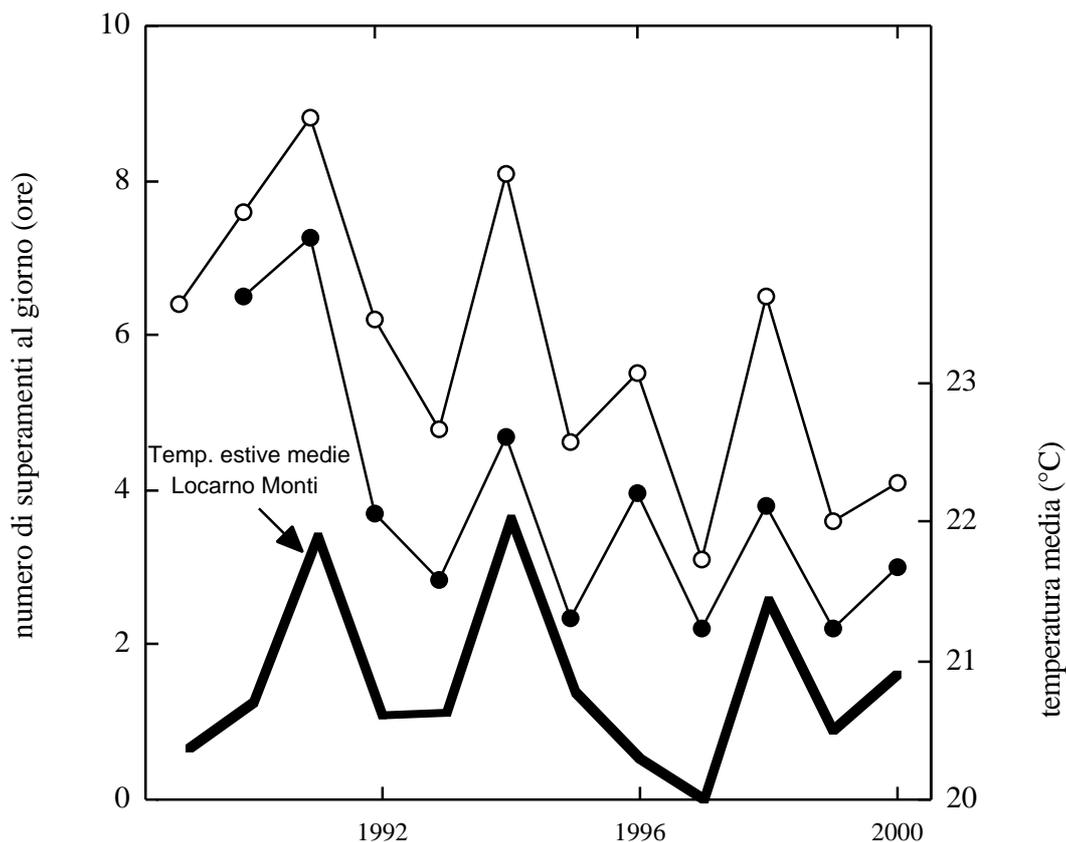


Figura 8: Numero di superamenti del limite orario (120 µg/m³) verificatosi in media durante una giornata da giugno ad agosto per diversi anni nelle località di Brione s. Minusio e Lugano. La scala a destra illustra le temperature estive (giugno, luglio e agosto) rilevate a Locarno Monti dall'Istituto svizzero di meteorologia.

Fenomeni chimici complessi fanno sì che anche negli agglomerati le immissioni di ozono raggiungono valori molto elevati, mentre negli anni '80 le punte si registravano prevalentemente nelle zone con poche emissioni locali.

Per raggiungere il rispetto dei limiti, le emissioni dei precursori dell'ozono dovranno essere ulteriormente e massicciamente ridotte a tutti i livelli, su scala regionale e interregionale.

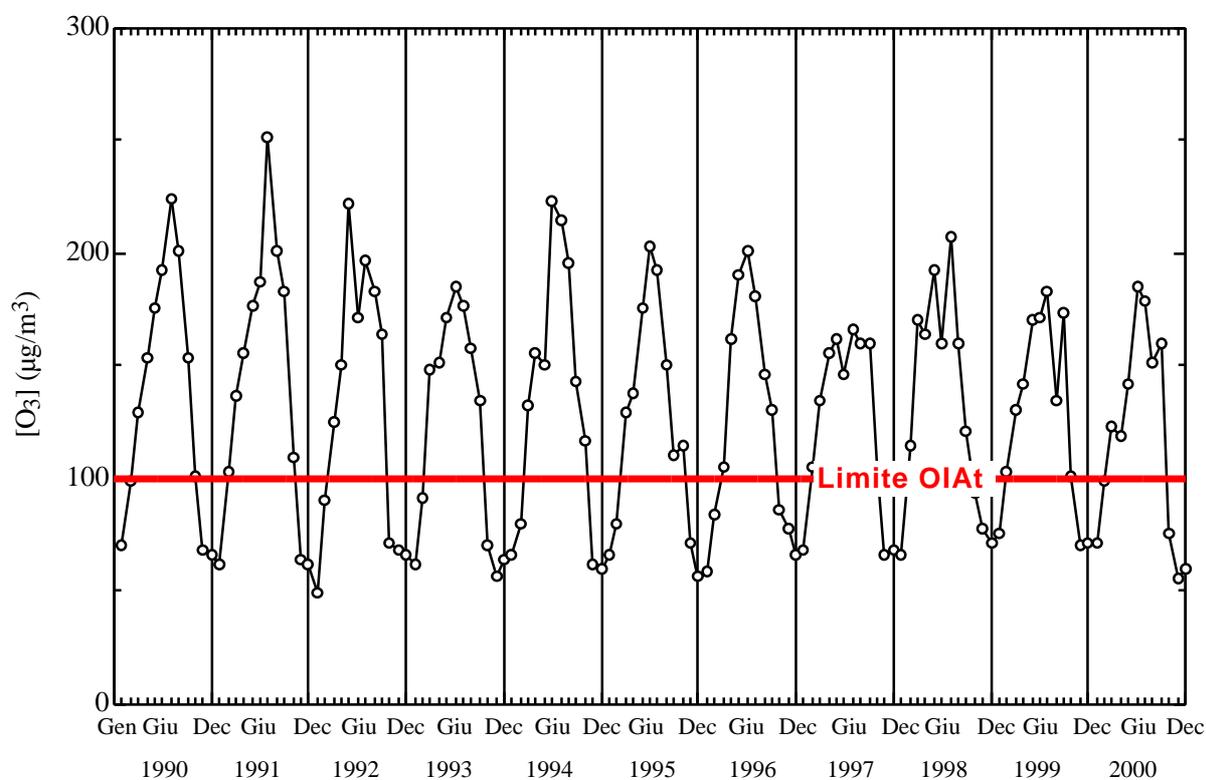


Figura 9: 98° percentili mensili delle concentrazioni (semiorarie) di ozono rilevate a Brione s. Minusio dal 1990.

1.4 Monossido di carbonio

La figura 10 mostra per ogni località di misurazione la concentrazione massima giornaliera di monossido di carbonio (CO) nel 2000. Grazie alla regolazione dei motori dei veicoli e alla diffusione del catalizzatore le immissioni di CO sono da diversi anni chiaramente inferiori al limite previsto dall'OIAAt.

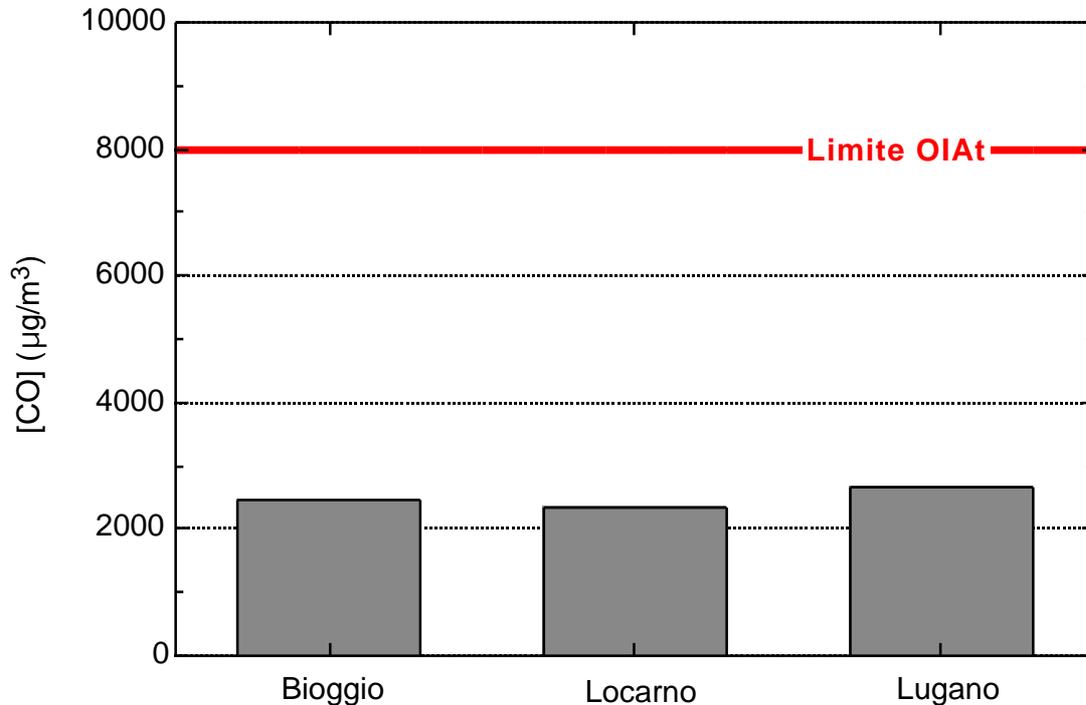


Figura 10: Concentrazioni massime di monossido di carbonio giornaliere (2000).

1.5 Polveri fini

A partire dal 1° marzo 1998 nell'OIAAt sono stati fissati dei limiti di immissione per le polveri fini, con diametro inferiore ai 10 µm. Parallelamente sono stati abrogati i limiti per le polveri totali in sospensione. Questa modifica è una conseguenza delle recenti scoperte scientifiche a livello nazionale e internazionale che dimostrano gli effetti negativi delle polveri fini sulla salute.

In considerazione dei nuovi limiti di immissione si è provveduto a modificare gli apparecchi di analisi in funzione di questa nuova normativa (vedi allegato 1). Le polveri fini vengono misurate a Chiasso, Locarno, Bodio e dal maggio 2000 anche a Brione s.M.. I dati presentati di seguito riguardano le concentrazioni di polveri fini PM10.

A Chiasso le misure sono state effettuate con uno strumento del tipo FAG (nell'allegato 1 viene descritto il principio di misurazione usato da questo apparecchio). La media annuale registrata è stata di 35 µg/m³.

Come si può osservare dalla figura 11 durante gli ultimi 6 anni le immissioni medie annue di polveri fini si sono mantenute su valori pressoché costanti e nettamente superiori al limite di $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ fissato dall'OIA.

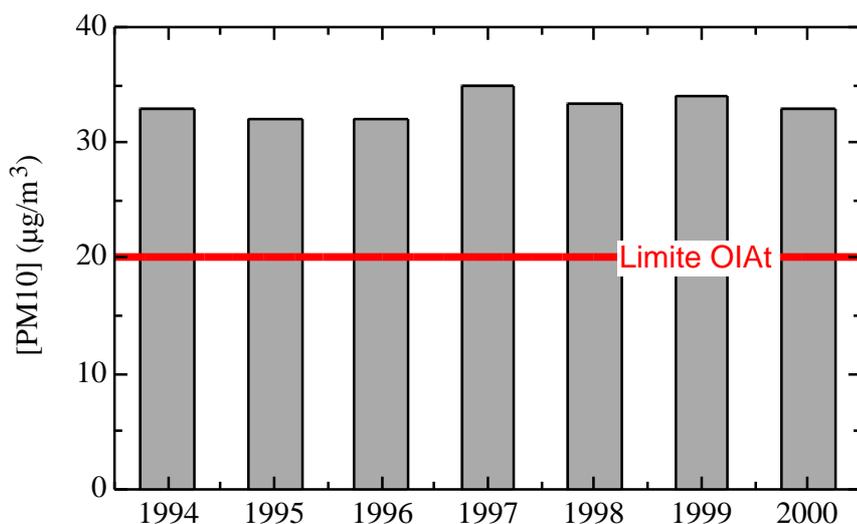


Figura 11: Concentrazione medie annue di polveri fini PM10 misurate a Chiasso a partire dal 1994. La riga orizzontale indica il limite OIA per la concentrazione media annua di PM10.

Il nuovo limite OIA per la concentrazione media giornaliera ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) è stato sovente superato: a Chiasso nel 2000 ciò si è verificato durante 61 giornate e la massima concentrazione giornaliera è risultata di $142 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Durante il mese di febbraio la concentrazione media di PM10 è stata di $82 \mu\text{g}/\text{m}^3$, cioè nettamente superiore a quanto sarebbe consentito per una sola giornata.

A titolo di paragone nella figura 12 le concentrazioni mensili rilevate a Chiasso sono riportate assieme a quelle delle altre stazioni di rilevamento (Bodio, Locarno e Brione s. Minusio). Da aprile a settembre le medie mensili sono molto simili nelle diverse località. Durante i mesi più freddi invece, a causa della sua sfavorevole posizione geografica, a Chiasso si registrano medie mensili molto più elevate che altrove. Nel Sopraceneri, come conseguenza della presenza delle Alpi, l'intensità dei venti è sufficiente, anche nel periodo invernale, per rompere le inversioni termiche, che invece nella parte più meridionale del Cantone aumentano la precarietà della situazione.

È interessante constatare come le concentrazioni di polveri fini risultino su tutto l'arco annuale piuttosto elevate. Sul fondovalle, anche nel Sopraceneri il limite dell'OIA per la media annua è nettamente superato. A Bodio la media annua è risultata di $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e il limite per la media giornaliera è stato superato durante 28 giornate. A Locarno la media annua è risultata di $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e il limite per la media giornaliera è stato superato durante 19 giornate. Le misure effettuate in collina a Brione s. M., anche se non disponibili per un intero anno, mostrano invece delle concentrazioni di polveri fini inferiori a quelle misurate sul fondovalle. Ciò è soprattutto vero per i mesi freddi, quando l'atmosfera maggiormente stratificata non consente all'inquinamento prodotto sul fondovalle di

espandersi sui pendii. Durante gli 8 mesi di misura il limite OIAt per la media giornaliera è stato superato una sola volta, durante il mese di dicembre (vedi allegato 2).

Le concentrazioni di polveri fini PM10 vengono anche misurate dalle stazioni della rete nazionale NABEL ubicate a Lugano e Magadino, dove nel 2000 le concentrazioni medie annue sono state di 34 e rispettivamente 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. I risultati di queste misure sono illustrati assieme a quelli della rete cantonale nella figura 13. Si osserva che in Ticino sul fondovalle le immissioni di polveri fini sono elevate un po' ovunque. È da rilevare il valore elevato misurato nel Piano di Magadino dove le concentrazioni di inquinanti primari gassosi sono invece basse a causa dell'assenza di fonti di emissioni vicine. In questo senso le polveri fini manifestano anche un carattere simile a quello degli inquinanti secondari, le cui concentrazioni sono elevate anche lontano dalle fonti di emissione.

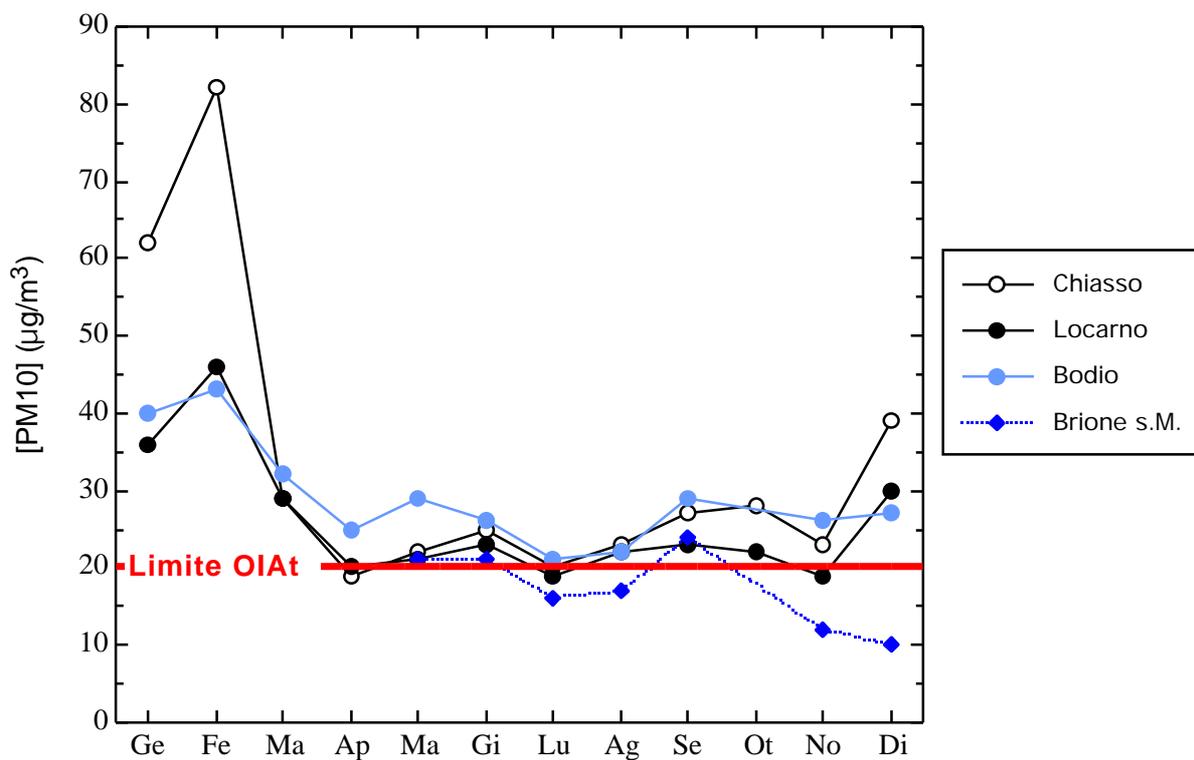


Figura 12: Concentrazioni medie mensili misurate a Bodio, a Locarno, a Brione e a Chiasso.

Una situazione analoga a quella descritta per il Ticino si registra anche nel resto della Svizzera. In generale si constata che negli agglomerati urbani con forte traffico il limite OIAt per la media annua di PM10 è superato del 150 fino al 240%. Ad esempio nel 2000 sono stati misurati 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nella città di Zurigo, 48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nel centro di Berna e 36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a Härkingen dove le autostrade A1 e A2 si incrociano. Soltanto nelle località elevate le concentrazioni medie annue di PM10 scendono al di sotto del limite. Sul Rigi ad esempio la concentrazione media annua durante il 2000 è stata di 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

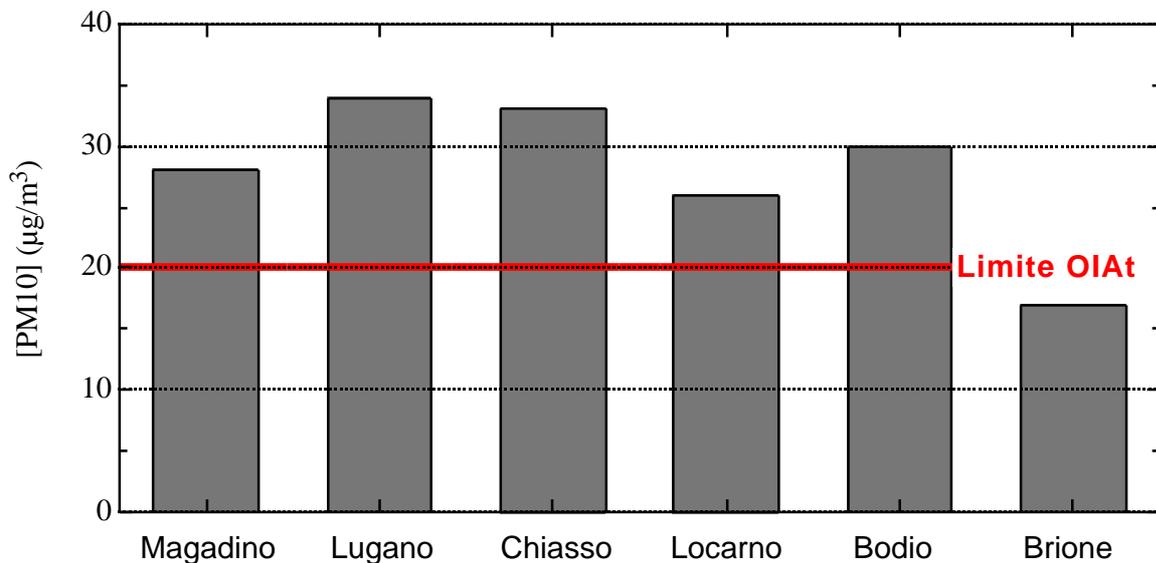


Figura 13: Concentrazioni medie annue misurate in diverse località del Cantone. Tutti i dati sono relativi al 2000.

Analizzando gli effetti del particolato sulla salute degli esseri viventi oltre alla dimensione della polvere, che determina fin dove la stessa può arrivare nell'apparato respiratorio (naso, trachea, bronchi, alveoli), un aspetto importante è quello della sua composizione con conseguente probabile presenza di sostanze tossiche. Dato che essa può tra le altre cose fornire degli indizi sulle fonti responsabili delle immissioni di polveri fini, si eseguono delle misure in tal senso.

A. Idrocarburi policiclici aromatici (PAH) presenti sulla superficie delle polveri

Gli idrocarburi policiclici aromatici (PAH) sono prodotti durante i processi di combustione (caldaie e motori) e sono in genere sostanze tossiche. Queste si trovano spesso adsorbite sulle superfici delle particelle di fuliggine presenti soprattutto nei gas di scarico dei motori diesel. I risultati delle analisi effettuate presso la stazione d'analisi di Chiasso sono illustrati nella figura 14.

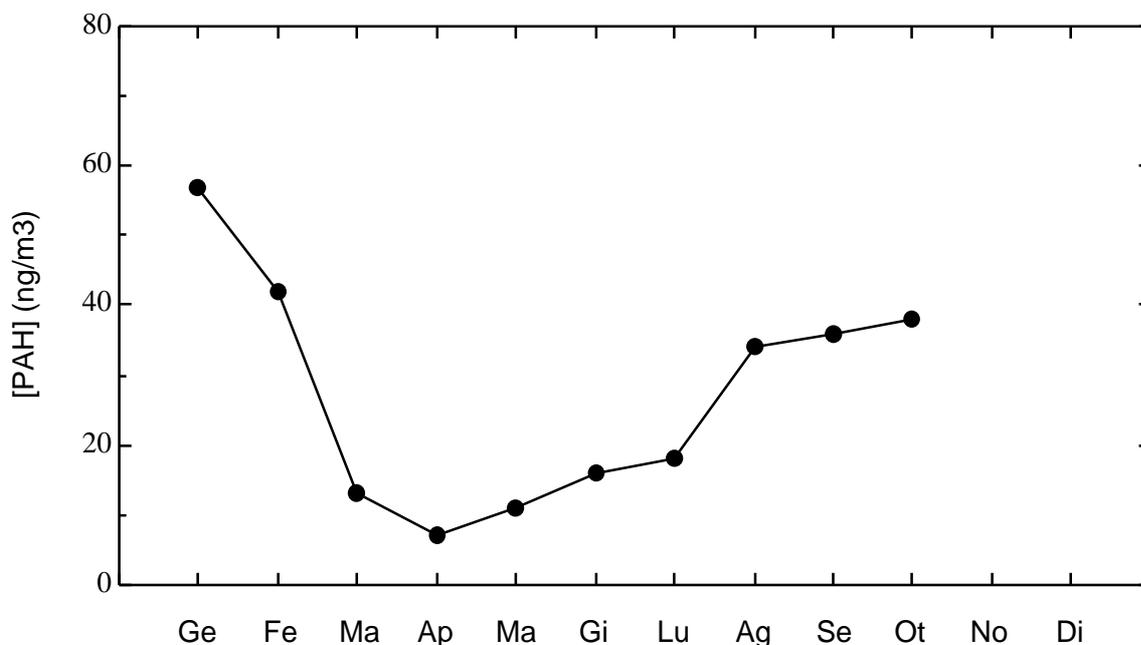


Figura 14: Concentrazioni medie mensili di idrocarburi policiclici aromatici (PAH) rilevati a Chiasso durante il 2000.

Durante il 2000 la concentrazione media di idrocarburi ciclici aromatici a Chiasso è risultata di 18 ng/m^3 , corrispondente ad una concentrazione benzo(a)pirene di circa 1 ng/m^3 . Il benzo(a)pirene è un idrocarburo policiclico aromatico cancerogeno per il quale in Germania è stato proposto 1.3 ng/m^3 come limite d'immissione riferito alla media annua.

B. Metalli pesanti presenti nelle polveri fini

Ad eccezione di alcuni composti chimici contenenti metalli pesanti e mercurio, che è molto volatile, i metalli pesanti presenti nell'atmosfera si trovano generalmente legati nei granelli di polvere in sospensione. Elevate concentrazioni di metalli pesanti rappresentano un fattore di rischio per le persone e per l'ambiente. Infatti alcuni di essi sono tossici e altri, come ad esempio il cadmio, sono cancerogeni. Inoltre i metalli pesanti, tramite processi minerali e biologici, vengono accumulati nell'ambiente e attraverso la catena alimentare vengono assorbiti dal nostro organismo arrecando danni sia acuti che cronici.

Un tempo il piombo (Pb) veniva emesso principalmente dai veicoli a motore. A partire dagli anni '70 con la riduzione del contenuto di piombo nelle benzine super e normale le emissioni di questo metallo pesante hanno iniziato a diminuire. Più tardi (1985) con l'introduzione della benzina senza piombo si è verificata un'ulteriore importante riduzione del carico ambientale dovuto a questo metallo pesante. Oggigiorno, a livello svizzero, le emissioni di piombo sono circa un decimo di quelle che caratterizzavano l'inizio degli anni '70.

Le concentrazioni di piombo rilevate durante il 2000 a Bodio sono illustrate nella figura 15(a). Il limite fissato dall'OIAAt ($0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per la media annua) è ampiamente rispettato. Nella figura si osserva inoltre che le concentrazioni sono più alte nei mesi invernali che in quelli estivi.

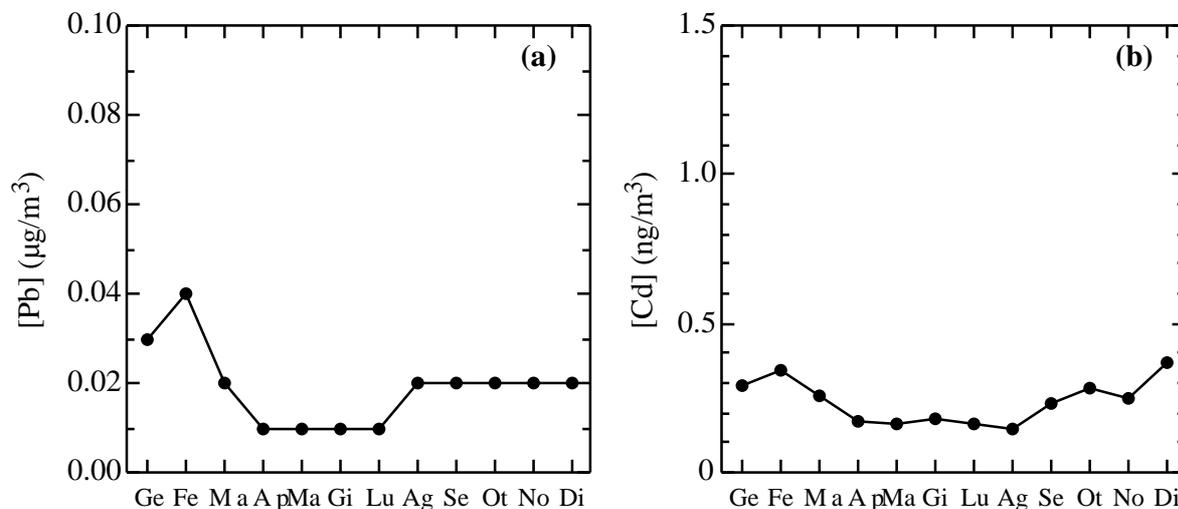


Figura 15: Concentrazioni medie mensili di piombo (a) e cadmio (b) presenti nelle polveri fini di Bodio. I limiti fissati dall'OIAAt sono $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per il piombo $1.5 \text{ng}/\text{m}^3$ per il cadmio.

Anche le immissioni di cadmio (Cd), emesso principalmente dalle industrie metallurgiche e dalla combustione del carbone, sono chiaramente inferiori al limite stabilito dall'OIAAt ($1.5 \text{ng}/\text{m}^3$ per la media annua). Nella figura 15(b) si osserva che, come per il piombo, le concentrazioni di cadmio sono maggiori nei mesi invernali.

1.6 Composti organici volatili

Nonostante l'OIAAt non preveda alcun limite d'immissione per i composti organici volatili (VOC) è importante misurare le loro concentrazioni. Infatti i VOC non sono soltanto rilevanti in relazione alla formazione dell'ozono, ma alcuni di essi sono intrinsecamente tossici (cancerogeni). La somma dei composti organici volatili è stata misurata con strumenti elettronici a Locarno per il settimo anno e a Bioggio per il terzo anno.

Risulta difficile commentare l'evoluzione delle immissioni di composti organici volatili in quanto, a causa della delicatezza degli strumenti impiegati per questo tipo di misura, non è sempre possibile garantire delle serie di dati complete come spiegato nell'allegato 2. Per questo motivo è difficile osservare gli effetti dei provvedimenti di natura tecnica finora adottati – quali il catalizzatore, le modifiche apportate a molti processi industriali e l'installazione dei sistemi per il recupero dei vapori di benzina presso i grandi depositi e i distributori di carburante – che hanno consentito di ridurre in maniera importante le emissioni di VOC.

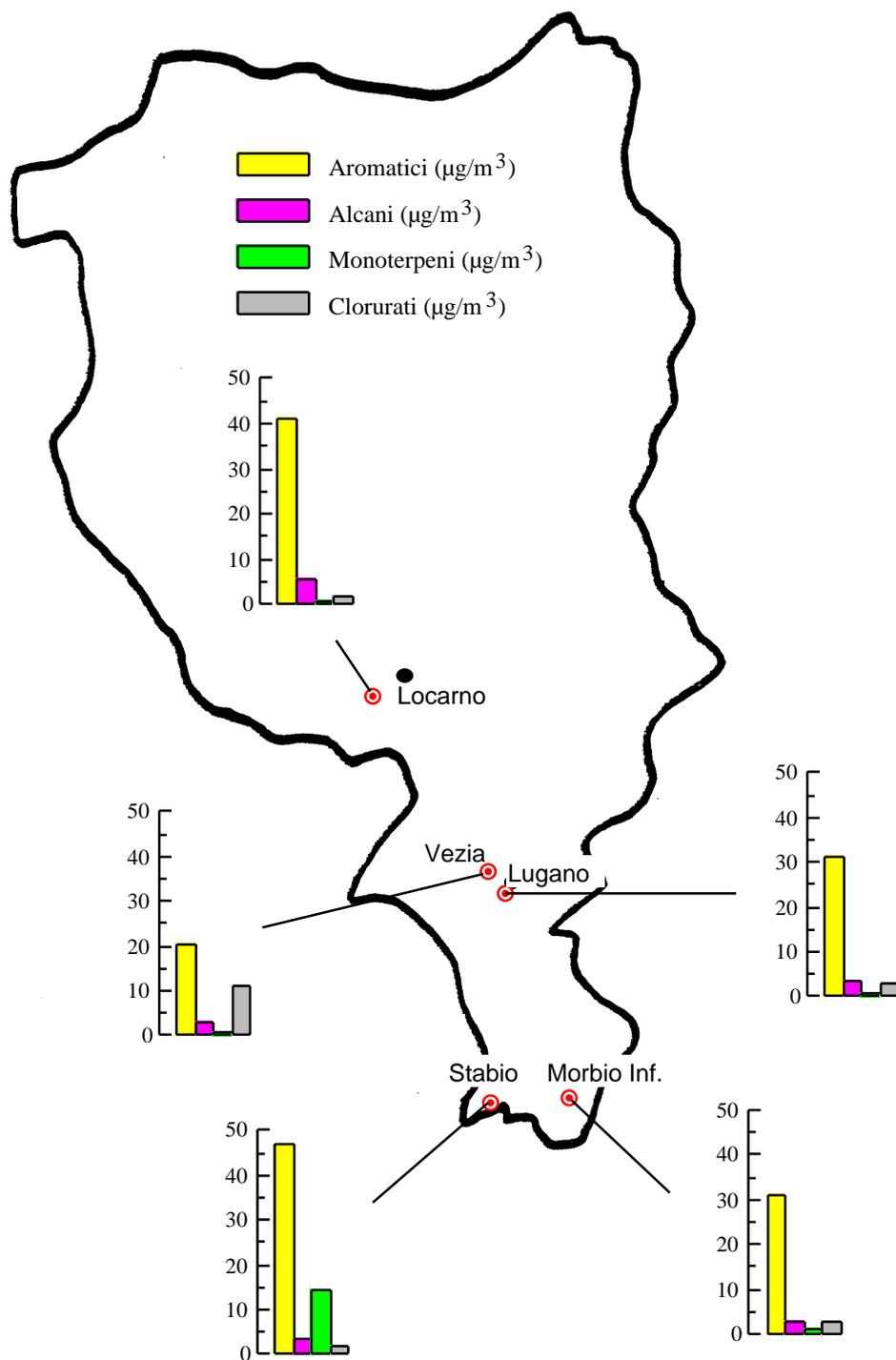


Figura 16: Concentrazioni medie annue di VOC per il 2000, suddivisi in composti aromatici (giallo), alcani, (viola), monoterpeni (verde) e idrocarburi clorati (grigio), determinate tramite campionatura passiva nei punti di misura di Locarno, Vezia, Lugano, Morbio Inferiore e Stabio.

Negli ultimi anni sono stati provati altri metodi di misura. In particolare è risultata valida l'analisi tramite campionatori passivi, che era già stata utilizzata nel 1997 [1] in tre località del Cantone. Tale metodo consente di determinare le concentrazioni di 35 sostanze appartenenti alle classi dei composti aromatici, degli alcani, dei monoterpeni e degli idrocarburi clorurati.

Durante il 1999 sono stati individuati 5 interessanti punti di misura, dove i VOC sono stati misurati a partire dal 1° febbraio 2000 per un anno intero. Si sono scelti punti di misura tenendo conto anche dell'esposizione delle persone oppure di situazioni particolari a livello di emissioni. Tali punti di misura sono:

- Stabio: nei pressi di una zona industriale e in particolare di una grossa azienda che opera nel settore tessile.
- Morbio Inf.: in prossimità di un centro commerciale con ampio posteggio e una stazione di benzina, nelle vicinanze dell'autostrada A2.
- Lugano: nei pressi della stazione FFS.
- Vezia: in zona industriale nell'area di influenza dell'impianto di depurazione delle acque e di smaltimento dei fanghi.
- Locarno: in una zona che risente delle emissioni del traffico (Piazza Castello).

I dati per l'anno 2000 dei sopradescritti punti di misura sono riassunti graficamente nella figura 16. Nella stessa vengono mostrati solamente i quantitativi delle sopraccitate 4 classi di VOC: composti organici volatili aromatici, alcani, monoterpeni e clorurati.

In generale si constata che in tutti i luoghi di misura la classe dominante è quella dei composti aromatici, la cui quota varia tra il 58% di Vezia e gli 84% di Locarno (Piazza Castello). Queste cifre evidenziano da un lato l'importanza del traffico motorizzato, che è una delle principali fonti di composti aromatici, ma d'altro mostrano pure che in una zona industriale – come Vezia – le emissioni locali degli impianti stazionari possono incidere in maniera importante sulle immissioni di composti organici volatili. Nel caso di Vezia si osservano delle concentrazioni elevate di composti clorurati. Si tratta più precisamente di tricloroetilene, che viene utilizzato per il lavaggio di piccoli pezzi di metallo, un'attività assai diffusa nella parte bassa della Valle del Vedeggio. Anche a Stabio l'influsso dell'industria locale è direttamente osservabile dalle elevate concentrazioni di monoterpeni (in particolare di limonene). Da un confronto con le altre località, si può constatare che a Stabio l'industria locale è con ogni probabilità anche responsabile di una importante quota di composti aromatici (ca. 15 µg/m³). Questa constatazione è anche avvalorata dal rapporto tra le concentrazioni di toluolo e di benzolo. A Stabio nella media annua questo rapporto è di ca. 16, vale a dire quasi 8 volte maggiore a quello che si riscontra nei tubi di scappamento dei veicoli a motore.

La sostanza più semplice e nel contempo più nota della classe dei composti aromatici è sicuramente il **benzolo** (C₆H₆), che l'OIA classifica tra le sostanze cancerogene. Per queste sostanze non esiste una soglia al di sotto della quale diventano inoffensive. Pertanto vale il principio di contenere nella maggior misura possibile le loro emissioni e immissioni. Le medie annue rilevate nei 5 punti sono illustrate nella figura 17.

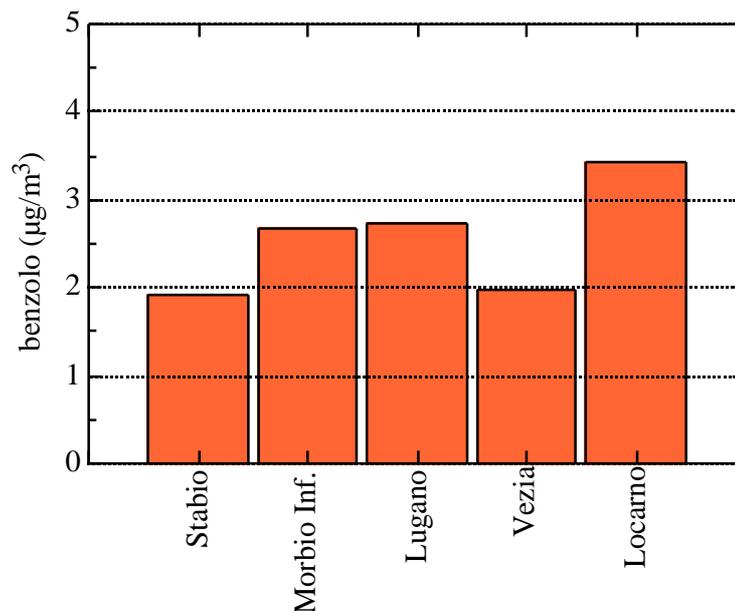


Figura 17: Concentrazioni medie annue di benzolo per il 2000 determinate tramite campionatura passiva nei punti di misura di Stabio, Morbio Inferiore, Lugano, Vezia e Locarno.

Queste si situano tra i 1.9 e 3.4 µg/m³. Valori simili sono misurati anche in altre località della Svizzera (2 µg/m³ a Dübendorf e 5.5 µg/m³ a Basilea).

Dai valori misurati in Ticino (ed in generale in Svizzera) si valuta un'esposizione media di ca. 2.5 µg/m³. Tale valore è chiaramente inferiore al limite recentemente fissato dall'Unione Europea per la concentrazione media annuale di benzolo (5 µg/m³). Non si deve tuttavia concludere che la situazione del Ticino, per quanto attiene al benzene, non sia problematica. Infatti il limite europeo si basa su un'analisi del rischio, e non rappresenta una soglia al di sotto della quale non ci si devono attendere danni alla salute. Come già rilevato, una simile soglia per il benzolo non esiste! Nel caso della leucemia ad esempio l'Organizzazione mondiale per la sanità (OMS) indica un rischio unitario³ supplementare di 6 x 10⁻⁶ per l'esposizione ad una concentrazione di 1 µg/m³ sull'arco di un'intera vita. Ciò significa che per 5 µg/m³ (limite europeo) il rischio supplementare è di 3 x 10⁻⁵.

³ La probabilità di contrarre una determinata malattia sull'arco di una vita di 70 anni.

Mappe di esposizione all'inquinamento di diossido di azoto

a cura del dott. Dario Bozzolo

2.1 Problema e aspetti metodologici

Attualmente la qualità dell'aria nel Mendrisiotto e Basso Ceresio viene monitorata mediante una stazioni di misura ubicata a Chiasso e una fitta rete di campionatori passivi. In generale si osserva come i valori limite fissati dall'OIAI vengano superati chiaramente per tre sostanze: il diossido di azoto (NO₂), l'ozono (O₃) e le polveri fini (PM10).

Il superamento dei limiti di immissione per il **diossido di azoto** è particolarmente importante in prossimità delle vie di traffico (dove, fra l'altro, è maggiormente concentrata la popolazione residente), in quanto il traffico motorizzato risulta esserne la causa principale diretta. Inoltre si osserva su scala cantonale, a partire dall'inizio degli anni '90, da un lato una diminuzione delle concentrazione di NO₂ dall'altro una *tendenza alla stabilizzazione* negli ultimi 4-5 anni (v. capitolo 1.2).

In quest'ottica diventa quindi fondamentale capire su scala regionale la *reale esposizione della popolazione residente all'inquinamento da diossido di azoto*. Una risposta a tale domanda può essere fornita dal seguente approccio metodologico in due tappe.

- Dapprima si tratta di estendere le attuali indicazioni "puntiformi" sulle immissioni NO₂ a tutto il comprensorio o regione considerati, allestendo delle cosiddette "**mappe di esposizione**". Ciò può avvenire solo mediante l'applicazione di un opportuno modello matematico, che tenga conto dei riscontri sperimentali.
- in secondo luogo occorre "sovrapporre" le mappe di esposizione alla mappa di distribuzione della popolazione residente nel medesimo comprensorio o regione. In tal modo si ottiene una prima valutazione della distribuzione del numero di persone per grado di esposizione all'inquinamento. Questo secondo passaggio può essere ottenuto utilizzando nell'analisi un sistema di informazione territoriale (SIT) e i dati relativi al censimento federale della popolazione svizzera.

Tale metodologia è stata applicata per la prima volta nel Cantone Ticino nell'ambito Piano dei Trasporti (PTM).

2.2 Valutazione delle immissioni di diossido di azoto

L'allestimento di mappe di esposizione ad un dato inquinante presuppone l'uso di un adeguato modello matematico. Nel caso specifico – dopo un attento studio comparativo preliminare – si è deciso di adottare il modello Pollumap utilizzato sia da diversi altri cantoni svizzeri (Zurigo, Soletta [2], Lucerna, ecc.) sia dal BUWAL per valutazioni di inquinamento su scala cantonale, risp. nazionale [3].

2.2.1 Generalità sul modello Pollumap

Pollumap è un modello semplice che permette di stimare sia il valore medio annuo sia il 95° percentile delle immissioni di NO₂ su una **griglia di ampie dimensioni formata da quadrati di 1 ettaro** (100 m x 100 m) mentre non fornisce indicazioni riguardo ai valori massimi delle immissioni medie giornalierie (su 24 ore).

La diffusione dell'inquinante (NO_x) è ottenuta in modo deterministico mediante funzioni P di diffusione empiriche e simmetriche (diffusione isotropa), caratterizzate in modo univoco da due parametri, a e b:

$$P(r, a, b) = \frac{a}{2^b r},$$

dove r è la distanza tra la sorgente e il ricettore.

Ad ogni tipo di sorgente di NO_x è associata una coppia (a,b), che dipende dall'altezza della sorgente medesima e dalla facilità con cui l'inquinante si può diffondere (presenza o meno di ostacoli ecc.).

Per lo studio della diffusione di NO_x nel Mendrisiotto sono stati utilizzati senza modifica i parametri standard di Pollumap, in considerazione del fatto che, a differenza delle regioni vallive del Ticino, l'effetto del vento sulla diffusione dovrebbe essere contenuto.

Pollumap determina per ogni sorgente separatamente l'immissione di NO_x in ogni cella della griglia di calcolo, poi somma tutte le immissioni e aggiunge anche un valore di fondo. Da ultimo trasforma l'immissione totale di NO_x in NO₂ secondo una curva empirica.

2.2.2 I dati di ingresso del modello

L'applicazione del modello Pollumap è possibile solo se si conoscono le principali fonti di NO_x, le loro emissioni annue e la loro ubicazione sul territorio. Esse vengono trattate separatamente dal modello (ognuna con la propria funzione di dispersione) ma possono essere suddivise da un profilo concettuale in due categorie.

- **Sorgenti legate al traffico stradale** (determinabile sulla base di un modello del traffico)

Comprendono il traffico stradale fuori località, il traffico stradale interno alle località, il traffico di zona e le gallerie e sono responsabili di circa l'82% di tutte le emissioni di ossidi di azoto (v. figura 18).

- **Altre sorgenti**

Comprendono gli impianti di riscaldamento con camini di 2-20 m, 20-50 m, 50-80 m e >80 m (non presenti nel Mendrisiotto), le macchine edili fuori località, le macchine edili interne alle località, l'agricoltura (senza traffico veicolare agricolo), il traffico Offroad (traffico su rotaia, traffico agricolo, traffico industriale, giardinaggio e hobby, navigazione).

Per poter effettuare un calcolo corretto le sorgenti sono state estese di circa 3 km oltre il perimetro di interesse del Mendrisiotto e del Basso Ceresio (prolungamento nel Luganese e in Italia).

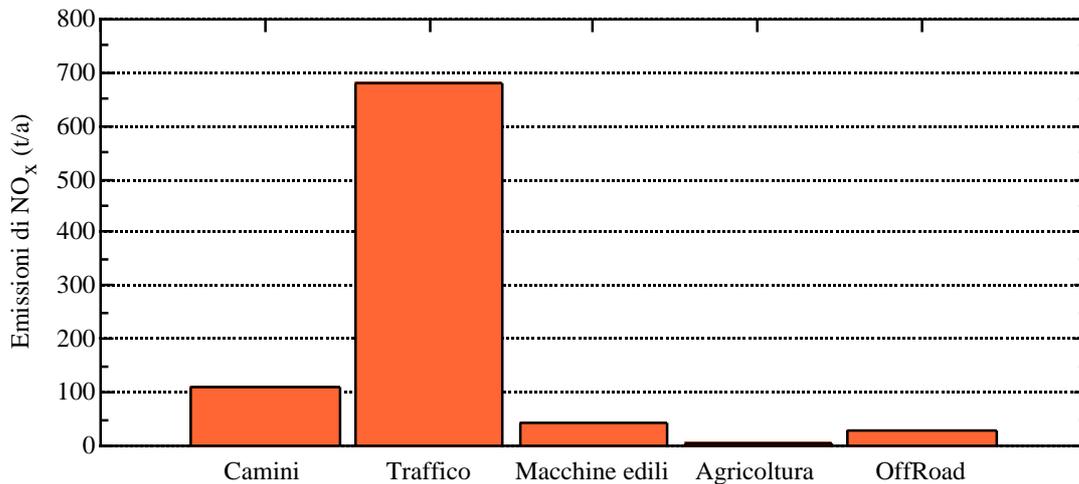


Figura 18: Emissioni di NO_x delle varie sorgenti per il Mendrisiotto (anno di rif. 1997)

2.2.3 Taratura e sensibilità del modello

Il modello può essere calibrato sulla base dei dati sperimentali mediante:

- l'adattamento delle funzioni di dispersione;
- la scelta del valore di fondo.

Nel caso in esame si è optato per una scelta accurata del livello di fondo, senza modificare le funzioni di dispersione.

La procedura per la **determinazione del livello di fondo** nel Mendrisiotto e Basso Ceresio si basa sulle seguenti ipotesi:

- il decadimento delle immissioni di NO_x con l'altitudine (h) è esponenziale secondo la formula

$$I_{fondo}^{NO_x}(t) = A(t) e^{-h/h_0} \quad \text{con } h_0 = 900 \text{ m};$$

- il parametro A(t) – che dipende dall'anno t come conseguenza della variazione delle emissioni – può essere stimato assumendo che nei punti lontani dalle vie di traffico ad una quota elevata (738 m) l'immissione coincida fondamentalmente con il valore di fondo (v. figura 19). In tutti gli altri punti di misura il valore di immissione risulterà maggiore di quello di fondo in modo più o meno marcato a dipendenza della distanza del singolo punto dalle fonti di NO_x. Nel caso in esame, utilizzando i dati misurati tra il 1996 e il 1997 si è ottenuto $A(1997) = 55 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

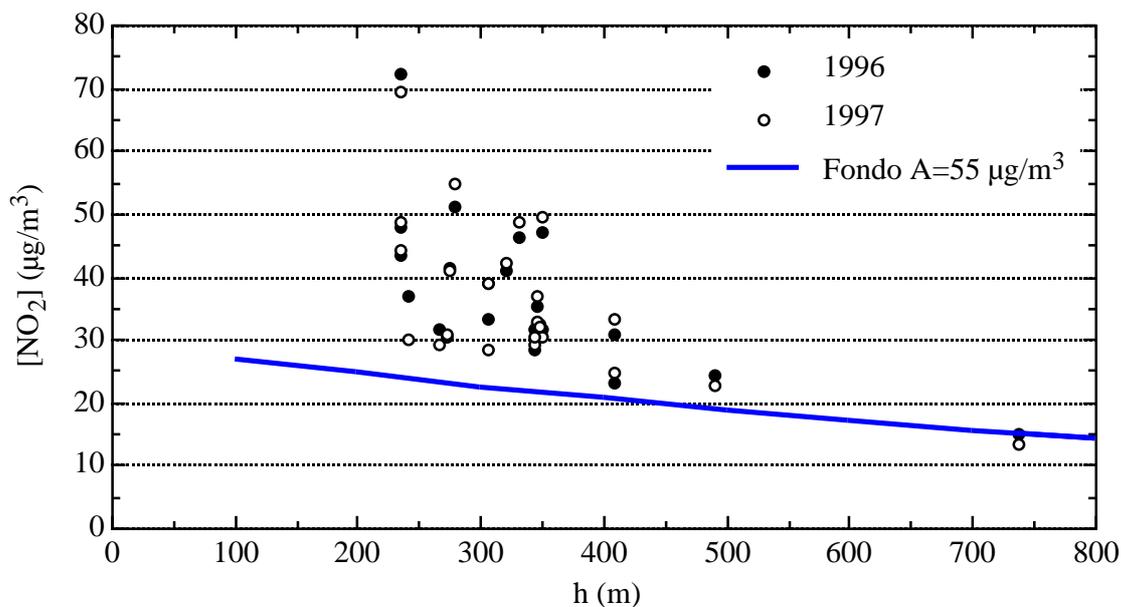


Figura 19: Dati di immissione dei campionatori passivi nel biennio 1996/97. La linea continua (blu) rappresenta il probabile andamento del fondo, ammettendo un valore $A(1997) = 55 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Per verificare l'attendibilità del modello e convalidare la scelta del parametro $A(t)$ sono stati confrontati i valori misurati nel biennio 1996/97 con i valori calcolati (1997) dal modello Pollumap. iccome Pollumap calcola dei valori medi su celle di 1 ettaro, dal confronto sono stati scartati tutti i dati dei campionatori posti a pochi metri di distanza dalla A2 e dalle strade cantonali. Inoltre dai valori forniti dal modello (riferiti ai centri cella della griglia di calcolo) sono stati estrapolati i valori da associare ai punti di rilevamento mediante una media pesata (inversamente proporzionale alla distanza) sulle 4 celle più vicine.

Se a partire dai valori di calcolo e misura si effettua una regressione lineare passante per (0,0), si ottiene una retta di pendenza $(0,975 \pm 0,012)$ molto prossima al valore di 1 (che significherebbe la corrispondenza fra valori misurati e calcolati) e un coefficiente di correlazione R di 0.972.⁴

Sebbene la media dei 16 valori sperimentali ($32.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sia molto vicina a quella dei corrispondenti valori di calcolo ($31.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$), in generale il modello tende a sovrastimare leggermente le immissioni basse e a sottostimare quelle alte, ciò che implica la presenza di un lieve errore sistematico.

Tale errore non deriva molto probabilmente dalle immissioni di fondo (che sono già state leggermente sovrastimate) ma potrebbe originarsi o da emissioni reali del traffico

⁴ L'intervallo con una confidenza del 95% di probabilità per la pendenza è $0,949...1,001$ e comprende quindi anche il valore 1.

stradale superiori a quanto ipotizzato⁵ o a parametri (a,b) di dispersione delle emissioni del traffico stradale leggermente diversi rispetto a quelli assunti.

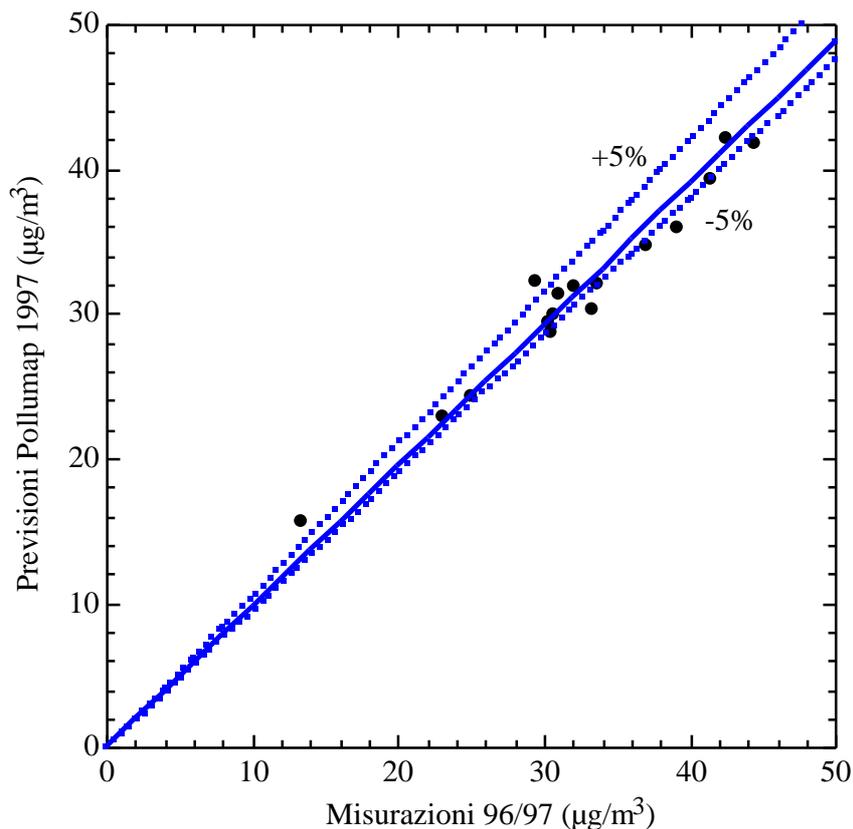


Figura 20: Confronto fra valori di immissione misurati e calcolati per l'anno 1997. La linea continua rappresenta la regressione lineare dei valori, le linee tratteggiate le rette con scarti di $\pm 5\%$ rispetto alla retta con pendenza 1, entro le quali si situa circa il 70% dei punti considerati.

2.2.4 Mappe di esposizione alle immissioni media annue di diossido di azoto

Le immissioni medie annue complessive (ed ev. anche solo parziali) di NO_2 possono essere rappresentate sotto forma di mappe in cui sono evidenziate le zone con immissioni comprese in intervalli di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sia al di sotto che al di sopra del valore soglia di $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ fissato dall'OIA.

⁵ Riconducibile a sua volta ad una differente composizione del parco veicoli pesanti per quanto attiene alle loro emissioni specifiche. Se si ipotizza ad es. che le emissioni dovute al traffico pesante sulla A2 siano esattamente il doppio rispetto ai valori oggi utilizzati (tratti dal manuale MICET del 1995, pubblicato dal BUWAL) si ottiene una coincidenza ottima fra misura e calcolo. Tale ipotesi non è arbitraria ma si fonda sui risultati delle analisi effettuate recentemente presso la galleria del Gùbrist dal Prof. Staehelin dell'ETHZ e andrebbe verificata sulla tratta ticinese della A2.

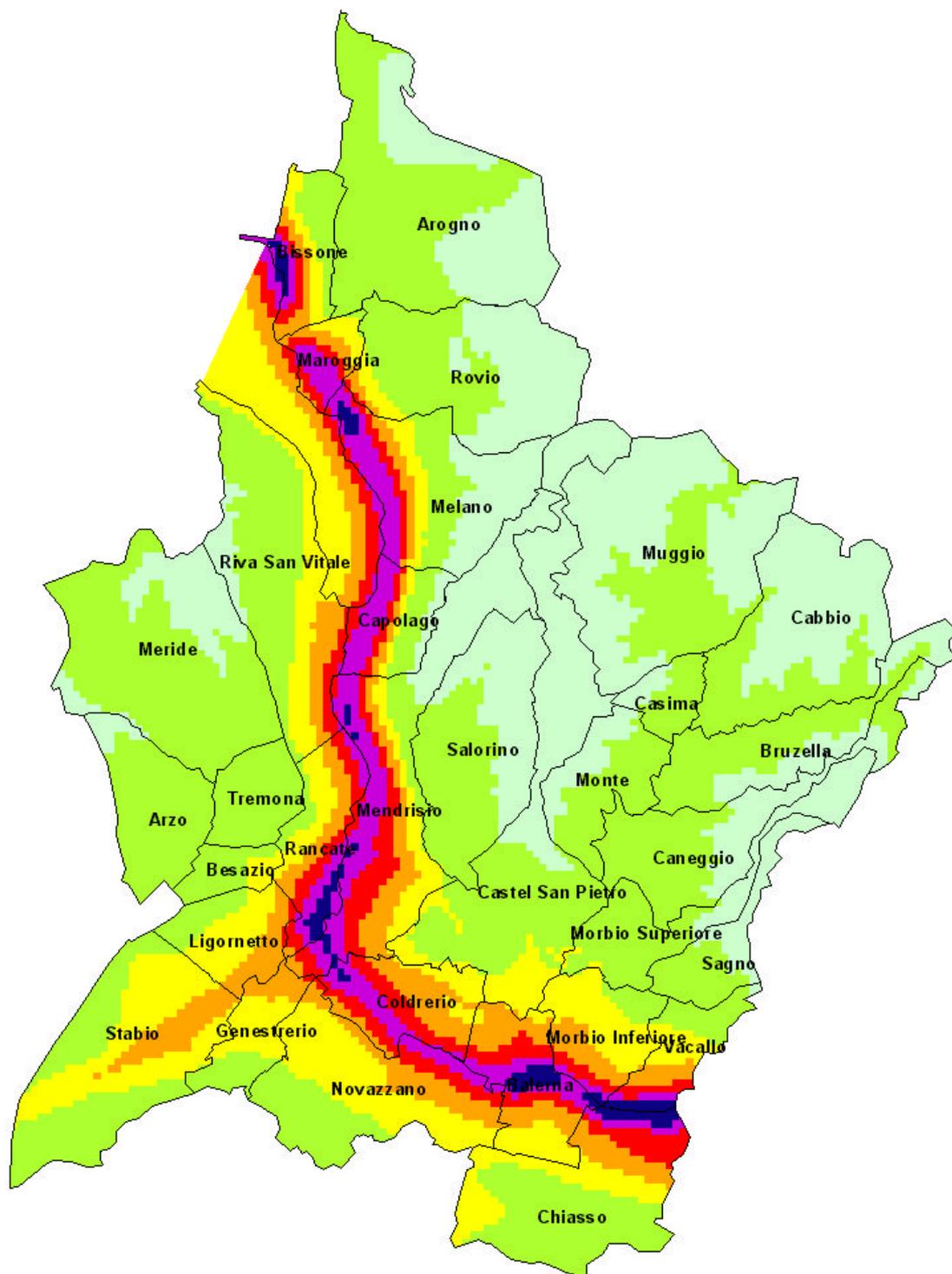


Figura 21: Mappa di esposizione alle immissioni medie annue di diossido di azoto per il 1997.

2.3 Esposizione della popolazione residente al diossido di azoto

La gravità della situazione è meglio evidenziata da un'analisi della popolazione⁶ esposta ai valori medi annui di NO₂. Essa rappresenta la base per poter successivamente valutare l'impatto sulla salute pubblica (per mezzo ad es. dei risultati degli studi Sapaldia e Scarpol) e quantificarne i relativi costi.

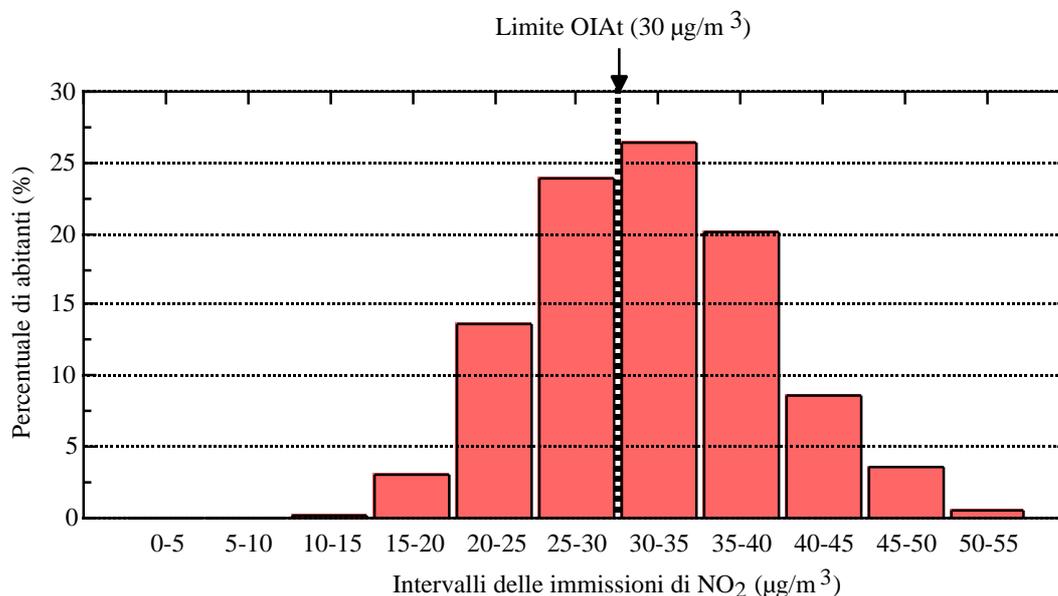


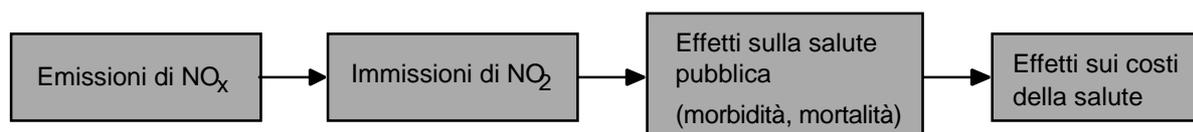
Figura 22: Esposizione della popolazione del Mendrisiotto e del Basso Ceresio all'inquinamento da diossido di azoto (medie annue per il 1997)

Dall'istogramma riportato sopra si osserva come circa il 60% (cioè 28'000 persone) di tutta la popolazione del Mendrisiotto e Basso Ceresio sia esposta a valori medi annui di diossido di azoto superiori al limite di 30 µg/m³ fissato dall'OIA. Inoltre almeno il 4% della popolazione è esposto a valori, che superano di ben il 50% tale limite.

2.4 Esposizione della popolazione residente al diossido di azoto

Gli sviluppi futuri della metodologia presentata potrebbero ad esempio riguardare:

- un migliore adattamento del modello Pollumap al calcolo delle situazioni vallive del Cantone Ticino (effetto del vento, inversioni termiche, presenza di ostacoli naturali o artificiali a ridosso delle strade);
- un approfondimento e completamento della catena casuale, dalle emissioni di NO_x fino ad una valutazione dei costi della salute provocati da questo tipo di inquinamento.



⁶ Dati della popolazione riferiti al censimento federale del 1990.

Impostazione delle analisi dell'aria

La rete di rilevamento comprende sei stazioni ubicate a Chiasso, Bioggio, Lugano, Locarno, Brione s. Minusio e Bodio.

Descrizione dei posti di misura

I posti dove i rilevamenti vengono effettuati con stazioni di analisi sono caratterizzati come segue:

- Chiasso: Coordinate: 723.45/77.45; quota: 230 m s.l.m.
Centro cittadino, con emissioni dovute agli impianti di riscaldamento e al traffico sia locale, sia di transito. Una quota importante dei veicoli è immatricolata all'estero. La componente dei veicoli pesanti è pure importante. La città si trova in una conca che favorisce la formazione di aria stagnante e che può essere inoltre facilmente inglobata nello strato di inversione termica che si forma sulla Valpadana. La stazione di analisi si trova sul piazzale delle scuole elementari e medie.
- Bioggio: Coordinate: 714.15/96.65; quota: 290 m s.l.m.
La stazione di analisi di Bioggio è situata in una zona industriale nei pressi dell'aeroporto di Agno. Alle emissioni locali contribuiscono anche il traffico aereo e quello veicolare dell'autostrada (A2) e degli assi stradali che collegano Lugano a Ponte Tresa.
- Lugano⁷ Coordinate: 717.80/96.85; quota: 290 m s.l.m.
La stazione di analisi, situata in Via Ciani nel parco della Casa Serena, è esposta indirettamente alle emissioni del traffico cittadino e a quelle degli impianti di riscaldamento. La zona beneficia delle correnti d'aria che si formano tra la Valcolla e il lago.
- Locarno: Coordinate: 704.63/113.80; quota: 200 m s.l.m.
Il Locarnese e in particolare il pendio destro del Verbano gode di una buona insolazione che favorisce le brezze termiche sui pendii e quindi la dispersione delle sostanze inquinanti. Questo effetto è inoltre rafforzato dalle brezze tra il lago e le valli. La stazione di analisi, situata in centro città, è esposta alle emissioni degli impianti di riscaldamento e del traffico, come pure all'inquinamento diffuso.

⁷ Durante l'agosto del 1992 la stazione d'analisi è stata spostata di ca. 50 m verso la strada.

Brione s. Minusio: Coordinate: 706.00/115.65; quota: 480 m s.l.m.

Brione è situato in collina, 300 metri sopra l'agglomerato di Locarno. Le emissioni locali sono molto contenute ma la località risente delle emissioni dovute al traffico e agli impianti di riscaldamento sottostanti.

Bodio: Coordinate: 713.35/137.30; quota: 320 m s.l.m.

Il ricambio d'aria è buono durante i mesi estivi grazie alle forti brezze che percorrono longitudinalmente la valle Leventina, scarso in quelli invernali, siccome la bassa Valle è incassata e chiusa verso nord dalla Biaschina. Le emissioni locali dovute a due impianti industriali e all'intenso traffico di transito sono elevate. Le emissioni dovute agli impianti domestici di riscaldamento sono ridotte.

Per il diossido d'azoto, come complemento ai dati ottenuti con le stazioni di analisi, si effettuano anche misure tramite campionatori passivi. Questi sono situati in un centinaio di posti distribuiti su tutto il territorio cantonale (le coordinate sono riportate nelle tabelle dell'allegato 2).

Allo stesso fine si misurano in cinque luoghi del Cantone i composti organici volatili tramite campionatura passiva (vedi 1.6 composti organici volatili).

Apparecchi di analisi

Le analisi della qualità dell'aria avvengono conformemente alle direttive federali [4].

Le stazioni di analisi sono attrezzate con apparecchi automatici che misurano in continuo le concentrazioni di diversi inquinanti atmosferici come pure alcuni parametri di tipo meteorologico. La dotazione delle diverse stazioni d'analisi è mostrata nella tabella A1.

Parametri	Chiasso	Bioggio	Lugano	Locarno	Brione s. M.	Bodio
Diossido di zolfo	●	●		●	●	●
Ossidi d'azoto	●	●	●	●	●	●
Ozono	●	●	●	●	●	●
Monossido di carbonio	*	●	●	●		
Polveri fini in sospensione (PM10)	●			●		●
Composti organici volatili		●		●		
Idrocarburi policiclici aromatici PAH	●					
Temperatura	●	●		●	●	
Umidità	●	●	●	●	●	
Irraggiamento solare	●	●	●	●	●	
Vento (velocità e direzione)	●	●	●	●	●	

Tabella A1: Parametri analizzati. La presenza di un pallino in una casella indica che tale misura è effettuata nella località corrispondente.

(*): a Chiasso l'apparecchio per la misura del monossido di carbonio si è guastato per cui le misure sono state interrotte.

(): le misurazioni del monossido di carbonio a Brione s. Minusio sono state interrotte.

I campionatori passivi di diossido di azoto, che sono forniti da un laboratorio incaricato dalla Scuola Politecnica federale di Zurigo, vengono esposti per circa un mese. L'analisi del diossido d'azoto assorbito durante il periodo di esposizione viene determinato analiticamente dal laboratorio della Sezione. Di regola in ogni punto di misura sono esposti due campionatori.

Le polveri totali in sospensione non vengono più misurate; visti i nuovi limiti OIAt si procede alla misura delle polveri fini PM10. Le misure possono venire effettuate con due apparecchiature diverse: FAG E DIGITEL. A Chiasso e Locarno è in funzione un FAG: esso elimina le polveri più grandi aspirando l'aria (16 l/min) con l'ausilio di una speciale sonda; in seguito l'aria così trattata raggiunge un filtro dove le concentrazioni di polveri fini sono determinate istantaneamente grazie all'esposizione delle stesse ai raggi

A Brione s. Minusio e Bodio sono invece stati utilizzati dei campionatori ad alto flusso (Digitel), che eliminano le polveri più grosse aspirando l'aria a flusso elevato (500 l/min) attraverso una speciale sonda. Le polveri fini si depositano infine su un filtro che viene sostituito giornalmente. Le concentrazioni di PM10 vengono in seguito determinate

gravimetricamente dal laboratorio della Sezione. Con questo metodo è possibile eseguire anche un'analisi del contenuto di metalli pesanti.

Nel 1999 per quattro mesi (da settembre a dicembre) nella stazione di Locarno sono rimasti simultaneamente in funzione sia un Digitel che un FAG. La figura A1 riporta il confronto dei dati ottenuti con i due metodi. La dispersione attorno alla bisettrice (linea tratteggiata nella figura) è piccola – il coefficiente di correlazione tra le due serie di dati è 0.94 – e i punti sono distribuiti uniformemente rispetto alla bisettrice. Anche questo fatto conferma la validità dei metodi impiegati per le misure.

I risultati di un confronto (sui dati del 1997, 1998 e 1999) dei diversi metodi impiegati per la misura delle polveri fini in Svizzera sono pubblicate dalla BUWAL [5].

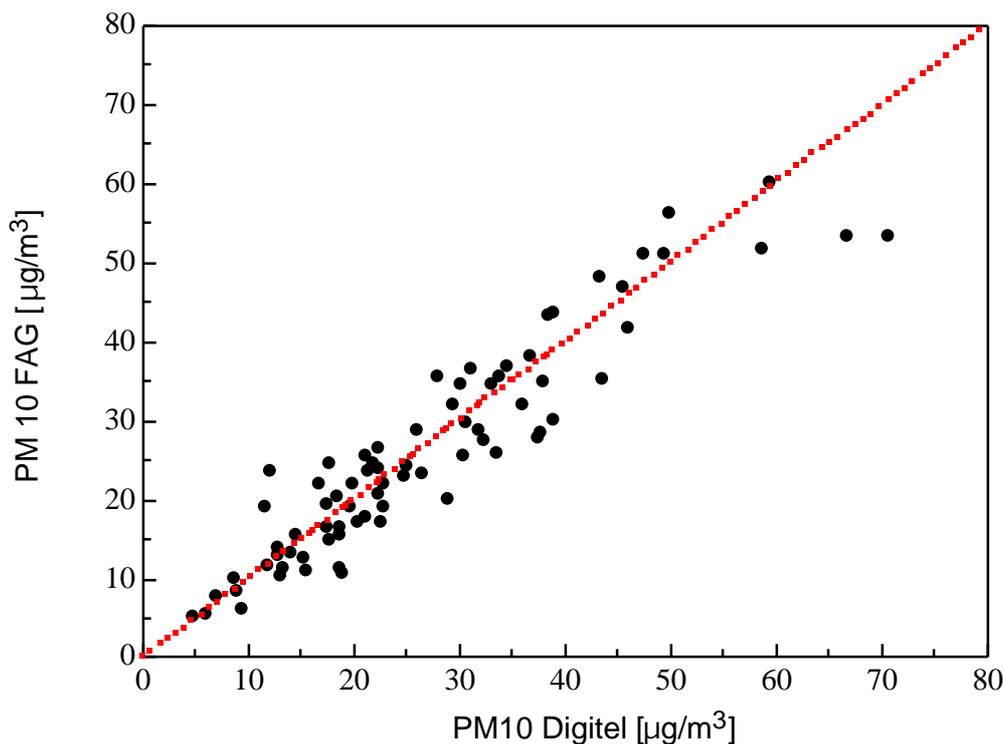


Figura A1: Concentrazioni medie giornaliere di PM10 (periodo settembre-dicembre 1999) ottenute a Locarno con due metodi di misura diversi (FAG e DIGITEL) La riga tratteggiata rappresenta il caso ideale in cui i due strumenti misurano la stessa concentrazione di polveri fini.

Metodica dei controlli

Il sistema di acquisizione dati effettua quotidianamente dei controlli automatici delle calibrazioni. I risultati di queste verifiche sono trasmessi assieme ai dati rilevati all'unità centrale di elaborazione dati. Essi permettono di verificare ogni giorno lo stato delle apparecchiature delle stazioni d'analisi. *Settimanalmente* sono effettuati la taratura e i controlli delle apparecchiature secondo le direttive del BUWAL.

A scadenze regolari si effettuano inoltre i confronti con apparecchi diversi, calibrati indipendentemente gli uni dagli altri e fatti funzionare nel medesimo posto. Si effettuano cioè le cosiddette intercalibrazioni. Anche nel corso del 2000 il sistema di calibrazione è stato verificato mediante esperimenti di questo tipo dalla ditta Oekoscience. Inoltre durante il 2001 l'Associazione degli specialisti dell'aria svizzeri (Cerc'l'Air) un'intercalibrazione a livello nazionale (a Basilea), alla quale ha partecipato anche il nostro Cantone con una stazione di analisi.

Precisione delle misure

Da esperienze effettuate a livello nazionale si può affermare che l'errore di misura per la media annua sia inferiore a 5 - 10 % e per i valori istantanea (medie orarie e semiorarie) inferiore a 10 - 15 %.

La precisione dei campionatori passivi è controllata ponendo alcuni di essi vicino alle stazioni d'analisi. Dal confronto dei dati ottenuti con le due tecniche di misura si deduce che per concentrazioni medie annue superiori ai 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ le differenze tra i dati ottenuti con i due metodi sono inferiore all'8% [6].

ALLEGATO II

Risultati delle analisi con strumenti elettronici

I risultati delle analisi sono riassunti in tabelle e figure, suddivise per gas, per località e secondo il metodo di rilevamento (stazioni d'analisi o campionatori passivi).

Valutazioni statistiche dei risultati

In ognuna delle seguenti tabelle di questo allegato la prima colonna indica *il mese* e la seconda *il numero di giorni* registrati (minimo 36 semiore di misura per giorno).

La terza colonna indica *il valore medio* della concentrazione di gas durante il periodo di misura; la quarta colonna *il valore semiorario massimo* e la quinta *il valore giornaliero massimo* (media su 24 h) registrati durante il mese corrispondente.

Nella sesta colonna delle tabelle per l'anidride solforosa, per il diossido d'azoto e per il monossido di carbonio è indicato quante volte (cioè durante quante giornate) la *concentrazione media giornaliera* (media su 24 h) è stata superiore al limite fissato dall'OIAAt.

Per l'anidride solforosa e il diossido d'azoto la settima colonna indica *il 95° percentile*, cioè il valore al di sotto del quale si situano il 95% di tutti i valori semiorari misurati.

La sesta colonna delle tabelle per l'ozono indica quante volte *la concentrazione media oraria* è stata superiore al limite OIAAt. Questo limite può essere superato una sola volta durante un anno. La settima colonna indica *il 98° percentile* di tutti i valori semiorari di un mese, cioè il valore al di sotto del quale si situa il 98% di tutti i valori semiorari.

Per le polveri fini PM10 la terza colonna indica *il valore medio* della concentrazione di polveri fini durante il periodo di misura; la quarta colonna *il valore giornaliero massimo* (media su 24 h) registrato durante il mese corrispondente. La quinta colonna indica quante volte (cioè durante quante giornate) *la concentrazione media giornaliera* (media su 24 h) ha superato il limite fissato dall'OIAAt. Per Bodio nella sesta colonna è riportato *il valore medio* della concentrazione di piombo nelle polveri fini e nella settima colonna *il valore medio* della concentrazione di cadmio.

Si ricorda che la conformità all'OIAAt può essere stabilita solo se per il calcolo dei valori statistici sono disponibili almeno il seguente numero di misure:

- | | | | |
|---------------------------------------|--------------|---------|--|
| • per la media oraria: | 2 | semiore | |
| • per la media giornaliera: | almeno 36 | semiore | = 18 ore |
| • per la media mensile: | almeno 1080 | semiore | = 22.5 giorni |
| • per la media annuale ⁸ : | almeno 13140 | semiore | = 9 mesi |
| | | | e inoltre nessuna interruzione > 20 giorni |

Nelle tabelle seguenti i mesi non completi sono evidenziati con un asterisco (*).

⁸ La media annua riportata nelle tabelle seguenti è stata calcolata dalle medie mensili.

Diossido di zolfo (anidride solforosa)

Limiti di legge per le immissioni di diossido di zolfo (SO₂):

30 µg/m³ per la media annua delle misure

100 µg/m³ per il 95° percentile dei valori semiorari di un anno

100 µg/m³ per la media su 24h che può essere superata al massimo 1 volta all'anno

mese	numero misure giorni	media (µg/m ³)	massimo 1/2 ora (µg/m ³)	massimo giorno (µg/m ³)	n° giorni > 100 µg/m ³	95° percentile (µg/m ³)
Gennaio	31	17	70	25	0	42
Febbraio	29	13	49	19	0	31
Marzo	31	8	47	15	0	23
Aprile	30	4	23	10	0	13
Maggio	24	1	10	5	0	5
Giugno	27	3	16	7	0	8
Luglio	31	3	18	7	0	8
Agosto	31	2	10	4	0	3
Settembre	30	4	16	8	0	10
Ottobre	31	7	26	11	0	13
Novembre	30	10	65	19	0	21
Dicembre	31	13	88	25	0	29
Totale	356	7	88	25	0	23
Limite OIAt	-	30	-	100	1	100

Tabella A2.1: Chiasso, Scuole elementari e medie

mese	numero misure giorni	media (µg/m ³)	massimo 1/2 ora (µg/m ³)	massimo giorno (µg/m ³)	n° giorni > 100 µg/m ³	95° percentile (µg/m ³)
Gennaio	31	18	65	25	0	39
Febbraio	29	11	68	19	0	26
Marzo	31	6	52	15	0	21
Aprile	30	2	18	7	0	8
Maggio	31	1	10	2	0	3
Giugno	30	1	5	3	0	3
Luglio	31	1	5	3	0	3
Agosto	31	1	10	3	0	3
Settembre	30	3	16	5	0	5
Ottobre	31	5	29	11	0	13
Novembre	30	10	36	23	0	23
Dicembre	31	15	44	24	0	29
Totale	366	6	68	25	0	23
Limite OIAt	-	30	-	100	1	100

Tabella A2.2: Locarno, Piazza Castello

Diossido di zolfo (anidride solforosa)

Limiti di legge per le immissioni di diossido di zolfo (SO₂):

30 µg/m³ per la media annua delle misure

100 µg/m³ per il 95° percentile dei valori semiorari di un anno

100 µg/m³ per la media su 24h che può essere superata al massimo 1 volta all'anno

mese	numero misure giorni	media (µg/m ³)	massimo 1/2 ora (µg/m ³)	massimo giorno (µg/m ³)	n° giorni > 100 µg/m ³	95° percentile (µg/m ³)
Gennaio	31	8	42	15	0	21
Febbraio	29	8	39	13	0	21
Marzo	31	4	29	10	0	13
Aprile	25	2	13	4	0	5
Maggio	31	1	10	3	0	3
Giugno	26	1	10	4	0	5
Luglio	31	1	8	4	0	3
Agosto	31	1	8	3	0	5
Settembre	30	1	16	5	0	5
Ottobre	31	3	16	6	0	8
Novembre	30	4	21	6	0	10
Dicembre	24	5	26	10	0	13
Totale	350	3	42	15	0	13
Limite OIAt	-	30	-	100	1	100

Tabella A2.3: Brione s. Minusio, Via alla Selva

mese	numero misure giorni	media (µg/m ³)	massimo 1/2 ora (µg/m ³)	massimo giorno (µg/m ³)	n° giorni > 100 µg/m ³	95° percentile (µg/m ³)
Gennaio	31	28	452	67	0	67
Febbraio	29	22	348	48	0	47
Marzo	31	17	148	61	0	52
Aprile	30	8	109	24	0	23
Maggio	31	9	104	21	0	26
Giugno	30	9	75	21	0	29
Luglio	31	10	81	22	0	29
Agosto	31	9	133	33	0	26
Settembre	30	9	130	21	0	31
Ottobre*	12	9	86	22	0	39
Novembre*	17	18	200	58	0	73
Dicembre	31	13	213	55	0	60
Totale	334	13	452	67	0	44
Limite OIAt	-	30	-	100	1	100

Tabella A2.4: Bodio, Municipio

Diossido di zolfo (anidride solforosa)

Limiti di legge per le immissioni di diossido di zolfo (SO₂):

30 µg/m³ per la media annua delle misure

100 µg/m³ per il 95° percentile dei valori semiorari di un anno

100 µg/m³ per la media su 24h che può essere superata al massimo 1 volta all'anno

mese	numero misure giorni	media (µg/m ³)	massimo 1/2 ora (µg/m ³)	massimo giorno (µg/m ³)	n° giorni > 100 µg/m ³	95° percentile (µg/m ³)
Gennaio	31	12	49	18	0	29
Febbraio	29	11	52	18	0	26
Marzo	31	6	36	12	0	18
Aprile	30	2	16	6	0	8
Maggio	31	3	21	5	0	5
Giugno	30	3	16	4	0	5
Luglio	29	3	23	7	0	5
Agosto	31	3	16	4	0	5
Settembre	30	3	18	6	0	8
Ottobre	31	2	16	5	0	5
Novembre	29	5	21	11	0	10
Dicembre	25	13	42	24	0	21
Totale	357	6	52	24	0	18
Limite OIAt	-	30	-	100	1	100

Tabella A2.5: Bioggio, Aeroporto

Diossido d'azoto

Limiti di legge per le immissioni di diossido d'azoto (NO₂):

30 µg/m³ per la media annua delle misure

100 µg/m³ per il 95° percentile dei valori semiorari di un anno

80 µg/m³ per la media su 24h che può essere superata al massimo 1 volta all'anno

mese	numero misure giorni	media (µg/m ³)	massimo 1/2 ora (µg/m ³)	massimo giorno (µg/m ³)	n° giorni > 80 µg/m ³	95° percentile (µg/m ³)
Gennaio	31	70	205	108	11	119
Febbraio	29	105	273	155	24	195
Marzo	31	68	264	105	11	141
Aprile	30	50	177	75	0	95
Maggio	27	34	154	58	0	76
Giugno	26	26	89	34	0	61
Luglio	31	27	91	38	0	61
Agosto	31	36	97	65	0	74
Settembre	30	43	128	67	0	76
Ottobre	31	45	145	67	0	74
Novembre	30	60	123	83	1	90
Dicembre	31	64	169	103	3	97
Totale	358	52	273	155	50	119
Limite OIAt	-	30	-	80	1	100

Tabella A2.6: Chiasso, Scuole elementari e medie

mese	numero misure giorni	media (µg/m ³)	massimo 1/2 ora (µg/m ³)	massimo giorno (µg/m ³)	n° giorni > 80 µg/m ³	95° percentile (µg/m ³)
Gennaio	31	50	122	75	0	82
Febbraio	29	60	136	88	3	100
Marzo	31	46	145	75	0	86
Aprile	30	41	106	54	0	71
Maggio	31	32	190	52	0	61
Giugno	29	25	86	35	0	52
Luglio	31	24	80	38	0	54
Agosto	31	25	78	43	0	54
Settembre	30	31	132	47	0	65
Ottobre	31	39	121	57	0	73
Novembre	30	48	128	65	0	75
Dicembre	31	51	184	92	2	89
Totale	365	39	190	92	5	78
Limite OIAt	-	30	-	80	1	100

Tabella A2.7: Lugano, Casa Serena

Diossido d'azoto

Limiti di legge per le immissioni di diossido d'azoto (NO₂):

30 µg/m³ per la media annua delle misure

100 µg/m³ per il 95° percentile dei valori semiorari di un anno

80 µg/m³ per la media su 24h che può essere superata al massimo 1 volta all'anno

mese	numero misure giorni	media (µg/m ³)	massimo 1/2 ora (µg/m ³)	massimo giorno (µg/m ³)	n° giorni > 80 µg/m ³	95° percentile (µg/m ³)
Gennaio	28	47	108	59	0	71
Febbraio	29	54	141	77	0	89
Marzo	31	45	136	76	0	86
Aprile	30	42	121	62	0	71
Maggio	31	28	76	46	0	52
Giugno	30	25	69	37	0	46
Luglio	31	30	80	41	0	56
Agosto	31	35	91	49	0	61
Settembre	30	29	108	52	0	69
Ottobre	31	36	95	50	0	61
Novembre	30	41	76	52	0	60
Dicembre	24	42	179	65	0	63
Totale	356	38	179	77	0	69
Limite OIAt	-	30	-	80	1	100

Tabella A2.8: Locarno, Piazza Castello

mese	numero misure giorni	media (µg/m ³)	massimo 1/2 ora (µg/m ³)	massimo giorno (µg/m ³)	n° giorni > 80 µg/m ³	95° percentile (µg/m ³)
Gennaio	31	21	93	60	0	54
Febbraio	29	29	93	62	0	67
Marzo	31	18	67	43	0	43
Aprile	25	13	52	42	0	34
Maggio	31	12	48	22	0	28
Giugno	26	12	47	24	0	26
Luglio	31	13	45	21	0	28
Agosto	31	12	47	20	0	26
Settembre	30	16	60	24	0	33
Ottobre	31	15	54	33	0	35
Novembre	30	18	52	32	0	41
Dicembre	24	22	119	49	0	54
Totale	350	17	119	62	0	43
Limite OIAt	-	30	-	100	1	100

Tabella A2.9: Brione s. Minusio, Via alla Selva

Diossido d'azoto

Limiti di legge per le immissioni di diossido d'azoto (NO₂):

30 µg/m³ per la media annua delle misure

100 µg/m³ per il 95° percentile dei valori semiorari di un anno

80 µg/m³ per la media su 24h che può essere superata al massimo 1 volta all'anno

mese	numero misure giorni	media (µg/m ³)	massimo 1/2 ora (µg/m ³)	massimo giorno (µg/m ³)	n° giorni > 80 µg/m ³	95° percentile (µg/m ³)
Gennaio	31	39	79	60	0	66
Febbraio	29	47	113	77	0	86
Marzo	31	42	132	87	1	95
Aprile	30	41	102	61	0	74
Maggio	31	32	87	48	0	59
Giugno	30	25	91	33	0	56
Luglio	31	26	97	46	0	59
Agosto	31	31	91	45	0	61
Settembre	30	39	123	64	0	76
Ottobre	31	34	85	50	0	63
Novembre	30	46	117	78	0	81
Dicembre	31	45	134	84	1	84
Totale	366	37	134	87	2	75
Limite OIAt	-	30	-	80	1	100

Tabella A2.10: Bodio, Municipio

mese	numero misure giorni	media (µg/m ³)	massimo 1/2 ora (µg/m ³)	massimo giorno (µg/m ³)	n° giorni > 80 µg/m ³	95° percentile (µg/m ³)
Gennaio	31	49	117	72	0	82
Febbraio	29	59	125	88	2	99
Marzo	31	45	127	75	0	89
Aprile	30	31	91	43	0	61
Maggio	31	24	104	49	0	56
Giugno	30	24	100	42	0	63
Luglio	28	27	117	48	0	69
Agosto	31	29	95	45	0	65
Settembre	25	36	138	56	0	84
Ottobre	31	28	87	42	0	54
Novembre	29	33	86	48	0	56
Dicembre	25	47	153	72	0	82
Totale	351	36	153	88	2	78
Limite OIAt	-	30	-	100	1	100

Tabella A2.11: Bioggio, Aeroporto

Ozono

Limiti di legge per le immissioni d'ozono (O₃):

100 µg/m³ per il 98° percentile dei valori semiorari di un mese
 120 µg/m³ per la media oraria che può essere superata al massimo una volta all'anno

mese	numero misure giorni	media (µg/m ³)	massimo 1 ora (µg/m ³)	massimo giorno (µg/m ³)	n° ore > 120 µg/m ³	98° percentile (µg/m ³)
Gennaio	31	8	66	49	0	58
Febbraio	29	12	89	38	0	64
Marzo	31	28	122	59	1	88
Aprile	30	31	118	60	0	99
Maggio	27	46	191	87	33	150
Giugno	27	76	241	111	158	191
Luglio	27	63	217	114	82	179
Agosto	31	58	201	100	119	174
Settembre	30	40	216	77	46	168
Ottobre	31	9	73	33	0	58
Novembre	30	4	64	22	0	39
Dicembre	31	1	46	13	0	21
Totale	355	31	241	114	439	-
Limite OIAt	-	-	120	-	1	100

Tabella A2.12: Chiasso, Scuole elementari e medie

mese	numero misure giorni	media (µg/m ³)	massimo 1 ora (µg/m ³)	massimo giorno (µg/m ³)	n° ore > 120 µg/m ³	98° percentile (µg/m ³)
Gennaio	31	12	71	60	0	64
Febbraio	29	17	71	52	0	66
Marzo	31	36	107	61	0	84
Aprile	30	36	108	58	0	94
Maggio	31	48	179	96	21	131
Giugno	29	80	201	123	130	172
Luglio	31	68	181	107	68	162
Agosto	31	65	177	113	74	150
Settembre	30	50	173	94	33	144
Ottobre	31	13	72	66	0	68
Novembre	30	8	67	35	0	55
Dicembre	31	5	66	39	0	53
Totale	365	37	201	123	326	-
Limite OIAt	-	-	120	-	1	100

Tabella A2.13: Lugano, Casa Serena

Ozono

Limiti di legge per le immissioni d'ozono (O₃):

100 µg/m³ per il 98° percentile dei valori semiorari di un mese
 120 µg/m³ per la media oraria che può essere superata al massimo una volta all'anno

mese	numero misure giorni	media (µg/m ³)	massimo 1 ora (µg/m ³)	massimo giorno (µg/m ³)	n° ore > 120 µg/m ³	98° percentile (µg/m ³)
Gennaio	31	11	62	38	0	55
Febbraio	29	18	73	46	0	68
Marzo	31	37	124	60	2	86
Aprile	30	33	104	59	0	88
Maggio	31	44	139	77	7	107
Giugno	30	71	197	118	109	170
Luglio	31	63	188	113	53	162
Agosto	31	57	196	85	56	146
Settembre	30	45	171	74	28	142
Ottobre	31	12	79	42	0	60
Novembre	30	7	52	25	0	41
Dicembre	31	4	57	27	0	37
Totale	366	34	197	118	255	-
Limite OIAt	-	-	120	-	1	100

Tabella A2.14: Locarno, Piazza Castello

mese	numero misure giorni	media (µg/m ³)	massimo 1 ora (µg/m ³)	massimo giorno (µg/m ³)	n° ore > 120 µg/m ³	98° percentile (µg/m ³)
Gennaio	31	41	80	67	0	72
Febbraio	29	51	125	71	2	99
Marzo	31	69	154	91	18	123
Aprile	25	68	141	103	11	119
Maggio	31	67	167	108	42	142
Giugno	26	92	220	152	167	185
Luglio	31	81	210	133	98	179
Agosto	31	77	201	117	85	152
Settembre	30	69	190	110	62	160
Ottobre	31	30	89	61	0	76
Novembre	30	25	63	51	0	56
Dicembre	24	25	65	56	0	60
Totale	350	58	220	152	485	-
Limite OIAt	-	-	120	-	1	100

Tabella A2.15: Brione s. Minusio, Via alla Selva

Ozono

Limiti di legge per le immissioni d'ozono (O₃):

100 µg/m³ per il 98° percentile dei valori semiorari di un mese
 120 µg/m³ per la media oraria che può essere superata al massimo una volta all'anno

mese	numero misure giorni	media (µg/m ³)	massimo 1 ora (µg/m ³)	massimo giorno (µg/m ³)	n° ore > 120 µg/m ³	98° percentile (µg/m ³)
Gennaio	31	12	68	60	0	64
Febbraio	29	16	80	69	0	68
Marzo	31	36	112	70	0	94
Aprile	30	31	118	60	0	99
Maggio	31	32	146	70	5	105
Giugno	30	52	174	92	42	146
Luglio	31	46	170	75	26	131
Agosto	31	30	129	59	8	117
Settembre	30	19	113	49	0	82
Ottobre	31	9	72	59	0	64
Novembre	30	6	57	25	0	47
Dicembre	31	3	57	22	0	29
Totale	366	24	174	92	81	-
Limite OIAt	-	-	120	-	1	100

Tabella A2.16: Bodio, Municipio

mese	numero misure giorni	media (µg/m ³)	massimo 1 ora (µg/m ³)	massimo giorno (µg/m ³)	n° ore > 120 µg/m ³	98° percentile (µg/m ³)
Gennaio	31	11	77	47	0	66
Febbraio	29	17	88	52	0	76
Marzo	31	34	114	63	0	90
Aprile	30	40	113	62	0	97
Maggio	31	44	179	83	19	129
Giugno	30	69	198	107	125	172
Luglio	29	59	193	88	70	174
Agosto	31	50	182	77	87	156
Settembre	30	39	190	67	46	158
Ottobre	31	15	77	57	0	70
Novembre	29	10	75	44	0	58
Dicembre	25	5	69	45	0	62
Totale	357	33	198	107	347	-
Limite OIAt	-	-	120	-	1	100

Tabella A2.17: Bioggio, Aeroporto

Monossido di carbonio

Limiti di legge per le immissioni di monossido di carbonio (CO):

8000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per la media su 24 ore che può essere superata al massimo una volta all'anno

mese	numero misure giorni	media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	massimo 1/2 ora ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	massimo giorno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	n° giorni > 8000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Gennaio	-	-	-	-	-
Febbraio	-	-	-	-	-
Marzo	-	-	-	-	-
Aprile	-	-	-	-	-
Maggio	-	-	-	-	-
Giugno	27	202	1582	399	0
Luglio	31	217	531	258	0
Agosto	31	231	689	295	0
Settembre	30	315	1616	627	0
Ottobre	31	512	2215	897	0
Novembre	30	660	3944	1452	0
Dicembre	31	1038	2814	1738	0
Totale*	211	454	3944	1738	0
Limite OIAt	-	-	-	8000	1

Tabella A2.18: Chiasso, Scuole elementari e medie

mese	numero misure giorni	media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	massimo 1/2 ora ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	massimo giorno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	n° giorni > 8000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Gennaio	31	1933	8136	2666	0
Febbraio	29	1581	5763	2327	0
Marzo	31	1036	5198	2020	0
Aprile	30	790	2938	1202	0
Maggio	31	497	3051	904	0
Giugno	29	347	1808	570	0
Luglio	31	441	2034	753	0
Agosto	31	522	2373	822	0
Settembre	30	591	2712	993	0
Ottobre	31	945	4633	1568	0
Novembre	30	1221	7006	2149	0
Dicembre	31	1909	6780	2375	0
Totale	365	984	8136	2666	0
Limite OIAt	-	-	-	8000	1

Tabella A2.19: Lugano, Casa Serena

Monossido di carbonio

Limiti di legge per le immissioni di monossido di carbonio (CO):

8000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per la media su 24 ore che può essere superata al massimo una volta all'anno

mese	numero misure giorni	media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	massimo 1/2 ora ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	massimo giorno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	n° giorni > 8000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Gennaio	31	1449	7526	2355	0
Febbraio	29	1099	5062	1594	0
Marzo	31	630	3593	1297	0
Aprile	30	600	2689	989	0
Maggio	31	411	1413	599	0
Giugno	30	343	1492	480	0
Luglio	31	372	1051	464	0
Agosto	31	418	1333	538	0
Settembre	30	470	2158	653	0
Ottobre	31	720	3164	1119	0
Novembre	30	950	5503	1916	0
Dicembre	31	1264	5639	1619	0
Totale	366	727	7526	2355	0
Limite OIAt	-	-	-	8000	1

Tabella A2.20: Locarno, Piazza Castello

mese	numero misure giorni	media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	massimo 1/2 ora ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	massimo giorno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	n° giorni > 8000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Gennaio	31	169	1582	479	0
Febbraio	29	249	1921	610	0
Marzo	31	97	904	414	0
Aprile	25	71	904	184	0
Maggio	-	-	-	-	-
Giugno	-	-	-	-	-
Luglio	-	-	-	-	-
Agosto	-	-	-	-	-
Settembre	-	-	-	-	-
Ottobre	-	-	-	-	-
Novembre	-	-	-	-	-
Dicembre	-	-	-	-	-
Totale*	116	147	1921	610	0
Limite OIAt	-	-	-	8000	1

Tabella A2.21: Brione s. Minusio, Via alla Selva

Monossido di carbonio

Limiti di legge per le immissioni di monossido di carbonio (CO):

8000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per la media su 24 ore che può essere superata al massimo una volta all'anno

mese	numero misure giorni	media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	massimo 1/2 ora ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	massimo giorno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	n° giorni > 8000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Gennaio	31	1179	5288	1765	0
Febbraio	29	1039	3593	1518	0
Marzo	31	603	2271	1034	0
Aprile	30	447	1808	621	0
Maggio	31	292	1153	417	0
Giugno	30	170	1356	299	0
Luglio	29	290	915	483	0
Agosto	31	391	1300	552	0
Settembre	29	504	1684	793	0
Ottobre	31	695	2531	1107	0
Novembre	29	892	5198	1946	0
Dicembre	25	1342	4938	2440	0
Totale	356	654	5288	2440	0
Limite OIAt	-	-	-	8000	1

Tabella A2.22: Bioggio, Aeroporto

Polveri fini in sospensione

Limiti di legge per le immissioni di polveri fini (PM10) in sospensione:

20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per la media annua delle misure

50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per la media giornaliera

0.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per la media annua delle misure di piombo (Pb)

1.5 ng/m^3 per la media annua delle misure di cadmio (Cd)

mese	numero misure giorni	media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	massimo giorno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	n° giorni > 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Media Pb ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Media Cd (ng/m^3)
Gennaio	31	40	70	3	0.03	0.29
Febbraio	29	43	91	10	0.04	0.34
Marzo	31	32	75	6	0.02	0.26
Aprile	28	25	45	0	0.01	0.17
Maggio	30	29	45	0	0.01	0.16
Giugno	29	26	41	0	0.01	0.18
Luglio	31	21	46	0	0.01	0.16
Agosto	31	22	39	0	0.02	0.15
Settembre	30	29	59	2	0.02	0.23
Ottobre	31	26	51	1	0.02	0.28
Novembre	30	27	52	1	0.02	0.25
Dicembre	27	43	103	5	0.02	0.37
Totale	358	30	103	28	0.02	0.19
Limite OIAt	-	20	50	0	0.5	1.5

Tabella A2.23: Bodio, Municipio.

mese	numero misure giorni	media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	massimo giorno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	n° giorni > 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Gennaio	31	36	51	1
Febbraio	29	46	106	12
Marzo	31	29	61	4
Aprile	30	20	53	1
Maggio	31	21	35	0
Giugno	30	23	50	0
Luglio	31	19	43	0
Agosto	31	22	37	0
Settembre	30	23	49	0
Ottobre	31	22	50	0
Novembre	30	19	34	0
Dicembre	31	30	58	1
Totale	366	26	106	19
Limite OIAt	-	20	50	0

Tabella A2.24: Locarno, Piazza Castello

Polveri fini in sospensione

Limiti di legge per le immissioni di polveri fini (PM10) in sospensione:

20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per la media annua delle misure
 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per la media giornaliera

mese	numero misure giorni	media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	massimo giorno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	n° giorni > 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Gennaio	31	62	113	23
Febbraio	23	82	142	18
Marzo	23	29	76	4
Aprile	30	19	49	0
Maggio	31	22	38	0
Giugno	28	25	45	0
Luglio	31	20	45	0
Agosto	31	23	37	0
Settembre	30	27	65	3
Ottobre	31	28	71	4
Novembre	30	23	58	2
Dicembre	31	39	94	7
Totale	350	33	142	61
Limite OIAt	-	20	50	1

Tabella A2.25: Chiasso, Scuole elementari e medie

mese	numero misure giorni	media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	massimo giorno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	n° giorni > 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Gennaio				
Febbraio				
Marzo				
Aprile				
Maggio	30	21	34	0
Giugno*	19	21	44	0
Luglio	31	16	38	0
Agosto	31	17	29	0
Settembre	29	24	47	0
Ottobre*	11	12	28	0
Novembre*	9	10	14	0
Dicembre	27	18	56	1
Totale*	187	17	56	1
Limite OIAt	-	20	50	1

Tabella A2.26: Brione s. Minusio, Via alla Selva

Idrocarburi policiclici aromatici (PAH)

Non vi sono limiti di legge per le immissioni di idrocarburi policiclici aromatici (PAH).

mese	numero misure (giorni)	media (ng/m ³)	massimo giorno (ng/m ³)
Gennaio	31	57	163
Febbraio	28	42	133
Marzo	31	13	70
Aprile	30	7	14
Maggio	31	11	43
Giugno	28	16	57
Luglio	31	18	45
Agosto	31	34	54
Settembre	30	36	77
Ottobre	25	38	69
Novembre*	-	-	-
Dicembre*	-	-	-
Totale	358	18	171

Tabella A2.27: Chiasso, Scuole elementari e medie

Composti Organici Volatili non metanici (VOC)

Non vi sono limiti di legge per le immissioni di Composti Organici Volatili (VOC).

La concentrazione di VOC non metanici è espressa come "carbonio totale".

mese	numero misure giorni	media (ppm)	massimo 1/2 ora (ppm)	massimo giorno (ppm)
Gennaio	31	0.48	3.75	0.66
Febbraio	29	0.51	2.33	0.69
Marzo	29	0.4	3.09	0.66
Aprile*	17	0.69	2.68	1.00
Maggio	31	0.29	3.75	0.83
Giugno	23	0.23	4.67	0.46
Luglio	27	0.44	6.35	0.79
Agosto	26	0.44	6.45	0.76
Settembre	29	0.41	8.0	0.72
Ottobre	31	0.45	4.72	0.72
Novembre	24	0.59	2.15	1.13
Dicembre	29	0.52	3.14	1.10
Totale*	326	0.45	8.0	1.13

Tabella A2.28: Bioggio, Aeroporto

Rappresentazioni grafiche

Le seguenti figure illustrano le immissioni registrate durante il 2000 mediante grafici. Per il diossido di zolfo (fig. A2.1) e il diossido d'azoto (fig. A2.2) sono rappresentate le concentrazioni medie mensili. Per l'ozono (fig. A2.3 e A2.4) sono rappresentati i numeri di superamenti mensili del limite orario dell'OIAI e i 98° percentili mensili. Per il monossido di carbonio (fig. A2.5) sono riportati i massimi giornalieri di ogni mese.

Punti a forma di asterisco (*) sono stati utilizzati per evidenziare i risultati dei mesi non completi.

..... : Limite OIAt per la media annua ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

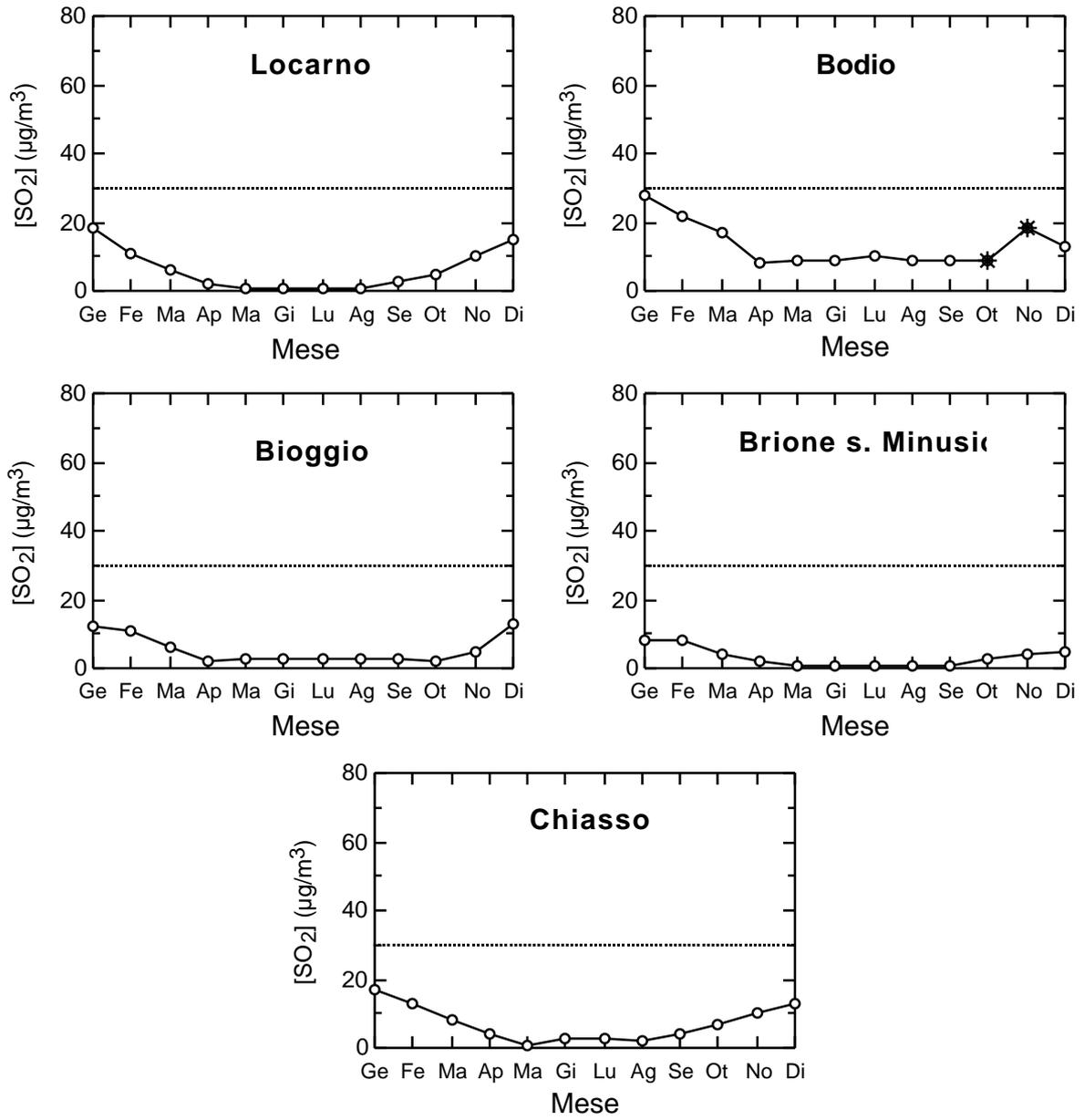


Figura A2.1: Diossido di zolfo (SO_2); medie mensili (2000)

..... : Limite OIAt per la media annua ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

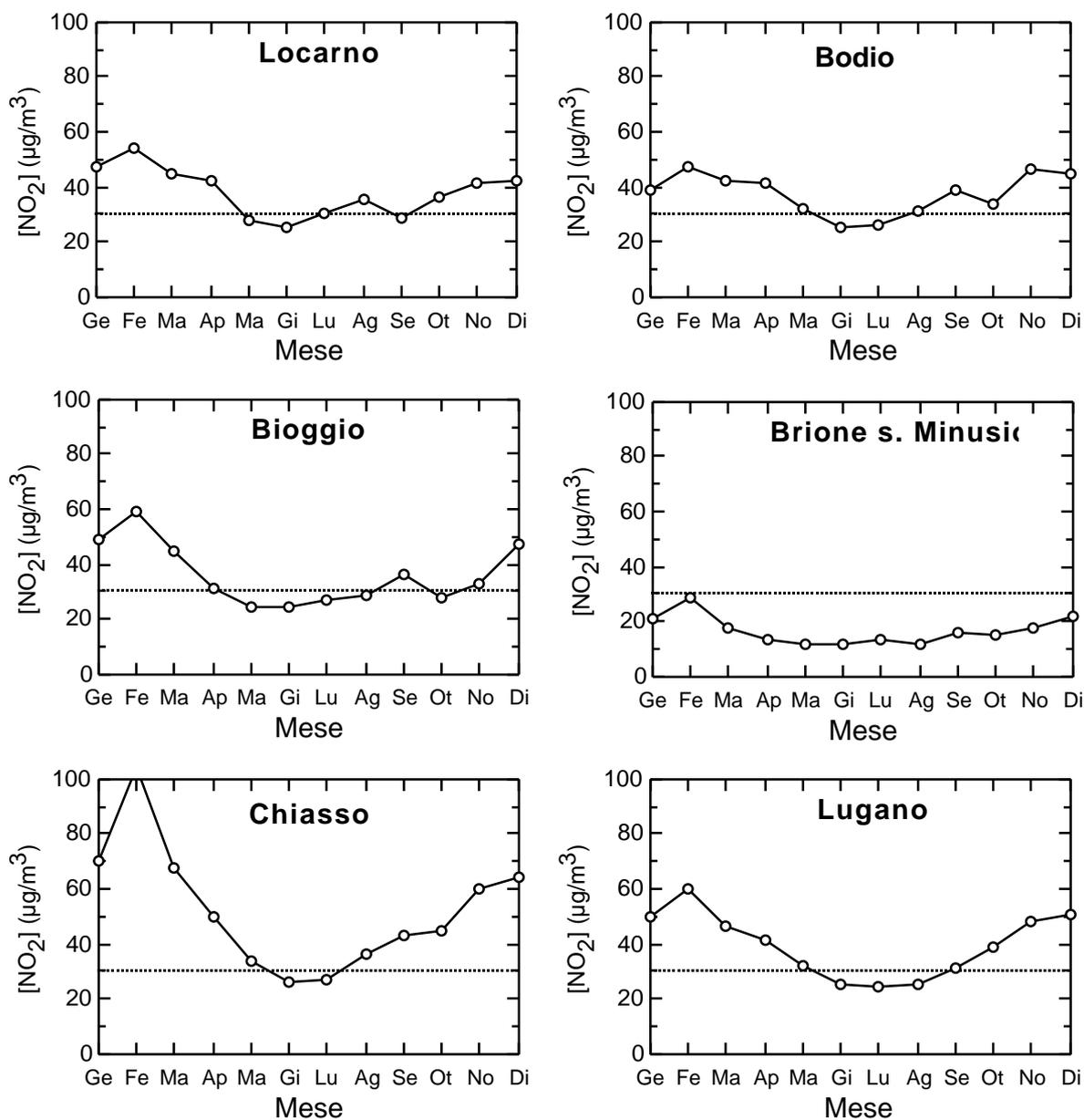


Figura A2.2: Diossido d'azoto (NO_2); medie mensili (2000)

Limite OIAt per la media su un'ora: $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$

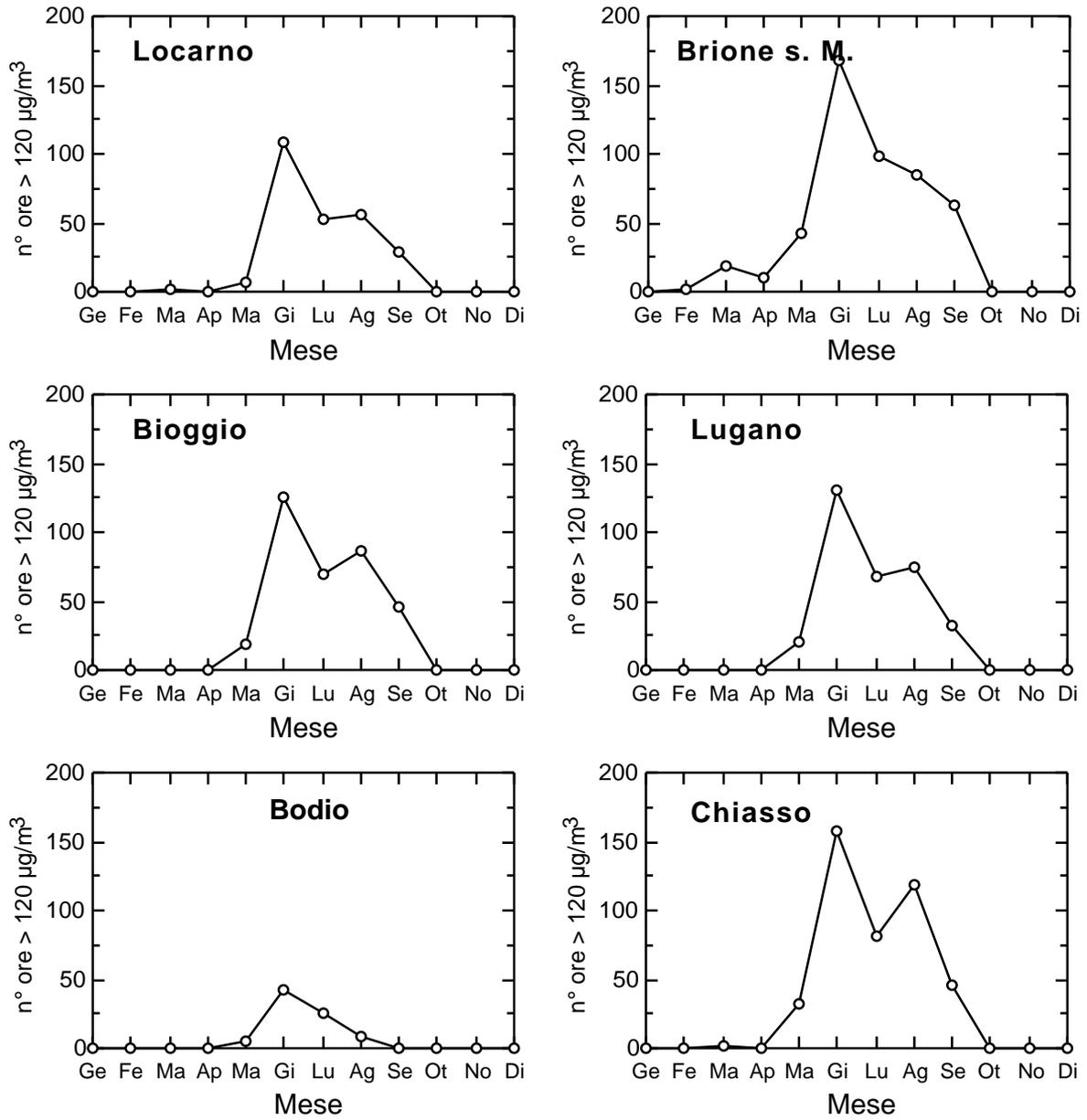


Figura A2.3: Ozono (O_3); n° di superamenti mensili del limite OIAt (2000)

..... : Limite OIAt per il 98° percentile dei valori semiorari di un mese ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

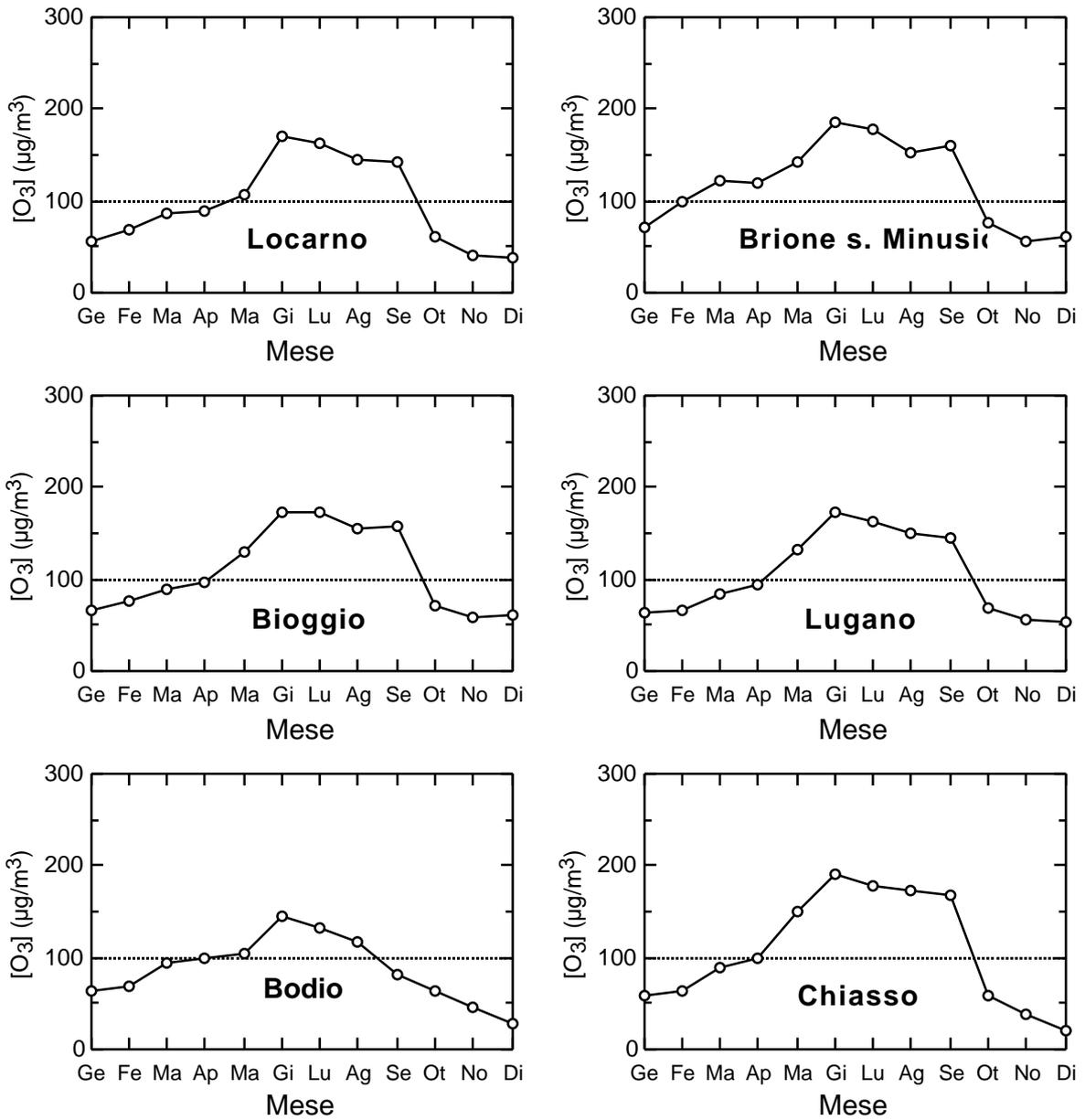


Figura A2.4: Ozono (O_3); 98° percentile mensili (2000)

..... : Limite OIAt per la media giornaliera massima (8 mg/m³)

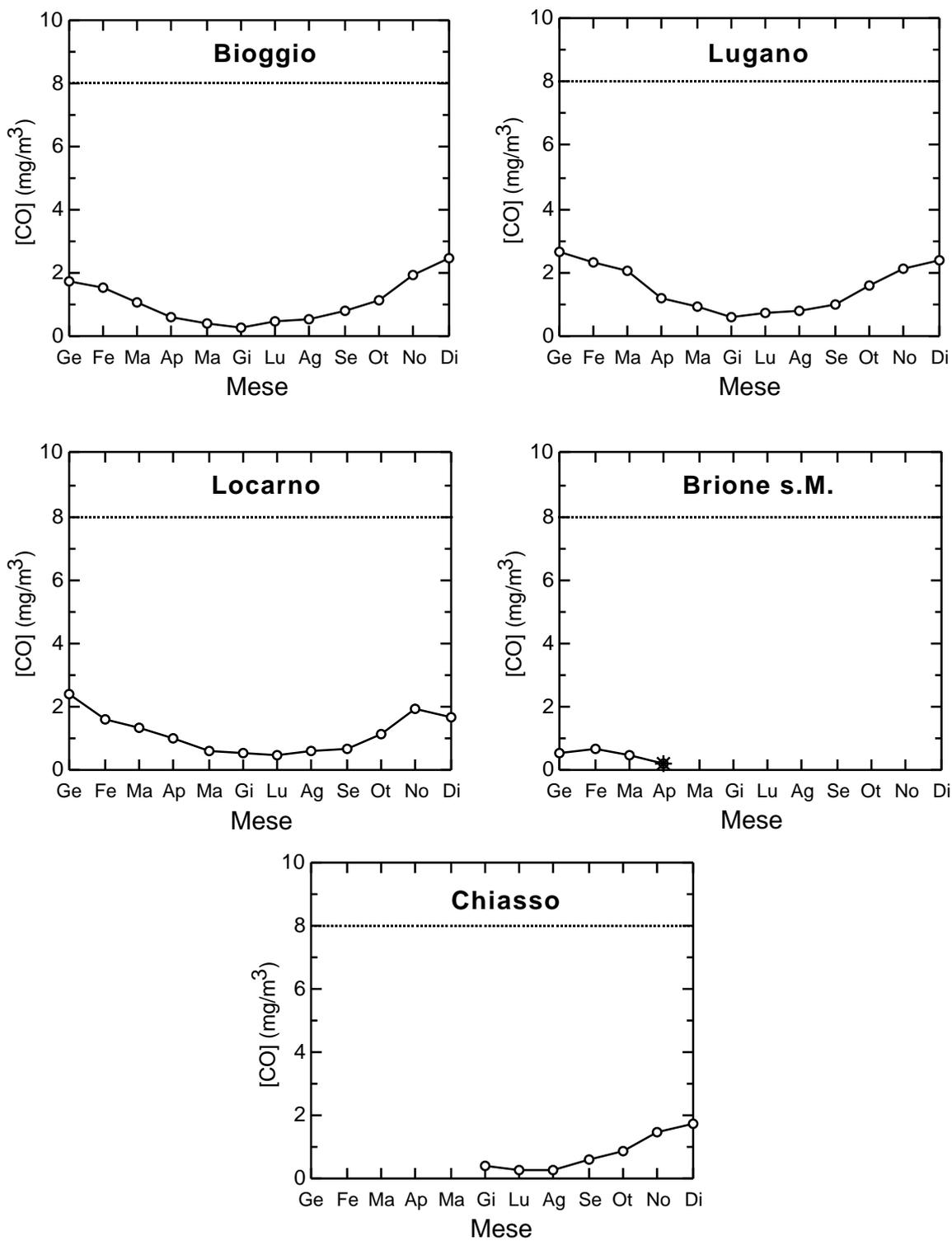


Figura A2.5: Monossido di carbonio (CO); medie giornaliere massime (2000)

Risultati delle analisi con metodi passivi

a. Misure con i campionatori passivi di diossido d'azoto

Le medie annuali di diossido d'azoto rilevate a partire dal 1989, con la tecnica del rilevamento passivo, in diversi *comuni del Cantone* sono riportate nelle tabelle A3.1-A3.4, raggruppate per distretto e comune.

La tabella A3.5 riporta i punti di misura della campagna del *Pian Scairolo*, campagna che è attiva dal 1998.

Nella tabella A3.6 sono da ultimo riportati una serie di campagne speciali:

Profili lungo l'autostrada: è una campagna costituita da 8 punti di misura a Moleno, a diverse distanze rispetto all'autostrada A2. Ai due lati dell'autostrada sono posti 4 punti di misura distanti rispettivamente 0, 50, 100 e 150 metri.

Lugano FFS: questa campagna è costituita da tre punti di misura e ha lo scopo di valutare eventuali cambiamenti di immissione legati al progetto della nuova stazione FFS di Lugano.

b. Misure con i campionatori passivi di composti organici volatili

I composti organici volatili sono stati rilevati mediante un metodo di prelievo passivo in cinque punti del Cantone (vedi anche 1.6 composti organici volatili).

I campionatori sono stati esposti durante periodi di due settimane. Le analisi con gas cromatografo e spettrometro di massa sono state eseguite dalla ditta Carbotech di Basilea.

Le concentrazioni medie annue di 35 composti sono riportate nella tabella A3.7.

Luogo	coordinate	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00
Bellinzonese													
Bellinzona													
Al Portone	721.9/117.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	59	55	51
cast. Montebello	722.8/116.8	28	29	26	30	28	27	23	23	22	21	21	21
Via Vallone	722.7/118.3	44	47	45	48	44	43	39	35	36	38	36	34
Cadenazzo													
stazione FFS	716.2/112.3	59*	65	64	62	56	57	52	44	47	51	48	46
SFEA	715.4/113.2	28	32	31	32	28	27	25	22	23	23	23	22
Valle di Blenio													
Olivone													
Olivone paese	715.1/154.3	13*	13	14	13	13	13	12	10	11	11	11	11
Olivone monti	714.0/154.2	5*	5	6	5	5	6	5	6	4	4	5	4
Valle Leventina													
Airolo													
Airolo paese	690.1/153.7	35*	38	36	36	34	33	35	31	31	30	33	32
Airolo monti	689.5/153.9	17	18	18	17	16	16	16	16	14	15	14	15
Airolo FFS	689.4/153.6	33	36	34	33	32	35	32	27	29	33	31	29
Bodio													
casa comunale	713.4/137.3	41	46	42	44	41	42	37	33	33	34	32	35
parco	713.1/137.7	34	36	33	34	33	33	32	26	27	29	27	28
Locarnese													
Ascona													
via Locarno	703.1/113.4	34	33	32	32	30	30	27	26	25	25	25	25
Brissago													
via Leoncavallo	698.4/108.5	24*	26	26	27	22	19	22	20	19	22	18	17
Caviano													
casa comunale	702.7/107.1	15*	16	16	17	14	15	13	11	11	11	10	11
Dirinella	701.9/106.8	29*	30	29	26	21	22	20	17	16	17	15	16
Gerra V.													
Via Agarone	713.3/115.3	-	-	20	24	19	19	17	16	14	16	14	15
Gordola													
scuola media	710.1/114.5	35	37	36	37	29	32	29	27	27	28	27	25
Anacquaria	709.2/115.5	-	-	-	-	-	-	31	26	25	26	24	23
SSIC	710.2/114.2	-	-	-	-	-	-	32	27	34	34	28	31
Locarno													
casa comunale	704.8/114.1	50	49	47	48	45	45	38	36	36	38	36	32
san Jorio	703.8/113.5	30*	28	27	26	25	24	22	19	18	20	19	19
villa India	704.5/114.2	40	38	39	39	42	45	40	33	33	36	33	30
ISM Monti	704.1/114.4	27	28	28	29	26	28	27	21	20	23	20	20
Funicolare	705.0/114.3	-	-	-	-	-	-	31	26	26	29	25	25
Ospedale La Carità	104.4/113.9	-	-	-	-	-	-	36	32	32	35	32	33
Via Bastoria	703.3/113.8	-	-	-	-	-	-	30	25	26	28	26	26
Via Franzoni	703.9/113.9	-	-	-	-	-	-	38	36	36	40	37	33
Via Varenna	703.9/113.7	-	-	-	-	-	-	29	30	29	29	27	25
Vivaio	703.9/113.1	-	-	-	-	-	-	31	25	24	28	24	25
Magadino													
Ossigeno	711.5/112.4	-	-	29	45	27	26	23	20	21	22	21	20

Tabella A3.1: Misure con i campionatori passivi di diossido d'azoto ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Il limite OIAt per la media annua di diossido d'azoto è $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Luogo	coordinate	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00
Minusio													
Via S. Gottardo	706.1/114.8	65	65	69	68	63	63	55	50	47	52	47	48
Polizia	706.2/114.7	-	-	-	-	-	-	37	29	28	30	27	28
Via R. Simen	706.2/114.6	-	-	-	-	-	-	49	38	34	37	32	33
Sonogno													
casa comunale	703.6/134.0	7*	8	8	6	6	7	7	7	6	7	8	9
Tegna													
scuola mat.	700.9/115.9	-	27	27	25	22	22	21	19	18	22	16	16
Luganese													
Agno													
casa comunale	713.1/95.0	63	70	70	66	61	61	59	50	49	55	49	50
stazione FLP	713.3/94.9	47	51	49	49	45	45	43	38	40	41	37	43*
Astano													
Astano	706.8/96.7	-	11	12	12	11	11	13	15	13	14	13	-
Bedigliora													
Bedigliora	708.7/95.5	-	14	16	17	15	16	15	13	13	14	12	13
Bioggio													
casa comunale	713.8/97.0	-	35	36	37	32	32	31	29	27	29	25	26
Bosco													
Parco giochi	713.9/98.3	-	24	25	26	23	20	20	20	16	19	16	18
Canobbio													
stabile PTT	718.2/99.3	32*	35	37	37	34	36	32	28	26	29	28	27
Carona													
acquedotto	716.1/91.6	20*	22	23	25	20	21	19	18	17	18	15	16
Croglio													
Madonna del P.	708.2/93.8	30*	39	37	35	31	33	29	25	26	27	24	24
Lopagno													
Miera casa com	719.0/103.1	16*	19	20	28	17	18	17	16	14	16	14	14
Lugano													
Aldesago	719.4/96.3	32	32	33	37	29	33	29	26	24	27	25	24
Brè	720.5/96.5	16	16	18	17	13	15	13	14	12	12	11	11
lab. cant. igiene	717.8/96.4	47	47	45	48	43	45	42	37	37	39	35	36
ospedale civico	717.3/97.4	46	45	44	46	41	40	37	33	32	34	30	33
polizia com.	717.1/95.8	61	62	63	67	60	61	57	51	52	54	48	47
PTT Besso	716.8/96.0	77	79	80	80	71	73	68	61	61	64	58	56
stadio	717.9/98.1	44	46	45	46	40	44	39	34	34	40	36	35
UTC	717.2/95.8	70	72	77	73	66	68	64	56	57	35	57	57
Manno													
Azienda elettrica	714.9/98.5	53	52	58	52	49	44	38	42	43	45	40	41
Cairello	714.4/98.3	34	30	37	27	29	27	23	22	24	30	23	22
Massagno													
chiesa S. Lucia	716.5/96.8	54	55	53	54	49	49	46	39	40	41	38	37
Muzzano													
Muzzano	715.0/95.1	-	36	37	37	33	34	30	26	27	26	21	22
Paradiso													
scuole element.	716.85/94.3	-	-	62	60	53	57	52	43	47	47	44	44

Tabella A3.2: Misure con i campionatori passivi di diossido d'azoto ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Il limite OIAt per la media annua di diossido d'azoto è $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Luogo	coordinate	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00
Ponte Tresa													
stazione	710.3/92.0	41	45	44	45	38	38	43	38	40	38	35	34
dogana	710.1/91.6	57	61	60	61	54	54	52	46	45	45	43	40
Sorengo													
Sorengo	716.1/95.2	-	51	43	51	40	41	38	35	34	34	32	30
Taverne													
piazza coop		-	-	44	47	43	43	41	35	35	36	34	36
Vezia													
Afer	715.7/98.1	-	53	50	52	46	46	42	39	39	41	37	35
Campagnora	715.2/98.2	-	52	51	44	43	44	38	34	36	38	33	43*
San Martino	716.3/97.9	-	32	33	34	29	31	28	-	25	25	22	24
Mendrisiotto													
Balerna													
casa comunale	721.9/78.6	52*	56	54	55	49	48	47	39	39	38	40	37
via Franscini	722.1/78.7	38*	42	41	42	37	37	33	33	29	32	30	30
Capolago													
casa comunale	719.6/84.3	-	72	71	67	61	61	60	51	55	51	51	47
cimitero	719.4/84.4	-	53	52	54	48	50	47	41	41	43	38	40
Chiasso													
polizia cant.	723.9/76.9	63	66	67	67	56	57	54	48	49	49	52	44
S. Stefano	721.6/76.6	40*	32	30	36	30	30	27	24	23	25	23	23
stadio	722.5/77.0	40	42	42	43	37	39	35	37	30	30	28	28
viale Galli	723.4/77.6	89	94	98	89	83	87	80	72	70	68	69	63
Coldrerio													
Coldrerio	720.3/79.5	-	67	69	66	58	58	55	47	50	48	48	46
Ligornetto													
Ligornetto	718.4/80.6	-	41	42	43	36	33	34	32	29	34	35	34
Mendrisio													
Brech	719.6/81.4	51*	55	55	56	49	46	49	41	42	43	41	43
stazione FFS	719.7/80.9	64	68	65	66	57	58	48	46	49	48	47	46
scuole	720.0/80.5	39*	42	39	45	41	39	38	32	31	30	32	31
Morbio Inf.													
Morbio Inf.	722.7/79.2	40*	36	38	41	35	34	32	28	30	28	27	26
Novazzano													
casa comunale	719.9/77.9	38*	46	44	47	41	41	39	33	33	35	32	32
Pobia	720.9/78	-	34	41	42	36	35	33	32	29	32	27	29
Riva S. Vitale													
scuole	719.0/84.6	-	43	46	44	40	39	36	31	31	29	29	31
Sagno													
Zona Villette	724.6/79.5	19	19	21	21	17	17	17	15	13	15	14	13

Tabella A3.3: Misure con i campionatori passivi di diossido d'azoto ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Il limite OIAt per la media annua di diossido d'azoto è $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Luogo	coordinate	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00
Stabio													
via Monticello	716.1/79.3	35	33	34	34	34	25*	26	23	25	25	23	23
PTT	716.4/78.8	42	41	43	41	38	35*	37	32	32	35	29	32
via Falcette	716.9/78.9	40*	44	44	45	43	36*	30*	31	33	33	34	32
Riviera													
Biasca													
asilo	717.5/136.1	25*	26	26	27	25	25	23	20	20	20	18	20
casa comunale	717.9/135.5	44*	48	49	47	43	42	37	35	36	34	30	30
industrie	717.8/134.3	43*	49	47	47	40	44	41	36	37	38	35	37
Valle Maggia													
Cevio													
ospedale	689.8/131.3	8	9	9	9	9	9	7	9	6	7	6	7

Tabella A3.4: Misure con i campionatori passivi di diossido d'azoto ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Il limite OIAt per la media annua di diossido d'azoto è $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Luogo	coordinate	Ge	Fe	Ma	Ap	Ma	Gi	Lu	Ag	Se	Oc	No	Di	00
Pian Scairolo														
Montagnola														
Ronchirolo	715.1/92.4	40	44	30	23	17	14	18	17	22	24	31	33	26
IKEA	715.2/92.4	43	48	33	25	19	20	19	16	23	30	36	38	29
Grancia														
Garage Peugeot	715.4/92.6	50	55	47	45		33	34	36	42	40	46	47	43
Mag. Garzoni	715.5/92.4	62	70	68	65	67	73	66	61	66	51	55	47	63

Tabella A3.5: Misure con i campionatori passivi di diossido d'azoto ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Il limite OIAt per la media annua di diossido d'azoto è $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Luogo	coordinate	Ge	Fe	Ma	Ap	Ma	Gi	Lu	Ag	Se	Oc	No	Di	00
Campagne speciali														
Profili autostrada A2														
Moleno A (150 m)	720.7/125.6	33	39	33	26	20	7	14	16	23	21	30	34	25
Moleno B (100 m)	720.6/125.6	40	40	34	31	23	22	22	24	27	22	32	36	30
Moleno C (50 m)	720.6/125.5	33	40	35	33	26	23	19	24	28	28	34	35	30
Moleno D (0 m)	720.5/125.5	51	56	47	52	42		36	41	47	35	47	48	46
Moleno E (0 m)	720.5/125.5	38	44	39	37	29	18	20	17	29	25	38	39	31
Moleno F (50 m)	720.5/125.5	34	41	37	34		30	25	26	28	23	36	38	32
Moleno G (100 m)	720.4/125.4	35	39	28	32	21	19	25		26	23	34	35	29
Moleno H (150 m)	720.4/125.4	35	40	27	31	18	19	14		23	22	32	36	27
Lugano FFS														
Loreto	716.7/95.4	48	54	47	40	33	25	29	28	36	35	41	41	38
Lugano FFS	716.8/96.3	54	66	54	52	45	35	33	38	51	46	46	55	48
Lugano FFS	716.8/95.8	50	58	44	39	30	22	24	28	35	35	44	44	38

Tabella A3.6 : Misure con i campionatori passivi di diossido d'azoto ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Il limite OIAt per la media annua di diossido d'azoto è $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Per i profili lungo l'autostrada A2 il numero in parentesi indica la distanza in metri dall'autostrada A2.

Sostanza	Stabio		Morbio inf.		Lugano		Vezia		Locarno	
	µg/m3	ppb	µg/m3	ppb	µg/m3	ppb	µg/m3	ppb	µg/m3	ppb
Benzolo	1.91	0.60	2.67	0.84	2.73	0.86	1.98	0.63	3.44	1.10
Toluolo	30.24	8.10	10.65	2.85	10.50	2.81	7.44	1.99	14.54	3.90
Etilbenzolo	1.22	0.28	1.84	0.43	1.92	0.45	1.22	0.28	2.46	0.57
m/p-Xilolo	3.92	0.91	5.78	1.35	6.13	1.43	3.80	0.89	7.95	1.85
o-Xilolo	1.51	0.35	2.20	0.51	2.38	0.55	1.43	0.33	2.99	0.70
Stirololo	0.55	0.13	0.26	0.06	0.24	0.06	0.15	0.04	0.30	0.07
Isopropilbenzolo	0.12	0.02	0.15	0.03	0.15	0.03	0.11	0.02	0.17	0.03
n-Propilbenzolo	0.45	0.09	0.51	0.10	0.54	0.11	0.34	0.07	0.66	0.14
m/p- Etiltoluolo	1.75	0.36	1.99	0.41	2.17	0.44	1.28	0.26	2.89	0.59
1,3,5-Trimetilbenzolo	0.60	0.12	0.60	0.12	0.69	0.14	0.39	0.08	0.92	0.19
o-Etiltoluolo	0.55	0.11	0.52	0.11	0.56	0.11	0.34	0.07	0.73	0.15
1,2,4-Trimetilbenzolo	2.88	0.59	2.22	0.46	2.51	0.51	1.45	0.30	3.19	0.65
1,2,3-Trimetilbenzolo	1.02	0.21	0.50	0.10	0.55	0.11	0.33	0.07	0.70	0.14
Isooctano	0.54	0.12	1.02	0.22	1.11	0.24	0.56	0.12	1.67	0.36
n-Eptano	1.10	0.27	0.87	0.21	0.89	0.22	1.01	0.25	1.45	0.36
n-Octano	0.37	0.08	0.39	0.08	0.37	0.08	0.27	0.06	0.73	0.16
n-Nonano	0.60	0.12	0.39	0.07	0.36	0.07	0.32	0.06	0.45	0.09
n-Decano	0.66	0.11	0.51	0.09	0.49	0.09	0.47	0.08	0.57	0.10
Undecano	0.47	0.07	0.44	0.07	0.47	0.07	0.50	0.08	0.51	0.08
a-Pinene	0.37	0.07	0.41	0.07	0.25	0.05	0.42	0.08	0.26	0.05
Canfene	0.02	0.00	0.03	0.01	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00
b-Pinene	0.07	0.01	0.11	0.02	0.05	0.01	0.08	0.01	0.05	0.01
3-Carene	0.05	0.01	0.10	0.02	0.02	0.00	0.05	0.01	0.02	0.00
Limonene	13.96	2.53	0.40	0.07	0.58	0.10	0.33	0.06	0.32	0.06
1,1,1-Tricloroetano	0.17	0.03	0.23	0.04	0.22	0.04	0.18	0.03	0.21	0.04
Triclorometan	0.04	0.01	0.05	0.01	0.06	0.01	0.04	0.01	0.04	0.01
Tetraclorometano	0.47	0.08	0.50	0.08	0.50	0.08	0.47	0.08	0.50	0.08
Tricloroetilene	0.56	0.11	0.70	0.13	1.43	0.27	8.11	1.52	0.31	0.06
Tetracloroetilene	0.75	0.11	0.99	0.15	0.85	0.13	1.97	0.29	0.59	0.09
1,1,2-Tricloroetano	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Clorobenzolo	0.04	0.01	0.03	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
1,1,2,2-Tetracloroetano	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1,3-Diclorobenzolo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1,4-Diclorobenzolo	0.08	0.01	0.11	0.02	0.15	0.03	0.08	0.01	0.13	0.02
1,2-Diclorobenzolo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Aromatici	46.73	11.90	29.91	7.38	31.03	7.63	20.25	5.03	40.95	10.09
Alcani	3.75	0.77	3.62	0.75	3.67	0.77	3.13	2.77	5.39	1.14
Monoterpeni	14.46	2.62	1.05	0.19	0.90	0.17	0.91	0.16	0.67	0.12
Clorurati	2.11	0.35	2.61	0.44	3.21	0.56	10.88	1.95	1.79	0.30

Tabella A3.7: Misure con i campionatori passivi di composti organici volatili per il 2000. I 35 VOC sono raggruppati in 4 classi: aromatici (giallo), alcani (viola), monoterpeni (verde) e clorurati (grigio).

ALLEGATO IV

Limiti d'immissione (Allegato 7 dell'OIAI)

Sostanza nociva	Valore limite	Definizione statistica
Diossido di zolfo (SO ₂)	30 µg/m ³	Valore annuo medio (media aritmetica)
	100 µg/m ³	95% dei valori medi su 1/2 h di un anno 100 µg/m ³
	100 µg/m ³	Valore medio su 24 h; può essere superato al massimo 1 volta all'anno
Diossido di azoto (NO ₂)	30 µg/m ³	Valore annuo medio (media aritmetica)
	100 µg/m ³	95% dei valori medi su 1/2 h di un anno 100 µg/m ³
	80 µg/m ³	Valore medio su 24 h; può essere superato al massimo 1 volta all'anno
Monossido di carbonio (CO)	8 mg/m ³	Valore medio su 24 h; può essere superato al massimo 1 volta all'anno
Ozono (O ₃)	100 µg/m ³	98% dei valori medi su 1/2 h di un mese 100 µg/m ³
	120 µg/m ³	Valore medio su 1 h; può essere superato al massimo 1 volta all'anno
Polveri fini (PM10)	20 µg/m ³	Valore annuo medio (media aritmetica)
	50 µg/m ³	Valore medio su 24 h; può essere superato al massimo 1 volta all'anno
Piombo (Pb) nelle polveri fini	500 ng/m ³	Valore annuo medio (media aritmetica)
Cadmio (Cd) nelle polveri fini	1.5 ng/m ³	Valore annuo medio (media aritmetica)
Ricaduta polvere in totale	200 mg/m ² × d	Valore annuo medio (media aritmetica)
Piombo (Pb) nella ricaduta di polvere	100 µg/m ² × d	Valore annuo medio (media aritmetica)
Cadmio (Cd) nella ricaduta di polvere	2 µg/m ² × d	Valore annuo medio (media aritmetica)
Zinco (Zn) nella ricaduta di polvere	100 µg/m ² × d	Valore annuo medio (media aritmetica)
Talio (Tl) nella ricaduta di polvere	2 µg/m ² × d	Valore annuo medio (media aritmetica)

Osservazioni: mg = milligrammo; 1 mg = 0.001 g
 µg = microgrammo; 1 µg = 0.001 mg
 ng = nanogrammo; 1 ng = 0.001 µg
 Il segno “ ” significa “minore o uguale”

ALLEGATO V

Definizioni ed abbreviazioni

Emissione	Produzione di inquinanti per mezzo di impianti stazionari o mobili
Immissione	Concentrazione degli agenti inquinanti nell'aria; effetti di questi inquinanti sulle persone, gli animali, la vegetazione e gli edifici
OIAt	Ordinanza contro l'inquinamento atmosferico del 16 dicembre 1985 (aggiornata al 1° febbraio 1992)
SO₂	Diossido di zolfo (anidride solforosa)
NO	Monossido d'azoto
NO₂	Diossido d'azoto
NO_x	Ossidi d'azoto (NO + NO ₂)
CO	Monossido di carbonio
O₃	Ozono
VOC	Composti organici volatili (chiamati, in passato, impropriamente idrocarburi)
PAH	Idrocarburi policiclici aromatici
PM10	Polveri "fini" (inalabili) con diametro inferiore a 10 µm (0.01 mm)
Pb	Piombo
Cd	Cadmio
Zn	Zinco

ALLEGATO VI

Unità di misura e concetti usati per descrivere l'inquinamento atmosferico

ng/m ³	=	nanogrammo/metrocubo
µg/m ³	=	microgrammo/metrocubo (1 µg/m ³ = 1000 ng/m ³)
mg/m ³	=	milligrammo/metrocubo (1 mg/m ³ = 1000 µg/m ³)
ppm	=	parti per milione
ppb	=	parti per bilione
µg/m ² × d	=	microgrammo/metroquadrato al giorno
mg/m ² × d	=	milligrammo/metroquadrato al giorno (1 mg/m ² × d = 1000 µg/m ² × d)

valore o media semioraria: concentrazione media di una sostanza misurata durante 30 minuti. È la grandezza di base per il calcolo di tutti gli altri valori.

media sulle 24 ore o media giornaliera: media aritmetica dei valori semiorari di una giornata; nel presente lavoro, se per una giornata sono disponibili meno di 36 valori semiorari, si rinuncia al calcolo del valore medio giornaliero.

media annua: media aritmetica di tutti i valori semiorari misurati durante l'anno.

95° percentile:
(valido per NO₂ e SO₂) secondo l'OIAAt il 95 % di tutti i valori semiorari misurati in una località durante 1 anno devono essere inferiori al limite indicato; 5 % dei valori semiorari possono essere superiori al limite. In un anno ci sono 17520 semiore; il 5 % corrisponde a 876 semiore.

98° percentile:
(valido per O₃) Secondo l'OIAAt il 98 % di tutti i valori semiorari misurati in una località durante 1 mese devono essere inferiori al limite indicato; 2 % dei valori semiorari possono essere superiori al limite. In 1 mese ci sono 1440 semiore; il 2 % corrisponde a 29 semiore.

ALLEGATO VII

Fattori di conversione

Sostanza	Massa molare (g)	Fattore di conversione da $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a ppb	Fattore di conversione da ppb a $\mu\text{g}/\text{m}^3$
SO ₂	64.06	0.385	2.597
NO	30.01	0.822	1.217
NO ₂	46.01	0.536	1.866
CO	28.01	0.881	1.135
O ₃	48.00	0.514	1.946
VOC			
Benzolo	78.11	0.316	3.165
Toluolo	92.14	0.268	3.731
Etilbenzolo	106.17	0.233	4.292
m/p-Xilolo	106.17	0.233	4.292
o-Xilolo	106.17	0.233	4.292
Stirola	104.15	0.237	4.219
Isopropilbenzolo	120.19	0.205	4.878
n-Propilbenzolo	120.19	0.205	4.878
m/p- Etiltoluolo	120.19	0.205	4.878
o- Etiltoluolo	120.19	0.205	4.878
1,3,5-Trimetilbenzolo	120.19	0.205	4.878
1,2,4-Trimetilbenzolo	120.19	0.205	4.878
1,2,3-Trimetilbenzolo	120.19	0.205	4.878
n-Eptano	100.20	0.246	4.065
Isocetano	114.23	0.216	4.630
n-Octano	114.23	0.216	4.630
n-Nonano	128.26	0.192	5.208
n-Decano	142.28	0.174	5.747
Undecano	156.31	0.158	6.329
a-Pinene	136.24	0.181	5.525
b-Pinene	136.24	0.181	5.525
Canfene	136.24	0.181	5.525
3-Carene	136.24	0.181	5.525
Limonene	136.24	0.181	5.525
1,1,1-Tricloroetano	133.41	0.185	5.405
1,1,2- Tricloroetano	133.41	0.185	5.405
Triclorometano	119.38	0.207	4.831
Tetraclorometano	153.82	0.161	6.211
Tricloroetilene	131.39	0.188	5.319
Tetracloroetilene	165.83	0.149	6.711
Clorobenzolo	112.56	0.219	4.566
1,1,2,2-Tetracloroetano	165.83	0.147	6.803
1,3-Diclorobenzolo	147.00	0.168	5.952
1,4- Diclorobenzolo	147.00	0.168	5.952
1,2- Diclorobenzolo	147.00	0.168	5.952

Tutti i fattori di conversione sono calcolati a 9°C e 950 mbar.

Bibliografia

- [1] Sezione Protezione Aria e Acqua, Ufficio Protezione dell'Aria (1998): Analisi della qualità dell'aria 1997, Settembre 1998.
- [2] NO₂-Immissionen im Kanton Solothurn 1995-2010, Schlussbericht Meteotest 9.06.2000.
- [3] Immissions de NO₂ en Suisse de 1990 à 2010, Cahier n. 289, BUWAL 1997.
- [4] UFAFP (1990): Raccomandazioni sulle misure degli inquinanti atmosferici, 15 gennaio 1990.
- [5] BUWAL (1999): PM10 - Vergleichsmessungen, August 1999, INFRAS.
- [6] Sezione Protezione Aria e Acqua, Ufficio Protezione dell'Aria (1994): Analisi della qualità dell'aria 1993, Settembre 1994.

Autori e ringraziamenti

Le analisi della qualità dell'aria e la redazione del rapporto sono state curate da:

Angelo Bernasconi
Mario Camani
Caroline Camponovo
Valerio Fumagalli
Michele Politta
Christian Poncini.

Gli autori sono grati al dott. Prelati della TIMCAL di Bodio per aver messo a disposizione le misure del diossido di zolfo.

Un grazie particolare va pure ai collaboratori dell'Istituto consulente per la fisica e l'energia della costruzione, dell'EcoControl e dello studio di ingegneria Brugnoli e Gottardi, per il loro prezioso contributo nell'ambito dell'elaborazione delle mappe di esposizione.

Si ringraziano inoltre i privati, gli enti e in particolare le autorità comunali che hanno fornito il loro prezioso contributo allo svolgimento delle indagini.

UFFICIO PROTEZIONE DELL'ARIA