

ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LUCCA

55100 LUCCA Via A. Vallisneri, 6 - Tel. 0583 958711 Fax 0583 958720

P.I. e C.F.: 04686190481

QUALITA' DELL'ARIA NEL COMUNE DI LUCCA

ANNO 2001 E CONFRONTO CON GLI ANNI PRECEDENTI

Ing. Antonio Natale

Il Responsabile
U.O. Tutela della Qualità dell'Aria
Dr. Luciano Scarselli



Relazione sulla qualità dell'aria del comune di Lucca anno 2001 e confronto con gli anni precedenti

Premessa

La valutazione dello stato della qualità dell'aria del Comune di Lucca, redatta secondo le indicazioni previste nell'allegato 1 del Decreto 21 aprile 1999, n.163, viene effettuata utilizzando:

- i dati ottenuti dalle stazioni della rete di monitoraggio dell'inquinamento atmosferico ubicate nel territorio del Comune e dalle campagne di rilevamento effettuate con il laboratorio mobile
- i dati elaborati per la redazione del catasto delle emissioni (redatto con riferimento all'anno 1998) dell'Amministrazione Provinciale di Lucca.

Valutazione delle principali fonti di emissione di inquinanti aeriformi cittadine

La valutazione delle emissioni di inquinanti aeriformi cittadine ha, come anno di riferimento, il 1998.

Pur essendovi una differenza temporale non indifferente rispetto al 2001 quale anno di stima delle emissioni, va preso atto che le elaborazioni sono molto complesse e richiedono la disponibilità di grandi quantità di dati reperibili in gran parte solo molto tempo dopo l'anno di riferimento scelto. Questo è uno dei principali motivi per cui i catasti delle emissioni, oltre ad essere realizzati in Italia da un numero molto ridotto di amministrazioni pubbliche, vengono stilati con ritardo rispetto all'anno di riferimento (quello cui fa riferimento questo lavoro è uno dei più recenti disponibili in Italia). I dati riportati possono però essere considerati, con le opportune precauzioni, come significativi per gli scopi di questa valutazione.

Note metodologiche

Le emissioni di inquinanti rilasciate in atmosfera sono ottenibili in via generale attraverso due tipologie di valutazione:

- Analisi diretta: mediante la misura delle emissioni
- Analisi indiretta: ottenibile dal prodotto di un fattore di emissione per un indicatore di sorgente opportunamente individuato per ciascuna fonte emissiva

Pertanto la raccolta delle informazioni di base necessarie per questa tipologia di valutazioni ha come oggetto essenzialmente o dati emissivi propriamente detti (ad esempio il monitoraggio in continuo di un camino industriale permette di valutare esattamente le quantità di inquinanti

emessi) o parametri statistici che possano essere assunti come indicatori di sorgente. Data la carenza di sufficienti dati sperimentali, la via da seguire per la redazione di tali elaborazioni è quella di ricorrere, nella maggior parte dei casi, agli indicatori di sorgente.

Gli indicatori di sorgente sono grandezze riferibili a caratteristiche proprie delle attività fonte di emissioni di inquinanti e che possono essere correlate alla quantità di inquinanti emessi in aria (ad esempio la quantità e tipologia di combustibile bruciato in un impianto termico). A tali indicatori vengono poi associati opportuni fattori di emissione che legano le quantità di inquinanti emessi con le attività che li hanno prodotti.

La determinazione quantitativa delle emissioni viene pertanto ricondotta, a partire da una opportuna scelta dei fattori di emissione, all'acquisizione di dati relativi alle attività fonte di inquinamento atmosferico presenti sul territorio e relazionati poi a tali fattori.

Le elaborazioni di questi dati sono effettuate partendo da una valutazione complessiva delle singole tipologie di emissioni sull'intero territorio provinciale (relativamente al quale sono in genere disponibili dati ben più precisi e numerosi che per le singole località) e disaggregando poi i dati ottenuti su base comunale utilizzando caso per caso i fattori di ripartizione ritenuti più adatti. Tutte le valutazioni sono state effettuate partendo dalle indicazioni emanate in materia dell'Agenzia Europea per l'Ambiente opportunamente modificate per renderle più aderenti alla realtà provinciale.

Dal catasto delle emissioni è emerso che le fonti maggiormente rilevanti per il territorio comunale di Lucca sono risultate le seguenti tipologie di attività:

- a) Traffico veicolare
- b) Processi di combustione per usi civili
- c) Processi di combustione nell'industria
- d) Emissioni dovute all'evaporazione di solventi (sia per usi civili che industriali ed artigianali)
- e) Emissioni del sistema distributivo di carburanti

Di seguito si riportano i risultati delle elaborazioni per ciascuna delle tipologie di attività sopra elencate.

EMISSIONI DA TRAFFICO VEICOLARE

Il traffico veicolare rappresenta una fonte di inquinamento delle aree urbane particolarmente rilevante.

Gli autoveicoli sono infatti causa di inquinamento sia di tipo chimico (emissione di gas di combustione) che fisico (rumore). Dalla polverizzazione dell'asfalto, dall'usura dei pneumatici

e dei freni delle vetture, dai tubi di scappamento dei motori proviene una vasta gamma di sostanze dannose per la salute umana. Le entità di queste emissioni sono collegabili principalmente al numero dei veicoli in circolazione, alle loro caratteristiche (tipologia di combustibile usato, efficienza del motore, ecc.) ed alle modalità di impiego.

L'effetto globale sugli organismi viventi è strettamente correlabile, oltre che alle quantità di inquinanti emessi, alle condizioni meteorologiche. Condizioni sfavorevoli ad una rapida dispersione degli inquinanti nell'atmosfera circostante i punti di emissione, tipiche dei mesi invernali, possono infatti provocare un accumulo di sostanze tossiche acutizzando i loro effetti negativi sull'ambiente. Tali effetti tendono a ridursi quando, al contrario, le condizioni meteorologiche diventano più favorevoli e tali da facilitare l'allontanamento delle sostanze inquinanti dalle zone di emissione.

L'incidenza del traffico sull'inquinamento complessivo di un'area urbana ha assunto nel corso degli anni una rilevanza sempre maggiore. Se da un lato infatti si sono notevolmente ridotte le emissioni di inquinanti dovute agli impianti di riscaldamento (grazie alla diffusione dell'uso del metano ed alla riduzione del tenore di zolfo nei combustibili liquidi in commercio) dall'altro si è assistito ad un aumento continuo del parco auto circolante con dirette conseguenze sulle quantità di inquinanti diffusi dai mezzi mobili che da molti anni sono divenuti quasi ovunque la fonte emissiva di inquinanti di gran lunga preponderante nelle aree urbane.

Tali problemi sono in parte ovviabili con la progressiva sostituzione del parco auto con nuove automobili dotate di marmitta catalitica. I benefici ottenibili con il loro uso, pur consistenti, sono però parzialmente limitati dal fatto che l'efficacia di tale dispositivo è strettamente legata ad una corretta manutenzione dell'autoveicolo. Inoltre le marmitte catalitiche hanno scarsa efficienza nella marcia a bassa temperatura, ossia nei primi 2-3 km di marcia. Tale limite rischia di diventare pesante qualora il mezzo venga utilizzato in percorsi brevi e spezzettati quali quelli tipici di un ambiente urbano.

Anche i motori diesel, pur caratterizzati in condizioni di perfetta efficienza da basse emissioni, presentano emissioni di particelle solide di notevole entità. Le emissioni complessive aumentano poi vertiginosamente quando, come spesso accade, il motore non è tenuto in condizioni di perfetta efficienza.

In generale le emissioni di inquinanti originati dal traffico veicolare sono dipendenti da una serie di parametri di cui i principali sono:

- a) il numero e l'età dei veicoli circolanti;
- b) le caratteristiche tecniche del parco mezzi circolante, quali ad esempio massa, resistenza aerodinamica e tipologia di carburante utilizzato;

- c) le caratteristiche dei propulsori utilizzati (rumorosità e quantità di inquinanti prodotti per unità di potenza sviluppata, presenza ed efficienza di dispositivi di controllo delle emissioni, tipologia ed efficienza dei motori, ecc.);
- d) le tipologie di percorso e le modalità di guida.

Molte delle stazioni della rete di monitoraggio sono ubicate in zone soggette ad elevati flussi veicolari ai quali può essere attribuita in larga misura la presenza di ossidi di azoto, monossido di carbonio ed idrocarburi non metanici. Anche la presenza di polveri, sia pure in misura non ancora quantificabile con precisione, risente comunque in misura sicuramente rilevante della presenza dei veicoli in transito. Le presenza di ciascuna di queste sostanze è quantitativamente dipendente, oltre che dal numero di veicoli transitanti, dalla tipologia degli stessi, dalle modalità di scorrimento del traffico e dalle condizioni meteorologiche. Questo perché diverse le composizioni dei gas di scarico in funzione del tipo di veicolo e del regime di marcia e diversa è pure l'influenza dei parametri meteorologici sui meccanismi di rimozione delle varie tipologie di inquinante.

Di seguito sono riportati il numero di passaggi giornalieri, valutati come media di ciascun mese, rilevate nelle stazioni di monitoraggio attrezzate per i rilevamenti riguardanti il traffico veicolare nel periodo compreso tra il 1995 ed il 1998:

Media giornaliera, valutata su base mensile, del numero di passaggi di veicoli nelle stazioni di monitoraggio

Stazione mese	Ponte a Moriano		Lucca p.zza S. Michele			
	1995	1996	1995	1996	1997	1998
gennaio	14600	10800	12800	11900	nd	11300
febbraio	15400	10500	13200	13800	nd	11400
marzo	15888	11200	13600	12800	nd	11400
aprile	14800	11300	13100	12300	nd	11400
maggio	14900	nd	13800	11400	nd	11300
giugno	15600	nd	13400	ns	nd	11000
luglio	14500	nd	11300	9600	9400	9600
agosto	12600	nd	9800	nd	8700	8100
settembre	13700	nd	12500	nd	11600	11000
ottobre	12100	nd	11700	nd	11800	11800
novembre	6900	nd	12900	nd	11700	11400
dicembre	8000	nd	12600	nd	11600	11100

Media giornaliera, valutata su base mensile, del numero di passaggi di veicoli nelle stazioni di monitoraggio

Note : il sensore del traffico di Ponte a Moriano è stato disattivato nell'aprile 1996, la stazione di monitoraggio di Lucca S. Michele è rimasta fuori servizio per lavori di manutenzione nel periodo agosto 1996 - luglio 1997

Stazione mese	Lucca v.le Carducci				Lucca v.le Castracani	
	1995	1996	1997	1998	1997	1998
gennaio	33300	28000	27300	nd	12900	13100
febbraio	33600	28700	28600	nd	13300	13100
marzo	34500	29400	29300	nd	13600	13400
aprile	34152	29600	29200	nd	14200	13800
maggio	35100	30400	29300	29800	13900	13800
giugno	35700	28100	nd	29600*	13700	13200
luglio	33100	28700	nd	29000*	12900	13100
agosto	30300	25800	nd	26700*	11800	11300
settembre	32700	30500	nd	29700*	13400	14000
ottobre	28900	29300	nd	29400*	13700	13900
novembre	29600	29100	nd	29100*	13700	13700
dicembre	28400	27600	nd	29200*	13600	13600

* valore stimato

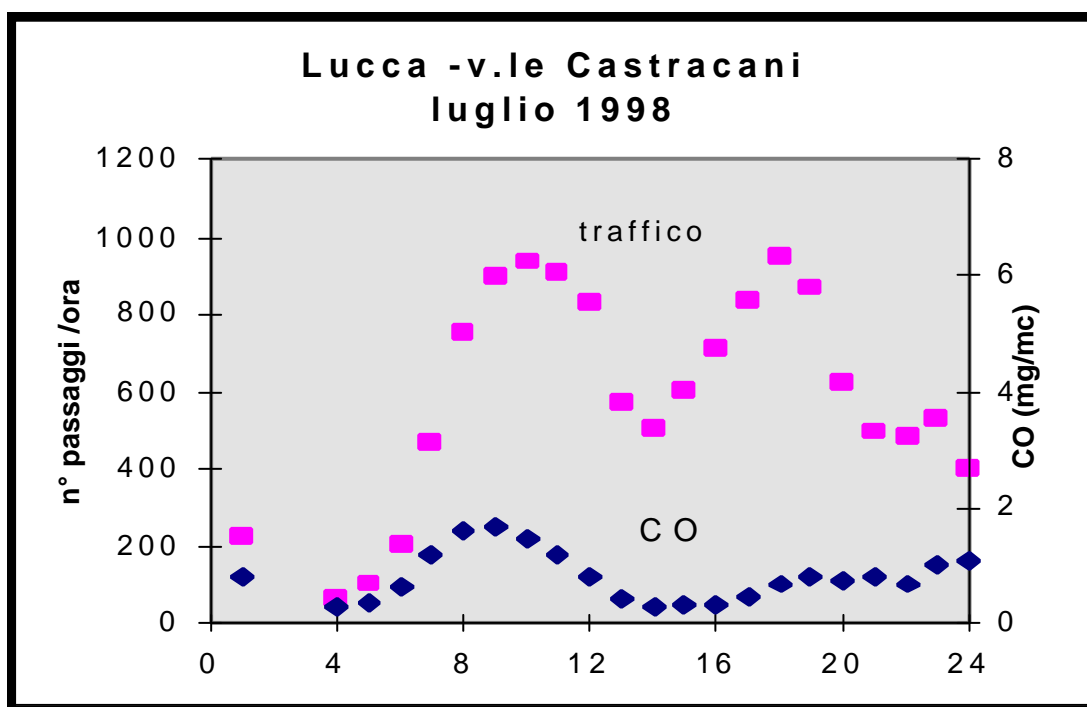
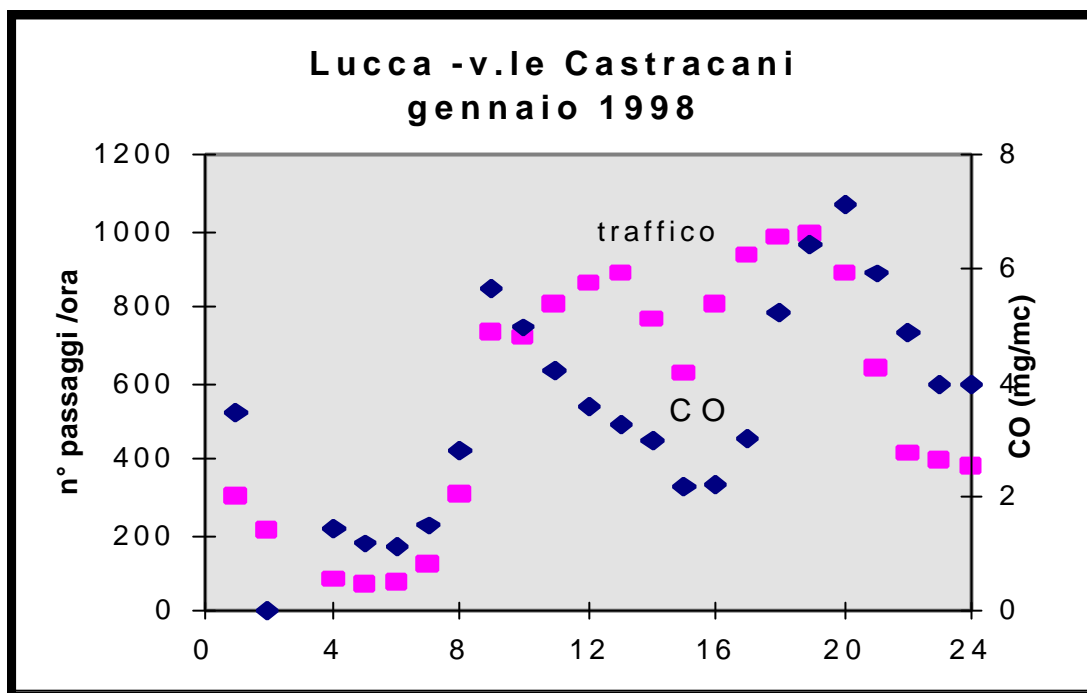
I dati riportati non necessitano di particolari commenti essendo piuttosto semplici da analizzare. E' comunque opportuno evidenziare come per la stazione di Ponte a Moriano si sia registrato un brusco calo di passaggi a partire dall'inverno 1996 attribuibile al divieto di transito imposto ai mezzi pesanti sulla via monitorata. Per questa stazione è importante sottolineare che i dati fanno riferimento ad una situazione ormai non più attuale della zona monitorata grazie all'apertura della variante che permette di evitare il passaggio dei mezzi diretti verso e dalla Garfagnana attraverso il centro abitato della frazione.

Per quanto riguarda gli andamenti orari dei flussi di traffico nei giorni lavorativi, in tutte le stazioni si è individuato un andamento periodico, come del resto era lecito aspettarsi, con dei valori di punta in tarda mattinata, primo pomeriggio e prima serata. Gli andamenti dei giorni festivi, pur mantenendo nel complesso dei flussi simili presentano invece la caratteristica di una relativa maggior omogeneità di valori.

Come già accennato, strettamente correlati al traffico sono, nelle aree urbane, i valori delle concentrazioni di alcuni inquinanti tipicamente contenuti nei gas di scarico degli autoveicoli (in particolare ossidi di azoto, monossido di carbonio ed idrocarburi non metanici).

I grafici seguenti riportano, a titolo di esempio e sotto forma di giorno tipo valutato su base mensile (con riferimento ai mesi di gennaio e luglio 1998), gli andamenti delle concentrazioni

di monossido di carbonio in funzione dei flussi veicolari registrati presso la stazione di v.le Castracani. Sono stati prescelti come riferimento i mesi di gennaio e luglio in quanto tipicamente rappresentativi di due situazioni meteorologiche profondamente differenti quali quella estiva e quella invernale. Nella lettura dei grafici si tenga presente che gli orari indicati fanno riferimento all'ora solare e non a quella legale.



Andamenti del tutto simili a quelli evidenziati dal monossido di carbonio si sono registrati anche per gli ossidi di azoto (totali) e, anche se con un grado di correlazione inferiore, con gli idrocarburi non metanici.

Cenni sulla procedura di valutazione delle emissioni

Tra i parametri che incidono sulle caratteristiche emissive di un veicolo, particolare rilevanza assumono il tipo di carburante utilizzato, la tipologia ed età del veicolo (con particolare riferimento alle norme in vigore all'epoca dell'immatricolazione), la modalità di guida, le percorrenze annuali sulle differenti tipologie di strade (urbane, extraurbane ed autostradali).

Non essendo disponibili dati sufficienti per permettere la valutazione delle emissioni su base comunale la valutazione delle emissioni è stata effettuata, con parziale eccezione di alcune categorie di veicoli per cui erano disponibili dati più puntuali, su base provinciale. Sono state utilizzate allo scopo le procedure indicate dall'Agenzia Europea per l'Ambiente (progetto CORINAIR) e dall'ANPA opportunamente adattate sulla realtà locale.

Per la valutazione dei consumi specifici di carburante e delle percorrenze medie delle principali categorie di veicoli sono stati utilizzati come dati di partenza i valori suggeriti dal progetto CORINAIR. Per adattare tali valori il più possibile alla realtà locale, dai dati di consumo di ciascuna tipologia di combustibile (desunto dai dati di vendita locali) ed applicati al parco mezzi provinciale, è stato poi calcolato un fattore correttivo, specifico per provincia di Lucca, da applicare ai valori medi nazionali di percorrenza degli autoveicoli per ciascuna tipologia di strada. Per le categorie mezzi pesanti e motocicli come base di elaborazione sono stati utilizzati i valori di percorrenza individuati dal Dipartimento Provinciale ARPAT di Firenze nel corso delle attività di valutazione della qualità dell'aria fiorentina del 1998.

Pertanto attraverso le seguenti relazioni applicate per ciascuna tipologia di combustibile alle varie tipologie autoveicolari così come individuate dal progetto CORINAIR:

$\langle C \rangle = (\sum_j h_j v_j \sum_k d_{j,k} b_{j,k}) / g$ in cui :

$\langle C \rangle$ è il consumo annuo di combustibile

h_j è il numero di auto di tipo j

v_j è la percorrenza media annua delle auto di tipo j individuata come riferimento

$d_{j,k}$ è la frazione di v_j percorsa sulla strada di tipo k

$b_{j,k}$ è il consumo medio specifico per km delle auto di tipo j sulle strade di tipo k

è stato possibile calcolare un fattore di correzione g delle percorrenze che ha permesso di adattare i valori medi nazionali alla realtà provinciale.

Le velocità di riferimento per la stima dei consumi sono state quelle individuate dal progetto Corinair. Per quanto riguarda la valutazione delle percorrenze si è reso necessario stimare complessivamente le percorrenze delle auto catalizzate e non catalizzate. Essendo stata infatti in passato molto diffusa l'abitudine di utilizzare benzina verde anche per auto non catalizzate non è possibile differenziare i consumi reali per ciascuna delle due categorie veicolari.

Valutata la percorrenza delle singole tipologie di veicoli e la composizione del parco circolante secondo cilindrata, alimentazione, portata e normativa vigente al momento dell'immatricolazione, la valutazione delle emissioni è stata effettuata seguendo le procedure consigliate dall'Agenzia per l'Ambiente Europea ed utilizzando il software COPERT III. Le emissioni di origine autostradale e quelle relative alle emissioni da autobus (categorie per cui erano note in maniera più dettagliata le informazioni necessarie) sono state calcolate invece come voce a parte creando un applicativo software specifico.

Le emissioni così calcolate sono state poi ripartite su base comunale (calcolando pertanto le emissioni anche del Comune di Lucca) utilizzando come fattori di ripartizione i dati di vendita di combustibile sul territorio comunale e la popolazione residente. Per tale ripartizione è necessario, causa la mancanza di dati più precisi, partire dall'assunto (peraltro più che ragionevole ed adottata in tutte le elaborazioni di questo tipo disponibili in bibliografia) che la composizione del parco veicoli medio circolante sul territorio comunale di Lucca non si discosti in maniera significativa da quello del parco veicoli circolante sul territorio provinciale. Per le emissioni derivanti dai tratti autostradali, per i quali sono disponibili informazioni più dettagliate relativamente ai flussi, è stato quindi possibile calcolare direttamente le emissioni per ciascun tratto (suddivisi secondo i vari caselli).

I risultati dell'elaborazione vengono riportati nella tabella seguente.

Emissioni complessive da traffico veicolare (ton /anno)				
CO	NO_x	COV	PM10	SO_x
8.133	1.769	1.717	82	152

Stante la progressiva evoluzione delle caratteristiche emissive medie del parco veicoli, il relativamente ridotto incremento di veicoli presenti sul territorio (come riportato dai dati ACI sul parco veicoli provinciale) ed il trend delle vendite di combustibili per autotrazione sul territorio provinciale, le emissioni di origine veicolare sul territorio possono considerarsi al 2001 rispetto ai dati relativi al 1998:

a) ridotte in misura significativa per quanto attiene le emissioni di monossido di carbonio ed

ossidi di azoto e, anche se in misura meno accentuata, relativamente ai composti organici volatili

- b) ridotte anche per quanto riguarda le emissioni attribuibili ai gas di scarico relativamente al PM10. Di tale inquinante le stime fanno però riferimento solo alle emissioni dirette da motore. Non sono disponibili elaborazioni che quantifichino le emissioni indirette (dovute cioè agli altri meccanismi precedentemente citati quali usura dei pneumatici e dei freni o dalla polverizzazione dell'asfalto) e che incidono in modo rilevante sulle emissioni complessive.
- c) Leggermente in aumento relativamente alle emissioni di SO₂.

Fonte dei dati utilizzati: ANFIA, ACI, Bollettino Petrolifero Italiano, Intendenza di Finanza, ANPA, SOCIETA' AUTOSTRADE

Emissioni civili diffuse da combustione

Sono state classificate come tali le emissioni dovute agli impianti di combustione utilizzati nelle abitazioni civili, edifici pubblici ed attività turistico – commerciali.

Dai dati reperiti direttamente in sede locale sui consumi di combustibili fossili (essenzialmente metano e, in misura considerevolmente più ridotta, GPL e gasolio), sul numero delle abitazioni occupate e delle attività commerciali e sulla base di un bilancio energetico effettuato sul territorio, sono stati valutati i consumi di gasolio, GPL e combustibili solidi (essenzialmente legna) consumati sul territorio comunale. Va precisato a tale riguardo che i rivenditori locali di combustibili liquidi (essenzialmente gasolio), pur essendo ovviamente in grado di fornire i quantitativi di combustibili venduti, non sempre sono stati in grado di specificare il venduto per area comunale limitandosi spesso a fornire solo l'elenco dei comuni serviti. I consumi stimati sono pertanto stati ottenuti da una valutazione che, su base sovracomunale, tenesse in considerazione i parametri sopra elencati. Per quanto riguarda il consumo di legna, considerata la frammentazione del mercato e che una quota significativa di tale consumo deriva da fonti non ufficiali, non esistono dati sufficientemente precisi da essere direttamente utilizzabili. Le stime di consumo ottenute dalle elaborazioni fatte hanno trovato comunque una parziale ma significativa conferma in uno studio specifico in materia commissionato dall'ENEA (e pubblicato nel 2001, ossia molto dopo il termine del lavoro) nel quale sono stati valutati i consumi di tale combustibile in tutte le regioni italiane. Tali quantitativi, molto vicini a quelli mediamente stimati per la provincia di Lucca, sono risultati, come atteso, molto superiori ai valori di venduto ufficialmente reperibili.

Le emissioni sono quindi state valutate utilizzando i fattori di emissione suggeriti dall'Agenzia

Europea dell'Ambiente con l'eccezione della valutazione delle emissioni di CO derivanti da combustione di metano, gasolio e GPL. Per tali elaborazioni è infatti stato possibile utilizzare dei fattori specifici per la realtà locale sulla base delle attività svolte dall'Amministrazione Provinciale in materia di controllo di impianti termici che ha permesso di avere a disposizione i dati rilevati su un campione di quasi 10.000 impianti distribuiti sul territorio provinciale.

Emissioni da combustione per usi civili (ton/anno)

CO	NO _x	COV	PM10	SO _x	CO ₂
326,9	76,7	41,1	9,0	4,6	110.499

Le emissioni appartenenti a questa fonte di emissioni derivano per la quasi totalità dall'utilizzo di combustibile per riscaldamento domestico. Pertanto sono concentrate essenzialmente nel periodo invernale. La variazione delle emissioni negli anni successivi è da correlarsi in particolare alle temperature invernali ed a variazioni delle tipologie di combustibili utilizzati. Dalla valutazione dei consumi di combustibili a livello provinciale (ragionevolmente considerabili come proporzionali a quelli comunali) e dall'evoluzione delle temperature medie degli ultimi inverni, è possibile stimare che le variazioni di emissioni rispetto all'anno 2001 siano relativamente contenute (probabilmente inferiori alle approssimazioni di questo tipo di valutazioni).

Fonti dei dati: SNAM, Aziende locali di distribuzione di metano, rivenditori locali di combustibili, Ufficio Tecnico Intendenza di Finanza, Amministrazione Comunale, ISTAT, A.T.P., CCIAA; Bollettino Petrolifero Italiano.

Emissioni del sistema distributivo di combustibili fossili

Le emissioni derivanti dal sistema di distribuzione di combustibili fossili di rilevanza sanitaria presenti sul territorio cittadino sono principalmente derivanti dalle attività legate ai distributori di carburanti per veicoli. L'altra fonte emissiva di una certa rilevanza è infatti costituita dalla rete di distribuzione di metano per usi civili ed industriali (con emissioni di metano stimabili in circa 270 ton/anno) il cui impatto sanitario può essere valutato come non particolarmente significativo. In questa trattazione verranno prese in considerazione pertanto solo le emissioni del sistema distributivo per veicoli.

I dati di base utilizzati per le elaborazioni sono quelli riguardanti il venduto di ogni singolo rivenditore di carburante presente sul territorio comunale.

Sul territorio non sono presenti impianti di stoccaggio di combustibili di dimensioni rilevanti e pertanto le relative emissioni non sono da considerarsi come significative.

Le emissioni derivanti da questi impianti sono esclusivamente composti organici volatili

(COV). La composizione chimica delle miscele emesse si avvicina molto a quella della frazione più leggera delle benzine.

I quantitativi complessivi di combustibili venduti dai distributori ubicati sul territorio comunale sono riportati nella tabella seguente.

O.L. KG	SUPER litri	S.s.Pb litri	GASOLIO litri	G.P.L. litri
74.873	19.538.146	36.042.749	18.309.186	4.847.446

Il dato complessivo di emissione ammonta a **76,3 ton/anno**.

In considerazione dell'entrata in vigore dell'obbligo per i distributori di dotarsi di sistemi di recupero dei carburanti previsto dalla L. 4/11/97, n. 413, è ragionevole ipotizzare che le relative emissioni abbiano subito alla data attuale una significativa riduzione (teoricamente pari all'80% così come previsto dalle caratteristiche tecniche richieste ai sistemi di recupero vapori dal DMA 16 maggio 1996).

Fonte Dati: UTIF.

Emissioni da solventi ad uso non industriale

Ricadono sotto questa voce le emissioni derivanti prevalentemente dall'utilizzo di sostanze volatili per usi domestici e similari (uso di prodotti per la pulizia domestica e l'igiene personale, di cosmetici, piccole attività di verniciatura domestiche, lavaggio auto, ecc.).

Le emissioni sono state calcolate utilizzando anche in questo caso gli specifici fattori di emissione raccomandati dall'Agenzia Europea per l'Ambiente utilizzando come variabile surrogato il numero di abitanti del territorio.

Per quanto attiene le emissioni legate alle attività di pulitura a secco, la quasi totalità delle ditte del settore utilizza sistemi di lavaggio a ciclo chiuso e quindi con ridotte emissioni di solventi. Le emissioni relative a tale tipologia di attività possono quindi essere considerate come non rilevanti.

Le emissioni complessive sono state stimate in **273 ton** di sostanze organiche volatili composte in prevalenza da alcoli, idrocarburi alifatici ed aromatici, eteri ed esteri di varia natura.

Le emissioni appartenenti a tale tipologia di fonti sono strettamente correlate ai prodotti comunemente utilizzati nella vita civile (alcohol etilico, profumi, cosmetici, prodotti per la pulizia, ecc.) ed al numero di abitanti che ne fa uso.

Non essendo variati in maniera sensibili né il numero di abitanti della città né la composizione chimica dei prodotti utilizzati negli ultimi anni, le relative emissioni possono essere

approssimativamente considerate come costanti anche per gli anni che vanno dal 1998 al 2001.

Emissioni da combustione industriale

Sono considerate come tali le emissioni derivanti da processi di combustione all'interno di stabilimenti asserviti a cicli produttivi.

Le relative valutazioni sono state effettuate redigendo una valutazione specifica per ciascuna delle aziende presenti in provincia per cui fosse ipotizzabile una emissione, per almeno una tipologia di inquinante, superiore a cinque tonnellate. Le emissioni dovute alle altre aziende (definite come "emissioni industriali diffuse" in quanto troppo numerose perché possibile uno studio dettagliato per ciascuna) sono state stimate partendo dal dato, noto a livello provinciale ma non locale, dei consumi di combustibili per le principali tipologie di industriali ed utilizzando opportuni fattori di emissione per la stima delle emissioni complessive.

Mentre è possibile calcolare con un buon margine di precisione le emissioni complessive a livello provinciale, più approssimativa è necessariamente la stima a livello comunale. La difficoltà maggiore di tale valutazione deriva in particolare dalla mancanza di dati sufficientemente dettagliati sui consumi di combustibile delle varie tipologie di aziende cittadine di piccole dimensioni che non permette di quantificarli se non in maniera approssimativa.

In attesa di studi specifici di settore che permettano una quantificazione precisa delle emissioni è comunque possibile effettuare una valutazione di massima che permetta di disporre di una stima cautelativa (intesa come limite superiore delle emissioni ragionevolmente attendibili) sul territorio comunale. Va sottolineato che le emissioni industriali sono localizzate per la quasi totalità in aree periferiche della città.

A titolo indicativo, ed in attesa di reperire informazioni sufficienti per una analisi più dettagliata, le emissioni derivanti da processi di combustione industriale possono essere ritenute inferiori ai valori riportati nella tabella seguente.

Valori massimi di emissione attribuibili a processi combustione per usi industriali (ton/anno)

CO	NO_x	COV	PM10	SO_x	CO2
50	180	20	25	100	80.000

Tale valutazione, intesa come elaborazione orientata a fornire un ordine di grandezza, può ritenersi utile per fornire una indicazione valida anche come riferimento per valutazioni che abbiano come riferimento l'anno 2001.

Emissioni da cicli produttivi industriali e da utilizzo di solventi per usi industriali ed artigianali

Sotto queste voci ricadono le emissioni di sostanze utilizzate nei cicli di produzione delle aziende e le emissioni dovute dall'uso di solventi nell'industria, artigianato ed edilizia (contenuti in colle, vernici, mastici, ecc.). Le emissioni relative sono costituite quasi esclusivamente da composti organici volatili (le emissioni di altre sostanze aventi origine da cicli produttivi sono del tutto trascurabili per i fini di questo studio).

Non sono disponibili attualmente dati sufficientemente attendibili per effettuare stime corrette di queste tipologia di emissioni. Sulla base di indicazioni di tipo puramente statistico fornite dall'Agenzia Europea e di valutazioni derivanti dalla conoscenza del territorio è possibile solamente effettuare le seguenti considerazioni:

- a) le emissioni da ciclo produttivo, stante la tipologia e le dimensioni delle aziende presenti del territorio possono essere nel complesso considerate come non particolarmente rilevanti (anche se questo non significa che non esistano problemi localizzati nelle immediate vicinanze di alcune specifiche aziende). Tale valutazione è confermata dalle elaborazioni, effettuate dalla Regione Toscana nell'ambito delle attività svolte per la redazione del catasto delle emissioni regionali avente come riferimento l'anno 1995.
- b) le emissioni derivanti dall'uso di solventi, sia valutati in maniera approssimativa per mezzo di indicatori statistici che dai dati resi disponibili dalla Regione Toscana relativamente al 1995, sono di consistente rilevanza e stimabili sull'ordine delle centinaia di tonnellate. Va precisato che tipicamente le emissioni di questo tipo hanno un impatto rilevante prevalentemente sulle aree limitrofe alle fonti (si tratta infatti nella maggior parte dei casi di emissioni di sostanze emesse a bassa temperatura e da camini di altezza ridotta o, molto spesso, derivanti da diffusione dei solventi direttamente dagli ambienti di lavoro in cui vengono utilizzati).

Quadro complessivo

Le emissioni derivanti dalle principali fonti emissive presenti sul territorio comunale, espresse in tonnellate/anno e con riferimento all'anno 1998 e con esclusione delle emissioni di COV di origine industriale, sono riassunte nelle tabelle seguenti .

Fonte emissiva <i>Inquinante</i>	Traffico veicolare	Emissioni civili da combustione	Distributori carburante	Solventi ad uso non industriale	Combustione industriale ¹
CO	8.133	327	0	0	50
NOx	1.769	77	0	0	180

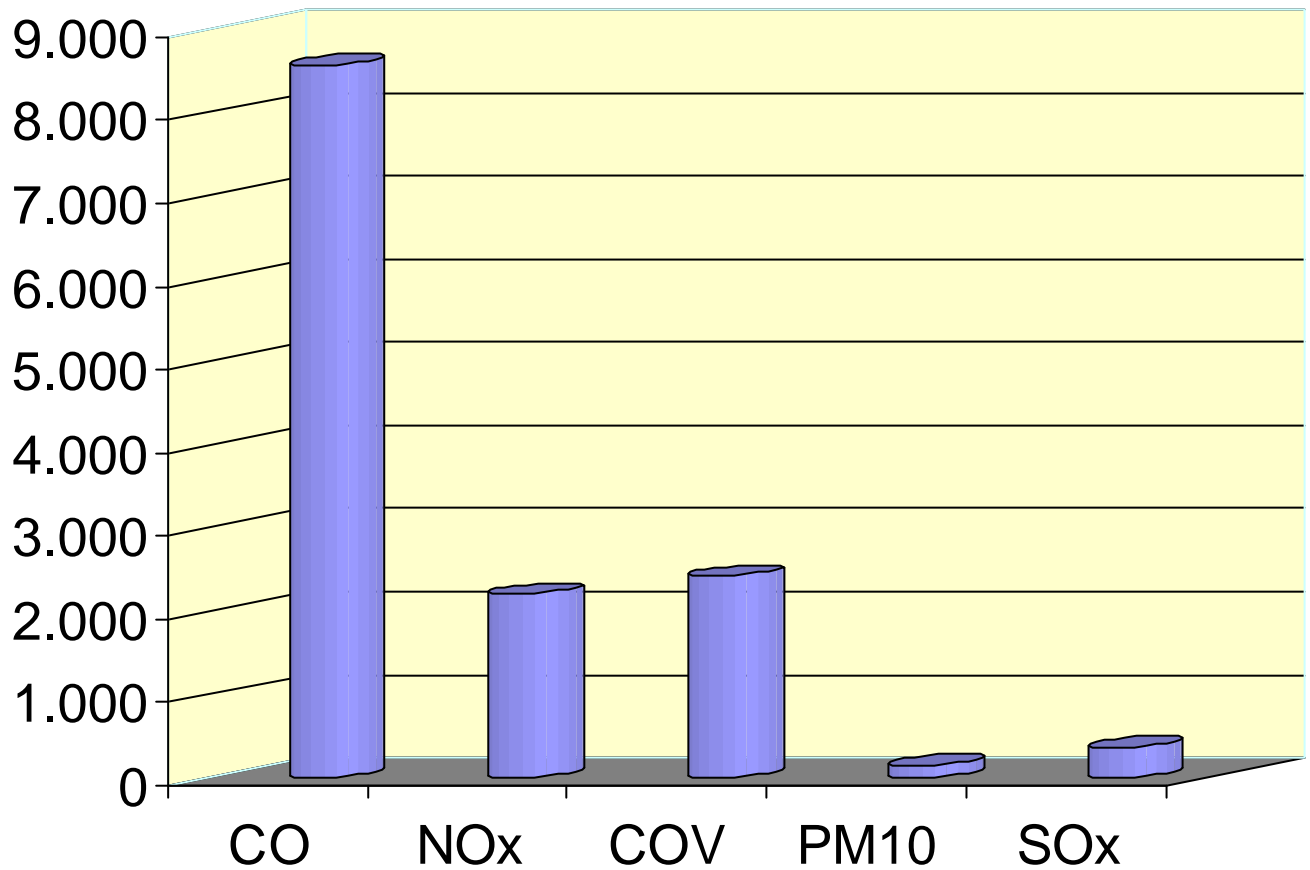
¹ Emissioni massime attendibili

COV	1.717	41	76	273	20
PM10	82	9	0	ns	25
SO_x	152	5	0	0	100

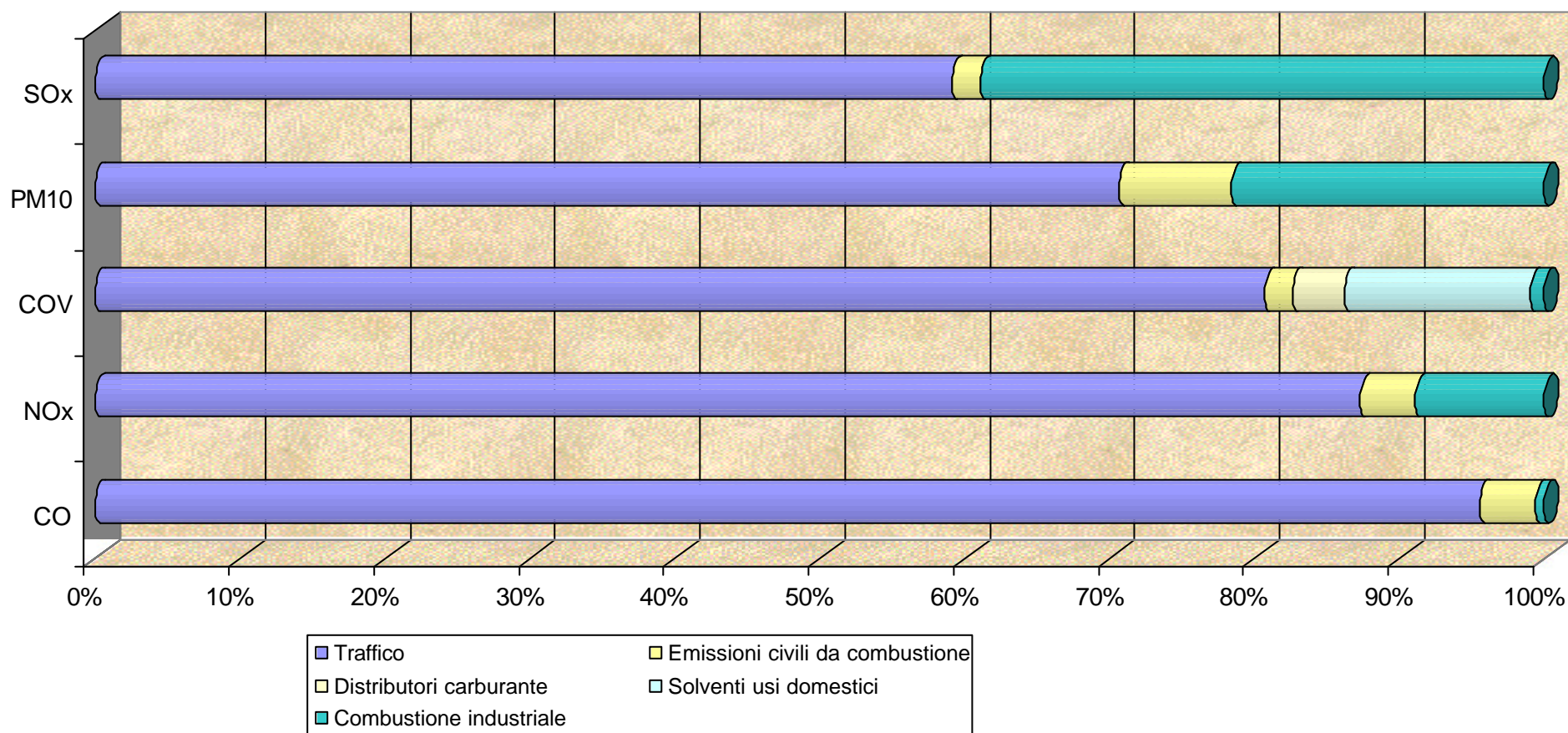
Anche se le stime effettuate hanno come riferimento l'anno 1998, esse possono essere ritenute come significative, con le opportune considerazioni precedentemente riportate, anche per l'anno 2001.

Dal quadro complessivo emerge chiaramente la particolare rilevanza assunta dalle emissioni di origine veicolare. Anche se sicuramente ridotte nel tempo in misura significativa, queste emissioni al 2001 restano di gran lunga le prevalenti.

Comune di Lucca
Emissioni complessive delle principali fonti inquinanti



Comune di Lucca
Ripartizione delle emissioni tra le principali fonti



La qualità dell' aria nel Comune di Lucca

La rete di monitoraggio della qualità dell'aria cittadina

Il monitoraggio sistematico della qualità dell'aria nel comune di Lucca è iniziato con l'installazione delle prime stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria divenute operative nel dicembre 1994 (v.le Carducci, Spaltidi S. Frediano, S.Micheletto e Ponte a Moriano). Di queste quella posta a Ponte a Moriano è stata poi stata trasferita in altro comune nel 1997, in coincidenza con l'apertura di un nuovo tratto statale che ha permesso un notevole alleggerimento del traffico nell'area monitorata. Tra la fine del 1997 e gli inizi del 1998 l'Amministrazione Comunale ha provveduto ad installare altre due stazioni territorio comunale di Lucca (v.le Castracani e via Passaglia). Nel 2001 è stata dismessa la stazione di monitoraggio (di tipo A) ubicata presso gli Spalti di S. Frediano.

Caratterizzazione delle aree monitorate

Stazione di viale Carducci. La stazione è ubicata in un'area soggetta ad elevatissimi flussi veicolari con rilevanti componenti di traffico pesante. La popolazione residenziale nelle aree immediatamente limitrofe è relativamente ridotta. La stazione è attiva dal 1994 ed è attualmente in esercizio.

Stazione di viale Castracani. E' ubicata in area soggetta ad intensi flussi veicolari ed in cui è presente una popolazione residenziale piuttosto consistente. La stazione è attiva da novembre 1996 ed è attualmente in esercizio.

Stazione di Ponte a Moriano. Attiva dal 1994 e dismessa nel luglio 1997. La stazione era ubicata in una zona soggetta ad elevati flussi veicolari di cui una elevata componente legata a traffico pesante non dimensionata per rispondere alle esigenze di viabilità locale. La stazione è stata rimossa in concomitanza alla creazione di una viabilità alternativa che ha dirottato il traffico pesante ed una significativa componente di quello leggero dalla frazione di Ponte a Moriano. I dati relativi a questa stazione debbono essere interpretati anche tenendo conto della sostanziale riduzione del traffico (in particolare pesante) nell'area monitorata avvenuto contemporaneamente alla dismissione della stessa.

Stazione di via Elisa. Attiva dal 1994 ed ancora in esercizio la stazione è ubicata all'interno del centro storico cittadino in un'area fortemente urbanizzata ed

interessata da flussi veicolari piuttosto intensi (che hanno subito comunque nel corso degli anni diverse variazioni) rispetto alla conformazione urbanistica dell'area. La stazione ha subito una interruzione del servizio nel periodo agosto 1996 – luglio 1997.

Stazione di viale Passaglia. Attiva da aprile 1997, la stazione è ubicata in area residenziale non direttamente interessata da flussi veicolari consistenti.

Stazione di Spalti di S. Frediano. Stazione di tipo “A” ubicata in un parco posto nelle immediate adiacenze del centro Storico e ad una distanza di un centinaio di metri da una via nevralgica per il traffico viario. La stazione è stata dismessa nel marzo 2001. La postazione di rilevamento era dotata anche di una stazione meteorologica.

I parametri chimici e meteorologici monitorati sono quelli riportati nella tabella seguente. Si precisa che alcuni dei parametri sotto elencati sono stati monitorati solo per alcuni periodi. Spesso infatti alcuni analizzatori sono infatti stati spostati da una stazione all'altra a seconda di valutazioni di opportunità. In alcuni casi invece il monitoraggio di alcuni inquinanti è cessato in quanto, guastatosi il relativo analizzatore, non è stato ritenuto necessario provvedere alla sua sostituzione.

Postazioni chimiche ed anemologiche e parametri monitorati

Ubicazione	PM10	CO	SO ₂	NO _x	NO	NO ₂	O ₃	CH ₄	NMHC	DV	VV	ITR	VTR
Lucca – Ponte a Moriano	X	X	X	X	X	X		X	X			X	X
Lucca - Via Elisa	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X
Lucca Viale Carducci	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Lucca Spalti S. Frediano	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
Lucca Viale Passaglia	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Lucca Viale Castracani		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X

Postazione meteorologica di Spalti di S. Frediano Parametri monitorati

Ubicazione	DV	VV	T	RH	P	RN	PG
Spalti di S. Frediano	X	X	X	X	X	X	X

Normativa ambientale di riferimento

La normativa inerente l'inquinamento atmosferico in Italia è nata con la legge n.615 del 1966, oramai ampiamente superata. Molto più tardi, con il D.P.C.M. 28.03.1983 vengono introdotti i cosiddetti standards di qualità dell'aria, definiti come i limiti massimi accettabili di concentrazione ed esposizione relativamente ad una serie di inquinanti quali SO₂, NO₂, O₃, CO, Pb, F e particolato sospeso.

I criteri di riferimento della qualità dell'aria dovrebbero avere come obiettivo un livello di protezione della popolazione calcolato in termini di valore di probabilità prefissato per cui non si supera un dato standard. Ad esempio fissato come standard una certa concentrazione di inquinante con probabilità 0,999, ciò significa che non più dell'1‰ della popolazione dovrà risultare esposta a tassi di inquinanti superiori per il tempo di riferimento prescelto (periodo di osservazione). Tale criterio deriva dal fatto che all'interno di una popolazione vi sono gruppi che per la loro età, attività, abitudini di vita, ecc., sono diversamente esposti alle fonti di inquinamento e presentano tolleranze diverse ai vari agenti inquinanti. Risulta perciò improponibile ipotizzare tassi di inquinamento massimi tali da garantire una protezione totale ed assoluta di tutta la popolazione (anche perché un tasso di inquinamento nullo è fisicamente irraggiungibile).

In quanto tale, un criterio probabilistico ammette un livello di rischio massimo tollerabile. Al fine di definire i criteri sanitari su cui basare il giudizio di qualità dell'aria si ricorre a valutazioni basate sulle conoscenze degli effetti tossicologici delle varie tipologie di inquinanti. In generale si tende a costruire uno spettro delle varie risposte biologiche di fronte ai fattori in esame definendo il carico corporeo delle eventuali sostanze chimiche, reperendo i livelli di esposizione ambientale intorno ai quali si verificano le reazioni di adattamento fino all'individuazione dei livelli oltre i quali si verificano condizioni anormali di funzionalità organica, metabolica o di comportamento.

La legislazione italiana sull'inquinamento atmosferico ha quindi fissato con il già citato D.P.C.M. del 28.03.83 i "limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e di esposizione relativi ad inquinanti dell'aria in ambiente esterno". Questi limiti o "*standards di qualità dell'aria*" definiscono il livello di accettabilità del rischio, associato all'inquinamento dell'aria esterna, al quale la popolazione può rimanere esposta per un tempo indefinito. Tali limiti sono da applicarsi su tutto il territorio nazionale e costituiscono un insieme di valori di riferimento che, secondo le intenzioni dei legislatori, non dovrebbero essere superati in nessun caso ed in nessun motivo. Con tale decreto non viene però fissato alcuna sanzione nel caso questi limiti non vengano rispettati, si

stabilisce soltanto che qualora si verifichi il superamento dei limiti imposti, le Regioni e le autorità locali interessate debbano predisporre dei piani di risanamento tali da consentire il rispetto dei limiti entro 10 anni dalla data di emanazione del decreto. Quali siano gli interventi obbligatori da effettuare e le relative responsabilità ora che i dieci anni sono stati ampiamente superati e tali limiti continuano a non essere rispettati in ampie zone della nazione, non è ben definito. Successivamente il D.P.R. 203 del 28.05.88 ha apportato alcune modifiche agli standards del biossido di zolfo, del biossido di azoto e delle particelle sospese. Ha inoltre introdotto il concetto di valori limite e valori guida intendendo come valori guida gli obiettivi di qualità dell'aria per il cui raggiungimento dovrebbero essere effettuati gli interventi nel settore sia come riferimento nell'ambito di piani di prevenzione e protezione di particolari aree del territorio che nella prevenzione a lungo termine in materia di salute e protezione dell'ambiente.

Nelle tabelle riportate di seguito sono riportati i valori limite ed i valori guida di qualità dell'aria, fissati dalla normativa sopra citata. Per una corretta lettura dei limiti è necessario richiamare alcune definizioni:

- periodo di osservazione: intervallo di tempo che intercorre tra l'inizio del primo prelievo e la fine dell'ultimo per una medesima postazione e per un medesimo inquinante;
- tempo di mediazione: intervallo di tempo stabilito per la mediazione dei dati;
- tempo di campionamento: intervallo di tempo che intercorre tra l'inizio e la fine di un prelievo di un inquinante, il tempo di campionamento non deve essere superiore al tempo di mediazione.

Gli standards di qualità dell'aria sono indici di statistici (media aritmetica, percentile, mediane...) che descrivono la distribuzione delle concentrazioni medie orarie e/o giornaliere per i periodi di osservazione prefissati di otto inquinanti: monossido di carbonio (CO), biossido di solfo (SO₂), biossido di azoto (NO₂), ozono (O₃), particelle sospese (PTS), piombo (Pb), fluoro (F) e idrocarburi non metanici (NMHC). La verifica del rispetto dei valori limite viene realizzata mediante la misura delle concentrazioni degli inquinanti e la valutazione (in questo caso di tipo statistico) dei dati ottenuti.

Per le aree urbane dotate di una struttura di rilevamento ben definita il D.M.A. 20 maggio 1991 introduce una ulteriore serie di parametri, stavolta di tipo non statistico, individuando:

- a) La configurazione e la dotazione strumentale minima, in funzione del numero di abitanti, per cui sono applicabili i limiti prescritti;

b) I limiti di concentrazione ammissibili (i cosiddetti livelli di “attenzione e di allarme”) per una serie di inquinanti, definiti anche in funzione del numero di postazioni in cui si verifica il superamento degli stessi. I limiti in questione non sono intesi come valori di tipo statistico, bensì come valori assoluti che, se superati, impongono (o dovrebbero imporre) immediati interventi volti a riportare lo stato dell’aria a “condizioni accettabili”. E’ opportuno notare che tali limiti non permettono considerazioni di carattere più generale sulla qualità dell’aria dei centri interessati: gli interventi debbono scattare quando si verifica una determinata situazione, e debbono essere finalizzati, nell’interpretazione più gretta e restrittiva, ad evitare solamente che il fenomeno registrato perduri nel tempo.

Nel novembre del 1991 le ordinanze “contingibili ed urgenti” emanate dal Ministro per l’Ambiente Ruffolo ridefiniscono gli standards degli inquinanti atmosferici in area urbana facendo propria l’impostazione della definizione di limiti di attenzione e prevedendo, come atto di indirizzo, una serie di disposizioni da adottarsi da parte dei sindaci delle città in cui tali limiti non fossero rispettati. Il D.M. emanato a riguardo venne annullato in seguito da una sentenza della Corte Costituzionale nel 1994. Esso ha però, nell’arco del suo periodo di validità, rafforzato l’impostazione normativa che prevede la coesistenza, almeno per le grandi città dotate di idonea rete di monitoraggio, di due tipologie di limiti differenti tra loro sia concettualmente sia a livello di obblighi di intervento da parte delle autorità competenti per la tutela della salute della popolazione (gli standards di qualità dell’aria e i limiti di attenzione e di allarme).

Con il D.M.A. 25.11.94 vengono ridefiniti nuovamente i livelli di attenzione e di allarme dei gas inquinanti sotto forma oraria o giornaliera. Vengono inoltre individuati per la prima volta alcuni inquinanti “emergenti” da considerare di interesse prioritario quali nickel, formaldeide, benzene, idrocarburi policiclici aromatici.

Successivamente a quest’ultimo decreto la normativa riguardante gli inquinanti “classici” non ha subito sostanziali modifiche, anche se sono state emanate una serie di norme riguardanti in particolare l’inquinamento da benzene (prodotto in particolare dalla combustione delle cosiddette “benzine verdi”) e l’ozono. Obiettivi di queste norme sono principalmente, per quanto riguarda il benzene, la riduzione delle emissioni nei centri urbani e l’attivazione di un sistema di sorveglianza per le grandi aree urbane (vedi in particolare D.L. 24/9/96, n. 498 e L. 4/11/97, n. 413). Per quanto riguarda l’ozono le disposizioni riguardano gli adempimenti da adottarsi per creare una rete di monitoraggio nazionale di questa tipologia di inquinante e l’introduzione di ulteriori parametri per la valutazione dei tassi di inquinamento (vedere in particolare il D.M.A. 16/5/1996).

Altre normative in materia di particolare rilevanza sono :

- il D.M.A. 21/04/1999, n.163 “Regolamento recante norme per l’individuazione dei criteri ambientali e sanitari in base ai quali i sindaci adottano le misure di limitazione della circolazione”
- La deliberazione di Giunta Regionale 17 maggio 1999, n.553 “Individuazione di aree a rischio di inquinamento atmosferico” nella quale ,tra l’altro, viene individuato il comune di Lucca quale zona a rischio di episodi acuti di inquinamento atmosferico ed i comuni di Lucca e Viareggio quali zone a rischio di inquinamento atmosferico derivante da benzene, I.P.A., PM10 ed ozono.
- La Deliberazione di Giunta Regionale n. 381 del 12/04/1999 con cui viene approvato il Piano Regionale di Rilevamento della qualità dell’aria.

Di recente è stato emanato il decreto n. 351/1999 del 4/8/99 di recepimento della direttiva 96/62/CE con la quale l’Unione Europea ha espresso le politiche generali in materia di valutazione e gestione della qualità dell’aria individuando le azioni che gli stati membri debbono attuare per definire e stabilire obiettivi di qualità dell’aria finalizzati a ridurre e prevenire effetti nocivi sulla salute e sull’ambiente. in materia di qualità dell’aria. Questa Direttiva definisce i principi base per permettere una strategia sulla qualità dell’aria incentrata :

- sulla definizione e la fissazione di obiettivi per la qualità dell’aria e dell’ambiente
- la definizione di metodi di valutazione in base a criteri comuni
- il mantenimento e, ove necessario, il miglioramento della qualità dell’aria

La Direttiva quadro definisce il contesto generale, rinviando a specifiche direttive successive la disciplina degli aspetti tecnico-operativi relativi ai singoli inquinanti individuando un elenco di inquinanti sui quali intervenire prioritariamente (SO₂, NO₂, PM₁₀, Pb, O₃, CO, benzene, IPA, Hg, Cd, As, Ni

Anche se al momento non applicabile in quanto mancante dei necessari decreti attuativi, il d.Lgvo.351 è destinato a modificare radicalmente i valori di riferimento attualmente in vigore che del resto ha abrogato pur mantenendone, in via transitoria, la validità.

Per permettere una valutazione comparativa con quelli che saranno i valori normativi da applicarsi in futuro, la valutazione della qualità dell'aria provinciale verrà effettuata anche comparando i valori indicati con i valori definiti dalla direttiva quadro. Tale normativa prevede la suddivisione del territorio nazionale in cinque tipologie di aree graduate in funzione della qualità dell'aria esistente. Per tale ripartizione sono utilizzati quattro diversi valori di riferimento:

- 1) il valore limite da raggiungere ad una data prefissata,
- 2) il valore limite incrementato da una tolleranza intesa come percentuale decrescente nel tempo del valore limite ed introdotta per graduare nel tempo il raggiungimento del rispetto di tale valore,
- 3) la soglia di valutazione superiore consistente in un valore di concentrazione (inferiore al valore limite) che se non superata permette di sostituire parte dei rilevamenti con l'uso combinato di rilevazioni meno frequenti integrate dall'uso di modelli matematici
- 4) la soglia di valutazione inferiore intesa come un valore concentrazione cautelativo al disotto della quale le analisi sul campo possono essere sostituite da tecniche modellistiche.

Le cinque aree di riferimento sono pertanto così definite:

1. Zona A: i livelli di uno o più inquinanti superano il valore limite aumentato del margine di tolleranza così come concesso per l'anno di riferimento
2. Zona B: i valori di uno o più inquinanti sono compresi tra il valore limite ed il valore limite incrementato del margine di tolleranza
3. Zona C: i livelli degli inquinanti sono inferiori ai valori limite ma superiori alla soglia di valutazione superiore
4. Zona D: le concentrazioni di inquinanti sono compresi tra soglia di valutazione superiore ed inferiore
5. Zona E: le concentrazioni di tutti gli inquinanti sono inferiori alla soglia di valutazione inferiore

Per le zone A e B le Amministrazioni Regionali saranno tenute a prevedere piani di risanamento che permettano il raggiungimento di livelli di qualità dell'aria tali da garantire il rispetto dei valori limite entro i margini temporali indicati. Per le zone classificate come di fascia C le Regioni dovranno prevedere interventi tali da garantire che i valori limite non vengano superati. Per le aree classificate come di tipo D o E sono previsti piani di tutela ambientale che garantiscano almeno il mantenimento della qualità dell'aria esistente.

I primi valori limite di alcuni inquinanti considerati nel D. Lgs. 351/99 sono stati emanati dalla Comunità Europea con la Direttiva 1999/30 non ancora recepita dallo Stato Italiano.

Valori limite di qualità dell'aria attualmente in vigore

INQUINANTE	DEFINIZIONE DEL LIMITE	VALORE LIMITE	PERIODO DI OSSERVAZIONE	TEMPO DI MEDIAZIONE
Biossido di zolfo	Mediana delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate nell'arco di 1 anno	80 µg/mc	dal 1 Aprile al 31 Marzo	dalle 00 alle 24 di ciascun giorno
Biossido di zolfo	98° p.ctlle delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate nell'arco di 1 anno	250 µg/mc	dal 1 Aprile al 31 Marzo	dalle 00 alle 24 di ciascun giorno
Biossido di zolfo	Mediana delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate durante l'inverno	130 µg/mc	dal 1 Ottobre al 31 Marzo	dalle 00 alle 24 di ciascun giorno
Biossido di azoto	98° p.ctlle delle concentrazioni medie di 1 ora rilevate nell'arco di 1 anno	200 µg/mc	1 Gennaio - 31 Dicembre	1 ora
Particelle sospese	Media aritmetica di tutte le concentrazioni medie di 24 ore rilevate nell'arco di 1 anno	150 µg/mc	dal 1 Aprile al 31 Marzo	dalle 00 alle 24 di ciascun giorno
Particelle sospese	95° p.ctlle di tutte le concentrazioni medie di 24 ore rilevate nell'arco di 1 anno	300 µg/mc	dal 1 Aprile al 31 Marzo	dalle 00 alle 24 di ciascun giorno
Ozono	Concentrazione media di 1 ora da non superarsi più di una volta al mese	200 µg/mc	dal primo all'ultimo giorno di ciascun mese di calendario	1 ora
Monossido di Carbonio	Concentrazione media di 8 ore	10 mg/mc	8 ore	dalle 00 alle 08; dalle 08 alle 16; dalle 16 alle 24
Monossido di Carbonio	Concentrazione media di 1 ora	40 mg/mc	ora	1 ora
Piombo	Media aritmetica di tutte le concentrazioni medie di 24 ore rilevate nell'arco di 1 anno	2 µg/mc	1 Gennaio - 31 Dicembre	dalle 00 alle 24 di ciascun giorno
Fluoro	Concentrazione media di 24 ore	20 µg/mc	giorno	dalle 00 alle 24 di ciascun giorno
Fluoro	Media delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate nell'arco di 1 mese	10 µg/mc	dal primo all'ultimo giorno di ciascun mese di calendario	dalle 00 alle 24 di ciascun giorno
Idrocarburi totali (escluso il metano)	Concentrazione media di 3 ore consecutive in un periodo del giorno da specificarsi secondo le zone a cura delle autorità regionali competenti	200 µg/mc*	giorno	di norma dalle 06 alle 09 di ciascun giorno (3 ore)

(*) Da adottarsi soltanto nelle zone e nei periodi dell'anno nel quale si siano verificati superamenti significativi dello standard dell'aria per l'ozono

Valori guida di qualità dell'aria

INQUINANTE	DEFINIZIONE DEL LIMITE	VALORE GUIDA	PERIODO DI OSSERVAZIONE	PERIODO DI MEDIAZIONE
Biossido di zolfo	Media aritmetica delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate nell'arco di 1 anno	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	dal 1 Aprile al 31 Marzo	dalle 00 alle 24 di ciascun giorno
Biossido di zolfo	valore medio delle 24 ore	100 - 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	giorno	dalle 00 alle 24 di ciascun giorno
Biossido di azoto	50° pctle delle concentrazioni medie di 1 ora rilevate nell'arco di 1 anno	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 Gennaio - 31 Dicembre	1 ora
Biossido di zolfo	98° pctle delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate nell'arco di 1 anno	135 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 Gennaio - 31 Dicembre	1 ora
Particelle sospese	Media aritmetica di tutte le concentrazioni medie di 24 ore rilevate nell'arco di 1 anno	40 - 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ fumo nero equivalente	dal 1 Aprile al 31 Marzo	dalle 00 alle 24 di ciascun giorno
Particelle sospese	valore medio delle 24 ore	100 - 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ fumo nero equivalente	dal 1 Aprile al 31 Marzo	dalle 00 alle 24 di ciascun giorno

Valori Limite di concentrazione di ozono fissati dal DM 16/05/96

Livello di protezione della salute: media trascinata di otto ore	110 $\mu\text{g}/\text{mc}$
Livello di protezione per la vegetazione: media oraria	200 $\mu\text{g}/\text{mc}$
media giornaliera	65 $\mu\text{g}/\text{mc}$
livello di attenzione: media oraria	180 $\mu\text{g}/\text{mc}$
Livello di allarme: media oraria	360 $\mu\text{g}/\text{mc}$

Configurazione minima di una rete di monitoraggio urbana di "allarme"

	Tipo di stazione			
	A	B	C	D
numero di abitanti				
Inferiore a 500.000	1	2	2	1
Tra 500.000 e 1.500.000	1	3	3	1
Superiore a 1.500.000	2	4	4	2

Nota:

La tipologia delle stazioni di monitoraggio indicata nella tab. 3.2 è individuata secondo il seguente criterio:

- le stazioni di tipo A sono stazioni destinate ad aree a basso tasso di inquinamento destinate a fungere da parametro di riferimento nella valutazione della qualità dell'aria cittadino.
- le stazioni di tipo B sono stazioni situate in zone ad elevata densità abitativa. Le stazioni di questo tipo devono essere dotate almeno di analizzatori di NOx, idrocarburi, SO2, particelle sospese.
- le stazioni di tipo C sono stazioni da posizionarsi in zone ad elevato traffico autoveicolare. Devono essere dotate almeno di analizzatori di CO ed idrocarburi.
- le stazioni di tipo D sono stazioni situate in zone di periferia o suburbane e destinate a monitorare inquinanti di tipo fotochimico.

Livelli e stati di attenzione e di allarme

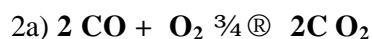
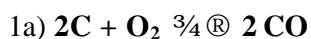
Inquinante	Livello di attenzione	Livello di allarme	Tipologia e numero di stazioni in cui deve superarsi il limite
SO₂ (ug/m³) media giornaliera	125	250	50% del totale delle stazioni di tipo A, B, C installate
Particolato sospeso (ug/m³) Media giornaliera	90	180	50% del totale delle stazioni di tipo A, B, C installate
NO₂ (ug/m³) media oraria	200	400	50% del totale delle stazioni di tipo A, B installate
CO (mg/m³) media oraria	15	30	50% del totale delle stazioni di tipo A, C installate
O₃ (ug/m³) media oraria	180	360	Una qualsiasi stazione di tipo A o D

Rilevamento della qualità dell'aria

Monossido di Carbonio

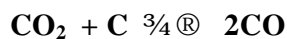
E' un prodotto di ossidazione derivante normalmente da una combustione incompleta: è inodore, incolore ed insapore, di densità leggermente inferiore a quella dell'aria. Normalmente presenta una reattività piuttosto scarsa con gli altri costituenti dell'atmosfera. I meccanismi che permettono la sua formazione sono essenzialmente tre:

a) **Combustione di composti organici in carenza di O₂** che così non è presente in quantità sufficienti a garantire l'ossidazione completa del carbonio. In un processo di combustione di sostanze organiche la corrispondente ossidazione del carbonio presente avviene secondo le seguenti due reazioni consecutive:



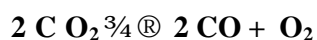
La prima reazione è circa 10 volte più veloce della seconda: per questo motivo una eventuale carenza di ossigeno comporta la prevalenza della prima reazione rispetto alla seconda in modo tanto più accentuato quanto minore è la disponibilità dello stesso.

b) **Reazioni ad elevate temperature tra CO₂ e sostanze organiche** che avvengono tramite una serie di reazioni che schematicamente, ai fini di questa trattazione, possono essere condensate nella seguente :



La costante di equilibrio di questa reazione aumenta con la temperatura: a 450°C la percentuale di CO all'equilibrio è di circa il 2% mentre a 1000°C il tasso di CO si aggira intorno al 99%.

c) **Fenomeni di dissociazione ad alta temperatura della CO₂** :



Questa reazione, inversa della 2a), è endotermica. In miscele in cui sia presente un eccesso di ossigeno si verifica, a titolo di esempio, che a 1750°C la percentuale di CO all'equilibrio è di circa l'1% mentre a 2000°C, ossia a temperature e condizioni simili a quelle che si creano in un motore a scoppio, sale al 5%. E' bene ricordare che la velocità di una reazione decresce esponenzialmente con il diminuire della temperatura: un brusco raffreddamento di una miscela CO/CO₂ creatasi in un processo di combustione ad elevate temperature comporta lunghi tempi di permanenza per il CO prima che essa subisca la conversione a CO₂. Si verifica così che le quantità di CO formatesi all'interno di un motore a scoppio o presenti nelle emissioni di una ciminiera, a causa del brusco raffreddamento subito dai gas di scarico al contatto con l'atmosfera esterna, permangano nell'atmosfera per lungo tempo prima di essere convertite a CO₂.

Effetti del CO sulla salute umana

Il processo di ossigenazione del corpo umano sfrutta una proteina contenuta nei globuli rossi del sangue: l'emoglobina. Normalmente nei polmoni tale molecola lega molecole di ossigeno formando l'ossiemoglobina in grado di cedere successivamente l'ossigeno così acquistato alle cellule del corpo. L'emoglobina ha però un'affinità chimica verso il CO circa 200 volte superiore a quella verso l'ossigeno. Se di conseguenza l'aria respirata contiene CO questo è in grado di fissarsi all'emoglobina (formando carbossiemoglobina) e riducendone la quantità disponibile per il trasporto dell'ossigeno in maniera tanto più accentuata quanto maggiore è la quantità di CO inspirata.

Il tasso normale di carbossiemoglobina (COHb) contenuto nel sangue dovrebbe aggirarsi intorno allo 0,5% ed è attribuibile al tasso di CO naturale dell'atmosfera derivante dai normali processi biologici naturali. Tale tasso aumenta notevolmente qualora le concentrazioni di CO atmosferico crescano, anche se occorre sottolineare che gli effetti negativi derivanti dall'inquinamento di questo particolare composto sono molto differenti se valutati su soggetti fumatori (in cui il tasso di COHb sono elevati già di per se stessi a causa del fumo inspirato) o su soggetti non fumatori.

Strumentazione utilizzata

Per il monitoraggio del CO vengono utilizzati nella rete di monitoraggio analizzatori automatici MONITOR LABS mod. 8830. Si tratta di strumenti con cui si effettua la misura di tale inquinante con la tecnica di correlazione nell'infrarosso ad una lunghezza d'onda di 4,7 micron.

Una emissione a larga banda emessa da una sorgente IR attraversa un disco rotante contenente due celle con funzione di filtri interferenziali gassosi. Una di queste è riempita con ossido di carbonio, l'altra con azoto. La prima è utilizzata per produrre un raggio di riferimento che non può ulteriormente essere attenuato in maniera apprezzabile dal CO presente nel campione, la seconda è invece trasparente alle radiazioni IR e quindi trasmette inalterato un raggio di misura che può essere invece assorbito dal CO presente nel campione introdotto nella cella.

Superato il disco rotante i due fasci alternati raggiungono la camera di misura dove fluisce il campione e, per mezzo di un sistema ottico di riflessione, l'attraversano più volte, per giungere infine ad un rivelatore a semiconduttore. Quest'ultimo correla gli spettri del fascio nei due casi misurandone la differenza energetica che è proporzionale alla concentrazione dell'ossido di carbonio nel campione.

I dati rilevati

Tra gli inquinanti monitorati è quello che ha evidenziato i maggiori problemi per quanto riguarda il rispetto dei valori di riferimento della qualità dell'aria. Nel periodo di attività della rete di monitoraggio si sono verificati in più occasioni i superamenti dei limiti relativi agli standards di qualità dell'aria nelle stazioni di Lucca-v.le Carducci e Lucca-v.le Castracani. Le stazioni interessate sono caratterizzate da elevatissimi flussi di autoveicoli.

Presso la stazione di v.le Castracani sono state rilevate in passato punte di concentrazione elevate. Il fenomeno è correlabile al fatto che il viale interessato è circondato da edifici da entrambi i lati: la

diluizione degli inquinanti è quindi notevolmente rallentata rispetto ad aree più aperte quale quella monitorata dalla stazione di v.le Carducci. Come in tutte le aree monitorate in città si è comunque assistito anche presso questa area ad una progressiva e significativa riduzione delle quantità di monossido di carbonio presente nel corso degli anni.

Si riportano di seguito le distribuzioni dei valori registrati, per ciascun anno, nelle stazioni della rete. Le frequenze indicate corrispondono alle percentuali dei dati che superano i valori di riferimento riportati.

ANNO 1995, inquinante CO, tempo di mediazione: 1 ora

Stazione	n° dati	Media annuale (mg/m ³)	massimo annuale (mg/m ³)	Frequenza di superamento dei valori di riferimento (mg/m ³)				
				2,5	5	7,5	10	15
Ponte a Moriano	6020	1	5,5	7,8	0,05	0	0	0
Lucca-S. Micheletto	7880	2	13,6	30,7	4,0	0,67	0,09	0
Lucca-Spalti di S. Frediano	7467	1,2	11	14,8	2,8	0,6	0,05	0
Lucca- v.le Carducci	7727	3,6	19,8	66,2	19,1	6,7	2,6	0,4

ANNO 1996, inquinante CO, tempo di mediazione : 1 ora

Stazione	n° dati	Media annuale (mg/m ³)	massimo annuale (mg/m ³)	Frequenza di superamento dei valori di riferimento (mg/m ³)				
				2,5	5	7,5	10	15
Ponte a Moriano	8287	1,2	5,8	6	0,06	0	0	0
Lucca-S. Micheletto*	4727	1,5	11,5	13,9	1,01	0,1	0,02	0
Lucca-Spalti di S. Frediano	8029	1,0	11,7	8,33	1,17	0,22	0,07	0
Lucca- v.le Carducci	8085	3,0	16,4	53,3	12,1	3,6	0,99	0,06

* stazione fuori servizio dal mese di agosto

ANNO 1997, inquinante CO, tempo di mediazione: 1 ora

Stazione	n° dati	Media annuale (mg/m ³)	massimo annuale (mg/m ³)	Frequenza di superamento dei valori di riferimento (mg/m ³)				
				2,5	5	7,5	10	15
Ponte a Moriano**	4544	ns	4,5	5,4	0	0	0	0
Lucca-S. Micheletto***	3293	ns	11,4	22,0	1,6	0,24	0,03	0
Lucca-Spalti di S. Frediano	7574	1,1	12	9,3	1,4	0,3	0,07	0
Lucca- v.le Carducci	8181	2,7	18,5	41,7	9,1	2,8	0,88	0,02
Lucca-v.le Castracani	7632	2,2	19,5	32,1	9,8	3,2	1,2	0,1

* La stazione ha cessato il servizio nel luglio 1997

** La stazione è rientrata in servizio nel luglio 1997

ANNO 1998, inquinante CO, tempo di mediazione: 1 ora

Stazione	n° dati	Media annuale (mg/m ³)	massimo annuale (mg/m ³)	Frequenza di superamento dei valori di riferimento (mg/m ³)				
				2,5	5	7,5	10	15
Lucca-S. Micheletto	5861	1.6	15,5	22.6	2.4	0.6	0.2	0.01
Lucca-Spalti di S. Frediano	7119	1.0	13.6	7.7	0.9	0.2	0.1	0.0
Lucca- v.le Carducci	8202	2.5	17.8	36.5	7.8	2.3	0.8	0.05
Lucca-v.le Castracani	8067	2.1	21.1	31.0	7.9	2.3	0.9	0.2

ANNO 1999, inquinante CO, tempo di mediazione: 1 ora

Stazione	n° dati	Media annuale (mg/m3)	massimo annuale (mg/m3)	Frequenza di superamento dei valori di riferimento (mg/m3)				
				2,5	5	7,5	10	15
Lucca-S. Micheletto	7232	1.2	9.8	10.3	1.0	0.1	0	0
Lucca-Spalti di S. Frediano	7146	1.0	10.2	7.7	1.2	0.1	0	0
Lucca- v.le Carducci	8065	2.2	14.8	31.2	5.8	1.5	0.4	0
Lucca-v.le Castracani	8136	1.8	14.2	24.7	5.7	1.5	0.4	0

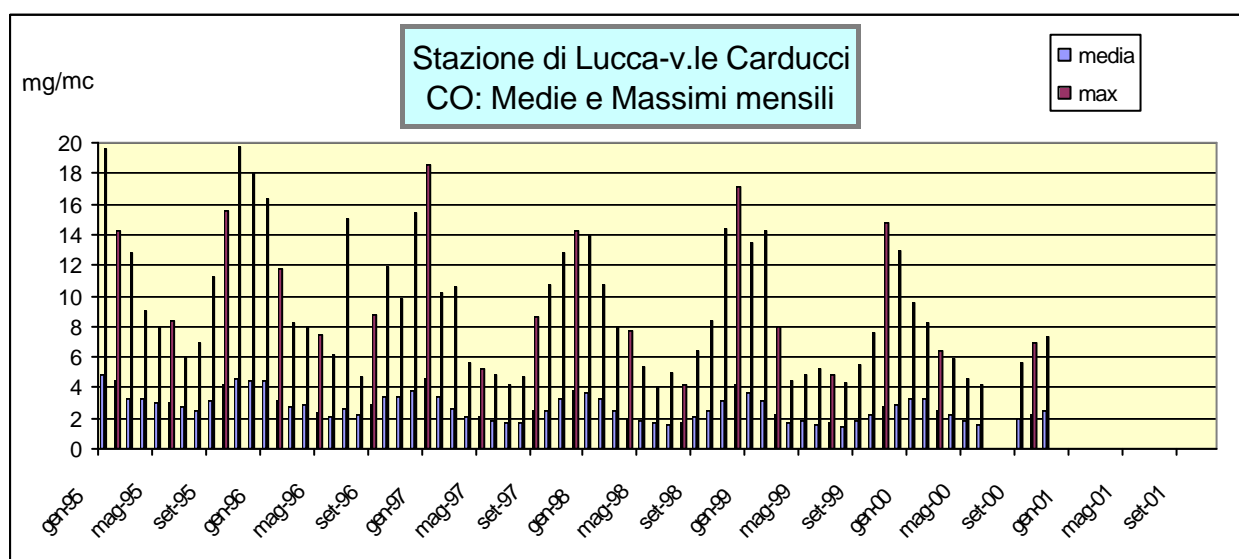
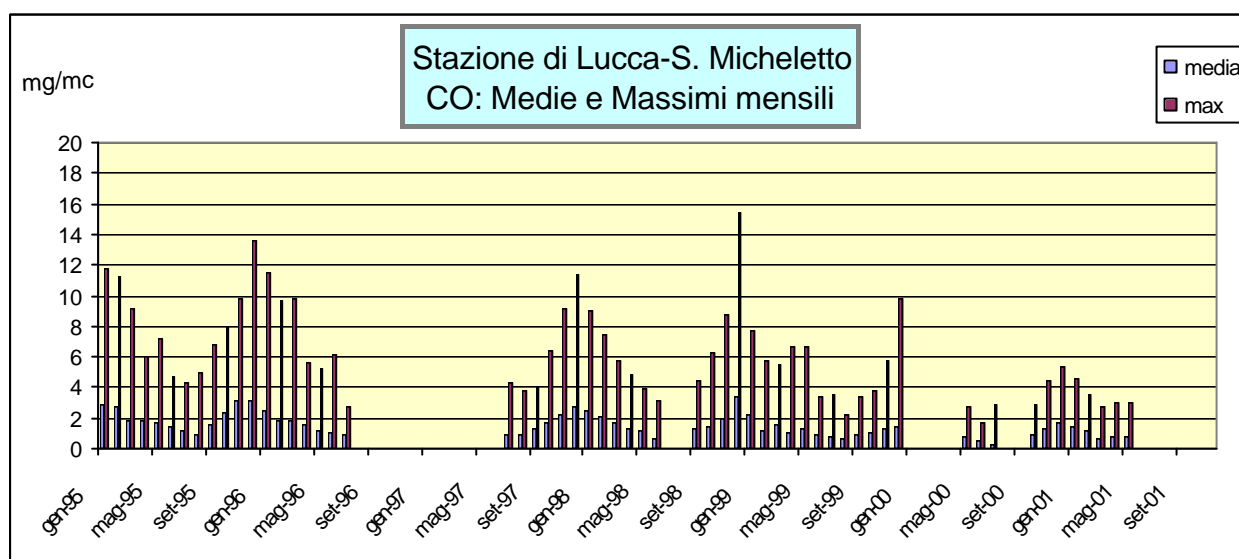
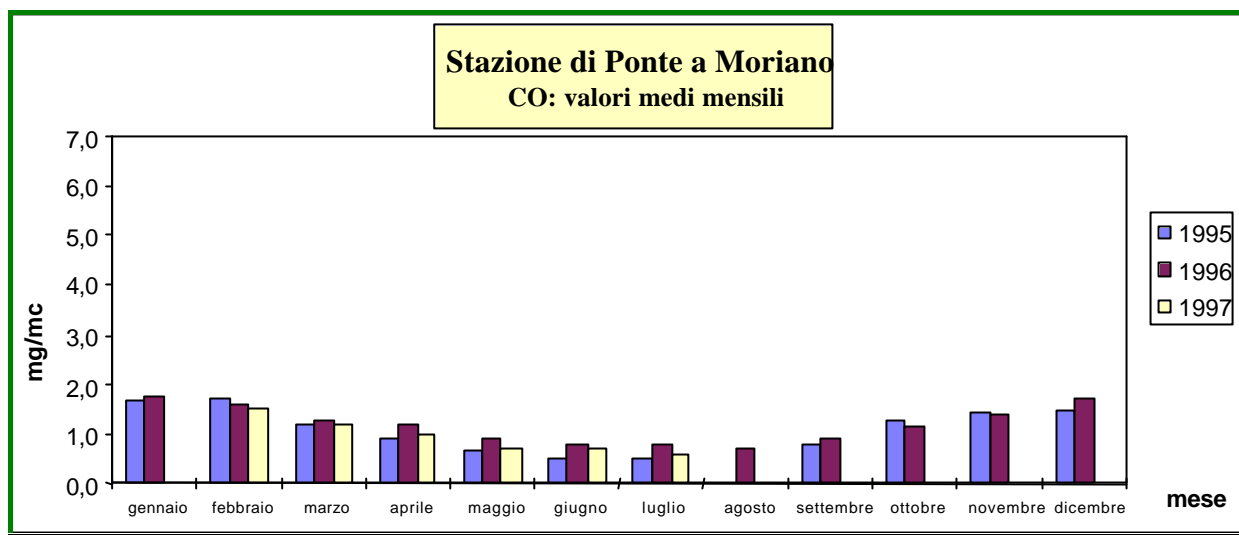
ANNO 2000, inquinante CO, tempo di mediazione: 1 ora

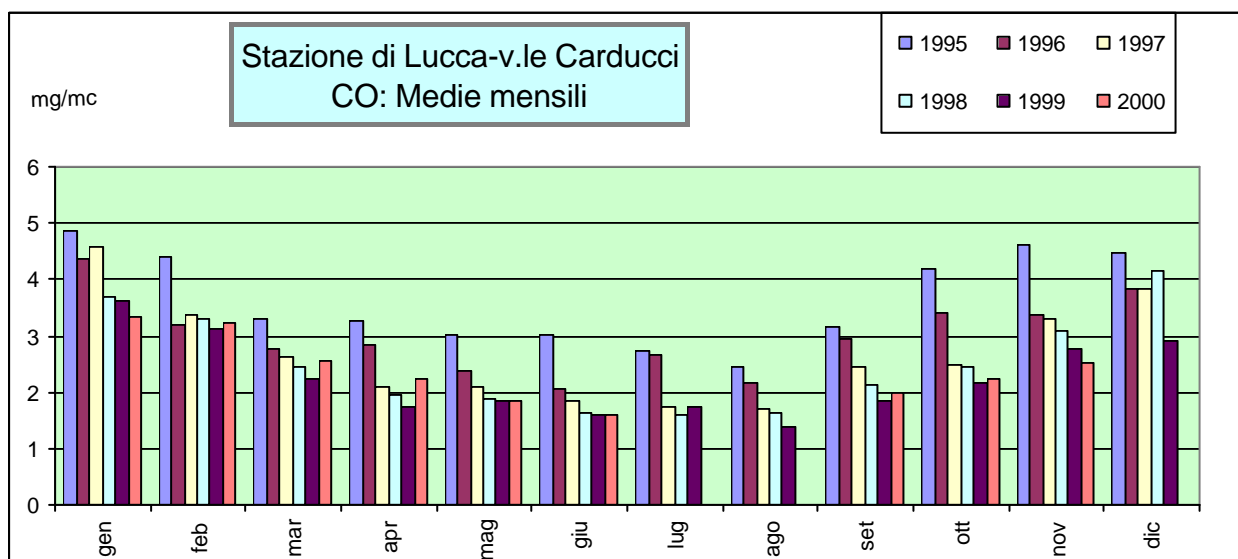
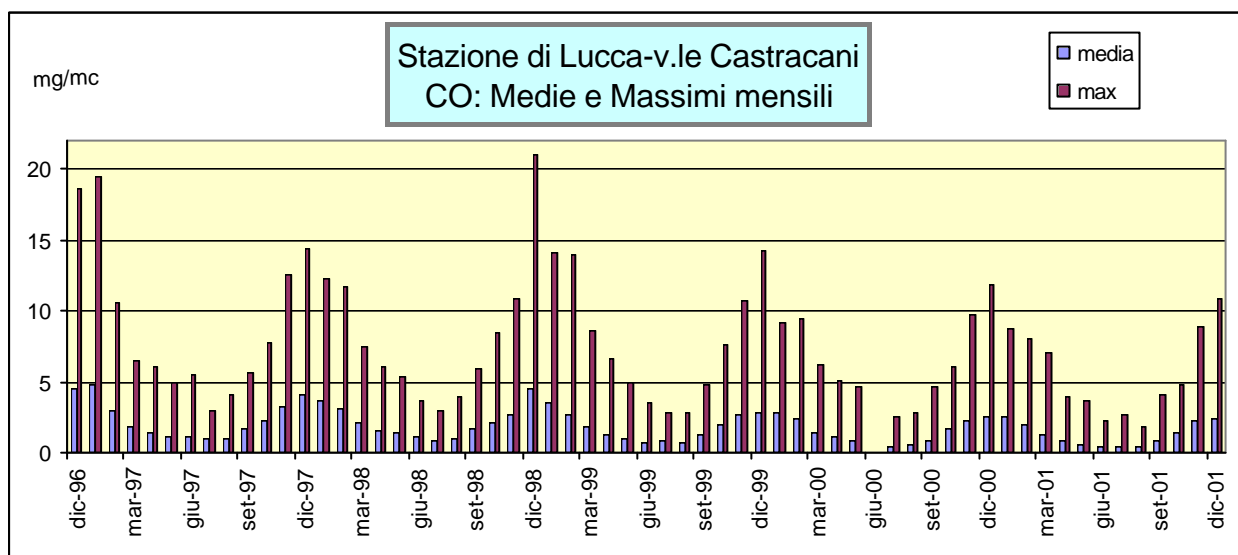
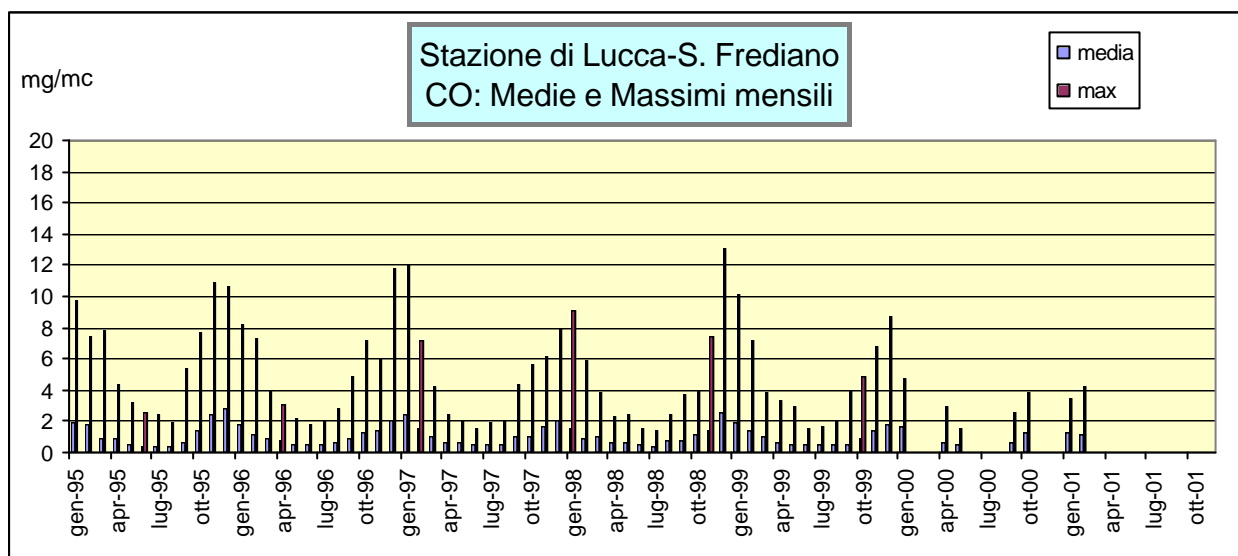
Stazione	n° dati	Media annuale (mg/m3)	massimo annuale (mg/m3)	Frequenza di superamento dei valori di riferimento (mg/m3)				
				2,5	5	7,5	10	15
Lucca-S. Micheletto	3697	ns	5.4	5.2	0.0	0.0	0.0	0.0
Lucca-Spalti di S. Frediano	2561	ns	4.7	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0
Lucca- v.le Carducci	4998	2.3	9.5	36.2	4.1	0.4	0.0	0.0
Lucca-v.le Castracani	7625	1.5	11.9	20.1	2.7	0.3	0.0	0.0

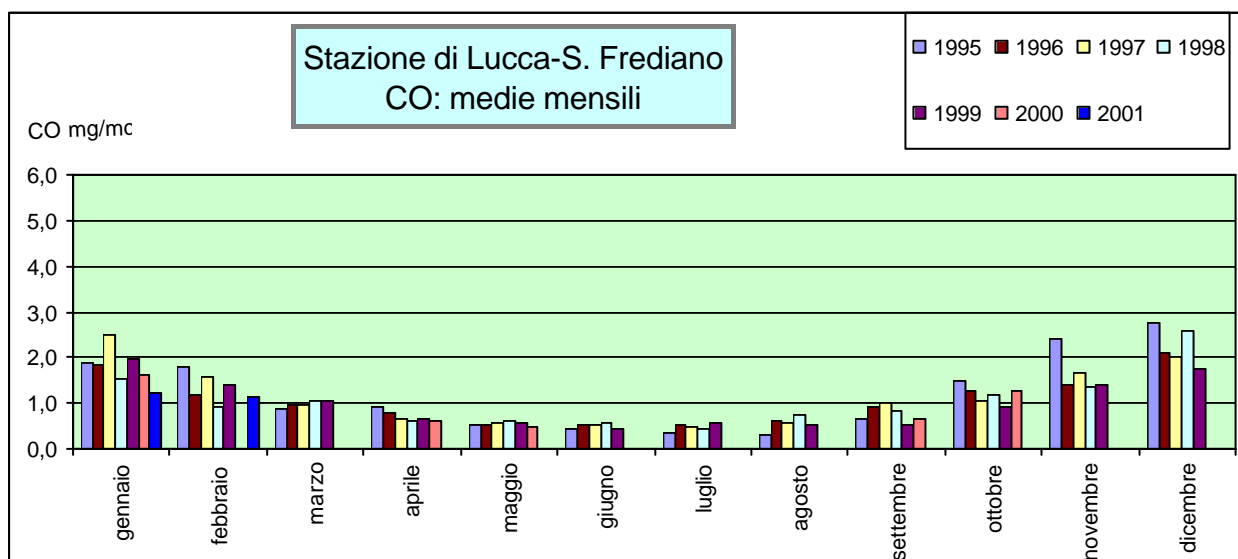
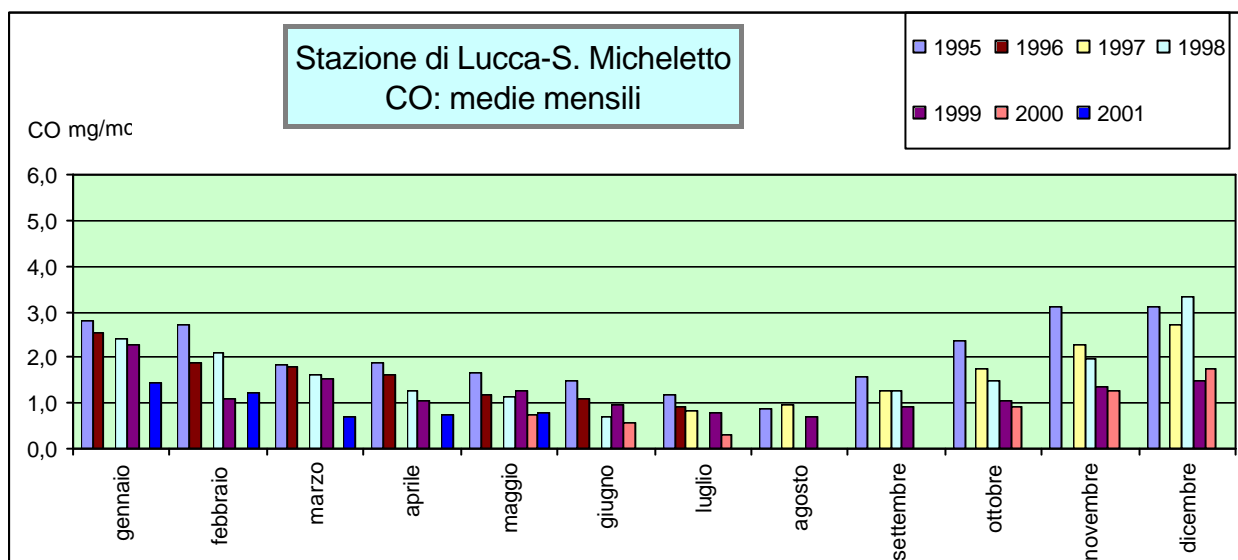
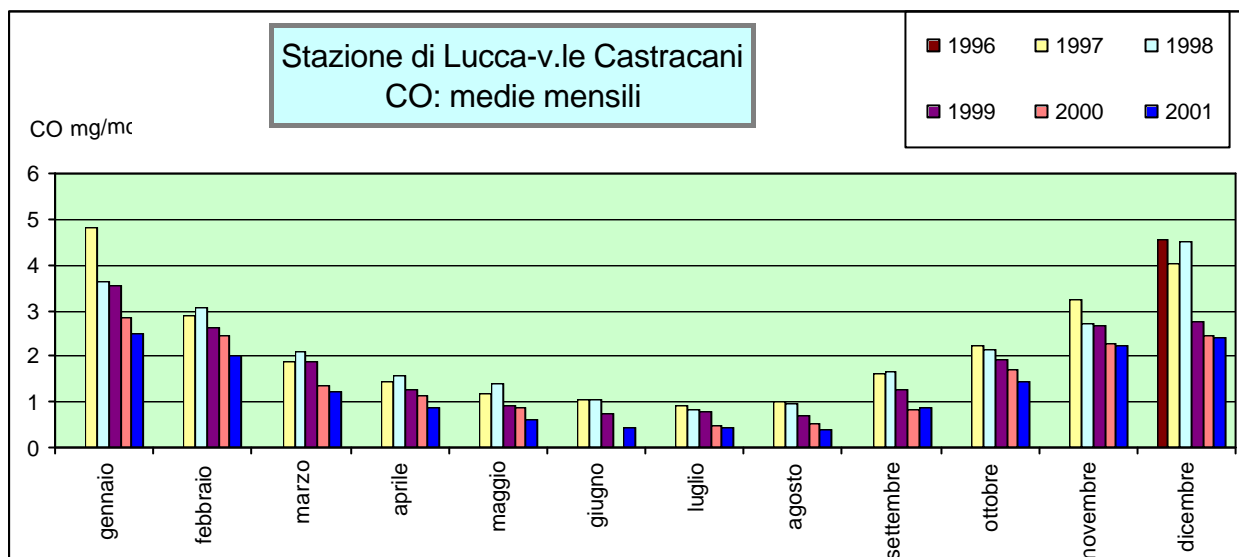
ANNO 2001, inquinante CO, tempo di mediazione: 1 ora

Stazione	n° dati	Media annuale (mg/m3)	massimo (mg/m3)	Frequenza di superamento dei valori di riferimento (mg/m3)				
				2,5	5	7,5	10	15
Lucca-S. Micheletto*	3442	ns	4,6	2,2	0,0	0,0	0,0	0
Lucca-Spalti di S. Frediano**	1249	ns	4,2	5,8	0,0	0,0	0,0	0
Lucca-v.le Castracani	7976	1.3	10.8	16.5	2.1	0.2	0.0	0.0

*periodo gennaio-giugno ** stazione dismessa ad aprile 2001







Come evidenziato chiaramente dai dati riportati, si è registrato nel corso degli anni una marcata diminuzione delle concentrazioni di questo inquinante.

Tale andamento è attribuibile al progressivo svecchiamento del parco veicoli ed alla conseguente sostituzione delle auto più datate ed inquinanti con veicoli a minore impatto ambientale. Considerando che la fonte emissiva di gran lunga preponderante di CO a livello provinciale è proprio il traffico vi è da ritenere che, al di là di eventuali estemporanee eccezioni legate a situazioni meteorologiche particolarmente sfavorevoli, tale trend possa proseguire anche nei prossimi anni. La riduzione dei tassi di questo inquinante è ovviamente marcata nelle stazioni ubicate in aree sottoposte a grossi flussi veicolari mentre la differenza si rileva in misura più ridotta nella stazione di Spalti di S.Frediano, posta in area verde e pertanto interessata solo indirettamente dalle emissioni di origine veicolare. Va sottolineato però che in tale località i tassi di CO (in particolare per quello che riguarda i valori di punta) si aggirano su valori molto inferiori a quelli delle altre stazioni.

La progressiva riduzione finora registrata delle concentrazioni di questo inquinante sono evidenziabili anche dalla riduzione del numero dei superamenti dei limiti relativi agli standards di qualità dell'aria che per questo inquinante sono stati superati come media di otto ore (tutti gli eventi si sono registrati nella fascia oraria 16 – 24 nei mesi invernali). Le stazioni interessate sono state ovviamente le già citate Lucca-v.le Carducci e Lucca-v.le Castracani. In tutte le altre stazioni di monitoraggio non sono stati mai superati i limiti previsti dalla normativa vigente.

Numero di superamenti del valore limite di 10 mg/m³ (media 8h) registrato in ciascun anno

Stazione	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001*
Lucca-v.le Carducci	14	3	0	3	1	0	nd
Lucca-v.le Castracani	/	5	7	5	1	0	0

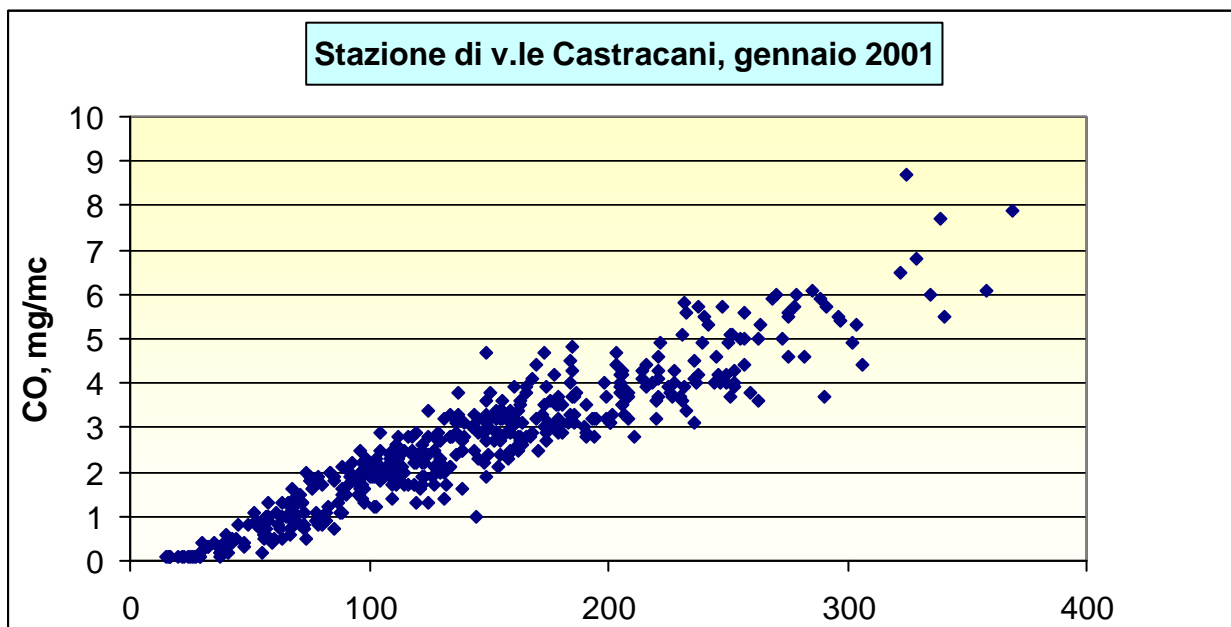
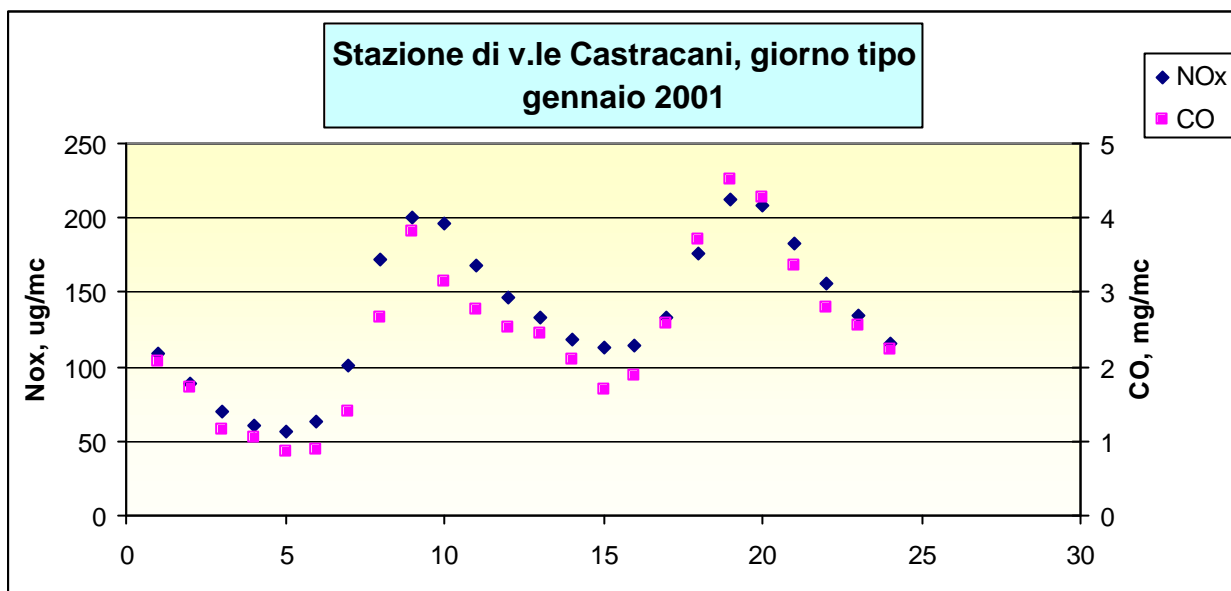
* Periodo 01 gennaio – 15 dicembre 2001

Per quanto riguarda il rispetto dei livelli di attenzione e di allarme, fissati per le reti urbane, in una sola occasione (1998) sono stati raggiunti i livelli di pre-attenzione così definiti dai piani di intervento preventivi redatti dall'Amministrazione Comunale nel quale erano previsti interventi sulla mobilità urbana al raggiungimento di valori comunque più restrittivi di quelli previsti dalla normativa nazionale. Anche se successivamente a tale episodio si sono registrati occasionalmente valori di punta non trascurabili, questi in genere si sono manifestati come episodi puntuali e relativamente localizzati.

In tutte le stazioni si è registrata inoltre una notevole correlazione tra la presenza di ossidi di azoto e monossido di carbonio. Tale correlazione, che assume forme diverse a seconda della

tipologia di stazione, è fortemente marcata in particolare nei mesi invernali, ossia nel periodo dell'anno in cui tali composti assumono la maggior rilevanza sanitaria.

A titolo di esempio si riportano gli andamenti registrati per questi inquinanti nei mesi di gennaio 2001 presso la stazione di Lucca – v.le Castracani.



PARTICOLATO SOSPESO (PM10)

Oltre agli inquinanti gassosi propriamente detti, nell'atmosfera sono presenti anche microscopiche goccioline liquide o piccole particelle solide a cui viene dato complessivamente il nome di particolato atmosferico. Con questo termine vengono quindi indicate tutte le particelle solide o liquide disperse nell'atmosfera quali, ad esempio, polvere, ceneri e pollini. La provenienza di questi inquinanti è da attribuirsi principalmente a trasporti, centrali termoelettriche, industrie e, nei periodi invernali agli impianti termici civili. Come fonte di emissione, negli ambienti urbani assume una grossa rilevanza, sia per gli aspetti quantitativi che per quelli sanitari, il traffico veicolare.

Le dimensioni del particolato sospeso sono molto variabili e vanno dal millesimo di micron a qualche millimetro; nelle aree urbane generalmente tali dimensioni spaziano tra gli 0,01 e i 100 μm di diametro. Ovviamente le dimensioni influenzano notevolmente i tempi di permanenza nell'atmosfera delle particelle, poiché le particelle di maggiori dimensioni tendono a ricadere al suolo più velocemente di quelle a dimensioni ridotte. I meccanismi di deposizione sono comunque molteplici e non riconducibili di norma a semplici considerazioni sulle dimensioni e su di essi influiscono in maniera rilevante una serie di parametri meteorologici, quali la natura dei venti e la piovosità.

Il corpo umano ha una serie di difese, principalmente meccaniche, per impedire che queste sostanze penetrino nell'organismo: le particelle di dimensioni superiori ai 10 μm vengono bloccate nel naso, dal muco che riveste l'apparato respiratorio e dalle ciglia che lo ricoprono. Solo le particelle di dimensioni più ridotte riescono a giungere fino agli alveoli polmonari, in particolare le particelle di dimensioni inferiori ai 2,5 μm . Gli effetti sulla salute umana sono fortemente legati alle caratteristiche chimico-fisiche della polvere inalata, potendo questa agire sia direttamente (per effetto delle sostanze minerali che vengono ad accumularsi nei polmoni), sia fungendo da veicolo di sostanze aerodisperse in grado di associarsi alle particelle solide con meccanismi di assorbimento e/o adsorbimento che ne consentono la concentrazione ed il successivo contatto con gli strati più profondi dell'apparato respiratorio. In particolare l'associazione tra polveri ed ossidi di zolfo può provocare l'insorgere di fenomeni morbosi provocati da un effetto sinergico collegato all'abbinamento di queste due tipologie di sostanze.

Strumentazione utilizzata

Gli analizzatori utilizzati nelle stazioni del comune di Lucca sono del tipo ELECOS APM1 o ENVIRONNEMENT MP101M. La valutazione della polverosità ambientale è basata sull'assorbimento di radiazioni β , emesse da una sorgente radioattiva costituita da un foglio di metil-metacrilato contenente in sospensione il radioisotopo C^{14} , un emettitore puro di radiazioni β

che attraversano la membrana su cui si raccoglie la polvere filtrata durante il campionamento (di durata 24h). La parte di radiazioni trasmessa viene letta da un rilevatore geiger a finestra sottile. La differenza tra la lettura effettuata, all'inizio di ciascun ciclo di campionamento, sulla membrana (senza ancora alcuna deposizione di particolato) e la lettura di fine ciclo è proporzionale alla quantità di polvere depositata.

La massa depositata sulla membrana viene calcolata come :

$$m = K_m \times \ln \frac{N_0}{N_1}$$

dove N_0 è il numero di conteggi effettuato sul "bianco" ed N_1 il numero di conteggi effettuato sul campione al termine del ciclo di monitoraggio. K_m è un valore che può essere considerato con buona approssimazione una costante essenzialmente indipendente dalla natura chimica del particolato ma funzione della superficie di deposito del campione. L'assorbimento di radiazioni β da parte della materia dipende infatti principalmente dal rapporto tra massa atomica e numero atomico; nella maggior parte dei casi, non si discosta molto dal valore 2.

I dati rilevati

Nella rete cittadina il particolato sospeso viene monitorato come PM10 (la frazione inalabile) in tutte le stazioni. Purtroppo negli ultimi due anni si sono verificate una serie di problematiche, non dipendenti dalla volontà dei gestori, in conseguenza delle quali l'efficienza del monitoraggio è risultata ridotta. La quantità di dati raccolta negli anni 2000 – 2001 è comunque sufficientemente significativa per dare utili indicazioni sull'evoluzione nel tempo di tale inquinante.

Le concentrazioni del PM10 nel corso degli anni non hanno evidenziato trend definiti. I valori di norma registrati si sono attestati su valori relativamente elevati che in varie occasioni ed in diverse postazioni hanno superato gli obiettivi di qualità ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a partire dall'anno 1999) o si sono attestati su valori a ridosso di tale limite. Anche il confronto con i limiti di prevedibile prossima applicazione (dettati dal D. Lgs. 351/99) dei dati finora raccolti evidenzia per questo inquinante una situazione di relativa criticità.

L'analisi dei valori riscontrati mostra inoltre che la presenza di questo inquinante ha probabilmente origini dipendenti in misura meno accentuata dal traffico veicolare, rispetto ad altri inquinanti primari monitorati. Infatti i valori misurati nelle stazioni inserite in ambiti urbani soggetti a flussi veicolari intensi, pur essendo di norma superiori, evidenziano differenze relativamente ridotte rispetto alle stazioni più periferiche. Anche le variazioni stagionali dei tassi risultano inoltre normalmente meno accentuate rispetto alle altre tipologie di inquinanti monitorati. Questo fatto ovviamente non può che accentuare le possibili problematiche sanitarie correlate alla presenza di

particolato, in quanto l'esposizione della popolazione si attesta su valori non trascurabili per l'intero anno.

Potendo variare la composizione di questa classe di inquinanti nelle varie aree, a seconda delle fonti emissive, ed essendosi potute effettuare sinora solo delle caratterizzazioni per quanto attiene la presenza di metalli pesanti, sarà opportuno prevedere in futuro un incremento delle attività volte a classificare per quanto possibile anche la presenza di composti organici, orientando le attività di monitoraggio anche nella ricerca delle fonti emissive di maggior rischio tossicologico presenti in provincia.

ANNO 1995, inquinante Particolato sospeso (PM 10), tempo di mediazione: 24 ore

Stazione	n° dati	Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Frequenza percentuale di superamento dei valori di riferimento				
			25	50	75	100	150
Ponte a Moriano	289	36	77.2	17.3	1.7	0	0
Lucca-S. Michele	252	40	86.1	18.7	4	0	0
Lucca-Spalti di S. Frediano	284	43	89.1	25	5.3	1.8	0
Lucca- v.le Carducci	288	63	95.5	67.4	26.7	10.1	0
Viareggio-L.rgo Risorgimento	268	57	97.8	56	17.2	2.2	0.4

ANNO 1996, inquinante Particolato sospeso (PM10), tempo di mediazione : 24 ore

Stazione	n° dati	Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Frequenza percentuale di superamento dei valori di riferimento				
			25	50	75	100	150
Ponte a Moriano	318	18	14.8	1.6	0	0	0
Lucca-S. Michele	140	ns	85.7	30.7	7.9	0	0
Lucca-Spalti di S. Frediano	316	28	55.9	4.1	0.3	0	0
Lucca- v.le Carducci	257	37	52.9	24.6	9.4	0.8	0

ANNO 1997, inquinante Particolato sospeso (PM10), tempo di mediazione : 24 ore

Stazione	n° dati	Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Frequenza percentuale di superamento dei valori di riferimento				
			25	50	75	100	150
Ponte a Moriano	150	ns	1.3	0	0	0	0
Lucca-S. Michele	107	ns	59.8	14	2.8	0	0
Lucca-Spalti di S. Frediano	293	30	58.4	7.5	0.3	0	0
Lucca- v.le Carducci	242	26	45.5	4.5	0.4	0	0
Lucca-v.le Passaglia	157	35	68.8	21.6	2.5	0.6	0

ANNO 1998, inquinante Particolato sospeso (PM10), tempo di mediazione: 24 ore

Stazione	n° dati	Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Frequenza percentuale di superamento dei valori di riferimento				
			25	50	75	100	150
Lucca-S. Michele	266	32	57.1	14.3	0.7	0	0
Lucca-Spalti di S. Frediano	318	25	30.5	7.9	2.2	0.6	0
Lucca- v.le Carducci	134	48	91.0	36.6	12.7	2.2	0
Lucca-v.le Passaglia	262	45	82.4	34	8.8	3.8	0

* L'analizzatore è entrato in servizio il 25 novembre 1998, la distribuzione dei dati non è quindi confrontabile con i dati delle altre stazioni

ANNO 1999, inquinante Particolato sospeso (PM10), tempo di mediazione: 24 ore

Stazione	n° dati	Media annuale (ug/m ³)	Frequenza percentuale di superamento dei valori di riferimento				
			25	50	75	100	150
Lucca-S. Micheletto	271	31	55.7	12.2	1.8	0	0
Lucca-Spalti di S. Frediano	271	36	68.2	21.0	2.9	0	0
Lucca- v.le Carducci	191	39	79.6	21.5	2.6	05	0
Lucca-v.le Passaglia	161	49	78.9	44.7	14.9	3.7	0

ANNO 2000, inquinante Particolato sospeso (PM10), tempo di mediazione: 24 ore

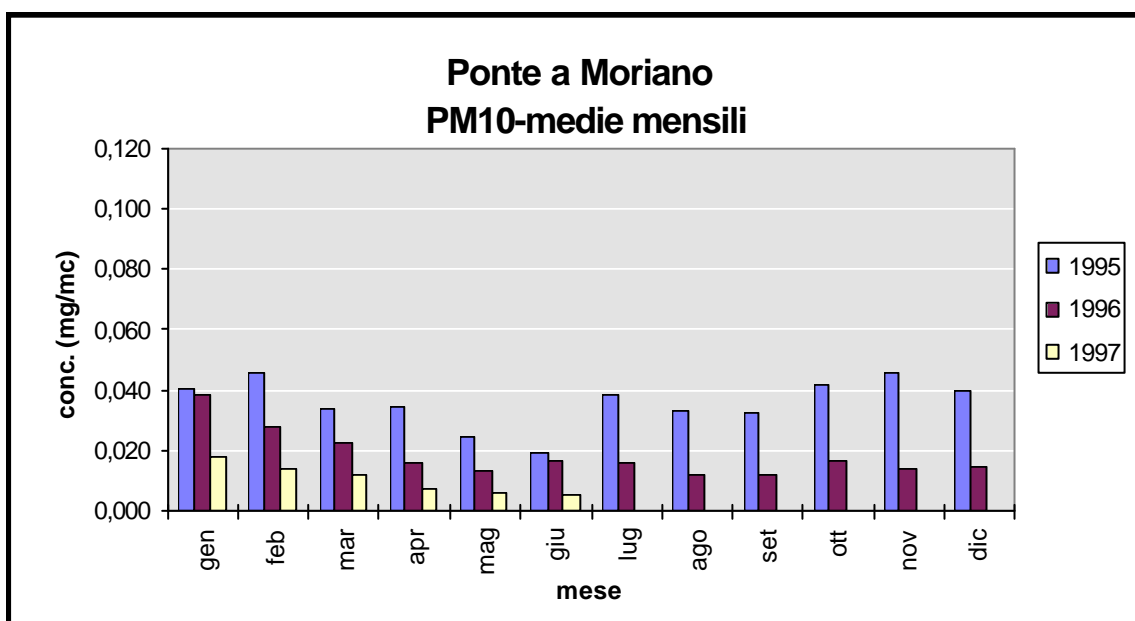
Stazione	n° dati	Media annuale (ug/m ³)	Frequenza percentuale di superamento dei valori di riferimento				
			25	50	75	100	150
Lucca-S. Micheletto	105	ns	34.3	4.8	0.0	0.0	0.0
Lucca-Spalti di S. Frediano	123	ns	65.0	38.2	3.3	0.0	0.0
Lucca- v.le Carducci	265	36.9	73.6	20.4	3.0	0.0	0.0

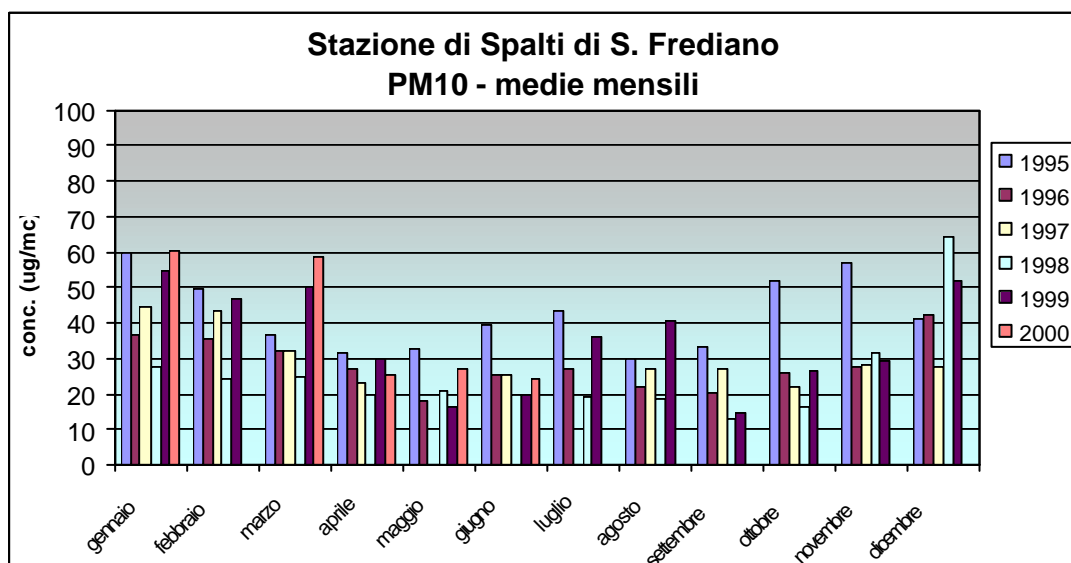
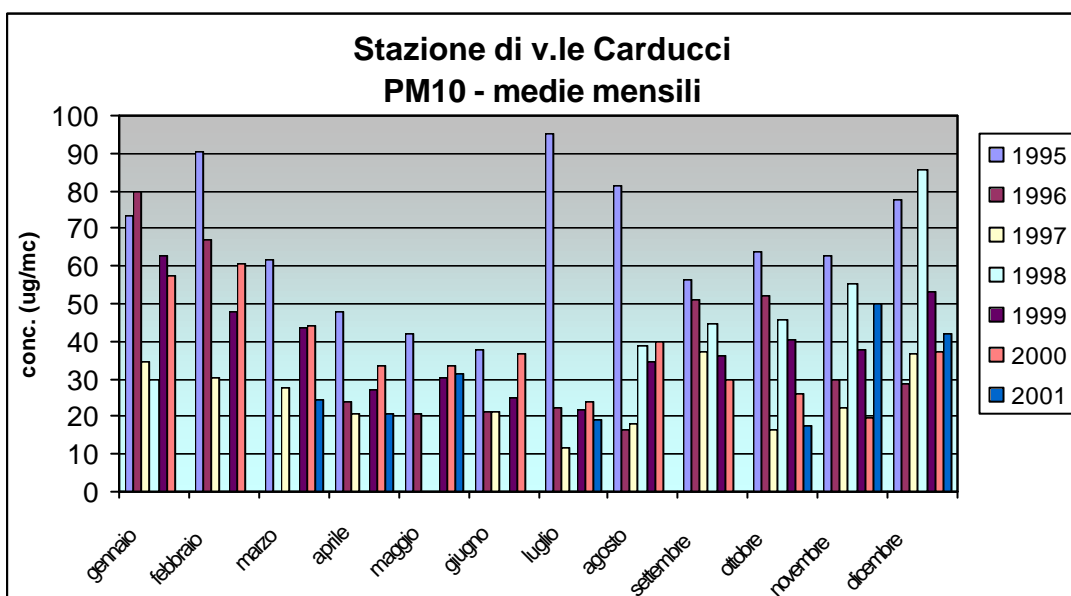
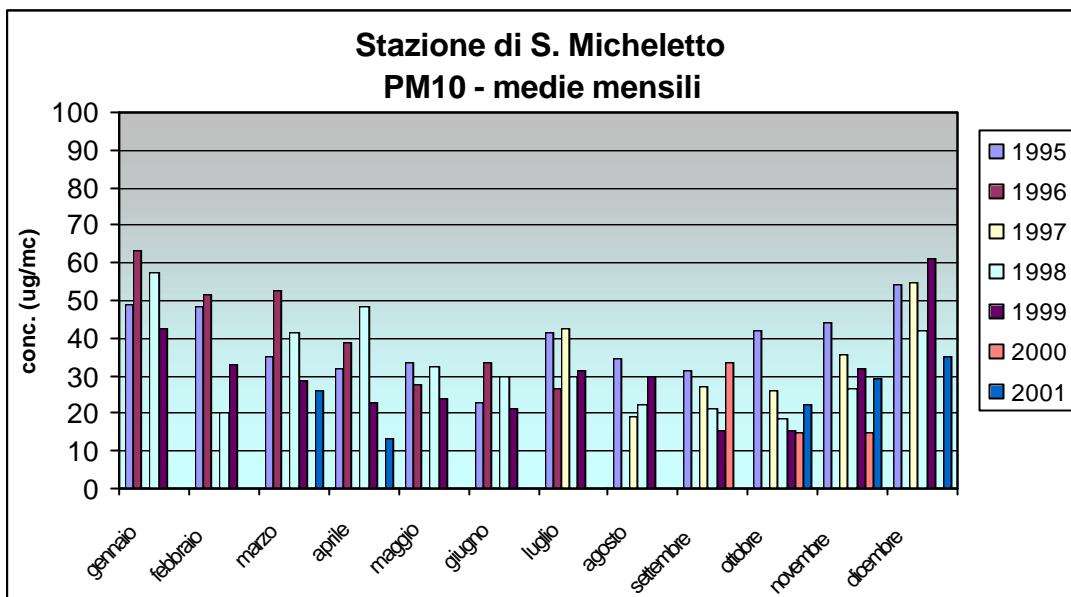
ANNO 2001, inquinante Particolato sospeso (PM10), tempo di mediazione: 24 ore

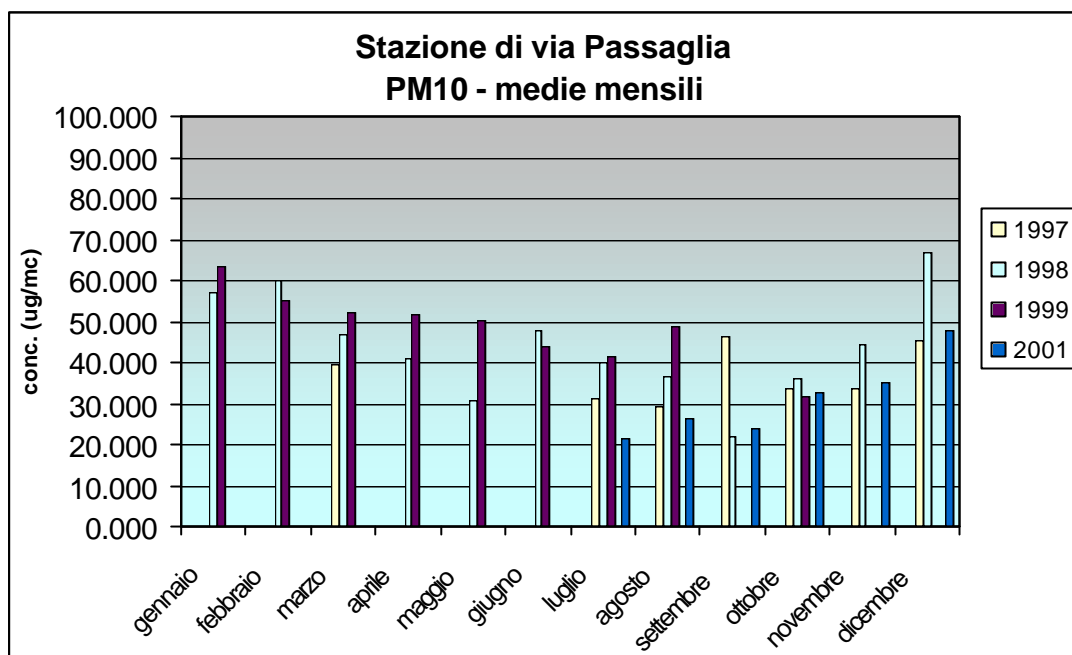
Stazione	n° dati	Media annuale (ug/m ³)	Frequenza percentuale di superamento dei valori di riferimento				
			25	50	75	100	150
Lucca-S. Micheletto	115	ns ¹	42.6	6.1	0.0	0.0	0.0
Lucca- v.le Carducci	163	29.6	46.0	14.1	4.3	0.0	0.0
Lucca-v.le Passaglia	114	ns ²	62.3	9.6	3.5	0.9	0.0

¹ media dati disponibili=26

² media luglio – dicembre = 32







Di seguito si riportano, a titolo del tutto indicativo, il numero di casi di superamento di uno dei parametri limite valori limite previsti dalla direttiva europea all'atto dell'adozione del provvedimento recepiti (ma non ancora applicati) con il Dlgs. 351/99. La frequenza di tali superamenti lascia intuire le difficoltà che dovranno essere affrontate nei prossimi anni, anche ai fini della scelta di una strategia di intervento.

Confronto con la Dir. 1999/30/CE: numero di superamenti del valore limite di 50 ug/m³ + margine di tolleranza di 25 ug/m³ (con riduzione annua costante fino ad annullarsi entro la data del 1° gennaio 2005)

Concentrazioni medie di 24 ore: superamenti del V.L.+Margine Tolleranza = 50 + 25 µg/m³

Anno	Ponte a Moriano	S. Micheletto	v.le Carducci	Spalti di S. Frediano	Via Passaglia
1995	5	10	76	15	//
1996	0	11	22	1	//
1997	0	3	1	1	4
1998	//	2	17	7	23
1999	//	5	5	8	24
2000	//	0	8	4	//
2001	//	0	5	//	0

Concentrazioni medie di 24 ore: superamenti del V.L. = 50 µg/m³ (da non superarsi più di 35 volte l'anno)

Anno	Ponte a Moriano	S. Micheletto	v.le Carducci	Spalti di S. Frediano	Via Passaglia
1995	50	47	192	71	//
1996	5	43	60	13	//
1997	0	15	10	22	34
1998	//	38	49	25	89
1999	//	33	41	57	72
2000	//	5	54	47	//
2001 (periodo gennaio-novembre)	//	3	16	//	3

Dai dati acquisiti non è però possibile definire in maniera univoca le modalità delle iniziative efficaci per ridurre le concentrazioni di tali inquinanti. Non è infatti ancora stata ben chiarita, anche a livello bibliografico, l'importanza delle varie fonti che portano alla formazione e diffusione del PM₁₀. Infatti, come ben evidenziabile dai dati, non risulta marcata la differenza dei valori registrati nelle stazioni di diversa tipologia, che risultano consistenti anche presso la stazione di Spalti di S. Frediano (che, si ricorda, era posta in area verde) o la stazione di via Passaglia, che non risulta interessata direttamente da flussi veicolari consistenti come altre stazioni.

Tra le principali fonti di emissione di tali sostanze, su cui dovranno essere effettuati interventi incisivi (sia per quantità che tossicità legata alla composizione chimica) comunque vi è il traffico veicolare, relativamente al quale non vi è da aspettarsi nel futuro i benefici legati alla modernizzazione del parco veicolare che è lecito aspettarsi per altri inquinanti. Infatti la componente emissiva del motore costituisce solo una parte delle emissioni complessive, che per percentuali rilevanti derivano da fattori meccanici esterni al motore stesso (in particolare usura di pneumatici e freni e polverizzazione dell'asfalto).

Le emissioni dovute a riscaldamento domestico, stante la diffusa metanizzazione del comune, dovrebbero invece giocare un ruolo relativamente marginale. Risulta comunque difficile, allo stato attuale delle conoscenze, individuare una strategia certa da adottarsi per ricondurre a valori maggiormente accettabili le concentrazioni di PM₁₀.

Potendo variare la composizione di questa classe di inquinanti nelle varie aree a seconda delle fonti emissive ed essendosi potute effettuare sinora solo delle caratterizzazioni per quanto attiene la presenza di metalli pesanti, sarà opportuno prevedere in futuro un incremento delle attività volte a classificare, per quanto ragionevolmente possibile, anche la presenza di composti organici,

orientando le attività di monitoraggio anche nella ricerca delle fonti emissive di maggior rischio tossicologico presenti in provincia.

Il confronto dei dati raccolti con uno dei parametri di riferimento più significativi che dovranno essere applicati con il recepimento delle direttive europee (valore limite inteso come media giornaliera di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, da non superarsi più di 35 volte l'anno) evidenzia il fatto che ben difficilmente, stante l'attuale situazione, sarà possibile ottenere il rispetto di tali valori quando divenissero effettivamente vincolanti. Anche tenendo conto che nel primo periodo di applicazione sarà ammessa una tolleranza (inizialmente del 50% poi a scalare nel tempo), dai dati raccolti si può desumere che senza interventi incisivi difficilmente i valori limiti imposti potranno essere rispettati. Nelle valutazioni di questi dati va inoltre considerato che, per una valutazione corretta dei dati, è necessario raffrontare per ciascun anno e per ciascuna stazione il numero dei superamenti con il numero di campioni raccolti (visualizzato nelle tabelle precedenti). Le valutazioni di cui sopra sono immediatamente realizzabili, in forma indicativa ma immediata, confrontando le percentuali di superamento del valore limite riportate nelle tabelle riassuntive di cui sopra con la percentuale di valori massima per cui è ammesso il superamento, nell'ipotesi per cui per ciascuna postazione vengano raccolti 365 dati l'anno (pari al 9,6%). Ovviamente una valutazione di tale tipo può essere considerata solo come indicativa in quanto una corretta elaborazione degli stessi dovrà seguire, quando sarà richiesta tale tipologia di elaborazioni, procedure più rigorose che permettano di effettuare tali valutazioni con precisi criteri statistici, che tengano conto del numero di campioni disponibili e dei periodi stagionali in cui vengono raccolti.

Risulta inevitabile prevedere interventi che permettano di favorire la riduzione di tali sostanze nell'ambito urbano. Dai dati e dalle conoscenze acquisite non è però possibile definire in maniera univoca le modalità di intervento per ridurre le concentrazioni di tali inquinanti. Infatti, come si è detto, la letteratura scientifica non fornisce ancora tutti gli elementi utili per incidere efficacemente sulle principali fonti di origine e diffusione del PM₁₀.

Si renderà comunque necessario lo studio di accorgimenti per ridurre l'apporto inquinante dovuto al traffico urbano.

Le emissioni dovute a riscaldamento domestico, stante la diffusa metanizzazione del comune, dovrebbero invece giocare un ruolo relativamente marginale.

OZONO

L'ozono, di formula chimica O_3 , è un gas di colore azzurrino presente in elevate concentrazioni nella stratosfera, in particolar modo ad altezze comprese tra i 15 ed i 40 Km. Qui si forma principalmente da reazioni che prendono il via dalla dissociazione dell'ossigeno atmosferico, causata dalle radiazioni ultraviolette solari. La presenza di ozono a queste quote è essenziale per la vita sulla terra in quanto le molecole di questa sostanza sono in grado di assorbire le radiazioni ultraviolette a maggior energia dello spettro solare. Tali radiazioni avrebbero, se non assorbite, gravissimi effetti mutageni sui tessuti viventi di piante ed animali; basti ricordare che aumenti anche limitati della quantità di raggi UV che giungano sulla superficie del pianeta possono causare aumenti abnormi dei casi di cancro alla pelle. E' interessante notare che l'ordine di grandezza della concentrazione di ozono alla quota di 20 Km è di $400 \mu g/m^3$, che corrisponde alla concentrazione che viene definita di allarme nei centri urbani (ma l'ozono a basse quote viene inspirato e viene a contatto con gli alveoli polmonari, quello stratosferico evidentemente no...). Nella stratosfera quindi la presenza di ozono, lungi dall'essere dannosa, è invece indispensabile per la vita umana, al punto che uno dei maggiori problemi ecologici attuali è legato all'immissione nell'atmosfera di sostanze (le più note sono i cosiddetti CFC) il cui effetto è quello di interagire con l'ozono stratosferico, distruggendolo e determinando un graduale assottigliamento della fascia protettiva di cui viene di conseguenza ridotto il potere filtrante. Questo fenomeno non si manifesta in modo uniforme in tutta la stratosfera, ma si presenta in modo particolare in determinate aree, soprattutto sopra la regione antartica.

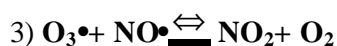
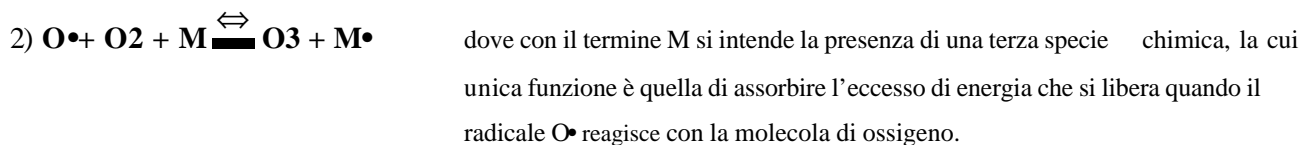
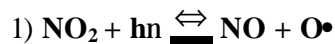
L'ozono ha effetti tossici sugli organismi viventi. Introdotto nel tratto respiratorio può infatti danneggiare i tessuti polmonari. La quantificazione dei danni causati sugli esseri umani non è ancora ben definita, è certo comunque che bambini, soggetti asmatici e persone sottoposte a sforzi fisici intensi possono soffrire di problemi respiratori in presenza di elevate concentrazioni di tale inquinante. Effetti negativi vengono esercitati pure sulla vegetazione, questa sostanza viene infatti assorbita dalle piante a livello fogliare, esercitando una azione dannosa sul loro metabolismo: secondo alcune stime la riduzione della produzione agricola europea dovuta alla presenza di ozono si aggira su valori prossimi al 10%. Effetti dannosi si esplicano pure su una ampia gamma di materiali, la cui durata viene sensibilmente ridotta dall'esposizione prolungata ad elevati tassi di questo inquinante.

La sua presenza nella troposfera è attribuibile a due meccanismi distinti ed indipendenti tra loro:

- a) Trasporto verso il basso di aria stratosferica ricca di ozono che si verifica in particolari situazioni meteorologiche.
- b) Produzione diretta per reazioni chimiche di altri composti, detti precursori, catalizzate generalmente dalle radiazioni solari.

Sul primo di questi fenomeni non hanno evidentemente influenza le attività umane, che influenzano invece notevolmente il secondo. La produzione chimica di ozono, che già avviene per cause naturali, scaricato dal sito Web di ARPAT (Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana) -
<http://www.arpat.toscana.it>

può essere infatti incrementata in larga misura dall'immissione in atmosfera di inquinanti antropici. Il meccanismo di produzione principale è costituito da una serie di reazioni in cui giocano un ruolo fondamentale gli ossidi di azoto. Gran parte della produzione di ozono ha infatti inizio in genere dalla fotolisi del biossido di azoto secondo il ciclo di reazioni:



Il ciclo descritto è di per sé un ciclo chiuso che tenderebbe a stabilizzarsi portando nel complesso ad una concentrazione di equilibrio di ozono relativamente bassa, in quanto questa verrebbe limitata dalla reazione 3). Si è verificato infatti che, in assenza di sostanze interferenti col ciclo descritto, si raggiunge uno stato stazionario nel quale la concentrazione di equilibrio di ozono è determinata dal rapporto tra processi di produzione e di rimozione secondo l'equazione :

$$\underline{[\text{O}_3]} = K \times \frac{[\text{NO}_2]}{[\text{NO}]}$$

In realtà tale equilibrio può essere alterato dalla presenza di idrocarburi o di altre specie chimiche quali ad esempio il radicale OH^\bullet , che è in grado di interagire con il monossido di azoto, inibendone così il ruolo di moderatore nei confronti dell'ozono.

L'ozono prodotto nel corso di questi processi può essere rimosso, almeno parzialmente, grazie ad una serie abbastanza ampia di meccanismi che vanno da processi di deposizione al suolo, a processi di rimozione chimica, a meccanismi di trasporto verso gli strati alti dell'atmosfera. Di particolare importanza, essendo l'ozono una sostanza fortemente ossidante e quindi in grado di interagire con un gran numero di composti presenti nell'aria e nel suolo, sono i processi di rimozione chimica. A questo riguardo un ruolo notevole può essere giocato dalla vegetazione nelle aree più verdi. La vegetazione gioca infatti un duplice ruolo sul bilancio di ozono, può infatti sia contribuire alla sua formazione in quanto sorgente di idrocarburi (derivanti dai processi di decomposizione organica), sia fungere da elemento limitante mediante processi di ossidazione al suolo, derivanti dal contatto tra questo inquinante ed i tessuti vegetali.

L'insieme dei processi di produzione e di rimozione è quindi estremamente variegato e complesso e per di più influenzato in modo determinante dalle variabili meteorologiche quali l'irraggiamento solare, la temperatura dell'aria, la direzione e velocità del vento, le condizioni di stabilità atmosferica e l'altezza dello strato di rimescolamento. In modo particolare, l'energia necessaria per attivare i processi fotochimici è fornita dall'irraggiamento solare mentre la cinetica delle reazioni sopra descritte è

strettamente correlata alla temperatura ambientale: per questi motivi l'inquinamento da ozono è un fenomeno che raggiunge i suoi apici nel periodo estivo.

I tempi di formazione dell'ozono oscillano in un intervallo variabile da poche ore ad alcuni giorni. In questo periodo i precursori vengono trasportati dalle correnti d'aria e si rimescolano con le masse d'aria (e quindi anche con i precursori in esse contenute) circostanti. Questi fenomeni di trasporto fanno sì che i precursori originati da sorgenti diverse possano rimescolarsi anche a grandi distanze dai loro punti di emissione, provocando la formazione di ozono in aree che, al limite, potrebbero non aver nulla a che fare con la loro formazione. Questo meccanismo spiega il motivo per cui spesso i picchi in concentrazione di ozono non si verificano nei pressi delle sorgenti di precursori, ma a distanze che possono giungere a decine, se non a centinaia, di chilometri. Inoltre si deve tener conto che l'ozono che si forma nelle adiacenze dei punti di emissione dei precursori è in parte abbattuto, grazie alla presenza del monossido di azoto prodotto dai processi di combustione che generalmente si accompagnano alla loro formazione. Si è verificato a questo proposito che in vicinanza di estese sorgenti di NO, quali ad esempio strade trafficate, le differenze di concentrazioni di NO₂ e O₃ misurate sottovento e sopravvento sono all'incirca uguali come valore, ma opposte in segno, indicando che una parte dell'ozono trasportato oltre la strada dal vento viene rimosso grazie alla presenza di NO.

Questo insieme di fenomeni fa sì che molto spesso i casi di inquinamento acuto da ozono non si verifichino in generale nelle zone produttrici di inquinanti precursori ma a distanze, anche notevoli, poste sottovento delle stesse. Tale stato di fatto rende molto difficoltoso predisporre dei piani che possano ridurre questa tipologia di inquinamento, in quanto non è sufficiente predisporre interventi su scala cittadina o provinciale, ma è necessario intervenire prendendo come riferimento aree più ampie, la cui estensione è dipendente dall'orografia del territorio in esame. Una parte non irrilevante di tali fenomeni, inoltre, è sicuramente rapportabile ad una scala transfrontaliera e per incidere su di essi risultano pertanto necessari interventi coordinati tra governi diversi.

Gli unici provvedimenti che possono essere suggeriti a livello di autorità locale devono quindi doversi orientare verso la tutela sanitaria della popolazione coinvolta raccomandando l'adozione degli accorgimenti necessari per ridurre al minimo l'esposizione delle persone maggiormente a rischio, tra i quali ad esempio la permanenza in ambienti chiusi nelle ore più calde della giornata (dove la concentrazione di ozono è di solito sensibilmente più bassa di quella esterna).

Strumentazione utilizzata

Gli analizzatori utilizzati sono MONITOR LABS mod. 9811. L'analizzatore rileva le concentrazioni di ozono misurando l'assorbimento di una radiazione ultravioletta a 254 nm. Ogni 10 secondi l'analizzatore effettua un ciclo analitico facendo fluire attraverso la camera di misura prima l'aria campione e successivamente aria esente da ozono (l'aria di "zero" viene ottenuta tramite l'uso di uno

scrubber al biossido di manganese in grado di distruggere tutto l'ozono presente nel campione atmosferico). Un fotometro misura alternativamente l'assorbimento UV del campione atmosferico e quello dell'aria di zero, il microprocessore dell'analizzatore elabora poi i dati e, risolvendo l'equazione di Lambert-Beer, calcola il valore di concentrazione del campione. La taratura dello strumento viene effettuata normalmente utilizzando un generatore interno di ozono che fornisce un campione a concentrazione controllata.

I dati rilevati

Un primo esame dei dati evidenzia, del tutto in accordo con la letteratura, come le aree a maggior tasso di ozono siano in generale quelle non interessate direttamente da traffico veicolare (Spalti di S. Frediano). La stazione di v.le Carducci, con una parziale eccezione registrata in alcuni periodi del 1996, ha infatti evidenziato, per tutto il periodo monitorato (1995-1997) tassi di ozono estremamente limitati mentre valori più elevati si sono riscontrati nella stazione di v.le Passaglia (posta peraltro in un'area soggetta a traffico molto più ridotto della prima).

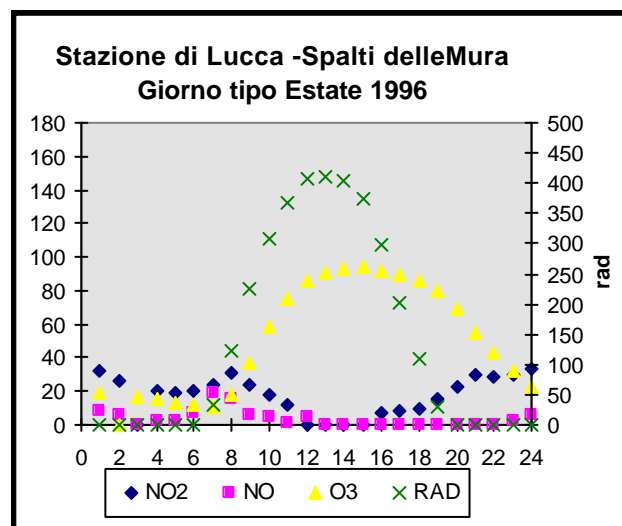
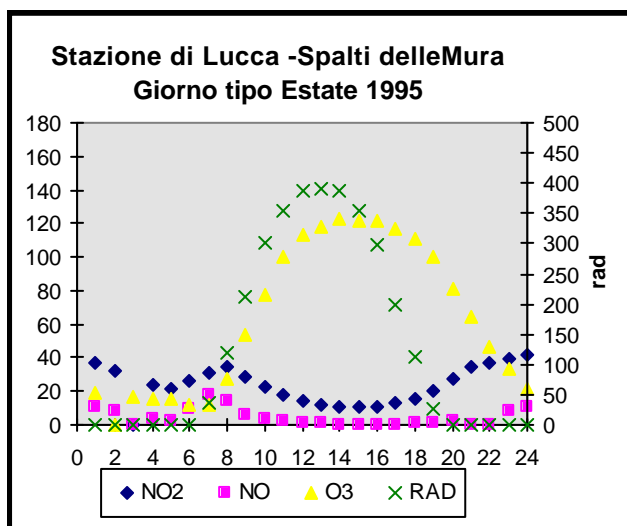
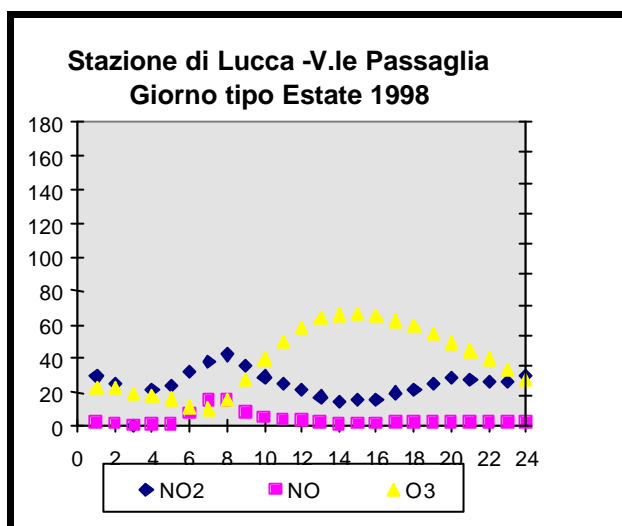
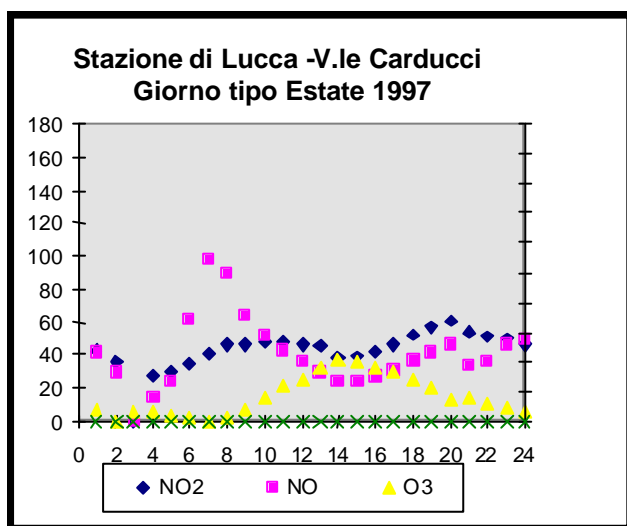
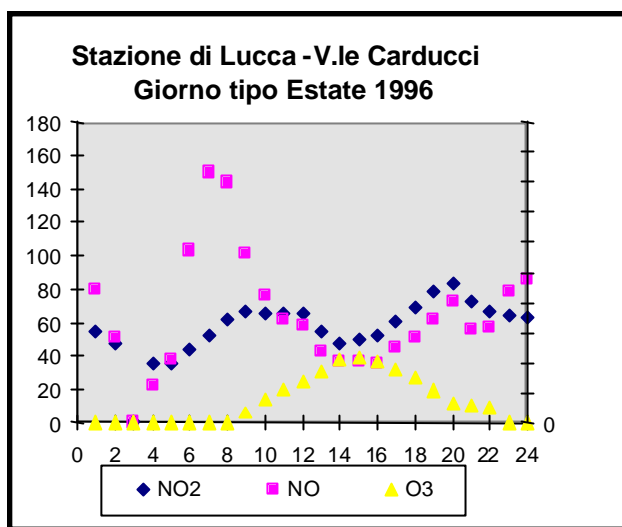
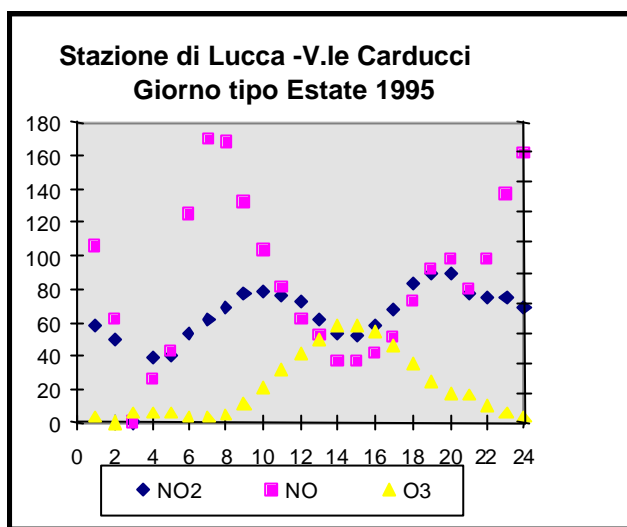
L'influenza del traffico risulta evidente dall'analisi dei giorni-tipo estivi registrati nelle varie stazioni di monitoraggio e di seguito riportati a titolo esemplificativo per il periodo 1995 – 1998. Per quanto attiene gli anni successivi, il monitoraggio effettuato presso le stazioni di S. Frediano e via Passaglia ha evidenziato andamenti del tutto comparabili con quelli qui rappresentati.

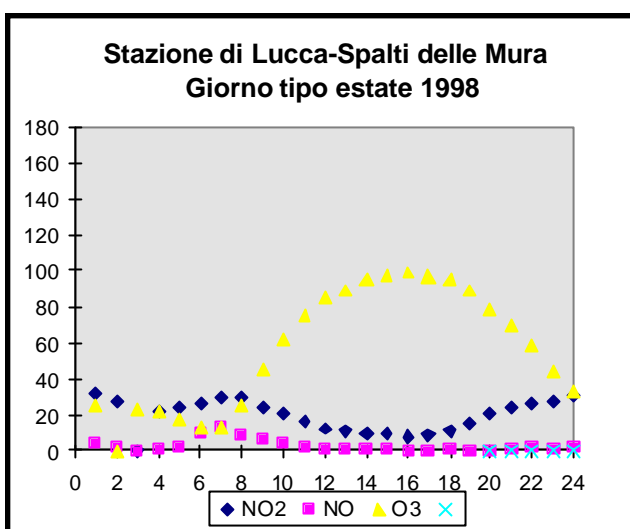
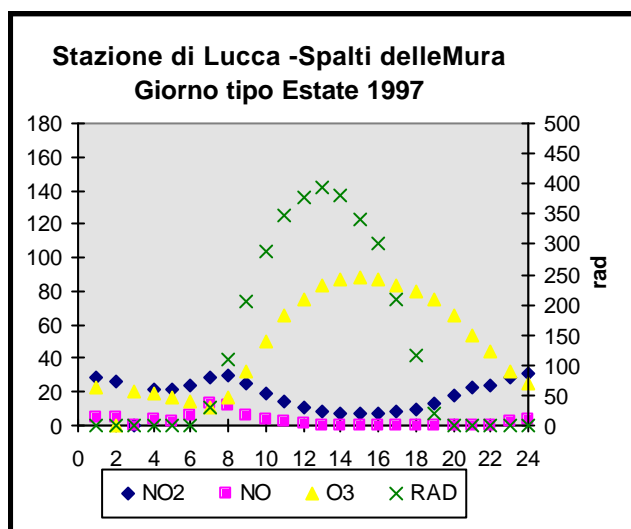
Appare in essi evidente l'influenza esercitata dalla presenza di NO emessa dai gas di scappamento dei veicoli transanti nei pressi della stazione di v.le Carducci e come questo funga da elemento (solo locale) limitante la presenza di ozono mentre i picchi maggiori di tale inquinante si registrino dove minori sono le emissioni dirette di monossido di azoto. Presso tale stazione le concentrazioni diurne di ozono sono risultate minime in corrispondenza dei picchi mattutini di NO per poi crescere con una velocità inversamente proporzionale alle concentrazioni di monossido presenti che decrescono rapidamente sia perché consumato dall'O₃ che si forma (e ciò è reso evidente dal parallelo aumento di concentrazione di NO₂) sia perché, con il variare delle condizioni meteorologiche ne viene accelerata la diluizione nell'ambiente circostante. I picchi di O₃ coincidono con i minimi diurni di NO ed NO₂.

E' appena opportuno evidenziare come in tutti i casi i picchi di O₃ risultano sfasati di 2-3 ore con le punte di irraggiamento registrate e come sia molto evidente l'influenza dell'irraggiamento sull'andamento delle concentrazioni di ozono. L'influenza del traffico appare anche più evidente se si considera che le stazioni di Lucca-Spalti delle Mura e Lucca-v.le Varducci sono poste ad una distanza che in linea d'aria non supera i 2000 m.

La mancanza di qualche grandezza in alcuni dei grafici che seguono è da attribuirsi al fatto che, a causa di malfunzionamenti degli analizzatori o sensori relativi, il numero di dati raccolto per

ciascun periodo in esame è stato considerato insufficiente, o per la distribuzione temporale o per il numero di dati disponibili, per essere considerato rappresentativo per tale tipo di elaborazione.





Nelle tabelle seguenti vengono invece riassunti i risultati dei dati raccolti.

ANNO 1995, inquinante Ozono, tempo di mediazione: 1 ora

Stazione	n° dati	Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Frequenza percentuale di superamento dei valori di riferimento				
			50	100	150	180	200
Lucca-Spalti di S. Frediano	6291	36.5	26.5	11.2	1.6	0.2	0
Lucca- v.le Carducci	5367	15.8	6.9	0.3	0	0	0

ANNO 1996, inquinante Ozono, tempo di mediazione: 1 ora

Stazione	n° dati	Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Frequenza percentuale di superamento dei valori di riferimento				
			50	100	150	180	200
Lucca-Spalti di S. Frediano	7280	32.8	29.6	4.7	0.2	0.01	0
Lucca- v.le Carducci	6280	13.2	6.8	0.8	0.01	0	0

ANNO 1997, inquinante Ozono, tempo di mediazione: 1 ora

Stazione	n° dati	Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Frequenza percentuale di superamento dei valori di riferimento				
			50	100	150	180	200
Lucca-Spalti di S. Frediano	7882	33	31,5	6,9	0,1	0	0
Lucca- v.le Carducci	6750	7,1	1	0	0	0	0

ANNO 1998, inquinante Ozono, tempo di mediazione : 1 ora

Stazione	n° dati	Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Frequenza percentuale di superamento dei valori di riferimento				
			50	100	150	180	200
Lucca-Spalti di S. Frediano	7144	35	23	7,8	0,8	0,2	0
Lucca- viale Passaglia	8193	21.2	14.6	0.3	0	0	0

ANNO 1999, inquinante Ozono, tempo di mediazione: 1 ora

Stazione	n° dati	Media annuale (ug/m ³)	Frequenza percentuale di superamento dei valori di riferimento				
			50	100	150	180	200
Lucca-Spalti di S. Frediano	7643	33.4	30.8	4.6	0.1	0	0
Lucca- viale Passaglia	7505	23.7	18.3	2.6	0.1	0	0

ANNO 2000, inquinante ozono, tempo di mediazione: 1 ora

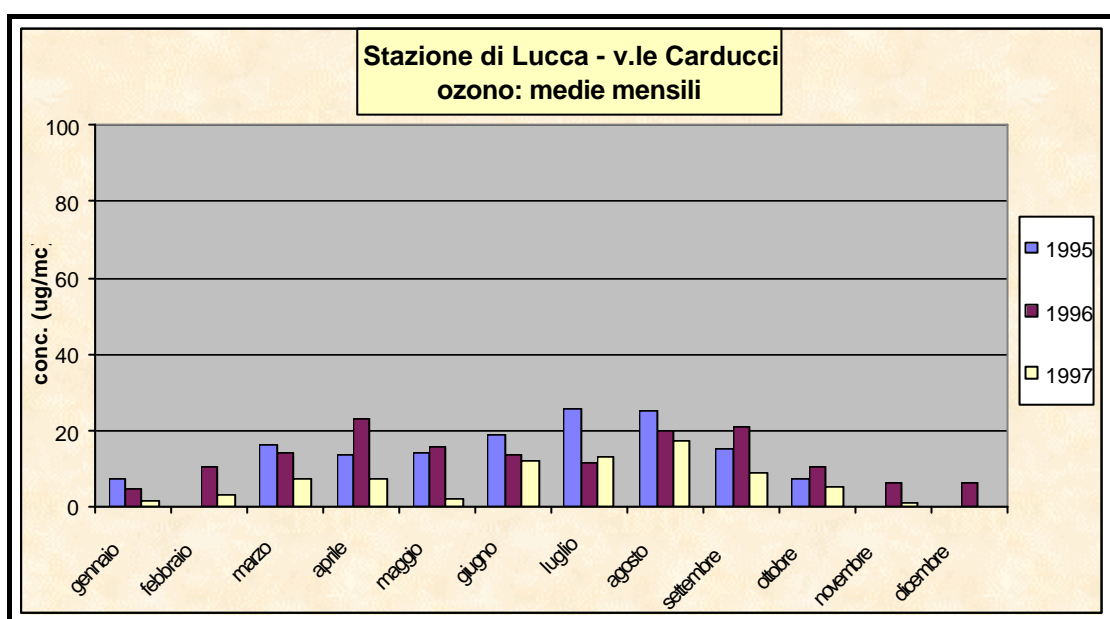
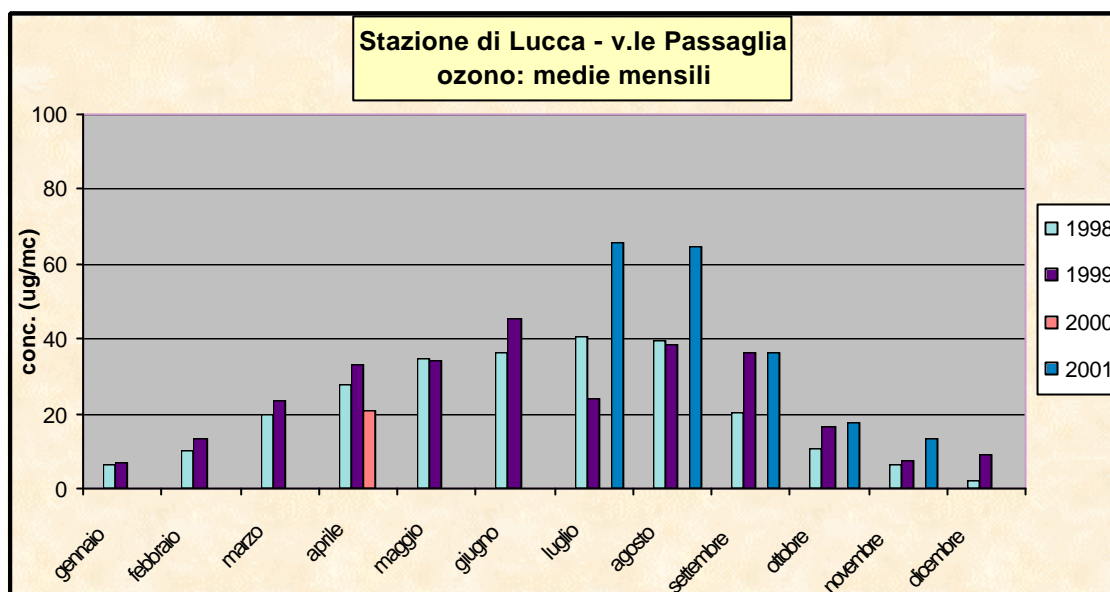
Stazione	n° dati	Media annuale (ug/m ³)	Frequenza percentuale di superamento dei valori di riferimento				
			25	50	75	100	150
Lucca-Spalti di S. Frediano	2688	ns	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0

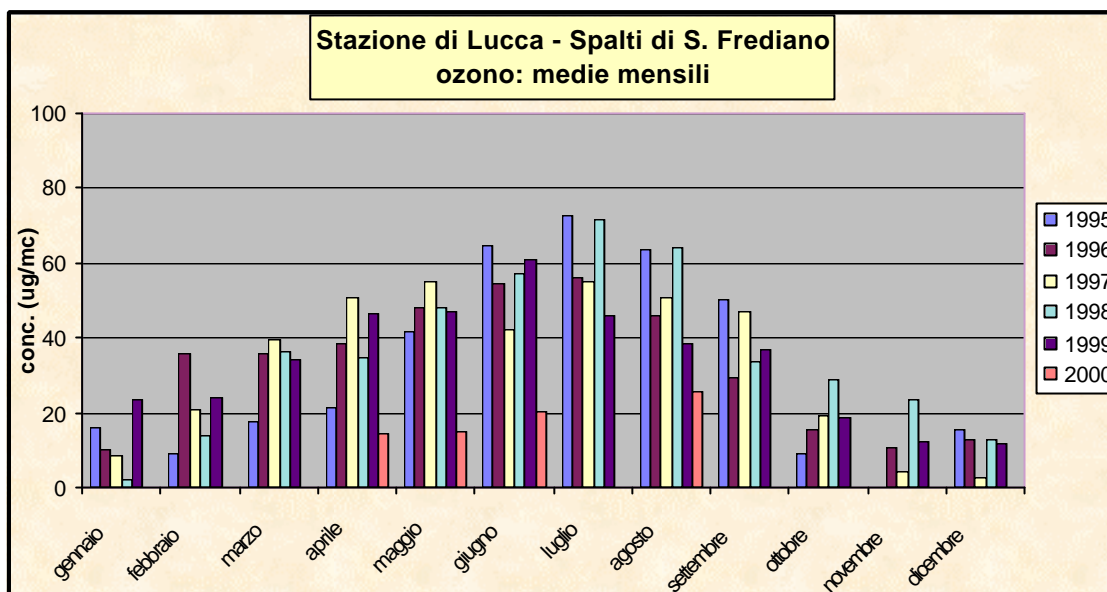
ANNO 2001, inquinante ozono, tempo di mediazione: 1 ora

Stazione	n° dati	Media annuale (ug/m ³)	Frequenza percentuale di superamento dei valori di riferimento				
			25	50	75	100	150
Lucca-v.le Passaglia*	3133	ns	35,0	6,8	0,4	0,0	0,0

*periodo di monitoraggio: luglio –dicembre 2001

Pur essendo in genere attestato su valori mediamente elevati (in passato si sono anche verificati dei casi di mancato rispetto degli standards di qualità dell'aria), i tassi di questo inquinante sono ovviamente inferiori a quelli che vengono registrate in aree meno urbanizzate limitrofe. Nel corso degli anni si sono registrati numerosi superamenti del "livello di protezione della salute" fissato dal D.M. 16.5.96 (110 µg/m³ come media mobile di 8 ore). Vi è da rilevare che la presenza di questo inquinante è elevata su tutto il territorio nazionale e regionale e che, stante la natura e le origini dello stesso, interventi atti a ridurre la presenza necessitano di azioni da effettuare in ambiti territoriali ben maggiori di quello comunale. Sono inoltre stati registrati in alcune occasioni superamenti degli standards di qualità dell'aria. Nel 2000 e nel 2001 i valori riscontrati si sono mantenuti su livelli relativamente ridotti se confrontati con gli anni precedenti. Va precisato che, anche se in questi due anni si è proceduto ad una riduzione da due ad uno degli analizzatori posti in città, riducendo anche il periodo di copertura temporale, il monitoraggio può ritenersi comunque come sufficiente. Infatti i valori registrati in città sono stati storicamente sempre inferiori o comunque comparabili (come logico aspettarsi data la natura di questo inquinante) a quelli registrati nella stazione di Porcari i cui valori possono pertanto essere utilizzati, in via cautelativa, per eventuali maggiori approfondimenti per la valutazione dei tassi di ozono cittadini.





Idrocarburi non metanici

Sono compresi sotto questo nome tutti i composti formati essenzialmente da idrogeno e carbonio. I composti organici che si possono ritrovare nell'atmosfera sono estremamente numerosi e ad alcuni di questi possono essere attribuiti effetti dannosi per la salute umana diretti (ad esempio ai composti aromatici); gli effetti negativi di altri sono invece da associarsi a possibili reazioni principalmente di tipo fotochimico, a causa delle quali possono innescarsi meccanismi in grado di portare alla produzione di composti molto più tossici di quelli originali.

Poichè l'idrocarburo presente nella quantità di gran lunga più rilevante, il metano, non è coinvolto in modo significativo in reazioni fotochimiche e non è considerato un agente inquinante pericoloso, nella pratica comune gli analizzatori automatici utilizzati funzionano separando la componente metanica di questa classe di composti e valutando la concentrazione complessiva di tutti gli altri idrocarburi. La ricerca di specifici inquinanti è in genere lasciata a specifiche campagne di monitoraggio.

Gli unici limiti normativi attualmente in vigore fanno riferimento alla presenza della componente non metanica di questa classe di sostanze e sono applicabili solo in concomitanza di superamento dei valori limite dell'ozono. Per questa tipologia di inquinanti non si sono finora evidenziati particolari trend in funzione del tempo, mentre i valori di gran lunga più rilevanti, anche in questo caso, si sono riscontrati nelle stazioni situate nelle aree soggette ai maggiori flussi veicolari.

L'analizzatore utilizzato in questo caso è l'R-526-RANCON. Il principio di funzionamento si basa sulla tecnica della rilevazione a ionizzazione di fiamma (FID). Quello che viene rilevato in questo strumento è l'aumento di intensità della corrente ionica in una fiamma di idrogeno quando è introdotta aria contenente composti organici. La risposta ottenuta è approssimativamente proporzionale al numero di

atomi di carbonio con legami organici, per cui il rilevatore funziona in un certo senso come contatore di atomi di carbonio. La separazione del metano dagli altri composti viene ottenuta utilizzando una colonna gascromatografica. Il campione prelevato viene quindi suddiviso in due, la prima aliquota ottenuta in questo modo passa attraverso la colonna gascromatografica e di essa si analizza la componente metanica, la seconda aliquota viene inviata direttamente al rilevatore per ottenere la misura della quantità di idrocarburi totali (THC). La differenza tra i due valori misurati permette la valutazione della quantità di idrocarburi non metanici (NMHC) presenti.

Ad ogni ciclo di misura l'analizzatore procede ad effettuare un azzeramento elettronico del segnale del rilevatore.

Al servizio dell'analizzatore vi è un generatore di idrogeno destinato ad alimentare la fiamma ed un fornello utilizzato per produrre aria esente da idrocarburi.

I dati rilevati

I valori registrati si attestano su livelli che possono considerarsi mediamente abbastanza elevati. Dall'analisi dei dati pare lecito attribuire un peso notevole alla presenza di questa classe di inquinanti nelle aree urbane anche in questo caso al traffico veicolare (che, si ricorda ancora, ha la caratteristica di concentrare le proprie emissioni in aree molto circoscritte corrispondenti alle principali arterie di comunicazione). Per nulla trascurabile risulta però anche il contributo di altre fonti emissive (industriali, naturali e da riscaldamento domestico nei periodi invernali). Infatti la presenza di idrocarburi si è rilevata anche qui elevata presso le aree sottoposte a forti flussi veicolari ma si è attestata su valori non indifferenti anche presso le altre aree monitorate a riprova (in accordo con le elaborazioni effettuate per la creazione dell'inventario provinciale delle emissioni) del peso assunto dalle altre fonti emissive (più rilevanti del traffico ma distribuite in maniera molto più uniforme sul territorio).

Come già accennato nella parte introduttiva questa categoria di composti è formata da un numero enorme di sostanze chimiche di caratteristiche anche tossicologiche molto differenti. Risulterà pertanto opportuno in futuro, dedicare particolare attenzione alla caratterizzazione dei composti che formano questa categoria di inquinanti.

Per questa classe di inquinanti non vi sono limiti normativi specifici (esiste solo uno standard di qualità che pone a $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ la concentrazione massima ammissibile in presenza di superamenti contemporanei dei limiti previsti per l'ozono) anche perché le informazioni ottenibili da tali dati non sono praticamente relazionabili con i loro effetti sanitari. Infatti la composizione delle miscele monitorate può essere estremamente diversificata in funzione delle zone in cui i dati vengono raccolti e pertanto concentrazioni analoghe possono avere effetti sanitari estremamente diversificati.

Nelle tabelle seguenti vengono riportati i risultati dei rilevamenti eseguiti. Si tenga presente, nella valutazione di tali dati, che a causa del fatto che gli analizzatori utilizzati sono facilmente soggetti a guasti il numero dei dati raccolti è sensibilmente inferiore a quello ottenuto con le altre classi di analizzatori. Pertanto, per poter permettere ugualmente un confronto immediato, almeno approssimativo, degli andamenti annuali, è stato necessario allargare considerevolmente i parametri di riferimento utilizzati per considerare come sufficienti la distribuzione temporale nel corso di ciascun anno ed il numero dei dati ottenuti per le elaborazioni riportate. Tale approssimazione nelle elaborazioni è comunque mitigata dal fatto che, tra tutti gli inquinanti monitorati, gli idrocarburi non metanici sono quelli che hanno dimostrato le minori variazioni legate alla stagionalità. L'assenza di dati per periodi prolungati di ciascun anno di riferimento incide pertanto sulla distribuzione annuale in maniera relativamente ridotta.

ANNO 1995, inquinante: Idrocarburi non metanici, tempo di mediazione: 1 ora

Stazione	n° dati	Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	massimo annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Frequenza percentuale di superamento dei valori di riferimento				
				300	600	900	1200	1500
Ponte a Moriano	3480	183	1438	7.2	0.5	0.05	0.03	0
Lucca-S. Micheletto	3428	228	1491	26.2	3.4	0.76	0.2	0
Lucca- v.le Carducci	4954	486	2095	78.5	22.6	5.8	1.9	0.6

ANNO 1996, inquinante: Idrocarburi non metanici, tempo di mediazione: 1 ora

Stazione	n° dati	Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	massimo annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Frequenza percentuale di superamento dei valori di riferimento				
				300	600	900	1200	1500
Ponte a Moriano	7307	217	2780	14.9	0.8	0.3	0.2	0.1
Lucca-S. Micheletto	3256	142	1545	15.4	2.2	0.3	0.1	0.03
Lucca- v.le Carducci	6695	408	2933	57.2	17.3	6.3	2.5	1

ANNO 1997, inquinante: Idrocarburi non metanici, tempo di mediazione : 1 ora

Stazione	n° dati	Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	massimo annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Frequenza percentuale di superamento dei valori di riferimento				
				300	600	900	1200	1500
Ponte a Moriano	4197	189	1237	6.9	0.4	0.1	0.02	0
Lucca- v.le Carducci	5931	438	2664	68.7	22	85	3.3	1.5
Lucca-v.le Passaglia	2915	229	1359	17.8	1.1	0.1	0.03	0
Lucca-v.le Castracani	4600	447	2805	66.5	27.9	10.7	4.3	1.8

ANNO 1998, inquinante: Idrocarburi non metanici, tempo di mediazione : 1 ora

Stazione	n° dati	Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	massimo annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Frequenza percentuale di superamento dei valori di riferimento				
				300	600	900	1200	1500
Lucca- v.le Carducci	4970	446	3155	67.3	23.8	7.9	2.8	1.1
Lucca-Spalti di S.Frediano*	3202	138	1244	14.0	1.2	0.2	0.1	0.0
Lucca-v.le Passaglia	4348	177	833	9.4	0.6	0.0	0.0	0.0
Lucca-v.le Castracani	5531	739	2993	97.3	66.4	18.4	5.1	1.8

*L'analizzatore è entrato in servizio nel mese di giugno

ANNO 1999, inquinante: Idrocarburi non metanici, tempo di mediazione : 1 ora

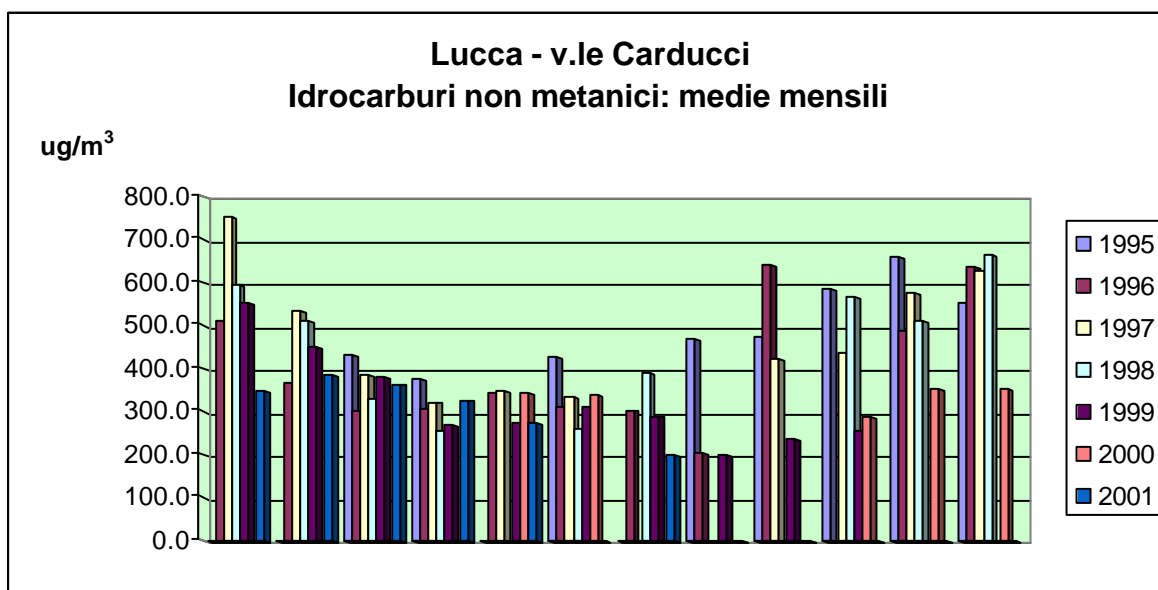
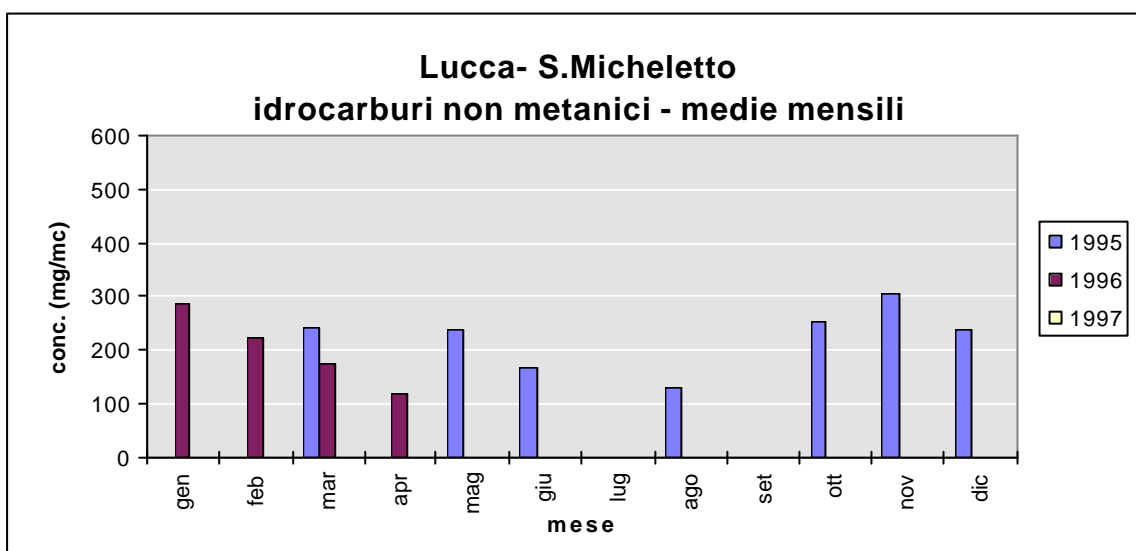
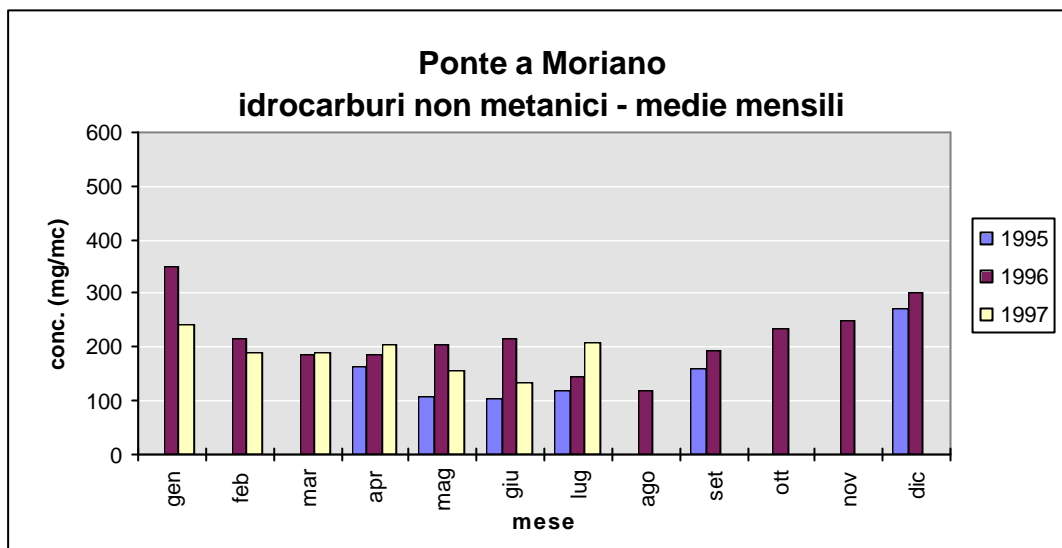
Stazione	n° dati	Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	massimo annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Frequenza percentuale di superamento dei valori di riferimento				
				300	600	900	1200	1500
Lucca- v.le Carducci	6222	309	2333	43.7	7.2	2.5	0.9	0.2
Lucca-Spalti di S.Frediano	4371	200	1144	16.4	1.6	0.1	0	0
Lucca-v.le Passaglia	2525	ns	1341	12	0.5	0.1	0	0
Lucca-v.le Castracani	4380	657	1999	99	51	17	4.2	0.9

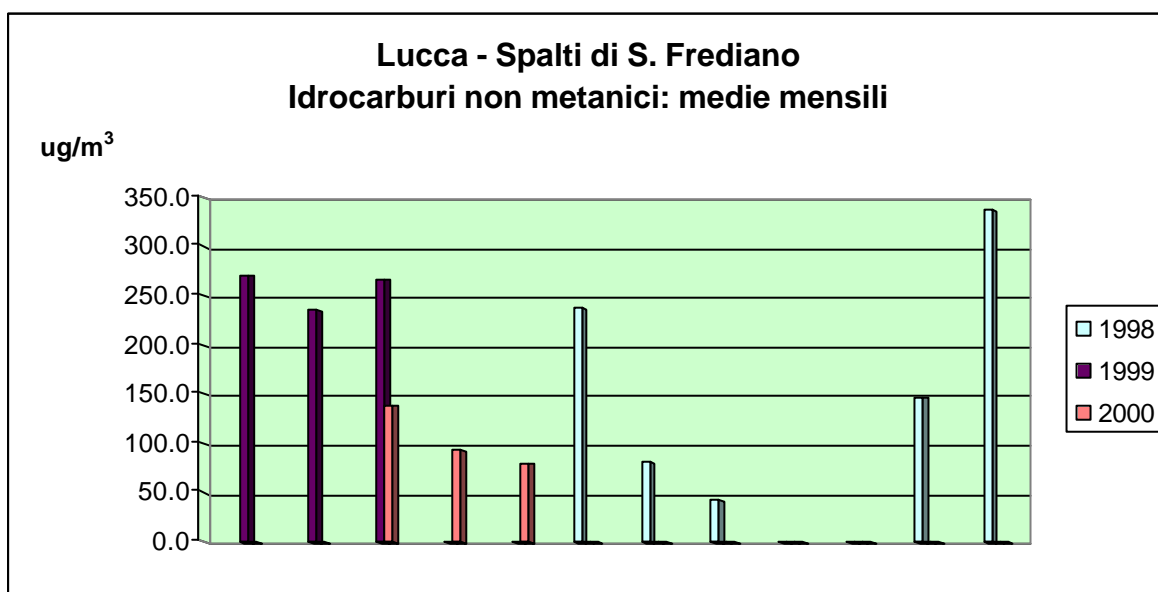
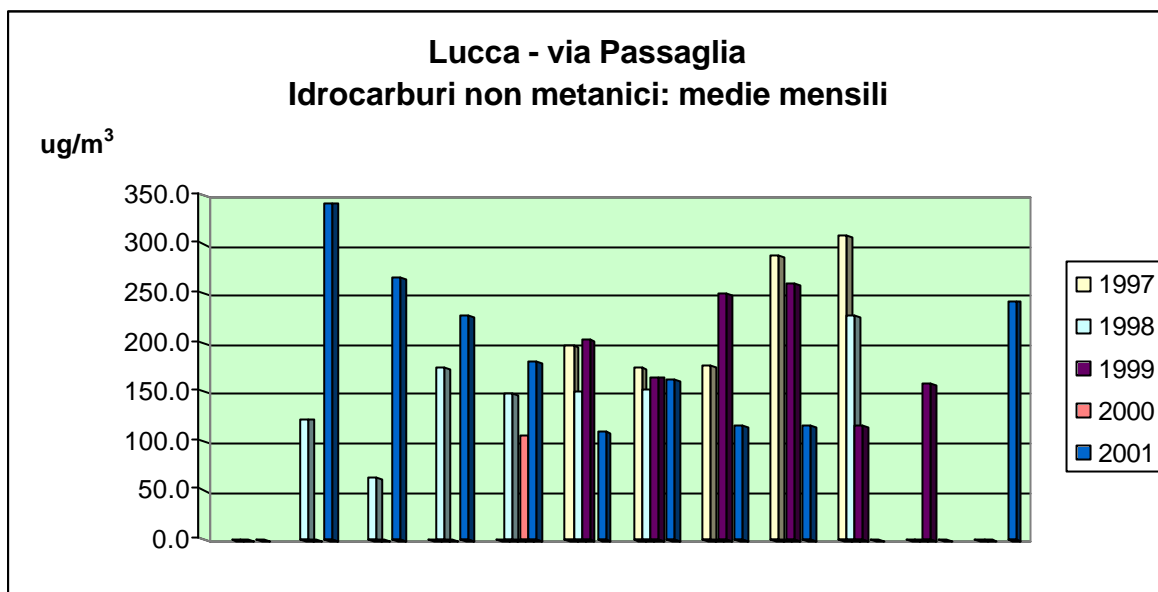
ANNO 2000, inquinante: Idrocarburi non metanici, tempo di mediazione: 1 ora

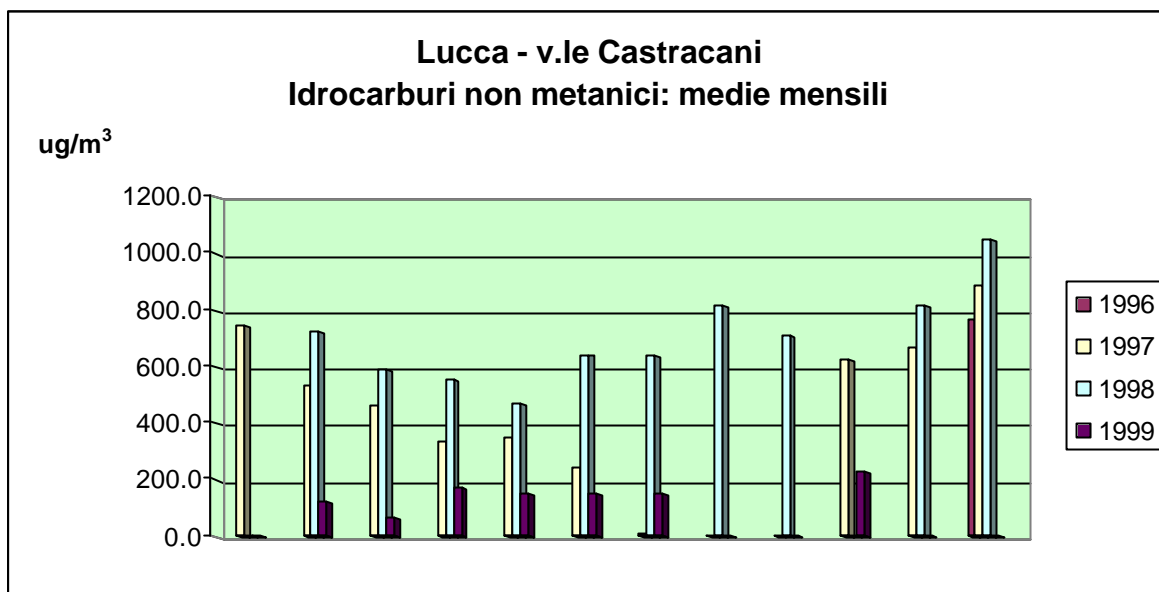
Stazione	n° dati	Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	massimo annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Frequenza percentuale di superamento dei valori di riferimento				
				300	600	900	1200	1500
Lucca- v.le Carducci	2416	ns	1410	55.8	4.7	0.8	0.2	0.0
Lucca-Spalti di S.Frediano	1804	ns	ns	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0
Lucca-v.le Passaglia	933	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ANNO 2001, inquinante: Idrocarburi non metanici, tempo di mediazione: 1 ora

Stazione	n° dati	Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	massimo annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Frequenza percentuale di superamento dei valori di riferimento				
				300	600	900	1200	1500
Lucca- v.le Carducci	2991	ns	1351	47.5	4.9	0.2	0.0	0.0
Lucca-v.le Passaglia	5629	195	917	15.1	0.8	0.0	0.0	0.0







Benzene –Toluene – Xilene

Per queste tipologie di inquinanti, attualmente di grande attualità, non esistono dati sufficienti per permettere delle valutazioni attendibili. Nell'area del territorio comunale è stata in corso però una campagna di monitoraggio su ampia scala con il fine di caratterizzare in maniera dettagliata la presenza di tali sostanze. La campagna, avviata nel mese di marzo 2001 su 16 punti dell'area cittadina e condotta mediante l'uso di campionatori passivi, terminerà nel mese di febbraio 2002. I risultati della campagna saranno diffusi una volta raccolti tutti i dati ed effettuate le relative elaborazioni.

Ossidi di azoto

Gli ossidi di azoto costituiscono un gruppo di 7 composti di cui rivestono particolare interesse dal punto di vista dell'inquinamento atmosferico il monossido ed il biossido (NO ed NO₂).

Il monossido di azoto è un gas incolore, inodore e poco solubile in acqua. Si produce principalmente tramite la reazione: $\text{N}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{3/4} 2 \text{NO}$ (in forma di N₂O₄)

Tale reazione alle basse temperature ha una costante di equilibrio talmente ridotta da non assumere alcun significato pratico, infatti pur essendo l'atmosfera composta essenzialmente di ossigeno ed azoto, le quantità di NO che si formano spontaneamente sono del tutto irrilevanti. Le quantità prodotte diventano invece sensibili a temperature superiori ai 1000°C: tale reazione assume quindi una certa rilevanza quando si viene a trattare con processi di combustione. In teoria, una volta espulsi i gas di scarico della combustione, il raffreddamento della miscela dovrebbe portare alla decomposizione del monossido in ossigeno ed azoto fino a ridurre la concentrazione a quella, trascurabile, di equilibrio alla temperatura ambiente. In realtà il brusco raffreddamento e la diluizione subita con l'aria rallentano la cinetica di decomposizione al punto da permetterne lunghi tempi di permanenza nell'atmosfera.

Il biossido di azoto ha invece colore rossastro ed odore pungente e soffocante e si forma principalmente per ossidazione di monossido di azoto secondo la reazione:



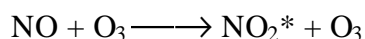
La quantità di NO₂ che si può formare da questa reazione aumenta al diminuire della temperatura ma è, evidentemente, proporzionale alle concentrazioni di ossigeno e monossido disponibili. Così, mentre la sua formazione è ostacolata in camera di combustione dalle alte temperature e dalla relativa scarsità di ossigeno in essa presente, dopo l'espulsione dei gas di scarico in atmosfera essa viene ostacolata dal brusco raffreddamento subito dalla miscela dei gas di scarico e dalla diluizione che questi subiscono una volta scaricati nell'atmosfera.

Il risultato di questi fattori è che, di norma, la quantità di NO₂ generata nei normali processi di combustione è di gran lunga inferiore a quella del monossido che parallelamente si produce. Tuttavia, a causa di processi fotochimici che si verificano in seguito, parte o gran parte del monossido di azoto che si produce si trasforma in biossido. Giocando in tale tipo di processi un ruolo determinante l'intensità dell'irraggiamento solare e la temperatura, i rapporti NO/ NO₂ sono pertanto molto più elevati nei periodi invernali piuttosto che nei periodi estivi, con notevoli escursioni anche tra le ore diurne e le ore notturne.

A livello di tossicità vi è da dire che quella del biossido di azoto è notevolmente superiore a quella del monossido ed è probabilmente per questo motivo la normativa vigente prevede dei limiti solo per questa tipologia di inquinante.

Strumentazione utilizzata

Gli analizzatori utilizzati sono dei Monitor Labs mod. 9841. Il principio di funzionamento si basa sulla rilevazione della fase chemiluminescente del gas per eseguire analisi continue di monossido di azoto, degli ossidi totali di azoto (NO_x) e del biossido di azoto. Il metodo di analisi si basa sulla misura delle radiazioni emesse (“luminescenza”) da molecole eccitate di NO₂, prodotte nella reazione fra NO e O₃ (prodotto da un apposito generatore interno) in una camera sottovuoto. Il meccanismo di reazione è il seguente :



Dove il simbolo * indica che la molecola formata si trova in uno stato energetico di eccitazione. La diseccitazione avviene tramite l'emissione di radiazioni la cui banda è compresa tra i 500 ed i 3000 nm con un'intensità massima alla lunghezza d'onda di circa 1100nm. Poiché è necessaria una molecola di NO per formarne una di NO₂ l'intensità della radiazione chemiluminescente è direttamente proporzionale alla concentrazione del campione. L'analisi avviene quindi in due stadi: il campione da analizzare viene diviso in due e sul primo viene analizzato direttamente l'NO presente mentre l'NO₂ del secondo viene convertito integralmente in NO mediante l'uso di un opportuno catalizzatore a base di ossidi di manganese e di seguito viene quantificato l'NO complessivo del campione ottenendo così gli ossidi di azoto totali presenti nel campione. La differenza tra le due misure effettuate corrisponde al contenuto di biossido di azoto del campione stesso.

Si riportano di seguito le distribuzioni dei dati valutate negli anni di riferimento. Per questa tipologia di inquinanti non si sono mai verificati casi di mancato rispetto dei limiti prescritti. Anche per questi composti si evidenzia il fatto che le stazioni che hanno fatto comunque registrare i valori più elevati sono ancora quelle ubicate in aree soggette ai maggiori flussi di traffico.

I dati rilevati

Come già accennato in precedenza gli attuali limiti normativi fanno riferimento esclusivamente ai tassi di biossido di azoto. Per tale inquinante non si sono mai verificati casi di mancato rispetto della normativa vigente nè sono ragionevolmente prevedibili in futuro episodi di inquinamento acuto.

Le stazioni presso cui sono stati registrati i valori più elevati sono ancora quelle ubicate in aree soggette ai maggiori flussi di traffico.

Si riportano di seguito le distribuzioni dei dati valutata negli anni di riferimento.

ANNO 1995, inquinante NO₂, tempo di mediazione: 1 ora

Stazione	n° dati	Media annuale (ug/m ³)	50° pc (ug/m ³)	Frequenza percentuale di superamento dei valori di riferimento				
				25	50	75	100	150
Ponte a Moriano	6570	47.5	43.1	83.4	38.4	13.6	4.6	0.5
Lucca-S. Michele	7269	45.7	43	84.6	37.1	8	1.5	0.2
Lucca-Spalti di S. Frediano	6443	33.4	28.4	56.8	20.1	4.2	0.9	0
Lucca- v.le Carducci	6340	56.6	55.1	91.9	57.6	20.6	4.7	0.2

ANNO 1996 inquinante NO₂, tempo di mediazione: 1 ora

Stazione	n° dati	Media annuale (ug/m ³)	50° pc (ug/m ³)	Frequenza percentuale di superamento dei valori di riferimento				
				25	50	75	100	150
Ponte a Moriano	7202	39.1	34.9	76.8	20	3.6	0.7	0.05
Lucca-S. Michele*	4031	ns	49.6	87.2	49.1	14.8	2.9	0.1
Lucca-Spalti di S. Frediano	6138	23.1	15.4	32.3	9.1	1.9	0.4	0.03
Lucca- v.le Carducci	7716	54	51.8	90.9	53.5	17.1	3.2	0.2

* stazione messa fuori servizio nel mese di agosto

ANNO 1997 inquinante NO₂, tempo di mediazione: 1 ora

Stazione	n° dati	Media annuale (ug/m ³)	50° pc (ug/m ³)	Frequenza percentuale di superamento dei valori di riferimento				
				25	50	75	100	150
Ponte a Moriano*	4624	n.s.	n.s.	79.3	24.8	4.5	0.5	0
Lucca-S. Michele**	3534	n.s.	33.6	70.4	17.5	5.3	1.2	0
Lucca-Spalti di S. Frediano	7069	31.8	29.4	58.3	17.8	2.6	0.2	0
Lucca- v.le Carducci	7748	48.4	46.8	89.1	43.4	9.1	1.0	0.1
Lucca-v.le Castracani	7431	39.3	35.9	74.6	24.3	7.0	1.6	0
Lucca -v.le Passaglia***	5617	37.3	34.5	69.6	23.9	4.3	0.5	0.02

* La stazione ha cessato il servizio nel luglio 1997 ** La stazione è rientrata in servizio nel luglio 1997

*** Periodo di monitoraggio: aprile-dicembre

ANNO 1998 inquinante NO₂, tempo di mediazione : 1 ora

Stazione	n° dati	Media annuale (ug/m ³)	50° pc (ug/m ³)	Frequenza percentuale di superamento dei valori di riferimento				
				25	50	75	100	150
Lucca-S. Michele	5266	51.3	41.5	82.4	35.4	12.8	2.6	0.1
Lucca-Spalti di S. Frediano	6793	34.5	32.6	63.1	24.7	5.5	1.4	0.1
Lucca- v.le Carducci	8047	51	49.3	90.4	48.6	12.4	1.9	0.3
Lucca-v.le Castracani	7320	37.3	35.2	74.7	19.8	2.4	0.2	0.04
Lucca-v.le Passaglia	5811	39	32.9	65.9	25.9	6.8	0	0

ANNO 1999 inquinante NO₂, tempo di mediazione: 1 ora

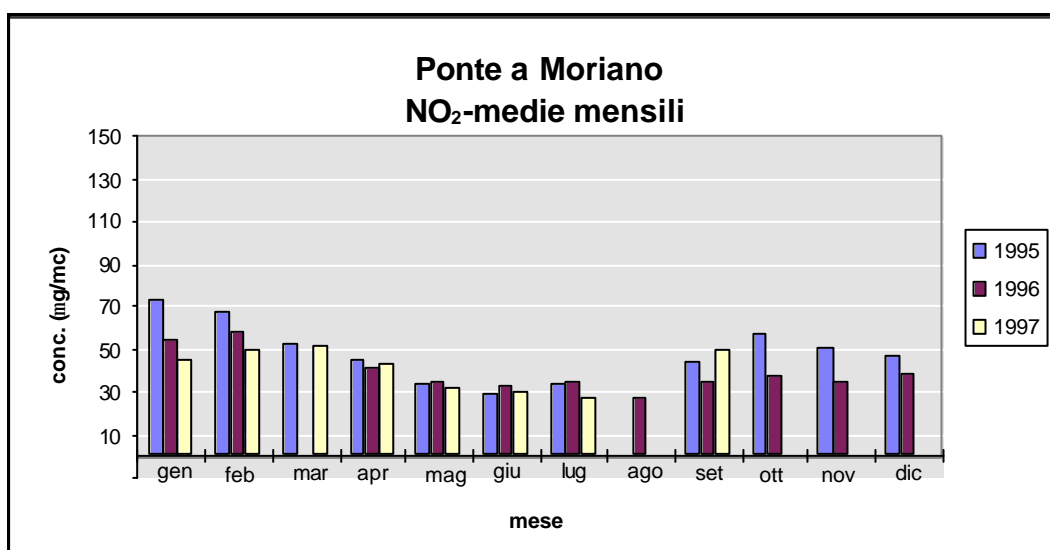
Stazione	n° dati	Media annuale (ug/m ³)	50° pc (ug/m ³)	Frequenza percentuale di superamento dei valori di riferimento				
				25	50	75	100	150
Lucca-S. Micheletto	7732	27.5	26.1	52.9	5.7	0.3	0.03	0
Lucca-Spalti di S. Frediano	7233	30.5	25.1	50.1	17.9	5.5	1.2	0.1
Lucca- v.le Carducci	7879	45.3	42.3	81	37.5	10	1.9	0.1
Lucca-v.le Castracani	6955	48.1	45.7	87.2	41.9	11.7	2.7	0.1
Lucca-v.le Passaglia	274	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

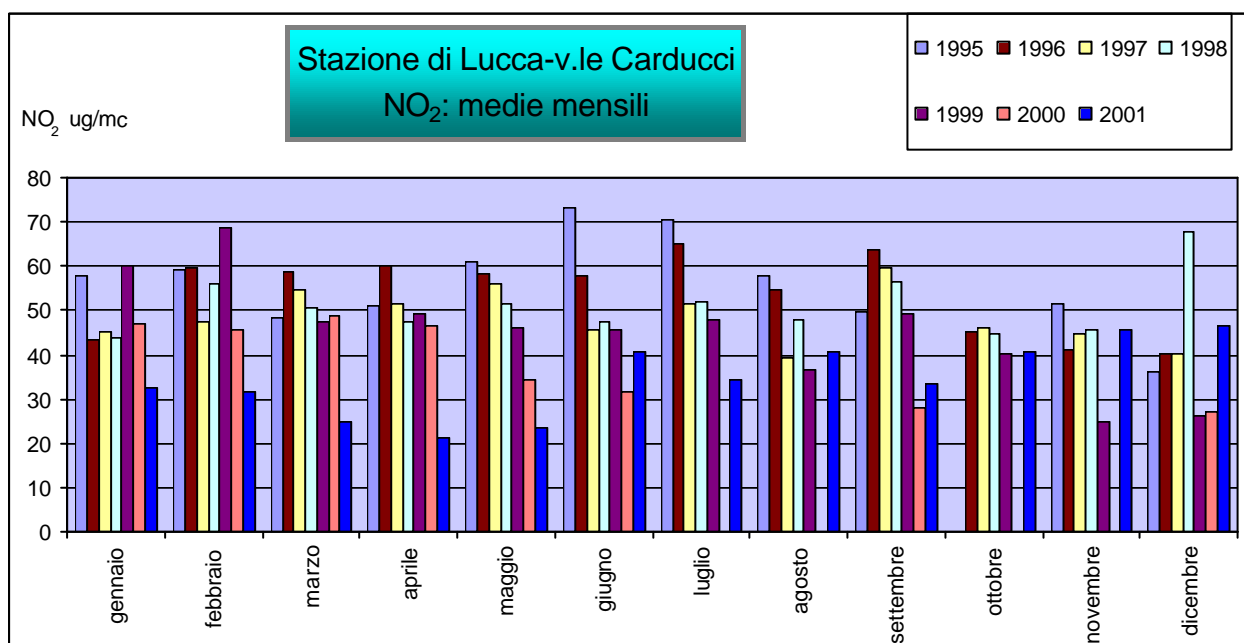
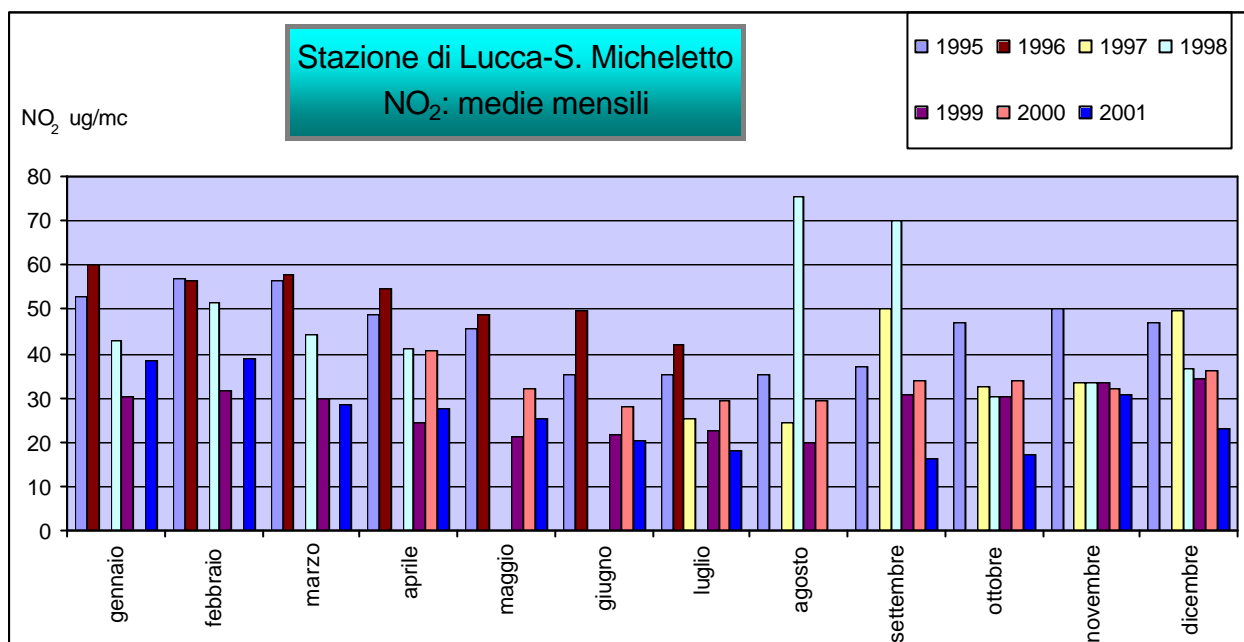
ANNO 2000 inquinante NO₂, tempo di mediazione: 1 ora

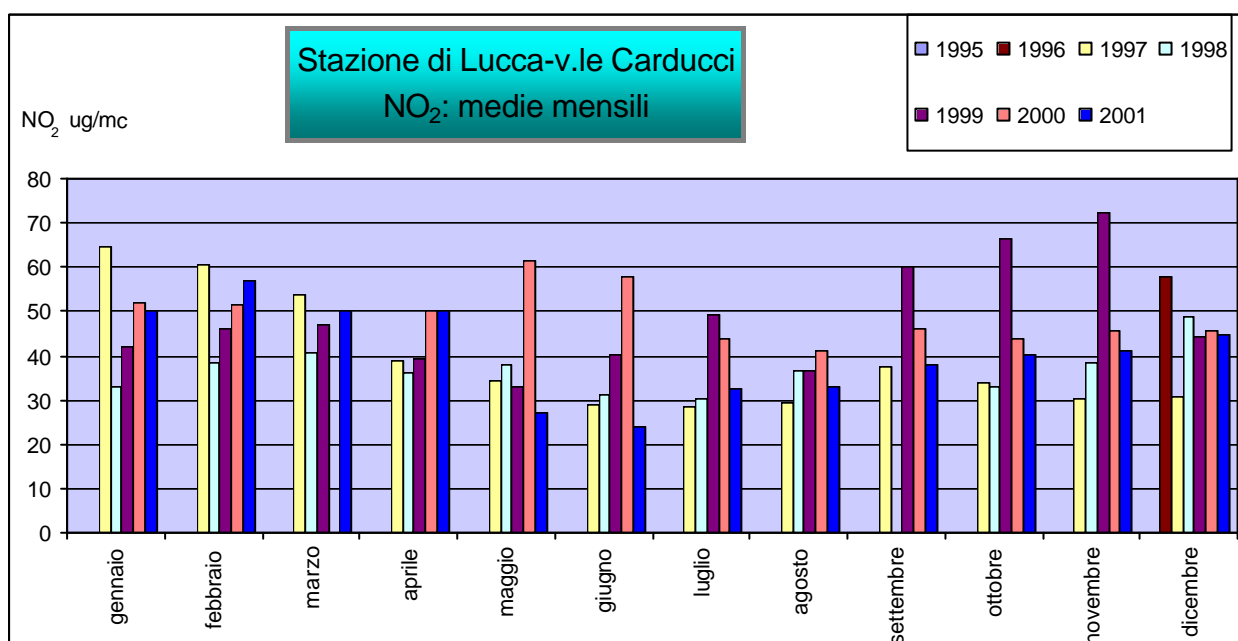
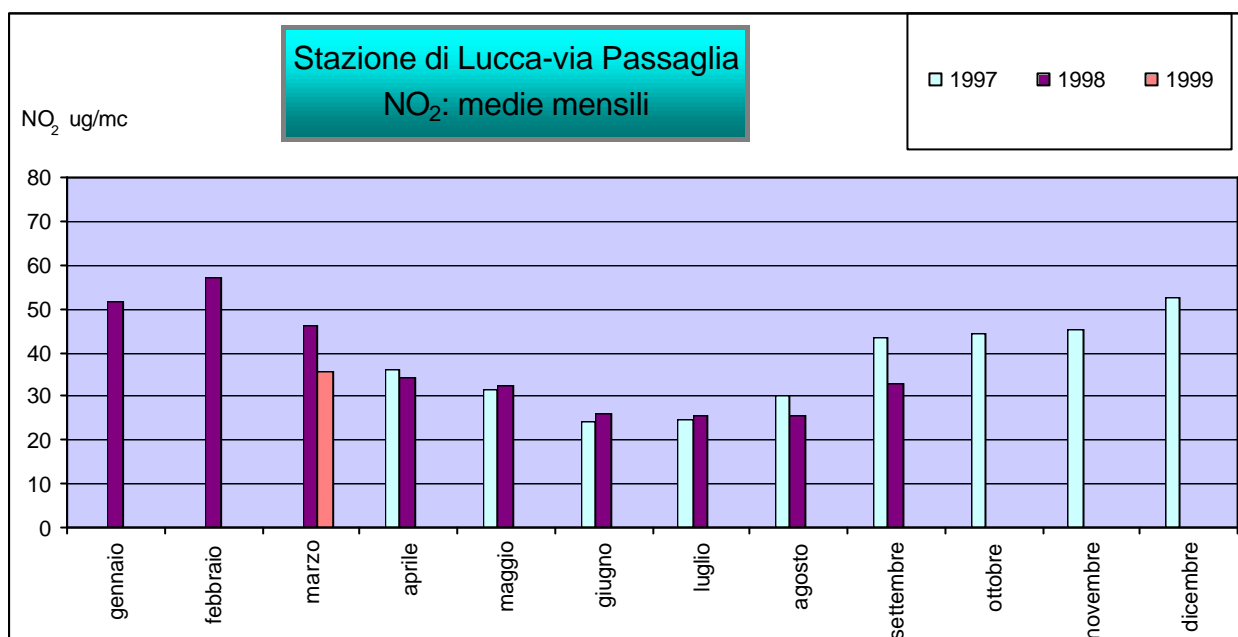
Stazione	n° dati	Media annuale (ug/m ³)	50° pc (ug/m ³)	98° pc (ug/m ³)	Frequenza percentuale di superamento dei valori di riferimento				
					25	50	75	100	150
Lucca-S. Micheletto	5257	33.9	32	72	67.5	12.7	1.5	0.3	0.0
Lucca-Spalti di S. Frediano	5123	54.3	52	88	99.6	56.9	7.5	0.7	0.0
Lucca- v.le Carducci	4943	ns	38	60	82.0	16.6	0.1	0.0	0.0
Lucca-v.le Castracani	5885	48.8	47	95	91.6	42.2	9.1	1.3	0.0

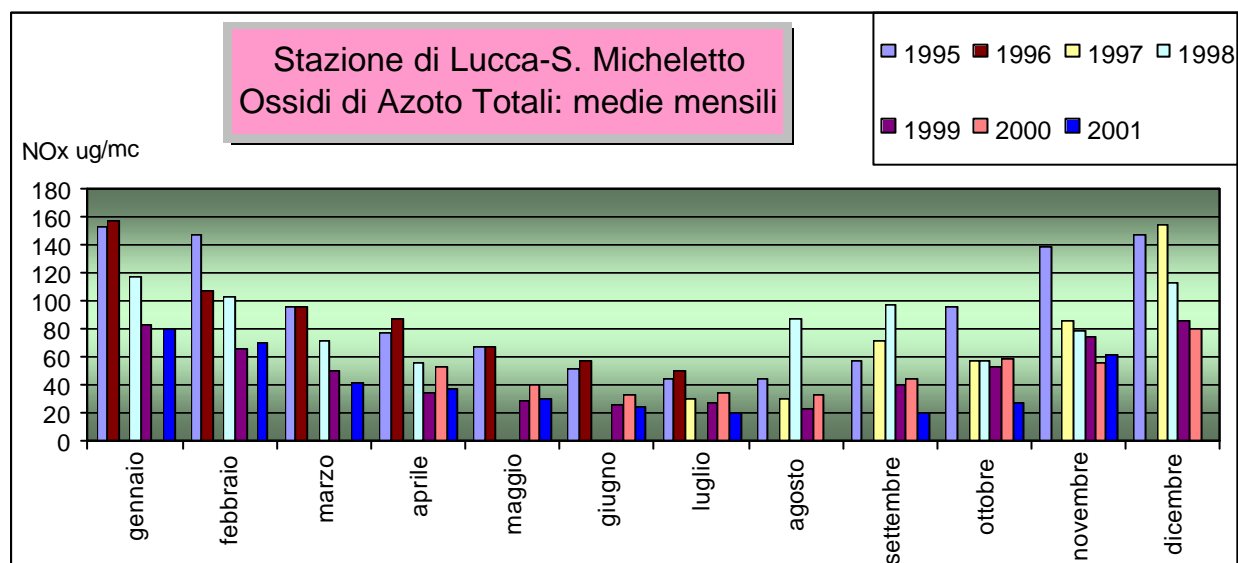
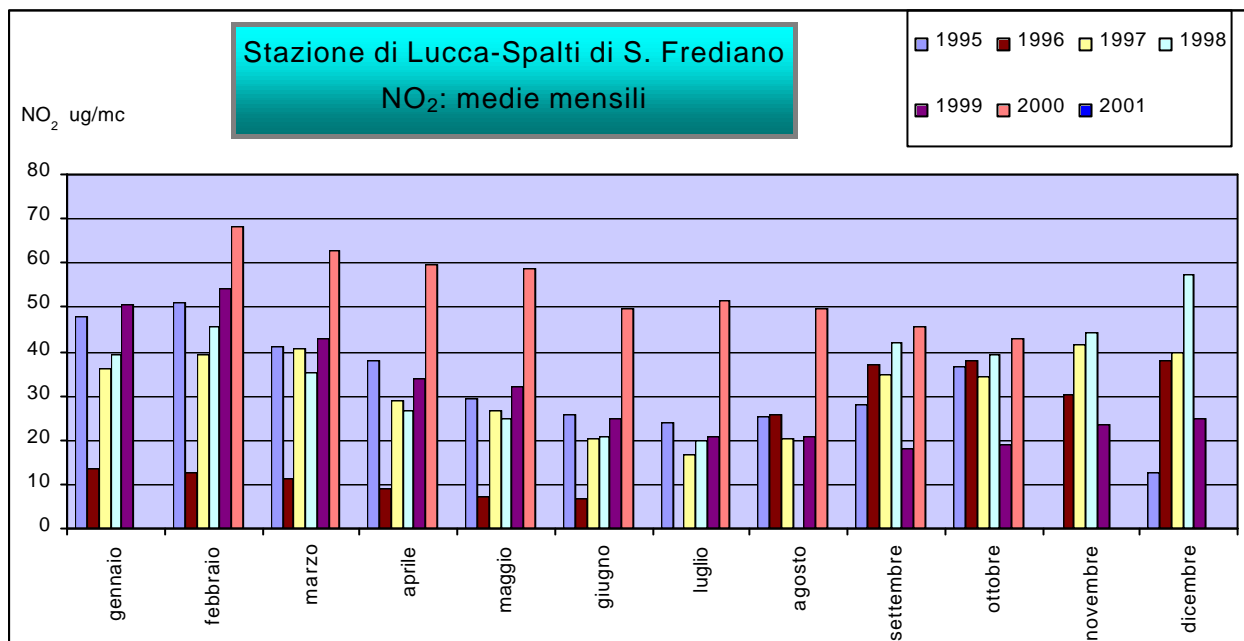
ANNO 2001, inquinante NO₂, tempo di mediazione: 1 ora

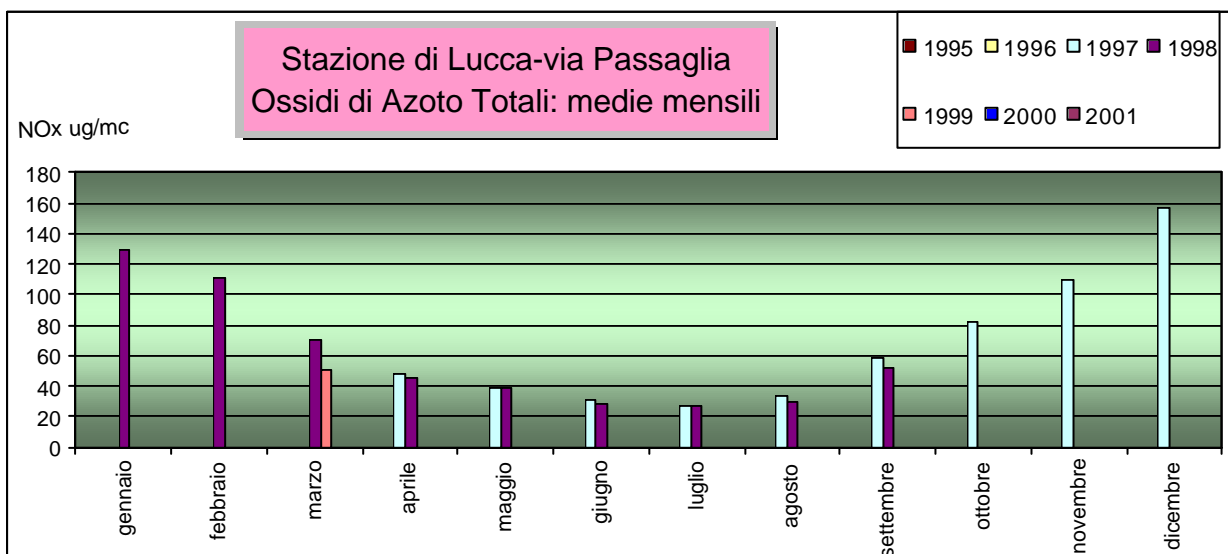
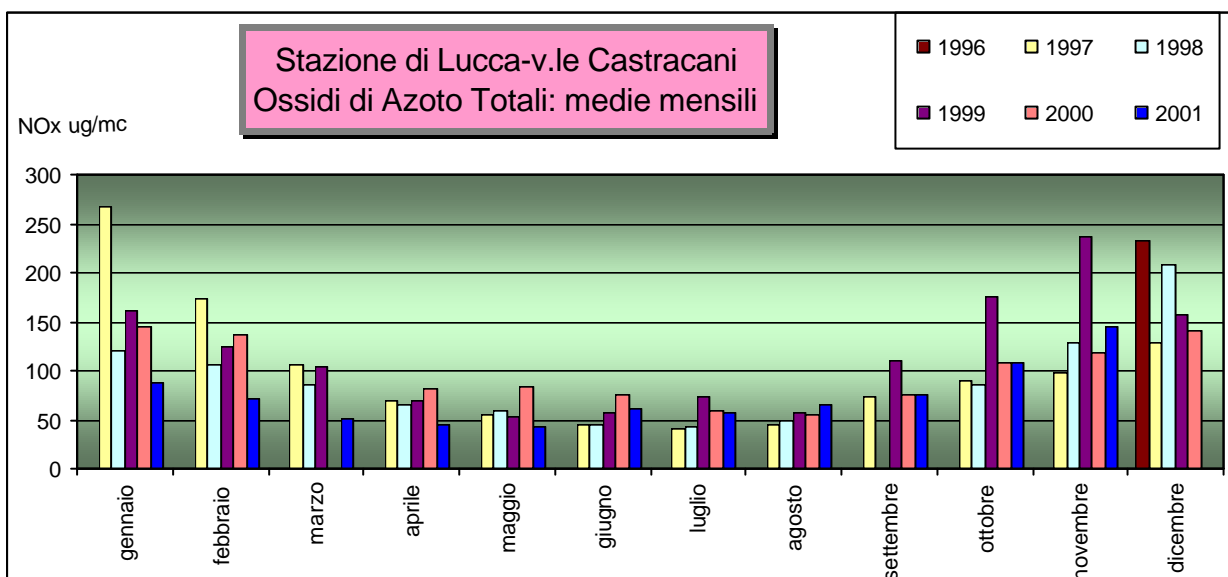
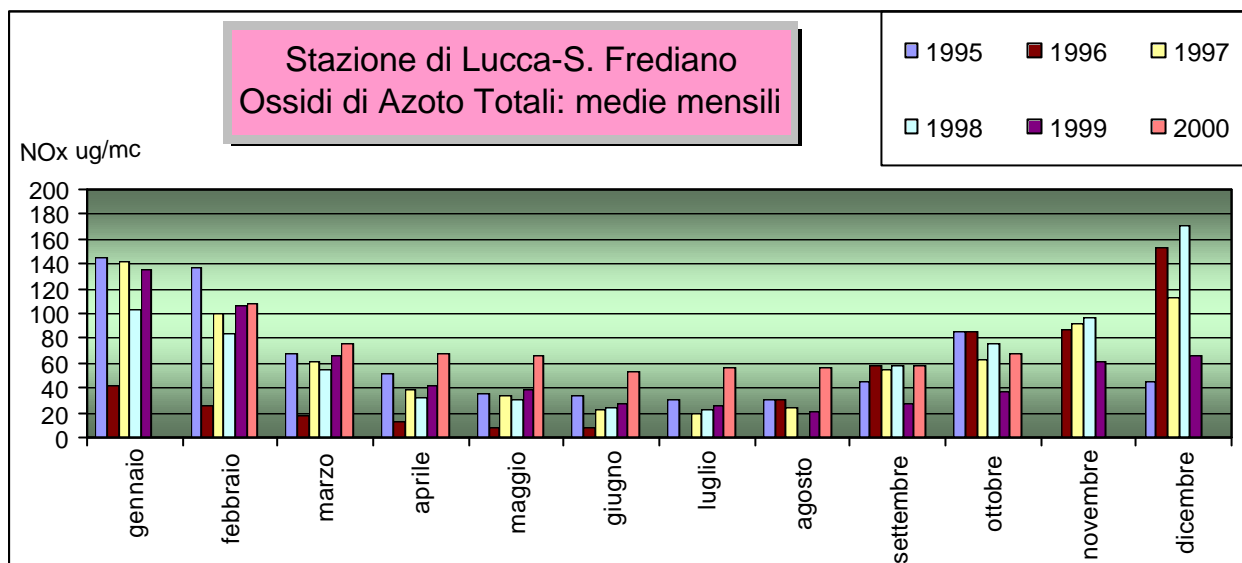
Stazione	n° dati	Media annuale (ug/m ³)	50° pc (ug/m ³)	98° pc (ug/m ³)	Frequenza percentuale di superamento dei valori di riferimento				
					25	50	75	100	150
Lucca-S. Micheletto	7288	25.5	23	55	44.2	4.0	0.1	0.0	0.0
Lucca- v.le Carducci	7489	34.9	34	65	73.4	12.6	0.7	0.2	0.0
Lucca-v.le Castracani	7491	39.9	38	81	76.6	26.4	3.4	0.1	0.0











Per questa categoria di inquinanti i benefici apportati dalla modernizzazione del parco veicoli circolante non sembrano essere così marcati come quelli registrati per il monossido di carbonio. Infatti, il trend in essere, pur sembrando orientato verso una complessiva riduzione della presenza di tali sostanze, non appare ancora definitivamente consolidato in questa direzione, come possibile osservare dalle distribuzioni delle concentrazioni annuali precedentemente riportate. Con riferimento alle due stazioni maggiormente interessate da consistenti flussi di traffico si può infatti osservare che mentre appare marcata la riduzione presso la postazione di v.le Carducci (nei cui pressi si è però assistito a partire dalla seconda metà del 2000 ad interventi sul traffico che lo hanno notevolmente fluidificato), altrettanto nette non sono state le variazioni registrate presso la stazione di v.le Castracani. In quest'ultima postazione, pur non potendosi osservare un trend preciso per quanto attiene i valori medi di periodo, si sono ridotti progressivamente negli anni in modo significativo i valori di punta.

In tutto il periodo di monitoraggio non si sono mai raggiunti valori prossimi ai livelli di attenzione e sono stati sempre rispettati i relativi standards di qualità. Nel 2001 sono inoltre stati rispettati i valori guida di qualità dell'aria (50° percentile della distribuzione annua delle medie orarie rilevate) che in alcuni casi sono stati superati (come evidenziato nelle tabelle sopra riportate) negli anni precedenti.+6+. Relativamente all'anno 2001 il limite di valore medio annuale previsto dalla direttiva 1999/30/CE ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ con margine di tolleranza a decrescere che per il 2001 è pari a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) è risultato sostanzialmente rispettato.

Anidride solforosa

L'anidride solforosa di origine antropogenica trova la sua origine principale nella combustione di combustibili contenenti zolfo. E' un gas incolore, più pesante dell'aria e di odore pungente e molto irritante. Fino a non molti anni fa le concentrazioni riscontrabili nelle aree urbanizzate (e nelle aree sede di grossi impianti di combustione) raggiungevano valori considerevoli in particolare nei periodi invernali, in coincidenza con l'accensione degli impianti di riscaldamento. I tempi di permanenza di questo gas nell'atmosfera sono relativamente brevi essendo molte le reazioni chimiche in cui essa viene coinvolta. In particolare essa viene facilmente ossidata ad anidride solforica dando successivamente origine, a contatto con il vapor acqueo atmosferico, alla formazione di acido solforico, uno dei principali costituenti delle cosiddette "piogge acide". Essendo inoltre la sua presenza legata direttamente alle quantità di combustibile utilizzato (e quindi indice delle attività antropogeniche) è stata considerata per molti anni un significativo parametro di valutazione della qualità dell'aria.

Con l'avvento dei combustibili liquidi a bassi tassi di zolfo e la sempre maggiore diffusione del metano in parziale sostituzione di questi, i tassi di anidride solforica sono drasticamente calati raggiungendo in ampie zone valori del tutto trascurabili. Nella Provincia di Lucca, ad esempio, in tutte le zone monitorate le concentrazioni di SO₂ sono risultate, tranne qualche raro episodio isolato, talmente basse da essere ai limiti della rilevabilità strumentale per gran parte dell'anno.

Strumentazione utilizzata

Gli analizzatori utilizzati sono dei MONITOR LABS 9850 il cui principio di funzionamento si basa sull'eccitazione delle molecole di SO₂ per mezzo di radiazioni nel lontano UV (190 - 230 nm) e sulla misura della fluorescenza risultante. Una radiazione UV interrotta ciclicamente attraversa la cella di misura nella quale fluisce il campione in esame mentre un rilevatore di riferimento è inserito nel percorso della radiazione ai fini di correggere automaticamente la risposta per le variazioni di intensità della sorgente UV. L'emissione secondaria (fluorescenza) viene misurata da un fotomoltiplicatore accordato otticamente nel campo della lunghezza d'onda della fluorescenza SO₂. Le operazioni di taratura dello strumento vengono effettuate sfruttando un campione a concentrazione nota generato grazie alla presenza di un tubo a permeazione interno allo strumento.

I dati rilevati

I dati relativi a questo inquinante sono piuttosto rassicuranti. Nel corso del periodo di monitoraggio i valori rilevati sono sempre stati estremamente ridotti e ben inferiori ai limiti imposti dalla normativa. Nei periodi estivi spesso i valori rilevati si sono aggirati ai limiti della sensibilità

della strumentazione disponibile. Si riportano di seguito le elaborazioni effettuate per la valutazione degli standards di qualità dell'aria nelle aree monitorate.

Anche il confronto con i futuri limiti che prevedibilmente verranno adottati in seguito all'applicazione del Dlgs. 351/99 evidenzia valori abbondantemente inferiori ai limiti imposti.

Inquinante : **Biossido di Zolfo** in $\mu\text{g}/\text{m}^3$; Tempo di mediazione: 24 ore;
Periodo osservazione: anno; Periodo di rilevamento: da 01.04.1995 a 31.03.1996;

Ubicazione	Anno					Semestre invernale			
	N. dati	Mediana	98° pc	Media	S	N. dati	Mediana	Media	S
Ponte a Moriano Lucca	245	9.6	53.2	12.8	11.7	165	9.1	10.7	7.6
Lucca - S. Micheletto	298	8.5	37.5	11.0	9.0	128	8.7	10.4	8.8
Lucca - v.le Carducci	278	18.3	57	21.2	12.7	142	15.4	16.4	6.8
Lucca-Spalti di S. Frediano	191	6.4	40.4	9.8	9.9	117	6.1	7.9	6.9

Inquinante : **Biossido di Zolfo** in $\mu\text{g}/\text{m}^3$; Tempo di mediazione: 24 ore;
Periodo osservazione: anno; Periodo di rilevamento: da 01.04.1996 a 31.03.1997;

Ubicazione	Anno					Semestre invernale			
	N. dati	Mediana	98° pc	Media	S	N. dati	Mediana	Media	S
Ponte a Moriano Lucca	320	3.9	12.2	5.0	4.2	176	4.3	4.9	2.9
Lucca-v.le Carducci	302	2.8	10.3	3.5	2.6	175	2.9	3.4	2.2
Lucca-Spalti di S. Frediano	243	2.0	7.7	2.4	2.0	173	1.9	2.4	2.0

Inquinante : **Biossido di Zolfo** in $\mu\text{g}/\text{m}^3$; Tempo di mediazione: 24 ore;
Periodo osservazione: anno; Periodo di rilevamento: da 01.04.1997 a 31.03.1998;

Ubicazione	Anno					Semestre invernale			
	N. dati	Mediana	98° pc	Media	S	N. dati	Mediana	Media	S
Ponte a Moriano Lucca	111	Ns	6.2	ns	1.8	nd	nd	nd	nd
Lucca - via Elisa	230	1.1	3.7	1.2	0.8	155	1.3	1.4	0.8
Lucca - v.le Carducci	356	1.7	6.3	2.0	1.6	91	2.7	2.9	1.3
Lucca-Spalti di S. Frediano	319	1.0	6.6	1.6	1.8	150	2.0	2.5	2.2
Lucca - v.le Castracani	193	6.0	27.7	7.5	7.0	166	6.4	7.8	7.3
Lucca - via Passaglia	375	3.0	13.2	4.1	3.6	166	6.4	7.8	7.3

Inquinante : **Biossido di Zolfo** in $\mu\text{g}/\text{m}^3$; Tempo di mediazione: 24 ore;
 Periodo osservazione: anno; Periodo di rilevamento: da 01.04.1998 a 31.03.1999;

Ubicazione	Anno					Semestre invernale			
	N. dati	Mediana	98° pc	Media	S	N. dati	Mediana	Media	S
via Elisa - Lucca	322	1,1	6,1	1,8	1,5	173	1,4	1,6	1,0
v.le Carducci - Lucca	181	2,7	7,8	1,8	3,0	138	2,8	3,3	2,0
Spalti di S. Frediano-Lucca	336	0,7	3,1	0,8	0,9	175	0,7	0,9	0,8
v.le Passaglia- Lucca	154	2,1	9,1	2,4	2,5	106	1,5	2,3	2,7
v.le Castracani - Lucca	308	3,8	30,9	7,6	6,2	148	5,6	8,2	9,5

Inquinante : **Biossido di Zolfo** in $\mu\text{g}/\text{m}^3$; Tempo di mediazione: 24 ore;
 Periodo osservazione: anno; Periodo di rilevamento: da 01.04.1999 a 31.03.2000;

Ubicazione	Anno					Semestre invernale			
	N. dati	Mediana	98° pc	Media	S	N. dati	Mediana	Media	S
via Elisa - Lucca	291	0.8	3.2	1	1	150	1.5	1.6	1.1
v.le Carducci - Lucca	323	1.2	5.7	1.5	1.6	159	2	2.3	1.7
Spalti delle Mura - Lucca	280	0.5	6.8	1.2	1.7	122	1.6	2.1	2.2
v.le Passaglia- Lucca	298	0.6	12.3	1.7	2.8	144	1	2.5	3.7
v.le Castracani - Lucca	313	0.1	2.1	0.4	0.7	153	0.1	0.3	0.9

Inquinante : **Biossido di Zolfo** in $\mu\text{g}/\text{m}^3$; Tempo di mediazione: 24 ore;
 Periodo osservazione: anno; Periodo di rilevamento: da 01.04.2000 a 31.03.2001;

Ubicazione	Anno					Semestre invernale			
	N. dati	Mediana	98° pc	Media	S	N. dati	Mediana	Media	S
via Elisa - Lucca	142	ns	ns	ns	ns	40	ns	ns	ns
v.le Carducci - Lucca	221	1.2	8.0	1.9	2.2	52	ns	ns	ns
Spalti di S. Frediano - Lucca	162	ns	6.3	ns	ns	39	ns	ns	ns
v.le Passaglia- Lucca	360	0.2	3.2	0.5	0.8	180	0.2	0.5	0.8
v.le Castracani - Lucca	317	0.2	1.5	0.2	0.5	147	0.3	0.3	0.6

Conclusioni

Dalle valutazioni inerenti le fonti emissive ed i risultati ottenuti dal monitoraggio della qualità dell'aria è possibile trarre le seguenti conclusioni:

- a) i tassi di anidride solforosa presenti sono a livelli tali da far ritenere come non significative problematiche di ordine sanitario legata a questo inquinante
- b) le concentrazioni di ossidi di azoto e monossido di carbonio evidenziano un trend discendente nel corso degli anni (accentuato per il CO, meno evidente e non definitivamente consolidato per gli ossidi di azoto). Tale andamento è attribuibile principalmente alla progressiva sostituzione del parco veicoli circolante con mezzi a minor impatto ambientale. In considerazione del fatto che il rinnovo del parco circolante dovrà continuare anche nel corso dei prossimi anni è prevedibile che il trend discendente, fatti salvi episodi legati a situazioni meteorologiche particolarmente sfavorevoli, prosegua nel corso dei prossimi anni. Tali inquinanti hanno inoltre evidenziato una correlazione molto stretta, in particolare per quanto attiene ai mesi invernali.
- c) le valutazioni sulla presenza di ozono evidenziano la necessità di condurre studi mirati volti a chiarire i meccanismi che influenzano la presenza di tale sostanza sul territorio provinciale. Pur essendosi verificati raramente episodi acuti di inquinamento i tassi mediamente registrati nei periodi estivi, con eccezione parziale relativamente all'anno 2000, si sono mantenuti su valori piuttosto elevati. Inoltre si sono registrati fenomeni tali da far supporre che i meccanismi di trasporto di inquinanti precursori siano tali da permettere la formazione, in condizioni particolarmente sfavorevoli, di quantitativi rilevanti di ozono sulle aree della piana di Lucca e pertanto anche sulla città di Lucca.
- d) per quanto attiene la presenza di PM10 sul territorio, i tassi rilevati si sono rilevati piuttosto elevati e non completamente compatibili con quanto previsto dalle norme comunitarie di futura applicazione. Per tale inquinante, la cui presenza è certamente influenzata in maniera significativa il traffico veicolare ma su cui influiscono pure altre fonti emissive (non ultime quelle di origine naturale), si renderà necessario effettuare degli studi approfonditi per permettere una caratterizzazione relativamente alla provenienza al fine di programmare i possibili interventi volti a limitarne la presenza.
- e) pur non esistendo dei precisi limiti normativi (i valori di riferimento di SQA hanno valore solo se in presenza di un contemporaneo superamento dei limiti imposti per la presenza di ozono), si sono registrati di norma valori piuttosto elevati di idrocarburi non metanici.

Senza voler paragonare i tassi di inquinamento della città di Lucca a quelli presenti in città di maggiori dimensioni e che presentano problematiche ben più accentuate, appare opportuno che debbano essere presi provvedimenti che permettano un generale miglioramento della qualità

dell'aria e permettano almeno di ricondurre la presenza degli inquinanti sulla città a valori tali da garantire la progressiva riduzione dei tassi di inquinamento previsti dalle direttive europee.

Mentre per quanto attiene la presenza di ozono eventuali interventi correttivi di una qualche efficacia, stante i meccanismi di formazione di questa sostanza, non sono realizzabili da una singola Amministrazione Comunale, possono invece essere predisposti interventi che favoriscano la riduzione dei tassi degli inquinanti originati prevalentemente da processi di combustione. Particolare attenzione dovrebbe essere posta agli interventi volti a limitare la presenza del PM10 che presenta, come precedentemente evidenziato, la situazione di maggior criticità.

Sia dai dati relativi alle fonti di emissione che dai dati di qualità dell'aria rilevati è possibile dedurre che le fonti emissive su cui risulta particolarmente necessario porre l'attenzione sono principalmente il traffico veicolare e, in secondo luogo, gli impianti di riscaldamento domestico.

Le aree pertanto che presentano le maggiori criticità in materia di qualità dell'aria sono individuabili nelle vie soggette ai maggiori flussi veicolari poste nelle zone a maggior urbanizzazione dove agli effetti del traffico si sommano le emissioni dovute al riscaldamento domestico (concentrate nel periodo invernale, il più critico sotto il profilo dell'inquinamento atmosferico) e si possono determinare condizioni che rallentano la diluizione degli inquinanti a causa in particolare della presenza di edifici sui lati delle strade interessate che rallentano la diffusione degli inquinanti emessi.

Fermo restando che interventi veramente incisivi sul traffico veicolare devono passare attraverso la creazione di vie di comunicazione che permettano di deviare il traffico di attraversamento della città lontano dal centro abitato e che interventi di questo tipo non sono realizzabili in tempi brevi, vanno nel frattempo individuate modalità alternative di intervento che, pur non risolutive, permettano comunque concreti miglioramenti della qualità dell'aria. Tali interventi, al di là di provvedimenti di dubbia efficacia di carattere temporaneo (quali blocchi totali o parziali del traffico in occasione di episodi di inquinamento acuto) possono essere individuati in interventi mirati ad abbassare i tassi medi di presenza di inquinanti e potrebbero consistere, a titolo di esempio in:

- a) introduzione di controlli obbligatori sulle emissioni dei veicoli con particolare attenzione rivolta ai mezzi pesanti e diesel e permettendo il passaggio attraverso la città nel periodo invernale, quello di maggior criticità, solo se dotati di specifica certificazione delle emissioni.
- b) divieti preventivi di circolazione a ciclomotori non ecocompatibili, veicoli non catalizzati (se a benzina) o, se diesel, non conformi alle direttive almeno EURO1 quando i dati di inquinamento registrati mostrino una significativa tendenza ad aumentare in presenza di condizioni meteorologiche sfavorevoli. Per tali veicoli potrebbero essere previsti, se

possibile fondi da destinare allo scopo, incentivi per la sostituzione con veicoli a minor impatto ambientale per i residenti nella città.

- c) Interventi atti ad incentivare l'uso dei mezzi pubblici da parte della cittadinanza sia attraverso l'offerta di migliori servizi sia attraverso campagne di sensibilizzazione.

Altri possibili interventi con una ricaduta positiva possono essere individuati nell'avvio da parte dell'Amministrazione Comunale delle attività di controllo sugli impianti termici civili già previsti dal DPR n. 412/93 così come modificato dal DPR n. 551/99. Da valutazione effettuate sulla base di dati raccolti sul territorio dove tali attività siano già state avviate è possibile stimare un impatto sulle emissioni derivanti da questa tipologia di fonte quantificabile in una riduzione (a parità ovviamente di consumi di combustibili e pertanto per situazioni metereologiche simili) che porti ad una riduzione delle emissioni complessive del 10 – 20%.