

Articolazione Funzionale
Modellistica Previsionale

U.O. Prevenzione e Controlli
Ambientali Integrati

**RAPPORTO ANNUALE SULLA QUALITA'
DELL'ARIA**
(DATI DELL'ANNO 2007, AREA OMOGENEA DI FIRENZE)

Firenze, marzo 2008



INDICE

1	LA RETE DI MONITORAGGIO FIORENTINA.	3
2	EFFICIENZA DELLA RETE DI RILEVAMENTO.	5
3	CAMPAGNE DI RILEVAMENTO.	6
4	LIMITI NORMATIVI.	7
5	DATI RILEVATI NELL'ANNO 2007.	11
5.1	EPISODI ACUTI.	15
6	ELABORAZIONI E TREND PER INQUINANTE.	16
6.1	POLVERI (PM ₁₀ E PM _{2,5}).	17
6.2	BIOSSIDO DI ZOLFO (SO ₂).	19
6.3	MONOSSIDO DI CARBONIO (CO).	20
6.4	Bioossido di azoto e ossidi di azoto TOTALI (NO ₂ , NO _x).	21
6.5	OZONO (O ₃).	25
6.6	BENZENE.	29
6.7	BENZO(A)PIRENE (BAP).	31
7	SINTESI E COMMENTO.	32
8	CONSIDERAZIONI RIASSUNTIVE E FINALI.	35



1 La rete di monitoraggio fiorentina

Nel territorio dei Comuni di Firenze, Calenzano, Campi Bisenzio, Scandicci e Signa, che fanno parte dell'area omogenea definita dalla Deliberazione G.R.Toscana n. 1406 del 21.12.2001¹, è presente una rete pubblica di monitoraggio della qualità dell'aria, di proprietà della Amministrazione Provinciale di Firenze e gestita da questo Dipartimento Provinciale ARPAT, costituita da n° 11 stazioni fisse per il rilevamento degli inquinanti e da n° 2 stazioni meteorologiche.

Alcune delle stazioni della rete provinciale, fanno inoltre parte delle reti regionali virtuali² per l'ozono e per il PM10, definite rispettivamente dalle Deliberazioni G.R. Toscana rispettivamente n. 27/06 e n. 377/06.

Nel Comune di Sesto Fiorentino, che fa parte della stessa area omogenea, sono presenti n° 2 stazioni fisse private di cui una di proprietà di Quadrifoglio Spa (azienda incaricata del servizio di raccolta e smaltimento RSU), ubicata in località Case Passerini nei pressi dell'impianto di selezione e compostaggio, l'altra di proprietà del Consorzio CAVET (appaltatore dei lavori per la realizzazione della tratta ferroviaria TAV), ubicata in località Quinto, nei pressi del cantiere di scavo della galleria Sesto-Vaglia.

La stazione di Quadrifoglio è attualmente inattiva.

La stazione del Consorzio CAVET è attiva dal mese di febbraio 2001. La validazione dei dati, da intendersi come l'insieme delle operazioni di controllo dei segnali acquisiti per verificare il corretto funzionamento dei sistemi di misura nel loro complesso³, è a cura del Consorzio medesimo tramite la Soc. FIAT ENGINEERING che si avvale della Soc. ORION.

Nella tabella 1.1 è fornita una descrizione delle stazioni della rete pubblica e delle stazioni private in termini di localizzazione, classificazione e appartenenza o meno alle reti regionali virtuali.

La figura 1 mostra la mappa della localizzazione delle stazioni per il rilevamento degli inquinanti. Oltre a queste, la rete pubblica, nell'area omogenea, comprende anche n° 2 stazioni per il rilevamento di parametri meteorologici ubicate a:

1. Firenze, P.za S. Lorenzo (c/o Osservatorio Ximeniano)
2. Calenzano, c/o miniera Cementeria UNICEM

La composizione della rete è sintetizzata in tabella 1.2, dove si evidenziano gli inquinanti monitorati in ciascuna stazione.

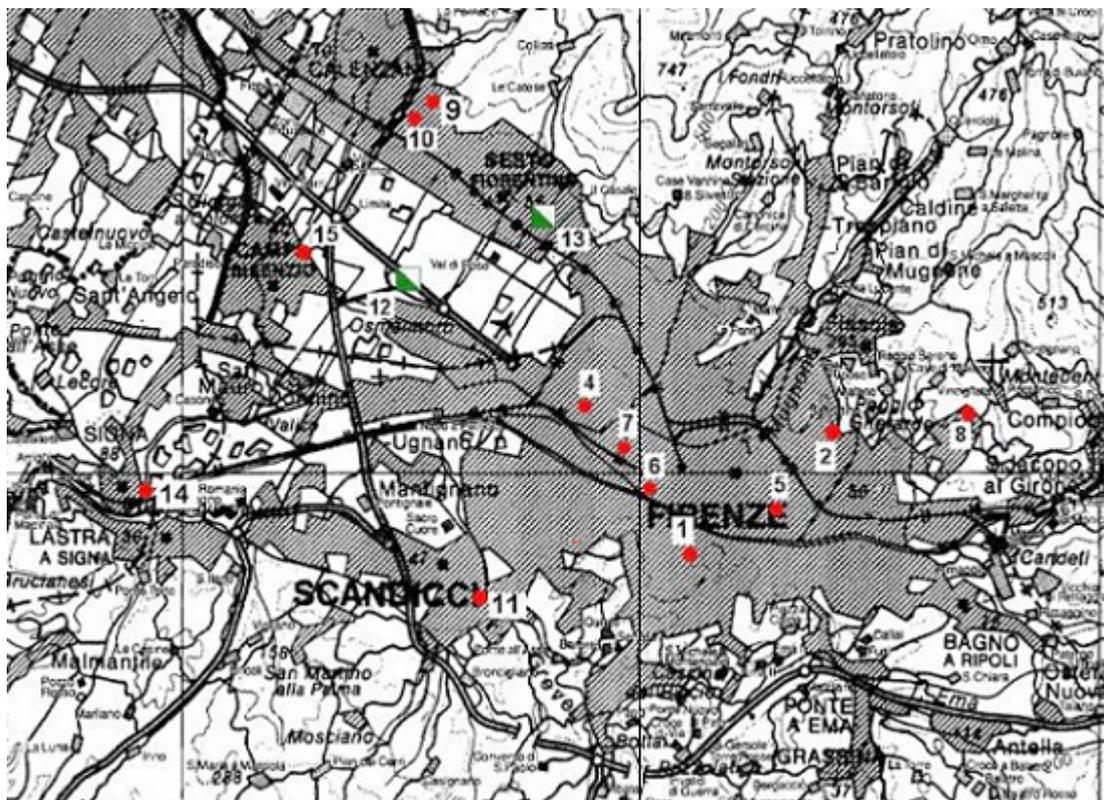
¹ L'area omogenea comprende anche i Comuni di Bagno a Ripoli, Lastra a Signa e Sesto Fiorentino nei quali, attualmente, non sono attive stazioni di rilevamento pubbliche, salvo una stazione privata a Sesto Fiorentino. La Deliberazione n. 1406 è stata abrogata con Deliberazione GRT n. 1325 del 15.12.2003 ma le caratteristiche di omogeneità del territorio degli otto comuni sono state riconfermate individuando tale territorio come sub area della "zona di risanamento" dell'area metropolitana Firenze-Prato-Pistoia.

² Per rete regionale virtuale si intende una struttura rispondente alla normativa tecnica e in grado di fornire un'adeguata informazione sui livelli di inquinamento a livello – appunto – regionale, costituita da una parte delle postazioni esistenti, facenti parte dei vari sistemi provinciali, selezionate allo scopo.

³ DM Ambiente 6 maggio 1992 "Definizione del sistema nazionale finalizzato al controllo ed assicurazione di qualità dei dati di inquinamento atmosferico ottenuti dalle reti di monitoraggio", art. 2, comma 5 (GU n° 111 del 14 maggio 1992).



Figura 1 = Localizzazione delle stazioni fisse di misura.



● Rete pubblica ■ Stazioni private

Tabella 1.1 = Stazioni fisse di misura nel territorio dell'Area Omogenea Fiorentina (anno 2007).

comune-ubicazione	Rete (1)	N° (2)	Tipo zona	Tipo stazione	Appartenenza alle reti virtuali regionali
Firenze-Boboli	PUB	1	Urbana	fondo	Ozono, PM10
Firenze-V.le U. Bassi	PUB	2	Urbana	fondo	PM10
Firenze-V. di Novoli	PUB	4	Urbana	fondo	
Firenze-V.le Gramsci	PUB	5	Urbana	traffico	PM10
Firenze-V. Ponte alle Mosse	PUB	7	Urbana	traffico	PM10
Firenze-V. Desiderio da Settignano	PUB	8	Rurale	fondo	Ozono
Scandicci-V. Buozzi	PUB	11	Urbana	fondo	Ozono, PM10
Calenzano-V. Giovanni XXIII	PUB	9	Periferica	fondo	
Calenzano-V. Boccaccio	PUB	10	Rurale	industriale	
Signa-V. Roma	PUB	14	Urbana	fondo	
Campi B.-Via Orly	PUB	15	Periferica	fondo	
Sesto-V. Gramsci	PRIV	13	Urbana	fondo	
Sesto-loc. Case Passerini	PRIV	12	Rurale	industriale	

n.p. = non pertinente

(1) PUB = pubblica; PRIV = privata

(2) Riferimento figura 1



Tabella 1.2 = Stazioni fisse attive e inquinanti monitorati.

Stazione	CO (1)	NO _x (2)	O ₃ (3)	SO ₂ (4)	PM ₁₀ (5)	PM _{2.5} (6)
Firenze-Boboli	X	X	X	X	X	
Firenze-V.le U. Bassi	X	X		X	X	
Firenze-V. di Novoli	X	X	X			
Firenze-V.le Gramsci	X	X			X	
Firenze-V. Ponte alle Mosse	X	X		X	X	
Firenze-V. Desiderio da Settignano		X	X			
Calenzano-V. Giovanni XXIII		X	X			
Calenzano-V. Boccaccio			X		X	X
Scandicci-V. Buozzi	X	X	X	X	X	
Signa-V. Roma		X			X	X
Campi Bisenzio-Via Orly		X			X	X
Sesto-V. Gramsci	X	X		X	X	

(1) CO = monossido di carbonio

(2) NO_x = ossidi di azoto totali, ovvero monossido di azoto (NO) e biossido di azoto (NO₂)

(3) O₃ = ozono

(4) SO₂ = biossido di zolfo (anidride solforosa)

(5) PM₁₀ = polveri con diametro aerodinamico inferiore a 10 micron

(6) PM_{2.5} = polveri con diametro aerodinamico inferiore a 2,5 micron (misura attivata in via sperimentale, alternativamente con quella di PM₁₀).

2 Efficienza della rete di rilevamento

Ai fini della valutazione della qualità dell'aria su base annua, per ogni stazione ed inquinante, l'insieme dei dati raccolti viene considerato conforme al DM 60/02⁴ (allegato X) quando il rendimento strumentale è almeno pari al 90% e con le precisazioni e le eccezioni riportate al punto II allegato III del D.lgs 183/04⁵ per quanto riguarda l'ozono.

il rendimento è calcolato come percentuale di dati generati e validati rispetto al totale teorico (al netto delle ore dedicate alla calibrazione automatica degli analizzatori, nei casi in cui è richiesta) come riportato in tabella 2.1.

Tabella 2.1 = Rendimento % degli analizzatori delle postazioni fisse secondo DM 60/02 (anno 2007).

Stazione	CO	NO _x	O ₃	SO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}
Firenze-Boboli	99	98	99	99	100	N.P.
Firenze-V.le U. Bassi	100	100	N.P.	100	100	N.P.
Firenze-V. di Novoli	100	93	100	N.P.	N.P.	N.P.
Firenze-V.le Gramsci	100	94	N.P.	N.P.	100	N.P.
Firenze-V. Ponte alle Mosse	100	97	N.P.	100	100	N.P.
Firenze-V. Desiderio da Settignano	N.P.	100	97	N.P.	N.P.	N.P.
Scandicci-V. Buozzi	100	100	98	100	100	N.P.
Calenzano-V. Giovanni XXIII	N.P.	99	98	N.P.	N.P.	N.P.
Calenzano-V. Boccaccio	N.P.	N.P.	95	N.P.	48	44
Signa-V. Roma	N.P.	98	N.P.	N.P.	47	48
Campi Bisenzio-V. Orly	N.P.	98	N.P.	N.P.	50	50
Sesto-V. Gramsci	100	100	N.P.	88	100	N.P.

N.P. = analizzatore non presente nella stazione

⁴ Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Decreto 2 aprile 2002, n. 60 (S.O.G.U. n. 77/L del 13 aprile 2002).

⁵ Decreto legislativo 21 maggio 2004, n. 183 (S.O.G.U. 171/L del 23 luglio 2004).



Questa prescrizione, tuttavia, anche se rispettata non garantisce l'omogeneità di distribuzione dei dati rilevati nel corso dell'anno solare. Allo scopo di valutare più accuratamente questo aspetto e di utilizzare anche le serie temporali la cui raccolta è inferiore al 90%, ARPAT si è dotata di un procedimento statistico che consente di stimare gli indicatori fissati dalla norma in termini di media annuale e di numero di superamenti di determinate soglie, come meglio descritto nell'allegato 1.

3 Campagne di rilevamento

Nel corso dell'anno 2007 sono state effettuate le seguenti campagne di monitoraggio:

1. nei siti Firenze-Bassi (fondo urbano), Firenze-Mosse (medio traffico), Calenzano-Boccaccio (industriale), per la determinazione di benzene mediante campionatori passivi e successiva analisi gas cromatografica con detector a ionizzazione di fiamma (GC-FID);
2. nei siti Firenze-Bassi (fondo urbano), Firenze-Mosse (medio traffico) e Calenzano-Boccaccio (industriale), per la determinazione di Idrocarburi Policiclici Aromatici (benzo(a)pirene ed altri IPA cancerogeni) mediante campionamento di polveri totali, successiva estrazione con cicloesano e analisi per cromatografia liquida ad alte prestazioni con detector a fluorescenza (HPLC-FA);
3. nel sito Campi Bisenzio-Orly (fondo urbano), per la determinazione di Idrocarburi Policiclici Aromatici (benzo(a)pirene ed altri IPA cancerogeni) mediante campionamento di PM₁₀ e successiva analisi come indicato al punto precedente, e per la determinazione dei metalli Pb, Ni, Cd e As mediante campionamento di PM₁₀, successivo attacco acido (disgregatore a microonde) e analisi per spettrometria di assorbimento atomico con atomizzazione elettrotermica (ETA-AAS).

Nella tabella 3.1 si indicano nel dettaglio i siti e i periodi di rilevamento, gli inquinanti monitorati e i sistemi di misura, relativamente alle campagne periodiche condotte con strumentazione mobile.

Tabella 3.1 = Campagne per benzene, per benzo(a)pirene (e altri IPA) e per metalli effettuate nell'area omogenea.

Parametro	Supporto di campionamento	Strumento di campionamento (Marca/modello)	Periodo	Siti di Campionamento	Note
benzene	Fiala carbone	Campionatore passivo (radiello®)	anno	Fi - Bassi Fi - Mosse Calenzano-Boccaccio	14 giorni al mese
IPA	Membrana in fibra di quarzo	Tecora SKYPOST	anno	Fi - Bassi Fi - Mosse Calenzano-Boccaccio	1 settimana al mese
IPA	Membrana in fibra di quarzo	Tecora SKYPOST	anno	Campi - Orly	16 giorni al trimestre
Metalli (Pb, Cd, Ni, As)	Membrana in fibra di teflon	Tecora SKYPOST	anno	Campi - Orly	16 giorni al trimestre



I valori analitici relativi alle concentrazioni atmosferiche dei metalli non vengono presentati in quanto sono ancora in corso le analisi relative. Pertanto, al momento non è possibile calcolare la media annuale da confrontare con gli standard di qualità dell'aria fissati dal D. lgs 152/07.

4 Limiti Normativi

Per ciascun inquinante vengono effettuate le elaborazioni degli indicatori fissati e viene mostrato il confronto con i limiti di riferimento stabiliti dalla normativa europea, recepiti con il citato D. M. Ambiente n°60/02 o, per l'inquinante ozono, con il D.lgs 183/04.

In realtà la normativa europea definisce per ciascun inquinante (salvo l'ozono) specifici margini di tolleranza che si riducono progressivamente entro date indicate, fino al conseguimento del pieno rispetto della norma. Tali margini di tolleranza hanno un significato meramente operativo mentre quello di tutela sanitaria/ambientale è associato unicamente ai valori fissati alla scadenza. Peraltro, la progressiva riduzione dei margini di tolleranza riflette la riduzione attesa e generalizzata dei livelli di inquinamento, conseguente ai provvedimenti di vasta scala già in corso, sulla base di Direttive riguardanti, ad esempio, il miglioramento della qualità dei combustibili e dei carburanti, la riduzione dei limiti di omologazione per veicoli a motore e il contenimento delle emissioni industriali.

Nella presente relazione, in prima istanza, il confronto tra le concentrazioni rilevate e i limiti di legge viene effettuato relativamente a quelli "finali", prescindendo dai margini di tolleranza. Ciò consente di individuare con maggiore immediatezza le sostanze per le quali, anche in prospettiva, si rende necessaria l'adozione di adeguate politiche di risanamento, ma anche quelle per le quali risultano (in tutto o in parte) rispettati i limiti che sono entrati pienamente in vigore solo nel 2005 o che entreranno in vigore nel 2010.

In fase di discussione viene effettuato il confronto anche con i limiti relativi all'anno 2010 maggiorati dei margini di tolleranza previsti per il 2007, scelta che consente di meglio evidenziare le priorità nelle azioni di risanamento a carico delle Amministrazioni locali, da adottare come integrazione ai provvedimenti di vasta scala ove questi non si rivelassero sufficienti a conseguire i risultati attesi.

Relativamente all'inquinante PM₁₀, le indicazioni che si desumono dal DM 60/02 mostrano qualche elemento di incertezza e di indeterminazione già presente nella Direttiva 1999/30/CE. Infatti, nel decreto sono state previste due "fasi" a ciascuna delle quali sono stati associati specifici valori di riferimento. Mentre per la prima fase tali valori sono ben esplicitati e entrano pienamente in vigore dal 1.1.2005 (media annuale 40 µg/m³, n. 35 giorni con concentrazione maggiore di 50 µg/m³), nell'applicazione all'anno 2007 dei valori di riferimento relativi alla seconda fase⁶, definiti "indicativi", si dovrebbero assumere i seguenti: media annuale 26 µg/m³ (da diminuire di 2 µg/m³ all'anno per arrivare a 20 µg/m³ dal 1.1.2010) e n. 7 giorni con concentrazione maggiore di un valore pari a 50 µg/m³ più un margine di tolleranza da stabilirsi "in base ai dati, deve essere equivalente al valore limite della fase 1" (DM 60/02, allegato III). Il margine di tolleranza non è stato stabilito.

Queste incertezze sono superate dalla Posizione Comune (CE) N. 13/2007 definita dal Consiglio dell'Unione Europea il 25 giugno 2007 in vista della prossima approvazione di una nuova Direttiva CE sul riordino in materia di qualità dell'aria ambiente.

Tale posizione conferma infatti i valori di riferimento già prescritti per la prima fase relativamente al PM₁₀ ed elimina quelli prefigurati per la seconda fase. Contestualmente, viene introdotto un valore limite per la media annuale di PM_{2,5}.

⁶ "che vanno riveduti alla luce delle ulteriori informazioni relative agli effetti sulla salute e sull'ambiente, alla fattibilità tecnica e all'esperienza acquisita nell'applicazione dei valori limite della fase 1 negli stati membri" (DM 60/02, allegato III, nota 1)



Poiché la Direttiva CE di prossima approvazione entrerà in vigore prima del 2010, superando di fatto la fase 2 per il PM10, gli indicatori relativi a tale fase non verranno trattati nel presente rapporto.

Per l'inquinante benzo(a)pirene e per i metalli piombo (Pb), arsenico (As), cadmio (Cd) e nichel (Ni), la specifica Direttiva 2004/107/CE⁷ è stata recepita a livello nazionale dal D.lgs n. 152 del 3 agosto 2007 che stabilisce i valori obiettivo per per i suddetti inquinanti.

Gli indicatori fissati come soglia di allarme (di informazione, di attenzione), idonei al riconoscimento di episodi acuti, risultano pienamente in vigore.

I valori limite relativi ai vari inquinanti e le relative scadenze temporali sono riassunti nelle seguenti tabelle:

Tabella 4.1 BLOSSIDO DI ZOLFO – normativa e limiti (DM 60/02)

	Periodo di mediazione	Valore limite	Data alla quale il valore limite deve essere raggiunto
Valore limite orario per la protezione della salute umana.	1 ora	350 µg/m ³ da non superare più di 24 volte per l'anno civile.	1.01.2005 (già in vigore)
Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana	24 ore	125 µg/m ³ da non superare più di 3 volte per anno civile	1.01.2005 (già in vigore)
Valore limite annuale per la protezione degli ecosistemi	Anno civile e inverno (1° Ottobre – 31 Marzo)	20 µg/m ³	19.07.2001 (già in vigore)

Tabella 4.2 MONOSSIDO DI CARBONIO – normativa e limiti (DM 60/02)

	Periodo di mediazione	Valore limite	Data alla quale il valore limite deve essere raggiunto
Valore limite orario per la protezione della salute umana.	Media massima giornaliera su 8 ore	10 mg/m ³	1.01.2005 (già in vigore)

⁷ Direttiva 2004/107/CE del 15 dicembre 2004 (G.U.C.E. L 23/3 del 26.1.2005)



Tabella 4.3 Materiale particolato PM10 – normativa e limiti (DM 60/02)*

	Periodo di mediazione	Valori limite	Data alla quale il valore limite deve essere raggiunto
Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana	24 ore	50 µg/m ³ PM10 da non superare più di 35 volte per anno civile	1.01.2005 (già in vigore)
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	40 µg/m ³ PM10	1.01.2005 (già in vigore)

*Si riportano solamente i limiti relativi alla “Prima Fase” prevista dal Decreto

Tabella 4.4 Benzene – normativa e limiti (DM 60/02)

	Periodo di mediazione	Valore limite	Data alla quale il valore limite deve essere raggiunto
Valore limite per la protezione della salute umana.	Anno civile	5 µg/m ³	1.01.2010

Tabella 4.5 OSSIDI DI AZOTO – normativa e limiti (DM 60/02)

	Periodo di mediazione	Valore limite	Data alla quale il valore limite deve essere raggiunto
Valore limite orario per la protezione della salute umana.	1 ora	200 µg/m ³ NO ₂ da non superare più di 18 volte per l'anno civile.	1.01.2010
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	40 µg/m ³ NO ₂	1.01.2010
Valore limite annuale per la protezione della vegetazione	Anno civile	30 µg/m ³ NO _X	1.01.2010
Soglia di allarme	Anno civile Superamento di 3 ore consecutive	400 µg/m ³ NO ₂	1.01.2010



Tabella 4.6 Benzo(a)pirene – normativa e limiti (DM 152/07)

	Periodo di mediazione	Valore obiettivo	Data alla quale il valore limite deve essere raggiunto
Valore obiettivo.	Anno civile	1 ng/m ³	1.01.2013

Tabella 4.7 OZONO – normativa e limiti (DLgs 183/04)

	Periodo di mediazione	Valori di riferimento
Soglia di informazione.	Media massima oraria	180 µg/m ³
Soglia di allarme.	Media massima oraria.	240 µg/m ³
Valore bersaglio per la protezione della salute umana.	Media su 8 ore massima giornalera.	120 µg/m ³ da non superare più di 25 giorni per anno civile come media su tre anni
Valore bersaglio per la protezione della vegetazione	AOT40, calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	18.000 µg/m ³ come media su 5 anni
Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana.	Media su 8 ore massima giornaliera.	120 µg/m ³
Obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione.	AOT40, calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	6.000 µg/m ³
Beni materiali.	Media Annuale	40 µg/m ³



5 Dati Rilevati nell'anno 2007

Ai fini dell'elaborazione degli indicatori da confrontare con i valori limite previsti dalla normativa, si considerano le serie di dati raccolti mediante le stazioni fisse della rete di monitoraggio e mediante le campagne con rappresentatività annuale o assimilabile ad essa.

Tutti i valori di concentrazione sono espressi in unità di massa (ng, µg, mg) per metro cubo (m³) di aria e sono riferiti a 20°C (alla temperatura ambiente per PM).

Per semplicità di consultazione, riportiamo nelle seguenti tabelle una prima sintesi degli indicatori calcolati relativamente ai valori limite "per la protezione della salute umana".

Tabella 5.1 - Monossido di Carbonio (CO)

Stazione	Tipo zona	Tipo stazione	N° Medie trascinate su 8 ore massime giornaliere > 10 mg/m ³	Valore limite
Firenze-Boboli	Urbana	Fondo	0	0 (in vigore dal 1.01.2005)
Firenze-V.le U. Bassi	Urbana	Fondo	0	
Firenze-V.di Novoli	Urbana	Fondo	0	
Firenze-V.le Gramsci	Urbana	Traffico	0	
Firenze-V. Ponte alle Mosse	Urbana	Traffico	0	
Scandicci-V. Buozi	Urbana	Fondo	0	
Sesto-V. Gramsci	Urbana	Fondo	0	

Tabella 5.2 - Biossido di Zolfo (SO₂)

Stazione	Tipo zona	Tipo stazione	N° medie orarie >350 µg/m ³	Valore limite	N° medie giornaliere >125 µg/m ³	Valore limite
Firenze-Boboli	Urbana	Fondo	0	24 (in vigore dal 1.01.2005)	0	3 (in vigore dal 1.01.2005)
Firenze-V.le U. Bassi	Urbana	Fondo	0		0	
Firenze-V. Ponte alle Mosse	Urbana	Traffico	0		0	
Scandicci-V. Buozi	Urbana	Fondo	0		0	
Sesto-V. Gramsci	Urbana	Fondo	0		0	

Dall'esame delle tabelle 5.1 e 5.2 si desume che sono rispettati i limiti di riferimento relativi a biossido di zolfo e monossido di carbonio.



Tabella 5.3 - Biossido di Azoto (NO₂)

Stazione	Tipo zona	Tipo stazione	N° medie orarie >200 µg/m ³	Valore limite	N° medie orarie >230 µg/m ³	Valore limite	Media annuale (µg/m ³)	Valore limite (µg/m ³)
Firenze-Boboli	Urbana	Fondo	0	18 (in vigore dal 1.01.2010)	0	18 (in vigore dal 2007)	29	40 µg/m³ (in vigore dal 1.01.2010) 46 µg/m³ (maggiorato del margine di tolleranza relativo al 2007)
Firenze-V.le U. Bassi	Urbana	Fondo	0		0		46	
Firenze-V.di Novoli	Urbana	Fondo	0		0		47	
Firenze-V.le Gramsci	Urbana	Traffico	7		1		83	
Firenze-V. Ponte alle Mosse	Urbana	Traffico	2		1		67	
Firenze-Settignano	Rurale	Fondo	0		0		16	
Scandicci-V. Buozzi	Urbana	Fondo	1		0		44	
Calenzano-Giovanni XXIII	Periferica	Fondo	0		0		35	
Campi Bisenzio-Via Orly	Periferica	Fondo	1		0		40	
Signa-V. Roma	Urbana	Fondo	0		0		30	
Sesto-V. Gramsci	Urbana	Fondo	0		0		47	

Come si evidenzia dall'esame della tabella 5.3, in molte stazioni della rete, salvo il parco di Boboli, le stazioni di Calenzano e di Signa e la stazione di area collinare (Firenze-Settignano), la media annuale di NO₂ rilevata supera il livello standard di riferimento fissato al 2010 (nel sito Campi-Via Orly è invece pari). In nessuna stazione, invece, risulta superato il numero di ore con concentrazione superiore a 200 µg/m³ (calcolato come superamenti effettivi per rapporto di 8760 su numero effettivo di dati orari validi registrati nel corso dell'anno).

Nei siti traffico (Firenze-Gramsci e Firenze-Mosse) si riscontrano i valori più elevati, e nel caso di Gramsci il valore è doppio rispetto al riferimento. Nei siti di fondo urbano la situazione è più omogeneamente distribuita con un range delle medie compreso fra 30 e 47 µg/m³. Sia nelle stazioni di traffico che nelle stazioni di fondo urbano Firenze-Novoli e Sesto-Gramsci, è superato anche il limite maggiorato dell'intervallo di confidenza relativo al 2007.



Tabella 5.4 - Benzene

Stazione	Tipo zona	Tipo stazione	Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valore limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Firenze – V.le U. Bassi	Urbana	Fondo	2,4	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (in vigore dal 1.01.2010) <hr/> 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (maggiorato del margine di tolleranza relativo al 2007)
Firenze – V. Ponte alle Mosse	Urbana	Traffico	4,1	
Cadenzano – Boccaccio	Rurale	Industriale	2,0	
Campi Bisenzio – V. Orly	Periferica	Fondo	2,3	

A differenza delle altre grandezze, i valori di Benzene non vengono rilevati tramite misure in continuo, ma attraverso campagne di rilevamento mensili.

Si osservi che non sono riscontrati superamenti della soglia di riferimento.

Poiché non è possibile effettuare in maniera completamente automatizzata la determinazione del benzene, il numero di siti di misura è inferiore a quello di altri inquinanti.

E' comunque possibile effettuare una stima dei valori di benzene a partire dalle misure di CO nei vari siti, in considerazione dell'accertata correlazione lineare fra le concentrazioni atmosferiche di questi due inquinanti (vedi par. 6.6).

Tabella 5.5 - Ozono

Stazione	Classificazione (D.lgs 183/04)	N° giorni in cui si sono riscontrate Medie giornaliere su 8 ore > 120 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) media 2005-2007	Valore bersaglio
Firenze-Boboli	Urbana	57	25 (come media su 3 anni) (da raggiungere entro il 1.1.2010) <hr/> 0 (obiettivo a lungo termine)
Firenze-V.di Novoli	Urbana	13	
Firenze-Settignano	Suburbana	61	
Scandicci-V. Buozzi	Urbana	29	
Calenzano-Giovanni XXIII	Urbana	46	
Calenzano-Boccaccio	Urbana (1)	34	

(1) Stazione classificata come "industriale" ai sensi del DM 60/02

Il valore di riferimento relativo all'ozono è definito come "valore bersaglio" dal DLgs 183/04 (tale definizione diventa di "valore obiettivo" nella recente normativa europea).

I valori riportati in tabella 5.5 mostrano che in quasi tutte le stazioni della rete, salvo Novoli che rappresenta il sito di fondo urbano prossimo alla zona centrale della città, la media degli ultimi tre anni supera il "valore bersaglio". Le situazioni più critiche si osservano, come atteso data la



specificità di questo inquinante secondario, nel parco di Boboli, nelle zone collinari prospicienti la città e nelle aree periferiche.

Il commento di cui sopra si riferisce al confronto con i valori obiettivo da conseguire nell'anno, entro il 2010. Rispetto ai valori obiettivo a lungo termine, considerato che risultano molto più restrittivi, si constata l'ampio superamento in ogni tipologia di sito indagata.

Tabella 5.6 - Benzo(a)pirene

Stazione	Tipo zona	Tipo stazione	Media annuale (ng/m ³)	Valore obiettivo
Firenze-V.le U. Bassi	Urbana	Fondo	0,34	1 n g/m³ (in vigore dal 1.01.2013)
Firenze-V. Ponte alle Mosse	Urbana	Traffico	0,59	
Calenzano-V. Boccaccio	Rurale	Industriale	0,42	
Campi-V. Orly	Periferica	Fondo	0.49	

Così come per il benzene, anche la determinazione di benzo(a)pirene, inquinante tipicamente presente nelle polveri aerodisperse, è possibile solo mediante sistemi di campionamento non completamente automatizzati e impegnative analisi di laboratorio. Per tale motivo il numero di siti di misura e le serie storiche disponibili sono limitate rispetto agli altri parametri rilevati tramite la rete di analizzatori automatici collocati nelle stazioni fisse.

Si osservi che il limite appare rispettato in tutti i siti di rilevamento.

Tabella 5.7 - PM10

Stazione	Tipo zona	Tipo stazione	N° medie giornaliere >50 µg/m ³	Valore limite	Media annuale (µg/m ³)	Valore limite (µg/m ³)
Firenze-Boboli	Urbana	Fondo	25	35 (in vigore dal 1.01.2005)	26	40 µg/m³ (in vigore dal 1.01.2005)
Firenze-V.le U. Bassi	Urbana	Fondo	37		34	
Firenze-V.le Gramsci	Urbana	Traffico	76		41	
Firenze-V. Ponte alle Mosse	Urbana	Traffico	37		32	
Scandicci-V. Buozzi	Urbana	Fondo	76		39	
Calenzano-V. Boccaccio (1)	Rurale	Industriale	52		33	
Campi Bisenzio-Via Orly (1)	Periferica	Fondo	64		35	
Signa- V. Roma (1)	Urbana	Fondo	134		51	
Sesto-V. Gramsci	Urbana	Fondo	63		34	

(1) misure effettuate in via sperimentale in alternanza con il Pm_{2,5}. Gli indicatori sono stimati con metodi statistici (bootstrap) , vedi allegato 1.



In riferimento alla tabella, si osservi che l'unica stazione che rimane completamente all'interno dei limiti è quella di Firenze-Boboli. Nel sito con maggiore intensità di traffico Firenze-Gramsci e nel sito di fondo urbano di Signa-Via Roma (indicatori stimati con metodo statistico) si riscontra invece il superamento sia della media annuale che del numero di giorni con concentrazione maggiore di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM_{10} . Nell'altro sito traffico Firenze-Mosse, caratterizzato da medio volume di traffico, e nei restanti siti di fondo della cintura sub urbana di Firenze (indicatori in parte stimati con metodo statistico) si riscontra il superamento limitatamente all'indicatore "giorni con concentrazione maggiore di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM_{10} ".

5.1 Episodi acuti

La nuova normativa più volte citata, oltre ai valori standard di riferimento già indicati, fissa limiti di concentrazione definiti come "soglie di allarme" per gli inquinanti in grado di determinare effetti acuti sulla popolazione.

Nella tabella 5.8 si riassumono i valori soglia e si indicano le ricorrenze di superamento riscontrate.

Tabella 5.8 - Soglie di allarme e casi rilevati (DM 60/02 e Dlgs 183/04).

Inquinante	Indicatore di soglia di ALLARME	Casi rilevati
SO ₂	Concentrazione oraria > 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Nessuno
NO ₂	Concentrazione oraria > 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Nessuno
O ₃	Concentrazione oraria > 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Nessuno

Si tenga conto che il superamento della soglia di allarme per una sola ora non comporta il riconoscimento dello "stato di allarme", in quanto tale stato si verifica se il superamento della soglia oraria si verifica per almeno tre ore consecutive..

Per l'ozono è stata fissata anche una soglia "di informazione" al valore della media oraria pari a 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. La quantità di superamenti riscontrati è mostrato in tabella 5.9.

Tabella 5.9 - Ozono: superamenti della soglia di informazione pari a 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Dlgs 183/04)

Stazione	Medie orarie >180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (n°)
Firenze-Boboli	6
Firenze-V.di Novoli	0
Firenze-Settignano	23
Scandicci-V. Buozzi	0
Calenzano-V. Giovanni XXIII	13
Calenzano-V. Boccaccio	48

Nella tabella 5.10 si evidenziano in dettaglio i giorni in cui si sono verificati i superamenti del limite relativo alla soglia di INFORMAZIONE (equivalente allo stato di ATTENZIONE secondo la definizione di cui al D.M. Ambiente 25.11.1994 non più vigente) per O₃.

Riguardo all'inquinante NO₂, per il quale il DM Ambiente 25.11.1994 stabiliva una soglia di ATTENZIONE al valore della media oraria pari a 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, si segnala che è stata adottata dal sindaco di Firenze l'Ordinanza n° 10211 del 15 gennaio 2003 che introduce uno stato di PREAVVISO, da identificare mediante i medesimi criteri di valutazione e valori soglia già definiti dalla norma citata, abrogata dal DM 60/02

Nel corso dell'anno 2007 vi sono stati due singoli superamenti della soglia di attenzione per l'NO₂ nelle stazioni di fondo urbano (rispettivamente nelle stazioni di Scandicci-Buozzi e Campi-Orly). Non si sono verificati casi di superamento della soglia di allarme.



Tabella 5.10 - O₃, superamenti dei limiti di ATTENZIONE (DM 25.11.1994) o di INFORMAZIONE (Dlgs 183/04).

Giorni N°	Data	Stazione	Valore orario max $\mu\text{g}/\text{m}^3$	ore >180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ n°
16	22 maggio	Firenze Boboli	210	2
		Calenzano Boccaccio	223	5
		Calenzano Giovanni XXIII	200	3
	25 maggio	Firenze Boboli	193	3
		Firenze Settignano	193	6
		Calenzano Giovanni XXIII	185	2
		Calenzano Boccaccio	207	7
	20 giugno	Calenzano Boccaccio	186	2
	14 luglio	Calenzano Boccaccio	188	2
	15 luglio	Firenze Settignano	183	2
		Calenzano Boccaccio	195	6
	16 luglio	Firenze Settignano	193	3
		Calenzano Boccaccio	194	5
	17 luglio	Firenze Settignano	201	3
		Calenzano Giovanni XXIII	190	3
		Calenzano Boccaccio	196	4
	18 luglio	Firenze Settignano	191	3
		Calenzano Giovanni XXIII	194	1
		Calenzano Boccaccio	204	3
	19 luglio	Firenze Settignano	184	1
		Calenzano Giovanni XXIII	185	2
		Calenzano Boccaccio	184	2
	25 luglio	Firenze Settignano	182	1
	26 luglio	Calenzano Boccaccio	186	1
	27 luglio	Calenzano Boccaccio	188	1
	29 luglio	Firenze Settignano	185	2
		Calenzano Boccaccio	202	4
	2 agosto	Firenze Boboli	187	1
		Firenze Settignano	192	2
		Calenzano Giovanni XXIII	186	2
Calenzano Boccaccio		196	4	
7 agosto	Calenzano Boccaccio	185	1	
28 agosto	Calenzano Boccaccio	187	1	

Non si sono rilevati stati di ALLARME.

6 Elaborazioni e trend per inquinante

Nel presente paragrafo si riportano le elaborazioni degli indicatori per i vari inquinanti atmosferici laddove presenti.

Si sintetizza inoltre l'andamento degli inquinanti sull'intera area e si confrontano i livelli attuali con quelli storici rilevati mediante la rete di monitoraggio.

Si tenga conto che non si dispone degli indicatori su base annuale per tutti gli inquinanti e per tutte le stazioni per motivi riconducibili a:



- inopportunità di rilevamento di uno specifico inquinante in tipologie di sito non idonee (è il caso tipico dell'ozono di cui non è congruo il monitoraggio in siti prossimi alle sorgenti quali il traffico);
- progressiva attivazione di analizzatori nel corso degli anni;
- mancanza di dati per fuori servizio delle stazioni o di analizzatori a causa di guasti o spostamenti o incidenti.

6.1 Polveri (PM₁₀ e PM_{2.5}).

Nella figura 3 si mostra l'andamento delle concentrazioni medie annuali di PM₁₀ rilevate dal 1993 nelle stazioni della rete. Considerato che questo inquinante presenta una distribuzione relativamente omogenea indipendentemente dalla localizzazione rispetto alle sorgenti e alla tipologia di sito, salvo casi particolari, si mostra anche il valore medio delle medie annuali di ciascun anno.

Si osserva la progressiva diminuzione registrata fra il 1993 e il 1996 a cui ha fatto seguito un incremento che, nell'anno 2000, ha riportato i livelli medi di PM₁₀ ai valori degli anni 1993-1994 anche se con sostanziale riduzione delle differenze fra siti. Nel 2001 si è verificata una riduzione generalizzata dei livelli di PM₁₀ in parte spiegabile con l'andamento meteorologico, come illustrato nella relazione relativa a quell'anno.

Nel 2002 e nel 2003, in presenza di un quadro meteorologico più vicino alle medie storiche, i valori di PM₁₀ sono tornati mediamente intorno alla soglia fissata dalla normativa.

Dal 2003 si osserva la generale riduzione del livello medio di PM₁₀, indipendentemente dalle variazioni rilevate nei singoli siti che possono dipendere da condizioni contingenti di quadro emissivo locale (cantieri, limitazioni e deviazioni di traffico, etc...).

Negli anni dal 2005 al 2007 si è avuto un sostanziale consolidamento della situazione generale con un'ulteriore riduzione delle differenze tra i siti, salvo poche eccezioni, e con valori generalmente pari o inferiori al limite fissato da raggiungere entro l'anno 2005.

Nella figura 4 si mostra l'incidenza percentuale dei giorni con valore medio superiore 50 µg/m³ il cui limite di riferimento è pari a 10% (35 superamenti ammessi su 365 giorni).

Figura 3 - Trend delle concentrazioni medie annuali di PM₁₀

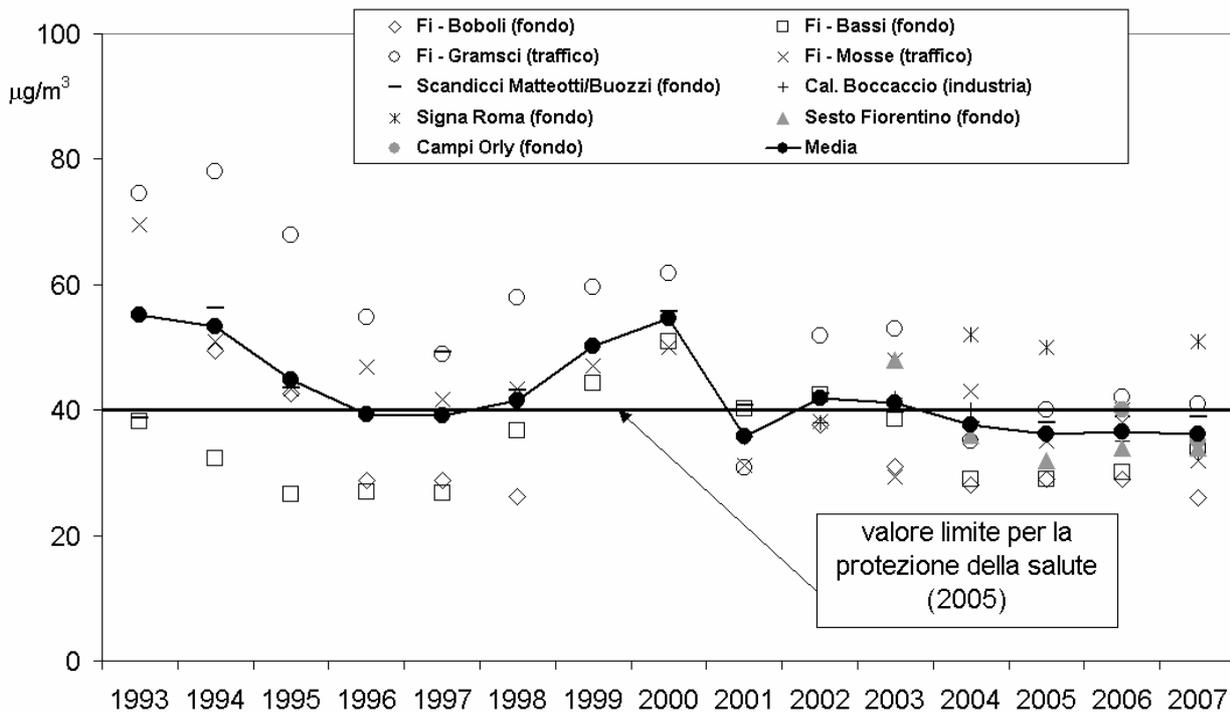
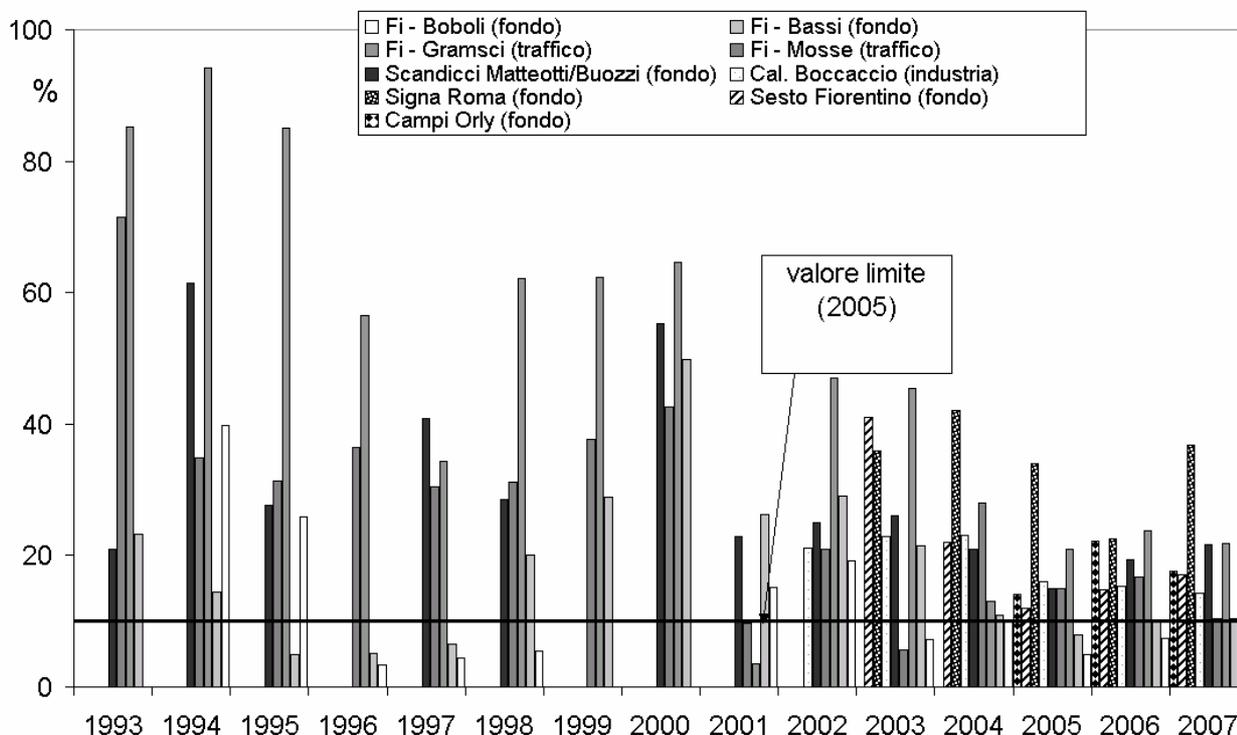


Figura 4 - Trend della percentuale di numero di giorni all'anno con concentrazione di PM₁₀ superiore a 50 µg/m³.



L'andamento storico mostra una sostanziale analogia con quello delle medie annuali.

Indipendentemente da variazioni occasionali, negli ultimi 3-4 anni la situazione appare pressoché stazionaria con percentuali di superamenti più elevate rispetto alle indicazioni della norma.

Relativamente al PM_{2,5}, la citata posizione comune CE, introduce un valore limite, definito "per la protezione della salute umana" da raggiungere entro il 2015 (25 µg/m³).

Gli indicatori elaborati a partire dalle misure di PM_{2,5}, effettuate in via sperimentale nelle stazioni di Calenzano-Boccaccio, Signa-Roma e Campi-Orly, sono mostrati in tabella 6.10. La media annuale è calcolata sulla base dei dati disponibili e confermata mediante tecnica di bootstrap (vedi allegato 1).

Tabella 6.10 – PM_{2.5}

Stazione	Tipo zona	Tipo stazione	Media annuale (µg/m ³)	Valore limite (µg/m ³)
Calenzano V. Boccaccio (1)	Rurale	Industriale	23	25 µg/m³ (in vigore dal 1.01.2015)
Campi V. Orly (1)	Periferica	Fondo	24	
Signa V. Roma (1)	Urbana	Fondo	26	

(1) misure effettuate in via sperimentale in alternanza con il Pm_{2,5}. Gli indicatori sono stimati con metodi statistici (bootstrap), vedi allegato 1.



Si osservi che i valori medi registrati nelle tre stazioni (stime con tecnica statistica bootstrap) sono molto simili tra loro, con differenze dell'ordine di pochi $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Nel sito Campi-Orly il valore ottenuto indica il superamento rispetto al limite.

6.2 Biossido di zolfo (SO_2).

Nella tabella 6.11 si riporta il confronto delle medie annue e invernali per l'inquinante SO_2 con i valori limite definiti dalla normativa "per la protezione degli ecosistemi"

Tabella 6.11 – Valori limite SO_2 per la protezione degli ecosistemi

Stazione	Tipo zona	Tipo stazione	Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Media invernale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valore limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Firenze-Boboli	Urbana	Fondo	1	1	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (in vigore dal 2001)
Firenze-V.le U. Bassi	Urbana	Fondo	2	3	
Firenze-V. Ponte alle Mosse	Urbana	Traffico	3	4	
Scandicci-V. Buozzi	Urbana	Fondo	2	1	
Sesto-V. Gramsci	Urbana	Fondo	4*	n.d	

*presumibilmente sottostimato

Il valore di media annua relativo alla stazione Sesto – V.Gramsci è presumibilmente sottostimato per la mancanza dei dati relativi alla seconda metà del mese di novembre e a tutto il mese di dicembre a causa di un guasto strumentale.

Dall'esame della tabella si desume che i limiti di riferimento sono ampiamente rispettati.

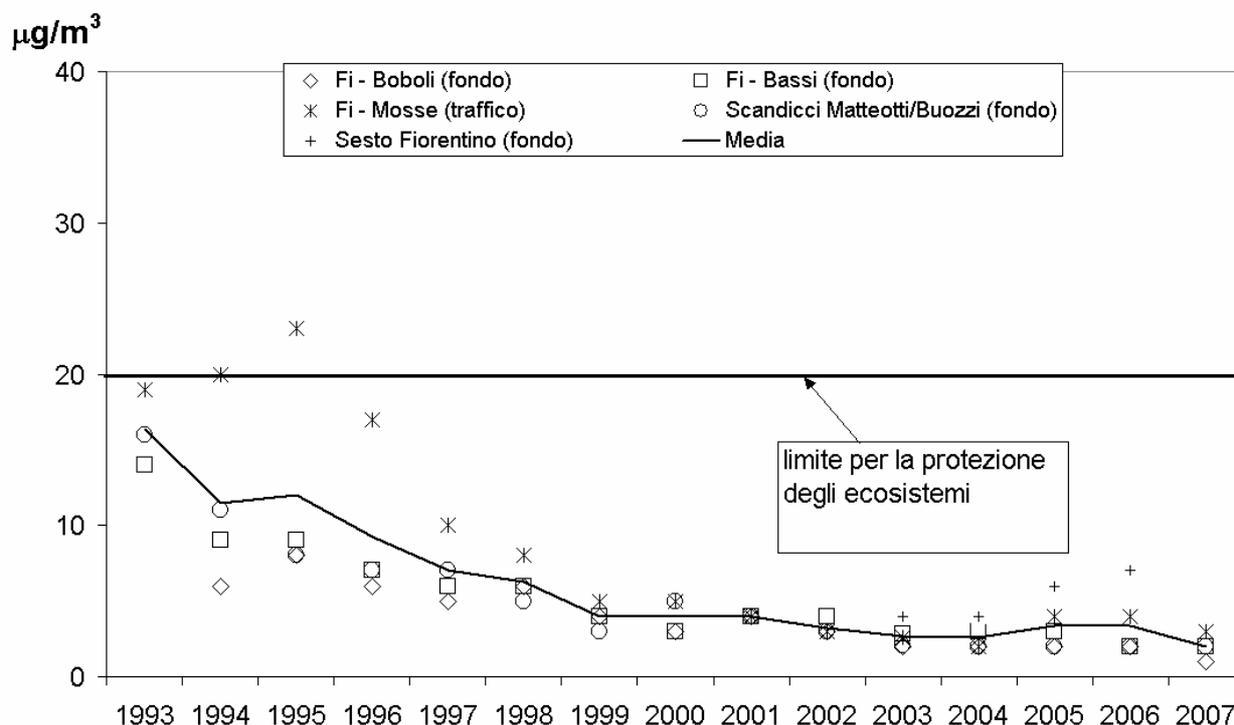
Nella figura 5 si mostra l'andamento delle concentrazioni medie annuali di SO_2 rilevate dal 1993 nelle stazioni della rete. Considerato che questo inquinante presenta una distribuzione relativamente omogenea indipendentemente dalla localizzazione rispetto alle sorgenti e alla tipologia di sito, si mostra anche il valore medio delle medie annuali di ciascun anno.

Si osserva la progressiva diminuzione registrata dal 1993, e la sostanziale riduzione delle differenze fra siti. Il raffronto viene fatto con il limite più restrittivo, previsto dalla norma per la protezione degli ecosistemi, che appare rispettato almeno negli ultimi anni. Per tale motivo non si mostrano gli andamenti degli indicatori meno restrittivi (quelli per la protezione della salute) che, a maggior ragione, risultano ampiamente rispettati.

Si noti come nell'anno 2005 la media generale mostri una tendenza all'aumento, fatto dovuto all'aumento dei livelli medi registrati nelle stazioni di Firenze-Mosse e, soprattutto, Sesto Fiorentino-Gramsci, aumento che prosegue anche nell'anno successivo. Nel 2006 la media generale rimane tuttavia costante. Nell'anno 2007, riprende una tendenza alla diminuzione delle medie di tutte le stazioni.



Figura 5 - Trend delle concentrazioni medie annuali di SO₂.



6.3 Monossido di carbonio (CO).

Per evidenziare le differenze dei livelli di inquinamento nei vari siti, in tabella 6.12 si sono esplicitati i valori massimi raggiunti dalla media di 8 ore che risultano inferiori al limite di riferimento (10 mg/m³) con ampio margine.

In tabella si riportano anche i valori delle medie annue di CO misurate nelle varie stazioni. Si noti come tali valori siano sostanzialmente omogenei su tutta l'area fiorentina, raggiungendo i valori massimi nelle stazioni di tipo traffico.

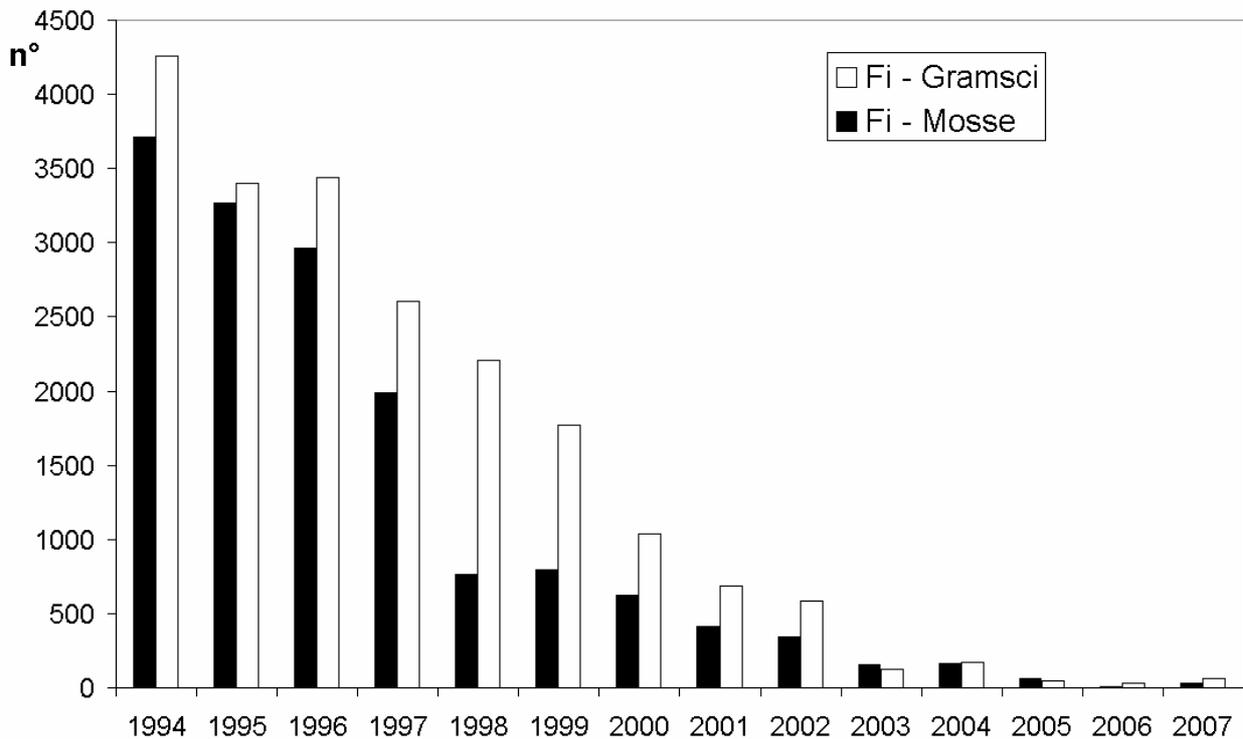
Tabella 6.12 –CO max media mobile e media annua

Stazione	Tipo zona	Tipo stazione	Max media mobile di 8 h (mg/m ³)	Media annuale mg/m ³
Firenze-Boboli	Urbana	Fondo	2.3	0.4
Firenze-V.le U. Bassi	Urbana	Fondo	3.0	0.6
Firenze-V.di Novoli	Urbana	Fondo	3.4	0.6
Firenze-V.le Gramsci	Urbana	Traffico	6.1	1.3
Firenze-V. Ponte alle Mosse	Urbana	Traffico	3.9	1.0
Scandicci-V. Buozzi	Urbana	Fondo	2.4	0.5
Sesto-V. Gramsci	Urbana	Fondo	3.1	0.7



Poiché fin dal 2001 non si verificano superamenti del valore 10 mg/m^3 della media di 8 ore anche nei siti più prossimi a intensi flussi di traffico, nella figura 6 si mostrano le frequenze di superamento del 50% del limite fissato per la media di 8 ore consecutive, ovvero del valore di 3 mg/m^3 anziché del valore di 10 mg/m^3 . L'elaborazione viene presentata solo per le stazioni di tipo traffico, in quanto questo inquinante è prodotto quasi esclusivamente dalle emissioni allo scarico dei veicoli a motore ed è caratterizzato da un forte gradiente spaziale; perciò nelle stazioni a distanza dai flussi veicolari le concentrazioni di CO risultano ampiamente inferiori rispetto a quelle misurabili a pochi metri dai flussi di traffico. L'andamento storico mostra una rapida riduzione del numero di superamenti.

Figura 6 - CO - Trend del numero di medie mobili di 8 ore superiori a 3 mg/m^3 rilevate in ciascun anno nelle stazioni di tipo traffico.



6.4 Biossido di azoto e ossidi di azoto totali (NO₂, NO_x).

Nella figura 7 si mostrano le concentrazioni medie annuali di NO₂ rilevate dal 1994 nelle stazioni della rete. Considerato che questo inquinante presenta una distribuzione spaziale relativamente disomogenea e dipendente sia dalla localizzazione rispetto alle sorgenti, sia dalla tipologia di sito, i valori delle medie annuali per ciascun anno, vengono mostrati raggruppati e distinti per le stazioni collocate a distanza dai flussi veicolari (tipo "fondo") e per le stazioni tipo "traffico". A parte si mostrano i valori rilevati nella stazione collinare di Firenze-Settignano che rappresenta un sito di "fondo" in area rurale.

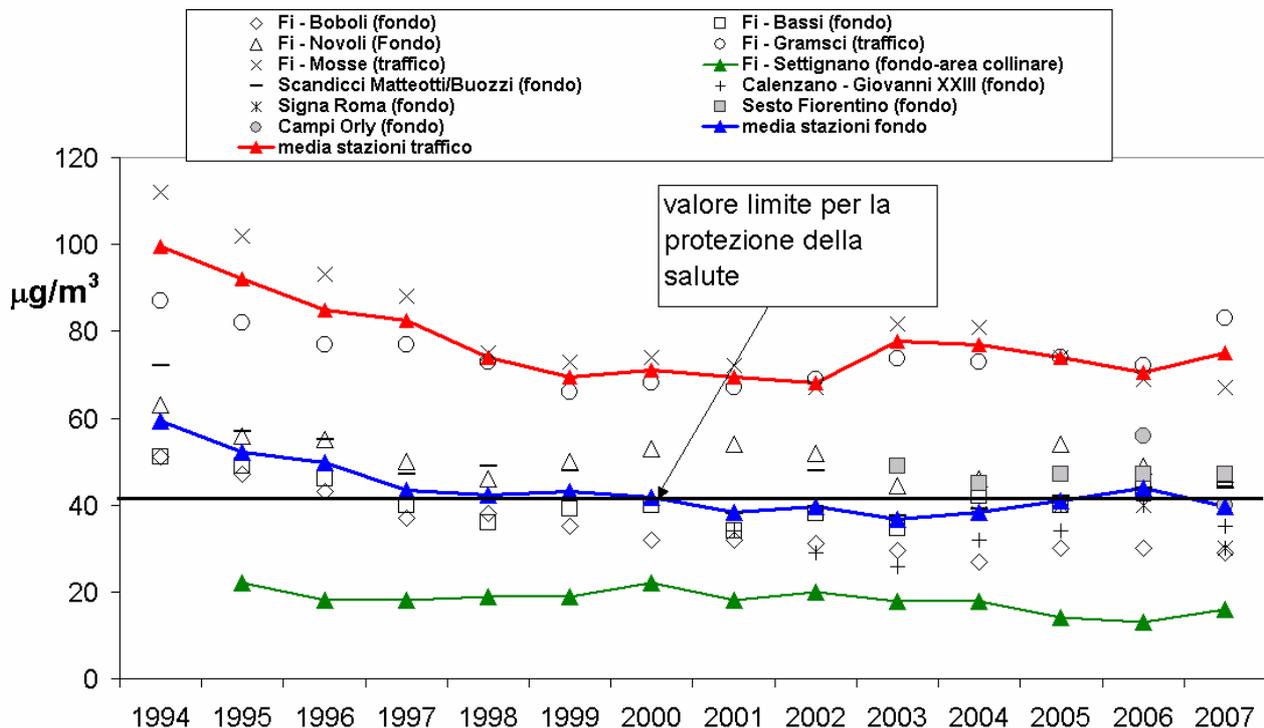
L'andamento del valore medio relativo alle stazioni "traffico" mostra una diminuzione piuttosto regolare fino all'anno 1999. Segue un periodo di stabilità, ma nell'anno 2003 si è verificato un incremento significativo, seguito da stabilità/debole trend di riduzione negli ultimi anni. Nel 2007, la media delle stazioni è risultata in crescita soprattutto per l'aumento significativo del valore relativo alla stazione di Firenze-Gramsci (nella stazione Firenze-Mosse permane il trend di riduzione).



La media rilevata nelle stazioni “fondo” segue un andamento simile con progressiva riduzione fino al minimo raggiunto nel 2003 e a seguito del quale si è registrata una tendenza all’aumento. Nell’anno 2007 si è verificata un’inversione di tendenza con valori che risultano in diminuzione rispetto al 2006.

Stabile appare il livello medio riscontrato nella stazione di Firenze-Settignano, con una tendenza all’incremento nell’ultimo anno.

Figura 7 - Trend delle concentrazioni medie annuali di NO₂.



Rispetto al valore di riferimento fissato dalla norma, si osservano valori costantemente molto elevati nella stazioni “traffico” (quasi il doppio rispetto a quelle “fondo”). Risulta intorno al limite la media dei valori riscontrati nelle stazioni tipo “fondo” collocate in ambiente urbano, pur con valori differenziati secondo la zona. Ampiamente nella norma risulta il valore rilevato nella stazione di fondo extra urbano.

Nelle figure 8 e 9 si mostra, distintamente per i due gruppi di stazioni, l'incidenza percentuale delle ore dell'anno con valore medio superiore a 200 µg/m³, il cui limite di riferimento è pari a 0,2% (18 superamenti orari ammessi su 8760 ore). L'andamento storico mostra una certa similitudine con quello delle medie annuali. La ricorrenza di superamenti del valore medio orario risulta praticamente azzerata nelle stazioni di fondo residenziali e ampiamente sotto il limite per quelle di traffico.



Figura 8 - Trend della percentuale di numero di ore all'anno con concentrazione di NO₂ superiore a 200 µg/m³ rilevata nelle stazioni di fondo (parco urbano e aree residenziali).

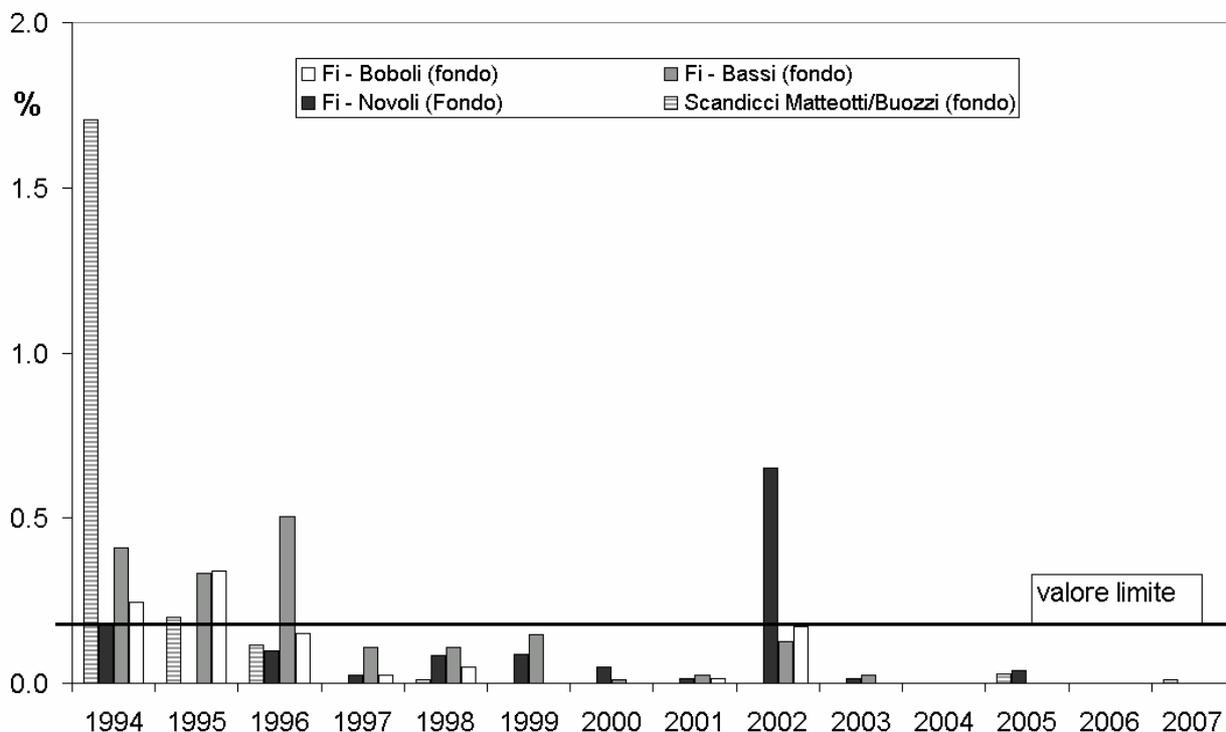
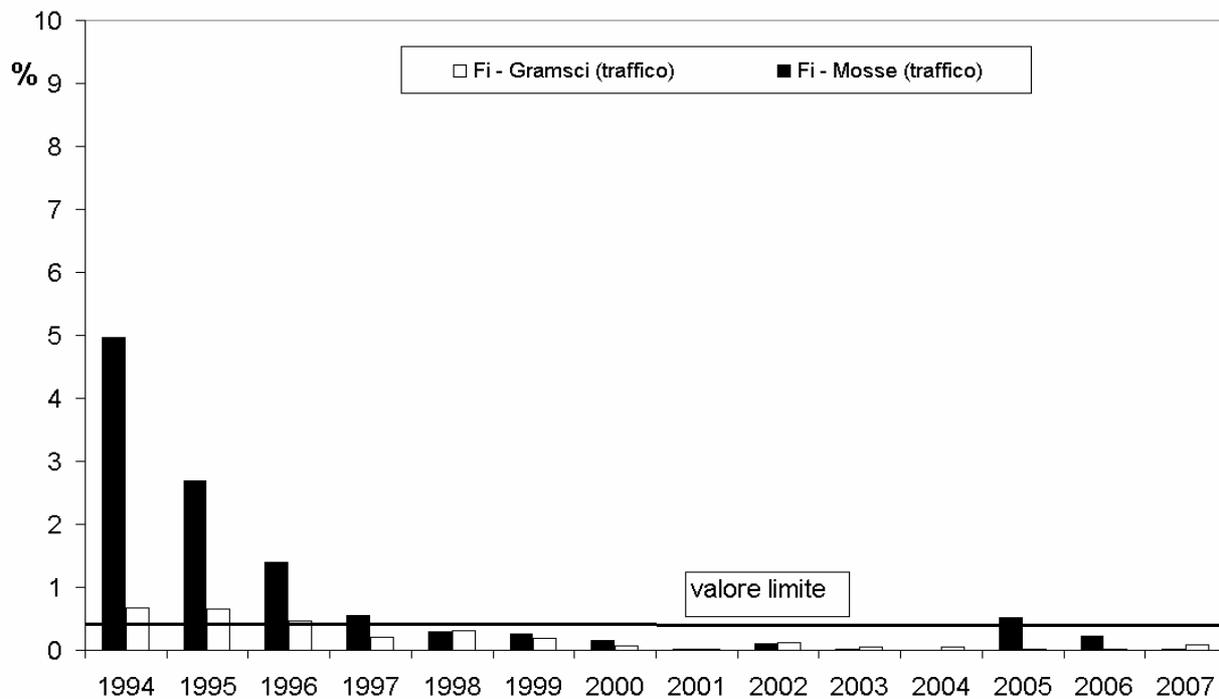


Figura 9 - Trend della percentuale di numero di ore all'anno con concentrazione di NO₂ superiore a 200 µg/m³ rilevata nelle stazioni traffico.



Nella tabella 6.13 si riporta il confronto delle medie annue degli ossidi di azoto totali NO_x con il valori limite definito dalla normativa “per la protezione della vegetazione”

Dall'esame della tabella, si rileva che il limite fissato per la protezione della vegetazione risulta ampiamente superato in tutte le stazioni con l'eccezione di Firenze-Settignano.

Nella figura 10 si mostrano inoltre le concentrazioni medie annuali di NO_x (esprese come NO₂) rilevate dal 1994 nelle stazioni della rete e si confrontano con il valore limite di riferimento fissato per la protezione della vegetazione (pari a 30 µg/m³).

Si osservi che vi sono importanti differenze fra le varie tipologie di sito ma, salvo la stazione di area collinare Firenze –Settignano, tutte le medie annue superano il valore limite.

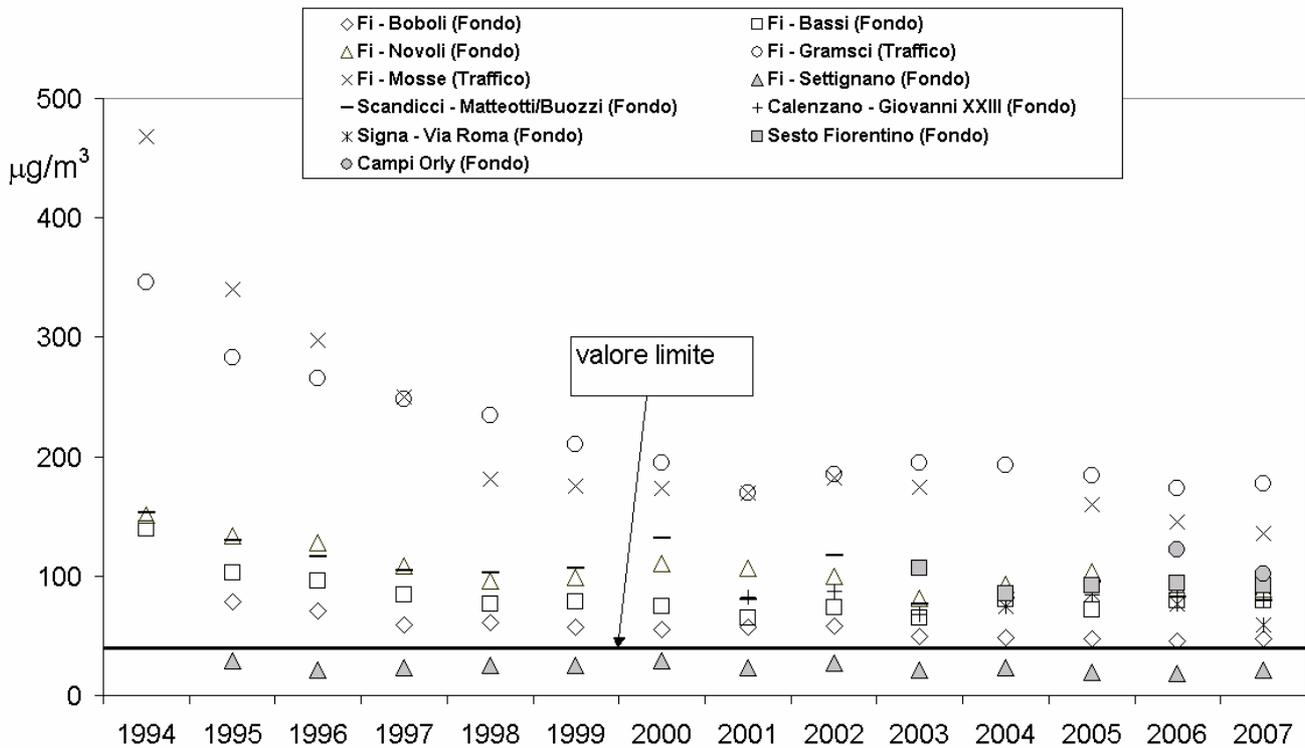
Le concentrazioni medie nelle aree residenziali risultano 2÷3 volte più elevate del valore di riferimento mentre, anche negli ultimi anni, nei siti in prossimità di flussi di traffico risultano ancora circa 6 volte più elevate

Tabella 6.13 – Ossidi di azoto totali (NO_x)

Stazione	Tipo zona	Tipo stazione	Media annuale (µg/m ³)	Valore limite (µg/m ³)
Firenze-Boboli	Urbana	Fondo	47	30 µg/m³ (in vigore dal 2001)
Firenze-V.le U. Bassi	Urbana	Fondo	79	
Firenze-V.di Novoli	Urbana	Fondo	89	
Firenze-V.le Gramsci	Urbana	Traffico	177	
Firenze-V. Ponte alle Mosse	Urbana	Traffico	136	
Firenze-Settignano	Rurale	Fondo	21	
Scandicci-V. Buoizzi	Urbana	Fondo	79	
Calenzano-Giovanni XXIII	Periferica	Fondo	79	
Campi Bisenzio-Via Orly	Periferica	Fondo	102	
Signa-V. Roma	Urbana	Fondo	59	
Sesto-V. Gramsci	Urbana	Fondo	92	



Figura 10 - Trend delle concentrazioni medie annuali di NO_x (valori espressi come NO₂).



6.5 Ozono (O₃).

Si ricorda che i valori limite per l'Ozono sono definiti come "valore bersaglio" dal D.Lgs 183/06.

Il limite espresso in termini di AOT40 (sommatoria delle eccedenze orarie di 80 µg/m³, ovvero 40 ppb, calcolata nel periodo 1 maggio-31 luglio nella fascia oraria 8-20), è fissato "per la protezione della vegetazione". Nella tabella 6.14 si confrontano gli indicatori calcolati per le varie stazioni con questo valore limite.

I valori riportati in tabella mostrano che gli indicatori superano notevolmente il valore limite (e a maggior ragione il valore obiettivo a lungo termine) sia nel parco di Boboli che in collina, come anche nei siti residenziali e suburbani.

In tabella è riportato anche il numero di giorni relativi al solo anno 2007, in cui sono state riscontrate medie giornaliere di 8 ore superiori a 120 µg/m³.



Tabella 6.14 – Ozono

Stazione	Classificazi one		AOT40 ($\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$)	Valore obiettivo	N° giorni in cui si sono riscontrate medie giornaliere su 8 ore > 120 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Anno 2007
	(D.lgs 183/04)	Dati orari validi (n°)			
Firenze- Boboli	Urbana	1100	29521	18000 (da raggiungere entro il 1.1.2010)	61
Firenze-V.di Novoli	Urbana	1093	12591		21
Firenze- Settignano	Suburbana	1077	33764		80
Scandicci-V. Buozzi	Urbana	1099	21977	6000 (obiettivo a lungo termine)	34
Calenzano- Giovanni XXIII	Urbana	1099	25579		54
Calenzano- Boccaccio	Urbana(1)	1029	35114		64

(1) stazione classificata come "industriale" ai sensi del DM 60/02

Nelle figure 11 e 12 si mostrano le frequenze di superamento dei limiti fissati per la media oraria $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$, definita "soglia di informazione", e $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$, definita "soglia di allarme".

Si osservi che non è possibile riconoscere un trend univoco e consolidato anche se, negli ultimi 7 anni, il numero di superamenti della soglia di informazione ("di attenzione", secondo la definizione contenuta nel D.M. Ambiente 25.11.1994) appare consistentemente ridotto e si è verificato un unico superamento della soglia di allarme.

Nella figura 13 si mostra il numero di giorni in cui si è verificato il superamento del limite fissato per la media di 8 ore consecutive, pari a $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, il cui valore è da confrontare con il valore di riferimento pari a 25 giorni all'anno. L'andamento storico mostra una sostanziale stabilità nel corso degli anni, con superamenti diffusi nelle stazioni di misura collocate nel parco urbano (Firenze-Boboli), nell'area collinare (Firenze-Settignano) e alla periferia dell'area urbanizzata (Scandicci-Buozzi, Calenzano-Giovanni XXIII e Calenzano-Bocaccio).

Nella stazione collocata all'interno dell'area urbanizzata (Firenze-Novoli) l'entità dei superamenti è notevolmente più bassa, come atteso per siti di monitoraggio dove si riscontrano livelli elevati degli inquinanti primari (monossido di carbonio, monossido di azoto, idrocarburi) anche se nel 2006 e nel 2007 si è verificato un consistente aumento del numero di superamenti anche in quella stazione.

Nella figura 14 si mostra l'andamento del parametro AOT40, che è calcolato sommando le eccedenze orarie di $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ rilevate nella fascia oraria 8-20 del periodo dal 1° maggio al 31 luglio. Per questo parametro è stato definito il valore bersaglio per la protezione della vegetazione, pari a $18000 (\mu\text{g}/\text{m}^3) \cdot \text{h}$, e sostanzialmente rappresenta l'esposizione massima accettabile. Anche per questo indicatore si riscontra una situazione nettamente superiore al limite o prossima ad esso nella maggior parte delle stazioni di rilevamento e nella maggior parte degli anni. Si noti come nel 2007 si sia verificato un superamento del limite in tutte le stazioni con la sola eccezione di Firenze-Novoli.



Figura 11 - O₃: - Trend del numero di medie orarie superiori alla soglia di informazione, pari a 180 µg/m³, rilevate in ciascun anno.

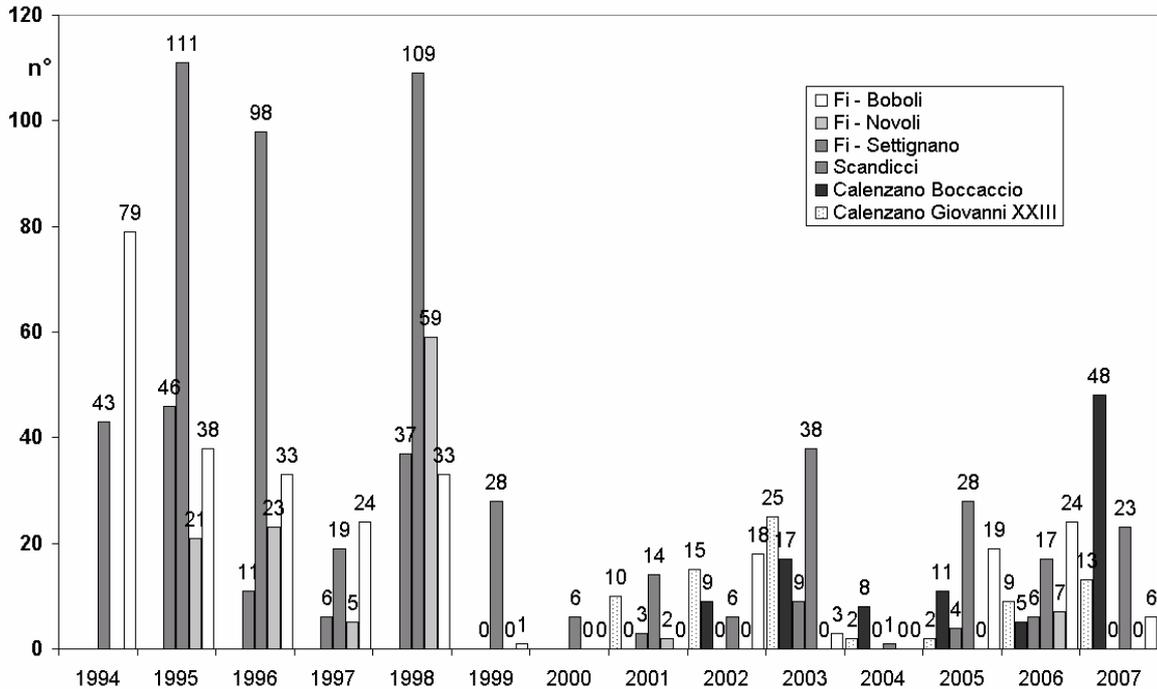


Figura 12 - O₃: - Trend del numero di medie orarie superiori alla soglia di allarme, pari a 240 µg/m³, rilevate in ciascun anno.

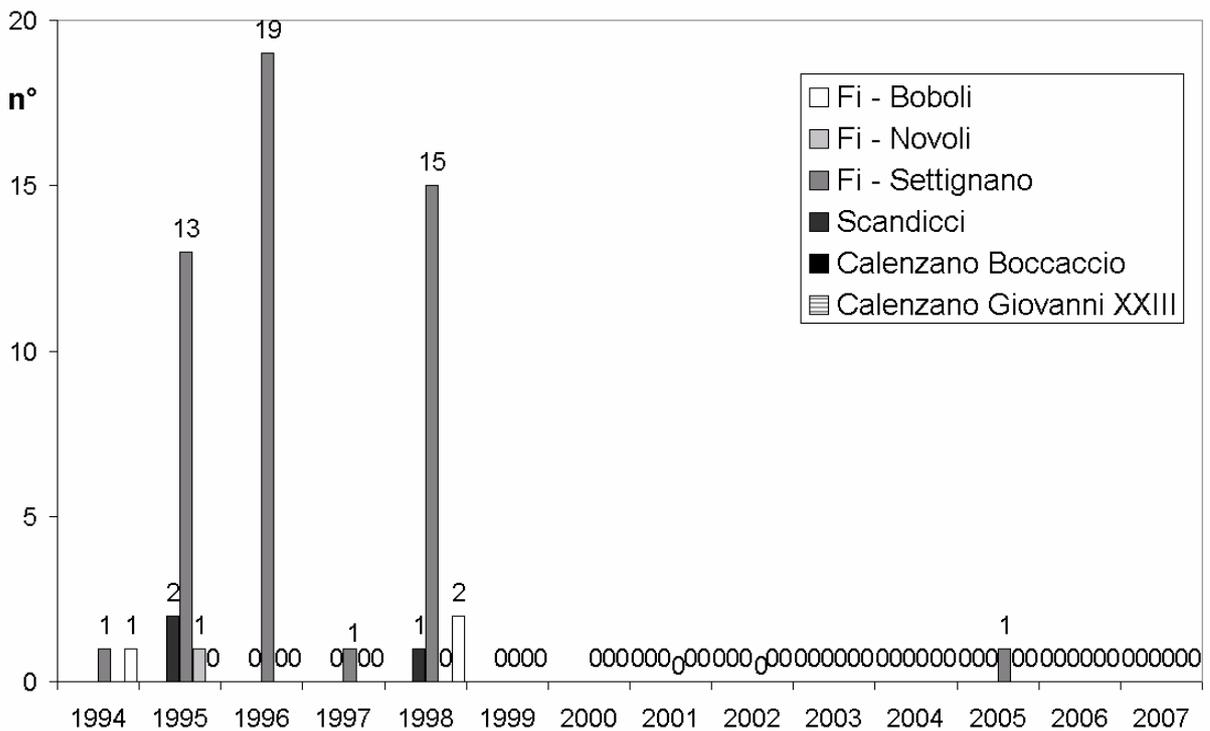


Figura 13 - O₃ - Trend del numero di giorni con media mobile di 8 ore superiore a 120 µg/m³, rilevate in ciascun anno.

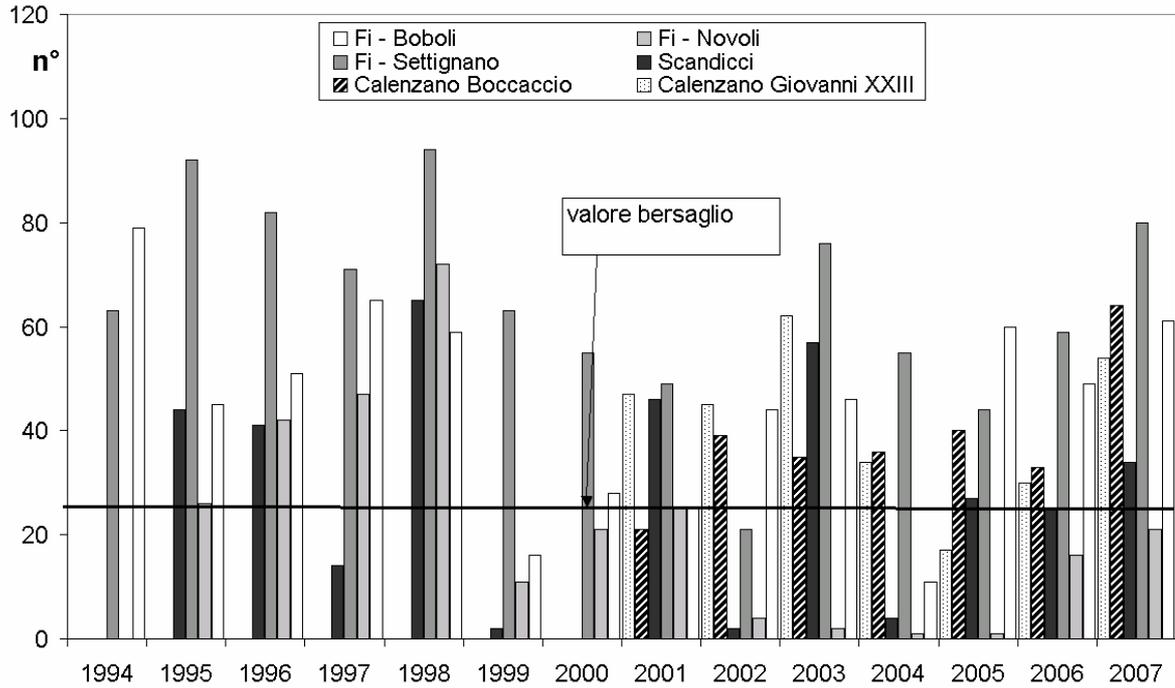
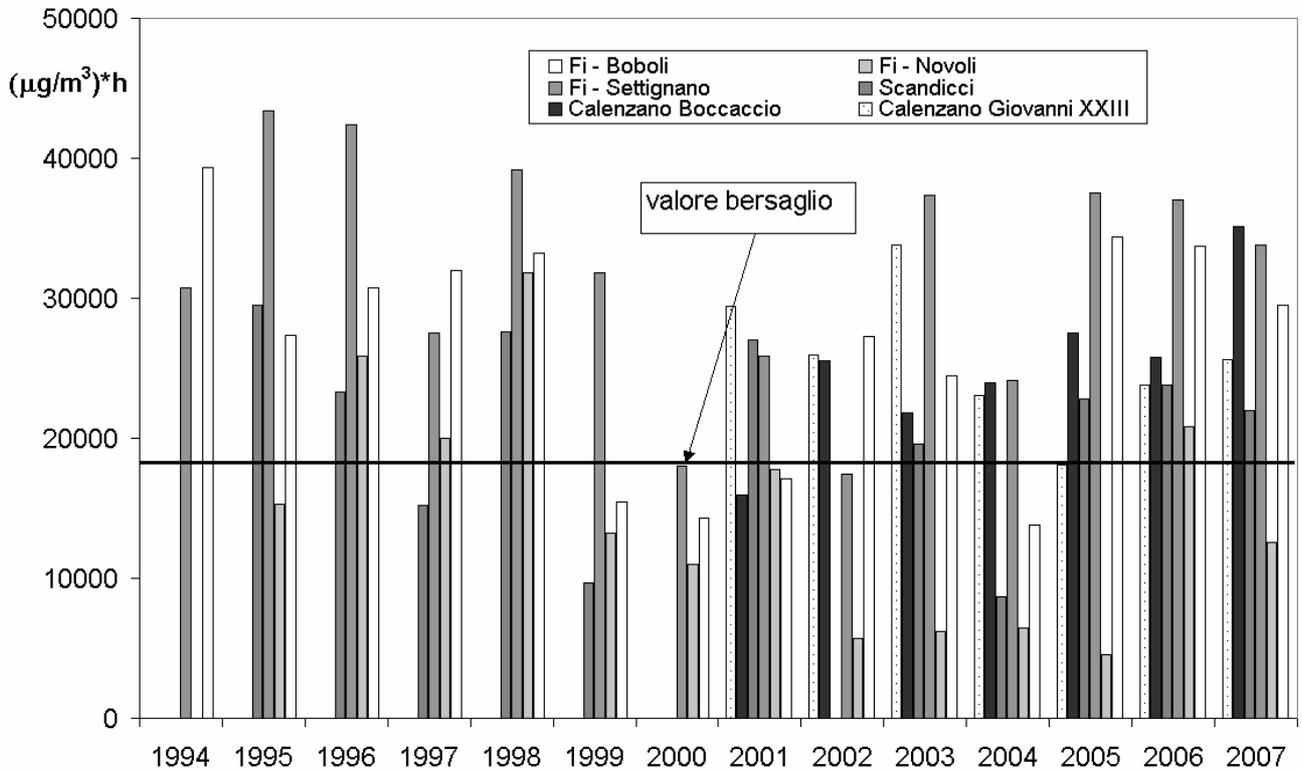


Figura 14 - O₃ - Parametro AOT40 (sommatoria delle eccedenze orarie di 80 µg/m³, rilevate in ciascun anno



A causa della sua natura di inquinante "secondario", i livelli di O₃ sono influenzati sia dal livello di concentrazione dei precursori (NOx e idrocarburi reattivi) che dalle condizioni meteorologiche. In particolare, nel sito di Calenzano – Boccaccio che è di tipo "industriale" secondo i parametri di cui al DM 60/02, l'effettiva rappresentatività su macroscale della stazione può essere influenzata dalle emissioni di precursori della vicina zona industriale (lo stesso D. lgs. 183 prevederebbe che le stazioni di misura dell'ozono vengano situate in modo da non essere in diretta relazione con le supposte sorgenti di emissione dei precursori).

Per quanto riguarda le caratteristiche meteorologiche, la formazione di O₃, è influenzata sia dall'intensità della radiazione solare, sia dalla temperatura, sia dal regime dei venti. Per tale motivo, riferendosi agli ultimi anni, si osserva una maggiore incidenza di valori superiori alle soglie orarie negli anni caratterizzati da temperature mediamente più elevate nel periodo estivo. Mentre si osserva una riduzione di eccedenze ad esempio nell'anno 2004 quando il periodo estivo è risultato più instabile e fresco. Negli anni dal 2005 al 2007 la situazione è rimasta relativamente invariata, attestandosi su una tendenza al superamento dei limiti in quasi tutti i siti.

6.6 Benzene.

In considerazione dell'accertata correlazione lineare fra le concentrazioni atmosferiche di CO e di benzene nei siti nei quali le emissioni di questo inquinante siano principalmente di origine antropica (traffico urbano), è possibile, in tali siti, stimare le medie annuali di benzene partendo dalle corrispettive medie di CO.

La stima del coefficiente di correlazione, viene fatta confrontando le medie relative al 2007 dei siti in cui i dati di Benzene vengono determinati analiticamente e in cui nel contempo è presente la misura in continuo del CO (Firenze-Bassi e Firenze-Mosse).

L'equazione in tal modo ricavata:

$$C_{\text{benz}} (\mu\text{g}/\text{m}^3) = F * C_{\text{co}} (\text{mg}/\text{m}^3) \text{ dove } F = 4$$

si può utilizzare per stimare il valore medio annuo di benzene a partire dalla media di CO, nei siti in cui si misura quest'ultimo inquinante e in cui non siano presenti altre fonti di emissione di benzene diverse da quelle da traffico.

Tabella 6.15 - Benzene

Stazione	Tipo zona	Tipo stazione	Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valore limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Firenze –Boboli	Urbana	Fondo	1,6 (1)	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (in vigore dal 1.01.2010)
Firenze – V.le U. Bassi	Urbana	Fondo	2,4	
Firenze – V. Di Novoli	Urbana	Fondo	2,4 (1)	
Firenze – V.le Gramsci	Urbana	Traffico	5,2 (1)	
Firenze – V. Ponte alle Mosse	Urbana	Traffico	4,1	8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (maggiorato del margine di tolleranza relativo al 2007)
Scandicci – V. Buozzi	Urbana	Fondo	2,0 (1)	
Calenzano – Boccaccio	Rurale	Industriale	2,0	
Campi Bisenzio – V. Orly	Periferica	Fondo	2,3	

(1) stimato per correlazione con CO



Nella tabella 6.15 sono riportate le medie annue stimate nelle stazioni della rete in cui si misura il CO, unitamente a quelle ricavate dalle campagne di misura e già riportate in tabella 5.4.

Si osservi che non sono riscontrati superamenti della soglia di riferimento per l'anno 2007.

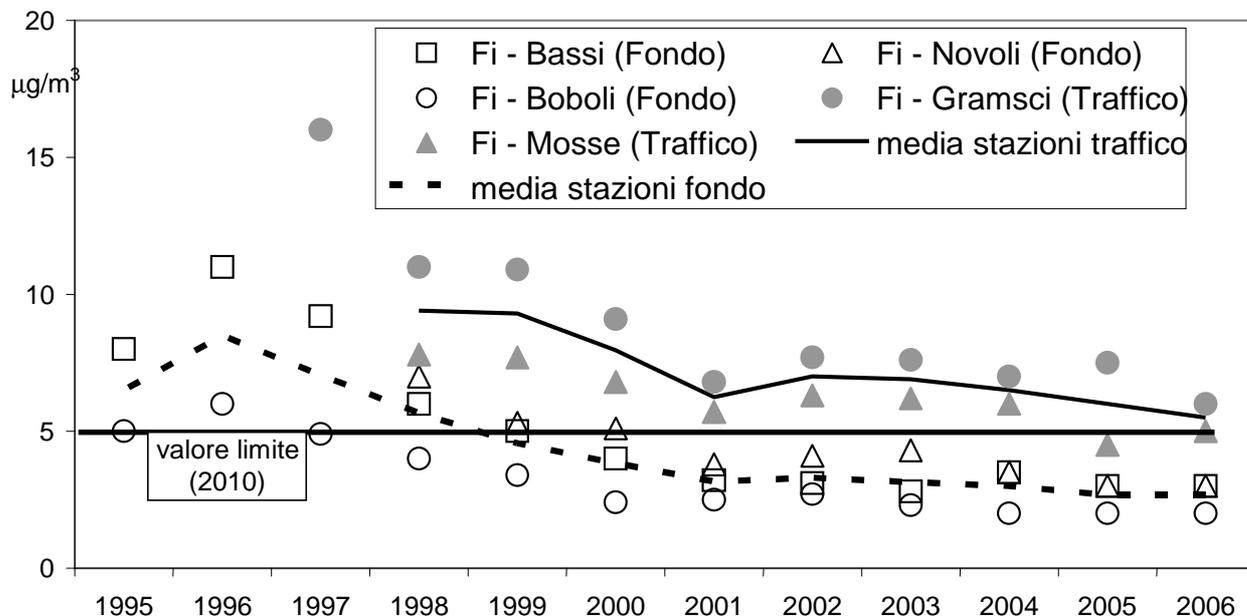
La soglia fissata per l'anno 2010 è rispettata nei siti residenziali, mentre risulterebbe superata dal valore di benzene stimato nel sito con maggior volume di traffico (Firenze-Gramsci).

Nella figura 15 si mostra l'andamento delle concentrazioni medie annuali di benzene rilevate dal 1995 nelle varie stazioni della rete, differenziate per tipologia di sito in quanto questo inquinante, come il CO, presenta una forte disomogeneità spaziale poiché emesso dagli scarichi dei veicoli a motore (a benzina).

L'andamento del valore medio relativo alle stazioni traffico mostra una progressiva e rilevante diminuzione fino all'anno 2001. Successivamente si rileva una tendenza alla crescita, presumibilmente dovuta all'incremento di tenore di benzene nelle benzine (pur nel rispetto del limite fissato dalle norme al valore 1%). Negli ultimi anni si intravede una tendenza alla riduzione probabilmente conseguente il rinnovo del parco auto a benzina. Complessivamente il livello ambientale nei siti traffico risulta ampiamente inferiore al limite fissato per l'anno 2007 ($8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ma superiore al limite di riferimento applicabile dal 2010.

L'andamento dei livelli di benzene nei siti di fondo è praticamente analogo, con valori assoluti circa la metà di quelli rilevati nei siti traffico e quindi appare rispettata, già dalla fine degli anni '90, la soglia fissata per il 2010.

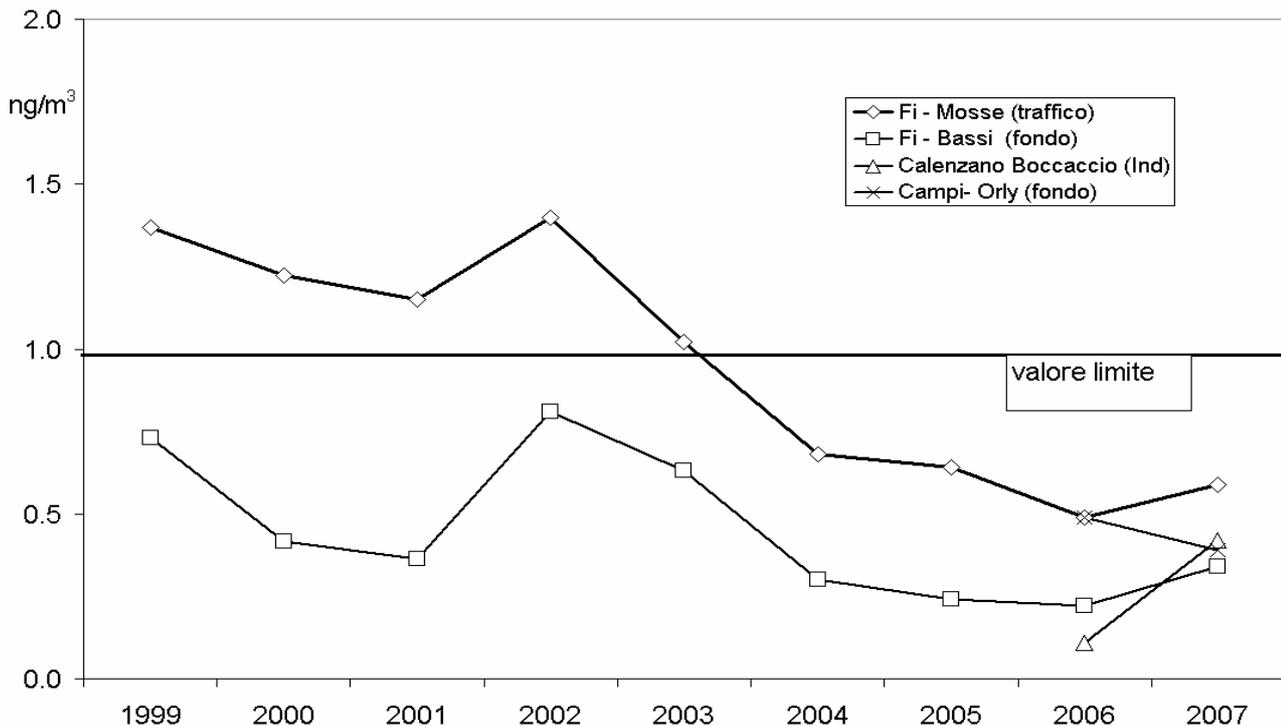
Figura 15 - Trend delle concentrazioni medie annuali di benzene.



6.7 Benzo(a)pirene (BaP).

Nella figura 16 si mostra l'andamento delle concentrazioni medie annuali relative al benzo(a)pirene, rilevate dal 1999 con sufficiente continuità ed omogeneità in due siti diversamente caratterizzati per distanza da sedi stradali. Il trend mostra una diminuzione fino all'anno 2001. I valori relativi al 2002 e al 2003 evidenziano un netto incremento che, in larga misura, potrebbe dipendere dalla mancata copertura degli interi anni solari. Infatti, nel 2002 il valore medio indicato si riferisce al solo II semestre mentre, nel 2003 non sono stati effettuati campionamenti nel trimestre estivo in cui i valori sono tipicamente molto bassi. Le medie annuali degli ultimi due anni mostrano il consolidamento del trend di riduzione e confermano il rispetto del valore standard di riferimento anche nei siti traffico. A partire da gennaio 2006 è iniziato il rilevamento di BaP nel sito Calenzano-Boccaccio, ubicato in area industriale e non lontano dall'autostrada A1 (200 m circa). Anche in tale sito, il valore medio annuale appare ampiamente inferiore allo standard. Sempre a partire dall'inizio del 2006 è iniziato il rilevamento di BaP e altri IPA nella stazione di Campi-Orly, classificata come fondo. Anche in questo caso il valore medio è molto inferiore allo standard di riferimento.

Figura 16 - Trend delle medie annuali di benzo(a)pirene rilevate nelle diverse tipologie di sito.



7 Sintesi e commento

Considerati i dati rilevati nell'anno 2007, il trend storico e l'origine degli inquinanti, in tabella 7.1 si sintetizza il quadro generale della qualità dell'aria riscontrato nelle varie tipologie di sito dell'area omogenea di Firenze (comuni di Firenze, Scandicci, Campi, Signa, Lastra a Signa, Sesto, Calenzano e Bagno a Ripoli) rispetto agli indicatori fissati per la protezione della salute umana. Nella medesima tabella si sintetizzano le principali sorgenti antropiche di ciascun inquinante (o dei precursori, nel caso degli inquinanti totalmente o parzialmente di origine secondaria). E' opportuno ricordare che per alcuni inquinanti, quali PM_{10} e O_3 , non è trascurabile l'origine naturale, ancorché di incerta quantificazione soprattutto per il PM_{10} .

I valori riportati in neretto si riferiscono agli inquinanti di cui è stato riscontrato il superamento o il raggiungimento del valore limite anche se fissato ad una scadenza futura. E' evidente che negli altri casi i limiti risultano rispettati con eventuale anticipo rispetto alla data di vigenza indicata nelle Direttive comunitarie.

La situazione corrente può essere così sintetizzata:

- a) Il biossido di zolfo (SO_2) non desta preoccupazione. Peraltro quest'anno il trend è tornato in diminuzione dopo la lieve inversione di tendenza rispetto degli anni 2005-2006 (che poteva essere dovuta alla riconversione di taluni impianti da gas naturale a olio combustibile pesante).
- b) Il monossido di carbonio (CO) appare rientrare nei limiti anche nella stazioni tipo traffico e prosegue il trend di riduzione grazie al rinnovo del parco circolante con la progressiva eliminazione della auto a benzina non catalizzate.
- c) Il benzene si conferma stabilmente già inferiore al limite fissato per il 2010 nei siti di fondo e siti di medio volume di traffico. Tuttavia, tramite le correlazioni con il monossido di carbonio, si può stimarlo ancora superiore a tale limite nei siti a maggior volume di traffico. E' possibile che la pur totale eliminazione dei veicoli a benzina euro 0 (auto e ciclomotori) non sia sufficiente a garantire il rispetto pieno del limite in ogni tipologia di sito.
- d) Il benzo(a)pirene (BaP) appare inferiore al valore obiettivo nelle aree residenziali e, dall'anno 2004, anche in prossimità di una strada, Via Ponte alle Mosse, attualmente con traffico non particolarmente elevato. Risulta ampiamente inferiore allo standard anche nell'area industriale di Calenzano.
- e) L'inquinante NO_2 conferma una situazione critica, soprattutto a livello di media annuale sia in siti di monitoraggio prossimi a strade ad alto traffico, ma anche in molti dei siti di fondo urbano. Presumibilmente a causa della maggiore incidenza dei veicoli diesel, non si rileva più ormai da alcuni anni la tendenza al miglioramento che caratterizzava questo inquinante sino al 2001-2002. Il trend, nonostante una leggera diminuzione della media degli indicatori calcolati per i siti di fondo registrata nel 2007, appare consolidato nell'intorno del valore limite per questi siti e ben al di sopra di esso per i siti traffico.
- f) L'inquinante O_3 , tipico inquinante di area vasta, mostra eccedenze nella ricorrenza di giorni con superamento della soglia fissata per la media di 8 ore e nel verificarsi di superamenti della soglia di informazione. Nonostante la forte riduzione di episodi



acuti caratterizzati da elevati livelli orari registrati negli anni '90, presumibilmente connessa alla riduzione dei precursori in scala locale (es. idrocarburi da veicoli euro 0), rimane comunque evidente un quadro di consolidata difformità rispetto agli obiettivi fissati dalla norma.

- g) Il particolato PM₁₀ appare evidenziare il consolidamento del trend di riduzione avviato dal 2003 ma permangono situazioni di difformità riguardo alla media annuale e, soprattutto, riguardo alle frequenze di eccedenze giornaliere. I livelli più elevati di PM₁₀ si riscontrano in prossimità di strade ad alto traffico e in aree residenziali ai margini dell'area metropolitana, dove si manifesta maggiore stabilità atmosferica nelle ore notturne, con conseguente accumulo di inquinanti. Il rientro nello standard di qualità dell'aria fissato al 2005, sembra problematico anche per la maggior severità insita nell'indicatore espresso come numero di medie giornaliere (50 µg/m³ da non superare per più di 35 giorni all'anno)⁸ che infatti risulta superato anche in buona parte dei siti di fondo urbano.

Nella tabella 7.2 si sintetizza il quadro generale della qualità dell'aria rispetto agli indicatori fissati per la protezione dell'ecosistema e della vegetazione. Il raffronto viene mostrato per completezza di esposizione anche se tali standard sono congrui per aree rurali di fondo.

I valori riportati in neretto si riferiscono agli inquinanti di cui è stato riscontrato il superamento o il raggiungimento del valore limite.

In buona sostanza, si conferma la situazione illustrata in base ai limiti fissati per la tutela della salute, con difformità relative ai livelli di NO_x e di O₃.

⁸ Il limite di riferimento espresso in termini di superamenti del valore di 50 µg/m³ è più rigoroso e non coerente con rispetto a quello espresso in termini di media annuale. Infatti, al valore della media annuale di 40 µg/m³ corrisponde, in base alla nota distribuzione delle concentrazioni giornaliere rilevate in un anno (log normale), un numero di superamenti nell'intorno di 80 giorni all'anno. Viceversa, ad un numero di giorni con concentrazione superiore a 50 µg/m³ pari a 35, corrisponde una media annuale nell'intorno di 30 µg/m³ (si veda l'allegato 1).



Tabella 7.1 - Livelli di inquinamento rilevati nell'anno solare 2007 nelle diverse tipologie di sito e principali sorgenti. Raffronto con indicatori per la protezione della salute umana.

Inquinante (u.m.)	Valore limite o di riferimento (1)	Tipo sito (2)	Media o range	Sup. soglia Informaz. (3)	Sup soglia Allarme (4)	Sorgenti antropiche principali
PM₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (5)	40 come media annuale [dal 2005]	FU	26-51	Non Previsto	Non Previsto	Veicoli diesel, ciclomotori e motocicli (motori 2 tempi), traffico (usura freni, frizioni, pneumatici, asfalto; risospensione), emissioni industriali, impianti termici a combustibili liquidi, combustione legna, attività antropica generica (quota aggiuntiva di origine secondaria, precursori NO _x e SO ₂)
		T	32-41			
		Ind	33			
	50 come media di 24 ore [max 35 gg dal 2005]	FU	25-134 gg			
		T	37-80 gg			
Ind	52 gg					
SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	350 come media oraria [max 24 ore dal 2005]	FU	0 ore	Non Previsto	0	Impianti termici industriali e domestici alimentati con combustibili solidi e liquidi (carbone, olio e gasolio).
		T	0 ore			
	125 come media 24 ore [max 3 gg dal 2005]	FU	0 gg			
		T	0 gg			
CO (mg/m^3)	10 come media di 8 ore da non superare [dal 2005]	FU	0 sup	Non Previsto	Non Previsto	Auto pre Direttiva 91/441 CEE (a benzina e a gas non catalizzate), ciclomotori e motocicli (motori 2 e 4 tempi).
		T	0 sup			
NO₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	200 come media oraria [max 18 ore dal 2010]	FU	0-1 ore	0	0	Veicoli diesel (medi e pesanti), auto pre Direttiva 91/441 CEE (diesel, a benzina e a gas non catalizzate), impianti termici industriali e domestici (prevalente origine secondaria, precursore NO)
		T	2-7 ore			
	40 come media annuale [dal 2010]	FU	29-47			
		T	67-83			
O₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	120 come media di 8 ore [max 25 gg dal 2010 – media sugli ultimi 3 anni]	FU	13-57 gg	16 gg	0	Auto pre Direttiva 91/441 CEE (a benzina e a gas non catalizzate), ciclomotori e motocicli (motori 2 tempi), veicoli diesel, lavorazioni industriali e artigianali con emissione di solventi e altre sostanze organiche volatili (origine secondaria, precursori NO _x , HC, altre sostanze organiche)
		FSU	61 gg			
		Ind	34 gg			
Benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	10 come media annuale [dal 2005] 5 come media annuale [dal 2010]	FU	2,0-2,4	Non Previsto	Non previsto	Auto pre Direttiva 91/441 CEE (benzina non catalizzate), ciclomotori e motocicli (motori 2 tempi).
		T	4,1			
BaP (ng/m^3)	1 come media annuale	FU	0,34-0,49	Non Previsto	Non previsto	Veicoli diesel, ciclomotori e motocicli (motori 2 tempi), combustione oli pesanti e talune attività industriali.
		T	0,59			
		Ind	0,42			

(1) DM 60/02 per PM₁₀, SO₂, CO, NO₂, benzene; Dlgs 183/04 per O₃; DM 25.11.1994 e Direttiva 2004/107/CE per BaP.

(2) FU = fondo urbano; T = traffico; Ind = area industriale; FSU = fondo suburbano.

(3) Dlgs 183/04 per O₃, O.S. di Firenze 10211/03 per NO₂

(4) DM 60/02 per SO₂, NO₂, Dlgs 183/04 per O₃,

(5) Alcuni valori di PM₁₀ sono stati calcolati e confermati mediante metodi statistici come descritto nell'allegato 1



Tabella 7.2 - Livelli di inquinamento rilevati nell'anno solare 2007 nelle diverse tipologie di sito. Raffronto con indicatori per la protezione dell'ecosistema e della vegetazione.

Inquinante (u.m.)	Valore limite o di riferimento (1)	Tipo sito (2)	Media o range
SO ₂ (µg/m ³)	20 come media annuale e invernale [dal 2001]	FU	1-4
		T	3
NO _x (µg/m ³ di NO ₂)	30 come media annuale [dal 2001]	FU	47 – 102
		T	136 – 177
		FSU	21
O ₃ (µg/m ³ *h)	18.000 come AOT40 [dal 2010]	FU	12.500 – 29.500
		FSU	34.000
		Ind	25.000

(1) DM 60/02 per SO₂ e NO_x; Dlgs 183/04 per O₃

(2) FU = fondo urbano; T = traffico; Ind = area industriale; FSU = fondo suburbano

8 Considerazioni riassuntive e finali.

Le variabili che incidono sui livelli di inquinamento sono molteplici e non sempre è possibile normalizzare i valori degli indicatori annuali per valutare con certezza gli effettivi andamenti. Una delle principali variabili è quella meteorologica che può determinare situazioni più favorevoli alla dispersione naturale degli inquinanti in taluni anni rispetto ad altri.

Nell'anno 2007, tuttavia, le variazioni delle concentrazioni dei vari inquinanti rientrano nella tipica variabilità indotta dalla meteorologia, con poche anomalie isolate riconducibili ad eventuali cause di variazione delle emissioni locali piuttosto che all'influenza delle condizioni meteo.

Si propone, quindi, una valutazione di estrema sintesi.

Si rileva la buona qualità dell'aria conseguita da molto tempo, o più recentemente in taluni casi, per gli inquinanti biossido di zolfo (SO₂), ossido di carbonio (CO), benzo(a)pirene (BaP) e piombo (Pb)⁹.

Gli inquinanti per i quali, invece, non è ancora raggiunto e consolidato il rispetto dei valori di riferimento fissati dalla normativa, si confermano:

- il particolato PM₁₀,
- il biossido di azoto (NO₂),
- il benzene,
- l'ozono (O₃).

⁹ Dati relativi all'anno 2002, rilevati tramite uno studio condotto dal Prof. F. Lucarelli (INFN di Firenze), già indicavano livelli ambientali ampiamente inferiori allo standard di riferimento (media annuale 0,5 µg/m³) anche nei siti traffico (media annuale 0,1 µg/m³).



Le difformità riguardanti i livelli di benzene e di biossido di azoto sono più evidenti soprattutto al margine di strade con elevate densità di traffico, ovvero in situazioni ambientali meno rappresentative dell'esposizione della popolazione generale.

Nella aree residenziali (siti di fondo) la situazione appare migliore anche se, per il biossido di azoto, al limite dello standard di qualità dell'aria. E' importante sottolineare che, per i due inquinanti in parola, dopo i significativi miglioramenti registrati nella seconda metà degli anni '90, la situazione mostra sostanziale stabilità e, di conseguenza, non si intravedono possibilità di miglioramento ulteriore se non a seguito di apposite misure di contenimento delle sorgenti di emissione. A questo proposito, si ricorda che le principali sorgenti di ossidi di azoto sono costituite dai veicoli diesel e dagli impianti termici mentre quelle di benzene sono costituite dai motori a benzina, soprattutto se a 2 tempi o non catalizzati.

Le difformità riguardanti il particolato PM₁₀ si verificano in situazioni variegata e anche per tale inquinante, l'obiettivo di rientro nello standard richiede interventi di mitigazione delle emissioni. La varietà di sorgenti antropiche direttamente o indirettamente responsabili dell'emissione o della formazione del particolato è ampia, anche se la quota più rilevante appare legata al traffico (emissioni diesel; risospensione dal piano stradale; usura pneumatici, asfalto, freni, frizioni).

La problematica legata all'ozono, che si manifesta sia con ricorrenza di episodi acuti (superamento soglia oraria di "informazione") sia con diffusi e consistenti superamenti della soglia stabilita come media di 8 ore, risulta ancora più complessa in quanto determinata per una parte non indifferente dalle emissioni di vasta scala territoriale.

L'influenza delle emissioni locali (soprattutto da traffico), ha comunque un suo peso significativo.

Nonostante il proseguimento del rinnovo del parco veicolare circolante a due e a quattro ruote, la principale causa che determina lo stato di difformità è ancora riconducibile alle emissioni direttamente o indirettamente dovute al traffico, alla quale, in talune circostanze, possono sovrapporsi altre cause occasionali o temporanee.

In considerazione di ciò, i principali obiettivi dei provvedimenti locali, aggiuntivi rispetto a quelli contenuti in norme europee e nazionali, dovrebbero consistere in via prioritaria, nella riduzione complessiva dei volumi di traffico, nel proseguimento del rinnovo del parco veicolare, nel favorire il passaggio a motorizzazioni caratterizzate da ridotte emissioni di ossidi di azoto e di particolato.

Contributi positivi non trascurabili potrebbero essere ottenuti da misure riguardanti altre importanti sorgenti di inquinamento quali gli impianti termici, attraverso ad esempio la conversione a gas di centrali termiche alimentate a combustibili liquidi (gasolio e, soprattutto, olio combustibile)¹⁰.

In linea generale dovrebbe essere tenuto conto della necessità di adottare quei provvedimenti che contestualmente determinano anche la riduzione delle emissioni di CO₂ o quantomeno non ne provocano aumenti significativi.

Si sottolinea, infine, che una particolare attenzione andrebbe posta a non peggiorare la qualità dell'aria ove questa sia nei limiti. Si tratta di una precisa disposizione contenuta nella normativa che, a ben guardare, costituisce un obiettivo non meno rilevante e impegnativo per tutte quelle aree nelle quali si prevede il consistente sviluppo infrastrutturale, residenziale e di attività produttive. Per tali zone dovrebbero essere individuate opportune compensazioni o soluzioni innovative riguardo ai sistemi di produzione di energia e alle infrastrutture di mobilità al fine di ridurre le inevitabili emissioni inquinanti connesse ai sistemi e alle soluzioni tradizionali.

¹⁰ Il DPCM 8 marzo 2002 stabiliva il divieto dell'uso di olio combustibile per impianti civili a far data dal 1 settembre 2005. Detto DPCM è stato abrogato dal DLgs 152/06 che, tuttavia, ha fissato la decorrenza del divieto dal 1 settembre 2007 limitatamente agli impianti di potenza termica nominale inferiore a 0,3 MW.



Alla redazione del presente rapporto hanno contribuito:

- *Dott. Daniele Grechi*
- *Dott. Franco Giovannini*
- *Dott. Ing. Andrea Lupi*
- *Dott.ssa Valeria Tricarico*

L'attività di monitoraggio e analitica è svolta dai tecnici:

- *Vincenzo D'Aleo*
- *Marco Degl'Innocenti*
- *Vittoriana Di Vaio*
- *Paolo Miola*
- *Giampaolo Poggiali*

Il Responsabile della Articolazione
Funzionale Modellistica Previsionale
(*Dott. Antongiulio Barbaro*)

Il Responsabile della
UO Prevenzione e controlli ambientali integrati
(*Dott. Alessandro Franchi*)

Allegati:

ALLEGATO 1 – Modalità di stima degli indicatori

ALLEGATO 2 – Andamento meteorologico dell'anno 2007



RAPPORTO ANNUALE SULLA QUALITÀ DELL'ARIA
(DATI DELL'ANNO 2007)**ALLEGATO 1****MODALITÀ DI STIMA DEGLI INDICATORI.****1. Generalità e indicazioni derivanti dalla normativa.**

La copertura annua effettiva dei dati rilevati nelle singole stazioni della rete provinciale di monitoraggio della qualità dell'aria è, di norma, sempre inferiore al massimo teorico (8760 ore - 365 giorni). Le cause di ciò sono da attribuire oltre che a guasti strumentali o interruzioni di alimentazione elettrica o di trasmissione telefonica, anche nella necessità di eseguire tarature e messe a punto periodiche, alla manutenzione ordinaria o anche alla adozione di strategie di monitoraggio, come nel caso di alcune stazioni della rete fiorentina dove vengono misurati il PM10 e il PM2.5 a periodi alterni di 15 giorni¹.

Avendo a che fare con efficienze di campionamento inferiori al 100%, si è ritenuto opportuno individuare dei criteri che consentano, in base alla distribuzione e alla copertura annua dei dati a disposizione, di verificare e - se del caso - migliorare l'attendibilità dei valori calcolati per gli indicatori previsti dalla legge.

Ai fini della valutazione dell'efficienza su base annua degli analizzatori utilizzati nella rete di monitoraggio, l'allegato X del DM 60/2002 e l'allegato I della posizione comune CE 13/2007 di recente approvazione definiscono degli obiettivi di raccolta minima dei dati per gli inquinanti NOx, NO2, CO, SO2, PM10, C6H6, Pb.

La normativa richiede che il rendimento strumentale per ciascun inquinante monitorato sia almeno pari al 90%. Il rendimento è calcolato come percentuale di dati generati e validati rispetto al totale teorico (al netto delle ore dedicate alla manutenzione e alla taratura e messa a punto periodica degli analizzatori).

Per le serie di valori in cui l'insieme dei dati validi non raggiunge la quota fissata, il DM 60/02 distingue due casistiche. Nella prima ricadono le serie di dati validi costituite da almeno il 15% di valori in ciascun trimestre. Sia la Posizione Comune CE che il DM 60 dispongono di ritenere accettabili a titolo indicativo le elaborazioni statistiche condotte con tale quantità e distribuzione di valori.

La seconda casistica riguarda le serie di valori in cui la disponibilità di dati in un trimestre risulta inferiore al 15% (ovvero a 14 giorni). In tali situazioni, non si ritiene soddisfatto il criterio di sufficiente rappresentatività del campionamento e conseguentemente non si possono elaborare gli indicatori su base annuale.

¹ La misura di PM2,5 viene fatta con lo stesso strumento che misura il PM10 mediante l'inserimento di un apposito impattore sulla linea di campionamento.



Nel caso dell'inquinante ozono, il Dlgs 183/2004 e la citata Posizione Comune, forniscono criteri specifici per l'elaborazione e validazione degli indicatori.

Data la genericità delle indicazioni riportate nelle normative che individuano il requisito di completezza delle serie temporali principalmente dal punto di vista quantitativo e debolmente da quello della omogeneità di distribuzione, sono state definite in ARPAT delle linee guida² da utilizzare per uniformare la elaborazione e la presentazione dei dati per i vari inquinanti e relativi indicatori, nell'ambito delle reti di monitoraggio della qualità dell'aria della Toscana.

In particolare, sono fissati dei criteri statistici³ per valutare l'uniformità della distribuzione dei valori orari o giornalieri nell'arco dell'anno. Questa verifica è stata effettuata su tutte le serie temporali, comprese quelle che raggiungono il 90% di rendimento annuo richiesto dal DM/60, dato che quest'ultimo criterio non è comunque sufficiente a garantire una buona distribuzione e quindi idoneo ad evitare eventuali errori nel calcolo della media annuale, considerata l'alta componente di stagionalità dei valori di concentrazione degli inquinanti.

Al fine della determinazione della media annuale, nei casi in cui, secondo i criteri applicati, si è ritenuta insufficiente la semplice mediazione aritmetica dei dati, il valore viene stimato mediante un procedimento statistico basato sulla tecnica cosiddetta di "bootstrap"⁴.

Come condizione minima per l'applicazione di tale metodo, è comunque richiesta la disponibilità di almeno il 15% di dati validi in ogni singola stagione⁵ (ovvero 14 giorni), in modo che siano rappresentate le diverse condizioni sinottiche stagionali. Se questa condizione minima non è rispettata, non si effettuano stime mediante le tecniche descritte e non viene fornito il valore della media annuale o di altri indicatori relativi alla stessa base temporale.

Riguardo all'indicatore espresso in termini di numero di superamenti annuali di una determinata soglia, alcune indicazioni su come operare vengono fornite sia dalla Posizione Comune CE sia dal Dlgs 183/04 riguardante l'ozono (in particolare per il calcolo dell'AOT40).

In tale caso viene previsto di effettuare una normalizzazione moltiplicando il numero di superamenti registrati per un fattore pari al numero teorico di dati acquisibili diviso per il numero di dati validi disponibili.

Per quanto riguarda la stima del numero di superamenti annui del valore soglia di PM10 (non più di 35 superamenti di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) l'indicazione della Posizione Comune CE (Allegato I) è di valutare il 90,4 percentile (che deve essere inferiore o uguale al valore soglia) piuttosto che il numero di superamenti che è fortemente influenzato dalla copertura dei dati.

² "Criteri per la Validazione ed elaborazione degli indicatori relativi agli inquinanti in aria ambiente" – Rapporto della Commissione Tutela della Qualità dell'aria di ARPAT.

³ Si parametrizza la distribuzione del numero di dati validi in 30 giorni consecutivi sulla base di percentili cardine (0, 30, 50, 70) e della distanza fra di essi), scartando le serie in cui risulta eccessiva la dimensione dei missing.

⁴ Viene calcolata la media e la deviazione standard della distribuzione dei valori di N° 5000 medie annuali ottenute attraverso la combinazione casuale delle medie di N valori per ciascun trimestre con valore max. di N pari a 35 (con tale numero di dati si ha la stabilità della media stimata). Le distribuzioni dei valori delle medie annue così ottenute appaiono sostanzialmente normali per cui l'intervallo di confidenza al 95% può essere calcolato considerando un fattore di copertura 2 per la deviazione standard.

⁵ La stagione primaverile viene rappresentata dai mesi marzo/aprile/maggio, quella estiva dai mesi giugno/luglio/agosto, quella autunnale dai mesi settembre/ottobre/novembre e quella invernale dai mesi gennaio/febbraio/dicembre.



Nella tabella 1 sono riportati i rendimenti percentuali relativi all'anno 2007 (al netto delle tarature e della manutenzione) di tutti gli strumenti presenti nella rete provinciale fiorentina di monitoraggio della qualità dell'aria.

Tabella 1 = Rendimento % degli analizzatori delle postazioni fisse secondo DM 60/02 (anno 2006).

Stazione	CO	NO _x	O ₃	SO ₂	PM10	PM2.5
Firenze-Boboli	99	98	99	99	100	N.P.
Firenze-V.le U. Bassi	100	100	N.P.	100	100	N.P.
Firenze-V. di Novoli	100	93	100	N.P.	N.P.	N.P.
Firenze-V.le Gramsci	100	94	N.P.	N.P.	100	N.P.
Firenze-V. Ponte alle Mosse	100	97	N.P.	100	100	N.P.
Firenze-V. Desiderio da Settignano	N.P.	100	97	N.P.	N.P.	N.P.
Scandicci-V. Buozzi	100	100	98	100	100	N.P.
Calenzano-V. Giovanni XXIII	N.P.	99	98	N.P.	N.P.	N.P.
Calenzano-V. Boccaccio	N.P.	N.P.	95	N.P.	48	44
Signa-V. Roma	N.P.	98	N.P.	N.P.	47	48
Campi Bisenzio-V. Orly	N.P.	98	N.P.	N.P.	50	50
Sesto-V. Gramsci	100	100	N.P.	88	100	N.P.
Greve – Passo dei Pecorai	n.p.	100	n.p.	n.p.	53	47
Montelupo- Asia	N.P.	98	100	N.P.	100	n.p.
Empoli - Ridolfi	96	100	N.P.	96	100	n.p.

n.p. = analizzatore non presente nella stazione

Nei paragrafi successivi vengono illustrate in dettaglio le procedure adottate relativamente ai casi afferenti le serie temporali registrate nell'anno 2007.

2. Materiale particolato (PM10 e PM2.5).

2. 1. Stima della media annuale.

Le stazioni per cui si è reso necessario applicare il metodo del bootstrap al calcolo della media annua di PM10 sono state: Calenzano – V. Boccaccio, Signa – V. Roma, Campi – V. Orly, Greve – Passo dei Pecorai..

In queste stazioni, in ottemperanza alle indicazioni della normativa (DM 60/02 e Posizione Comune CE n. 13/2007), si è attivato il monitoraggio della frazione di polveri con granulometria inferiore a 2.5 micron (PM2.5), in alternanza con quella di PM10. Per tali stazioni, la copertura annua delle misure di questi inquinanti si aggira attorno al 50%, come mostrato in tabella 1, tuttavia la distribuzione dei dati è comunque sufficientemente omogenea da consentire l'applicazione del metodo del bootstrap per la stima della media annua.

Sulle serie temporali rilevate nelle medesime stazioni, si è anche effettuata la stima della media annuale di PM10 attraverso una diversa modalità ovvero completando la serie dei valori giornalieri di PM10 con quelli ottenuti attraverso la correlazione con i valori di PM2.5 misurati⁶.

⁶ La correlazione fra i due inquinanti utilizzata è $PM10 = 18.6110e^{0.0242 \cdot PM2.5}$ che è stata ricavata dai valori delle medie mensili di PM2.5 e PM10 misurate nelle varie stazioni.

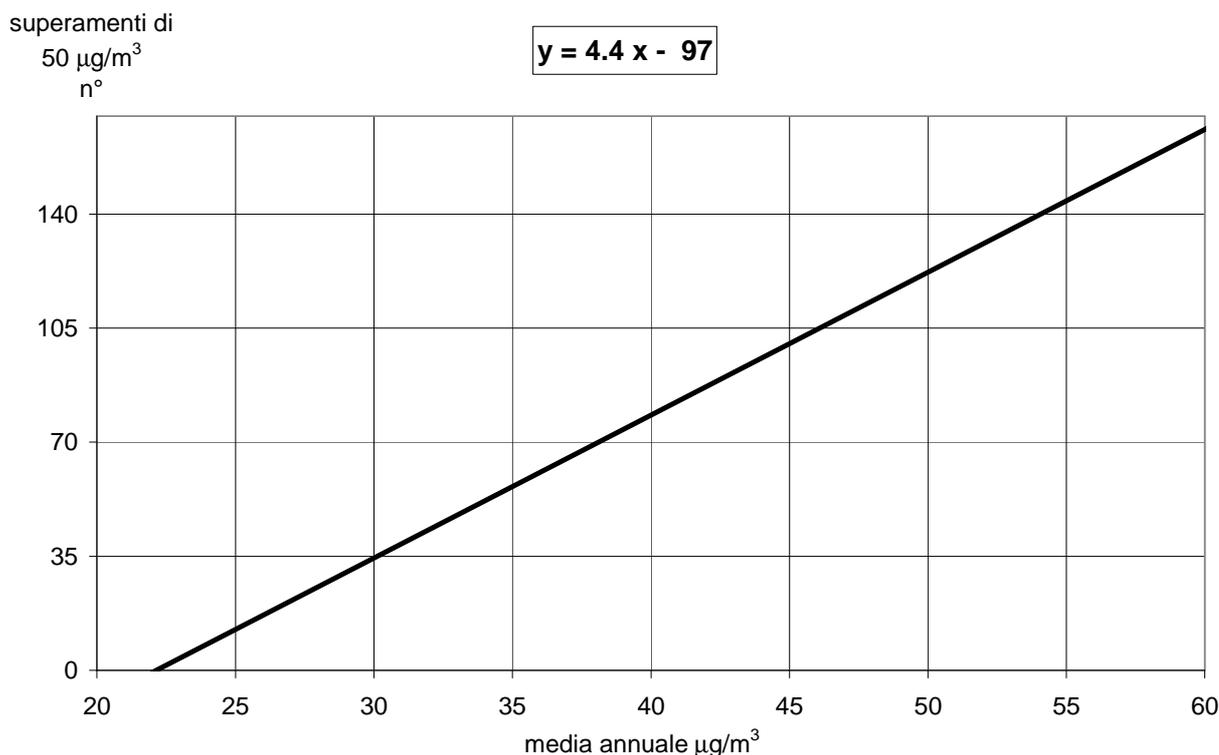


2.2. Stima del numero di superamenti.

Per stimare il numero di superamenti del valore medio di 24 ore di PM₁₀ nei 365 giorni dell'anno sulla base dei superamenti effettivamente registrati e del numero di dati giornalieri validi, è stata applicata per tutte le stazioni della rete l'equazione prevista dal Dlgs 183/04⁷.

I risultati della stima di cui sopra, sono stati verificati anche attraverso una modalità alternativa che si basa sulla disponibilità di un valore attendibile della media annuale e sull'uso della accertata correlazione con il numero di superamenti annuali del valore 50 µg/m³ come riportata in fig. 1⁸.

Fig: 1 = PM10, correlazione fra media annuale e numero di superamenti (APAT, 2006).



Dove i valori giornalieri mancanti di PM10 possono essere stimati a partire dal valore di PM2.5, la quantificazione dei superamenti su base annuale può essere effettuata anche attraverso un terza modalità che consiste nel loro conteggio sulla serie integrata (con successiva normalizzazione a 365 gg).

Un'alternativa alla stima del numero di superamenti annui in caso di misurazioni discontinue, è il calcolo del 90.4 percentile, che deve essere inferiore o uguale a 50 µg/m³, come previsto nell'allegato 1 della Posizione Comune CE.

⁷ $N_S = N_R \times 365 / n$

dove: N_S = n° superamenti stimato su base annuale
 N_R = n° superamenti rilevato
 n = n° dati giornalieri disponibili

⁸ Ministero Ambiente, CNEIA, RAPPORTO FINALE GdL 1 coordinato da APAT (2006).



2.3. Risultati.

In tabella 2 si riportano i valori della media annuale di PM10 e la relativa deviazione standard nonché dei superamenti, stimati mediante i procedimenti di cui sopra e relativi alle stazioni in cui si è effettuata la misura anche di PM2.5.

Tabella 2 = Indicatori calcolati e stimati per PM10 (per stazioni ove si misura anche PM2.5).

	Calenzano Boccaccio	Signa V. Roma	Campi V. Orly	Greve Passo Pecorai
dati validi (n°)	167	161	177	186
Media annuale calcolata ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	33	51	35	28
Media annuale stimata mediante bootstrap (dev. st.) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	33 (± 2)	51 (± 2)	35 (± 2)	28 (± 1)
Media annuale stimata mediante correlazione con PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	36	47	37	28
Valori giornalieri $>50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ effettivi (n°)	24	59	30	5
Valori giornalieri $>50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ stimati mediante normalizzazione a 365 (n°)	52	134	62	10
Valori giornalieri $>50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ stimati mediante correlazione con media (n°)	48	127	57	26
Valori giornalieri $>50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ stimati mediante correlazione con PM2.5 (n°)	51	95	50	5
90.4 percentile ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	59	83	60	41

Si osservi che i valori stimati con i diversi procedimenti, pur diversi tra loro, sono tutti o al di sopra o al di sotto dei limiti di legge in ciascuna singola stazione.

In tabella 3 si riporta il valore della media annuale di PM_{2,5} per le stazioni in cui è misurato, calcolato con i dati giornalieri disponibili e stimato (con relativa deviazione standard) mediante il procedimento statistico di bootstrap.

Tabella 3 = Indicatori calcolati e stimati per PM2.5.

	Calenzano Boccaccio	Signa V. Roma	Campi V. Orly	Greve Passo Pecorai
dati validi n°	153	166	175	167
Media annuale calcolata $\mu\text{g}/\text{m}^3$	23	26	24	16
Media annuale (dev. st) stimata $\mu\text{g}/\text{m}^3$	23(± 1)	26(± 2)	24(± 1)	16(± 1)

Si osservi che i valori stimati collimano perfettamente con quelli calcolati.



RAPPORTO ANNUALE SULLA QUALITÀ DELL'ARIA
(DATI DELL'ANNO 2007)**ALLEGATO 2****Andamento meteorologico nell'anno 2007**

All'interno della Rete di rilevamento della Qualità dell'aria della Provincia di Firenze sono comprese alcune stazioni meteorologiche. Nel corso degli ultimi anni si è assistito a variazioni di localizzazione, all'inserimento di nuove stazioni ed alla dismissione di altre. Si segnala in particolare che nell'anno 2007, a causa di problemi di accessibilità, è stata rimossa la stazione meteo di Sesto F.no – Collina che era posta sulle pendici di Monte Morello.

Nell'anno 2007 la rete di stazioni meteorologiche è risultata costituita da quelle storiche di Firenze-Ximeniano ed Empoli-Riottoli, alle quali sono state affiancate quelle di Calenzano-UNICEM e di Greve in Chianti – Passo dei pecorai.

Temperatura

Nelle Figure 1.1-1.4 sono riportati gli andamenti temporali delle temperature medie, massime e minime giornaliere, registrati nel corso dell'anno 2007.

Nella Figura 1.5 sono confrontati i valori medi giornalieri delle quattro stazioni.

Infine in Tabella 1.1 sono riportati i valori medi sull'intero anno ed alcuni indicatori di tipo climatico (numero di giorni con temperatura minima inferiore a 0 °C detti giorni di gelo, numero di giorni con temperatura massima superiore a 25 °C detti giorni estivi, numero di giorni con temperatura minima superiore a 20 °C detti giorni con notti tropicali).

Tabella 1.1

Stazione indicatore	Firenze-Ximeniano	Empoli-Riottoli	Calenzano-UNICEM	Greve-Passo dei pecorai
N° di dati orari validi	8522 (97.3%)	8481 (96.8%)	8748 (99.9%)	8757 (100.0%)
Temperatura media	16.1	13.8	14.4	13.5
Temperatura minima assoluta	-0.8	-6.0	-3.0	-8.4
T massima assoluta	38.4	36.4	37.1	39.4
N° giorni con Tmin < 0 °C (giorni di gelo)	4	37	10	64
N° giorni con Tmax > 25 °C (giorni estivi)	140	121	11	135
N° giorni con Tmin > 20 °C (notti tropicali)	18	1	2	0



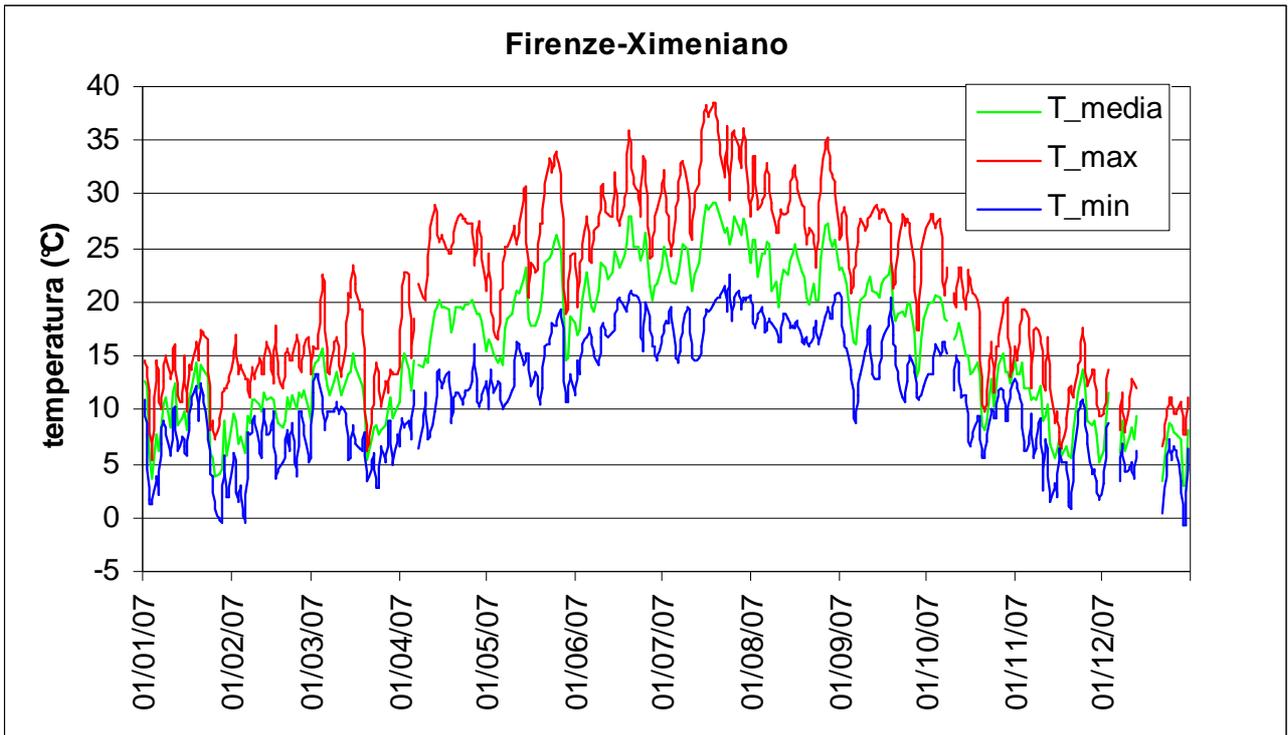


Figura 1.1

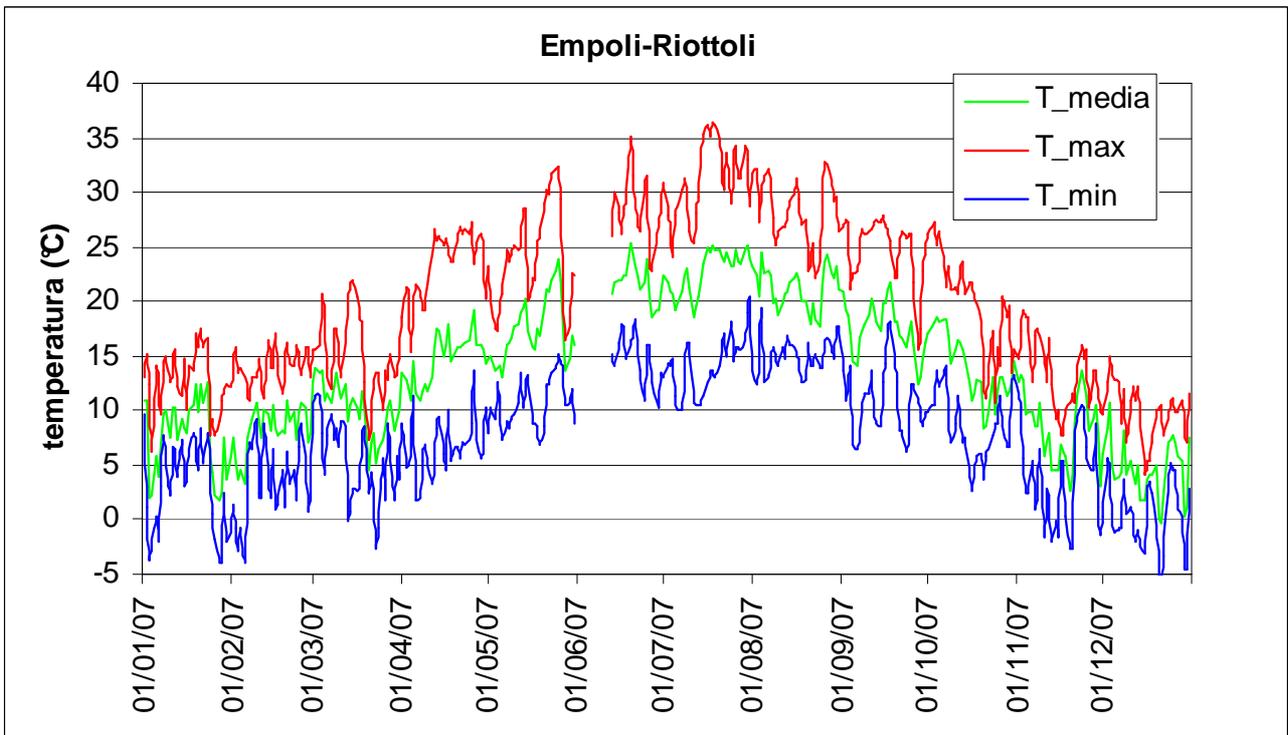


Figura 1.2



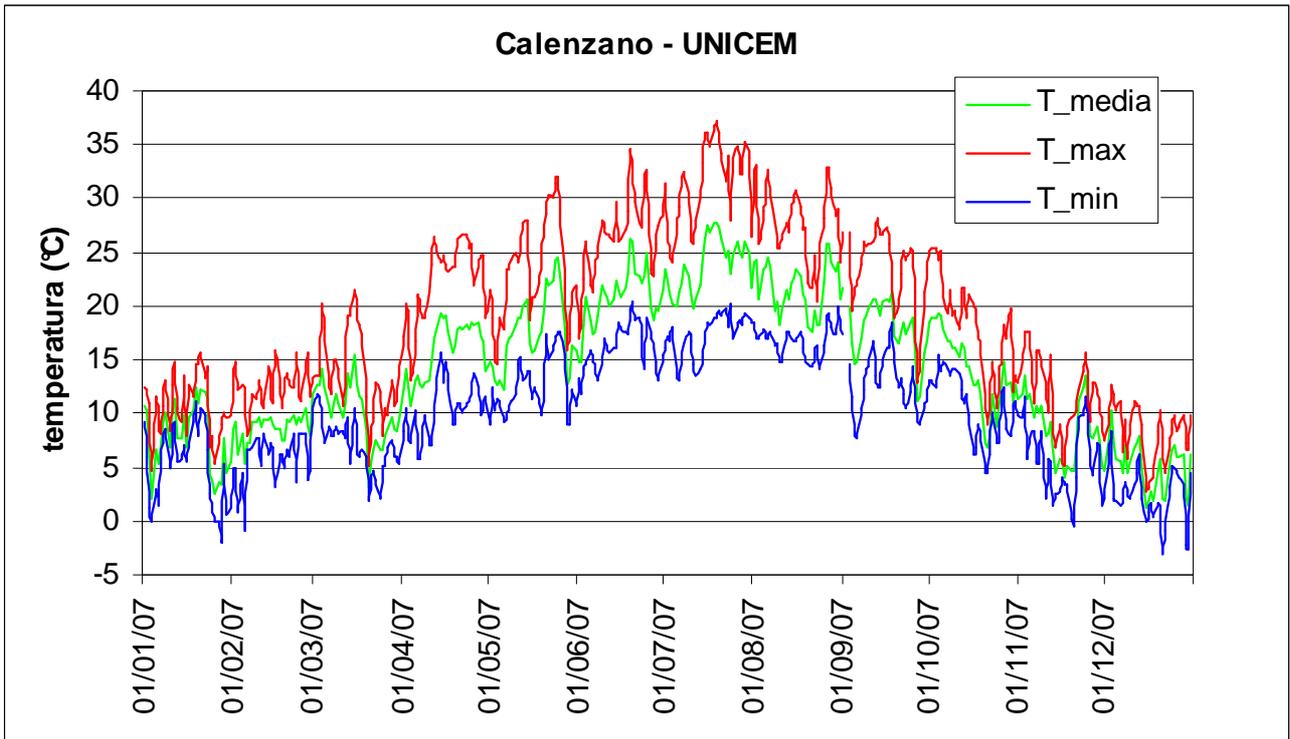


Figura 1.3

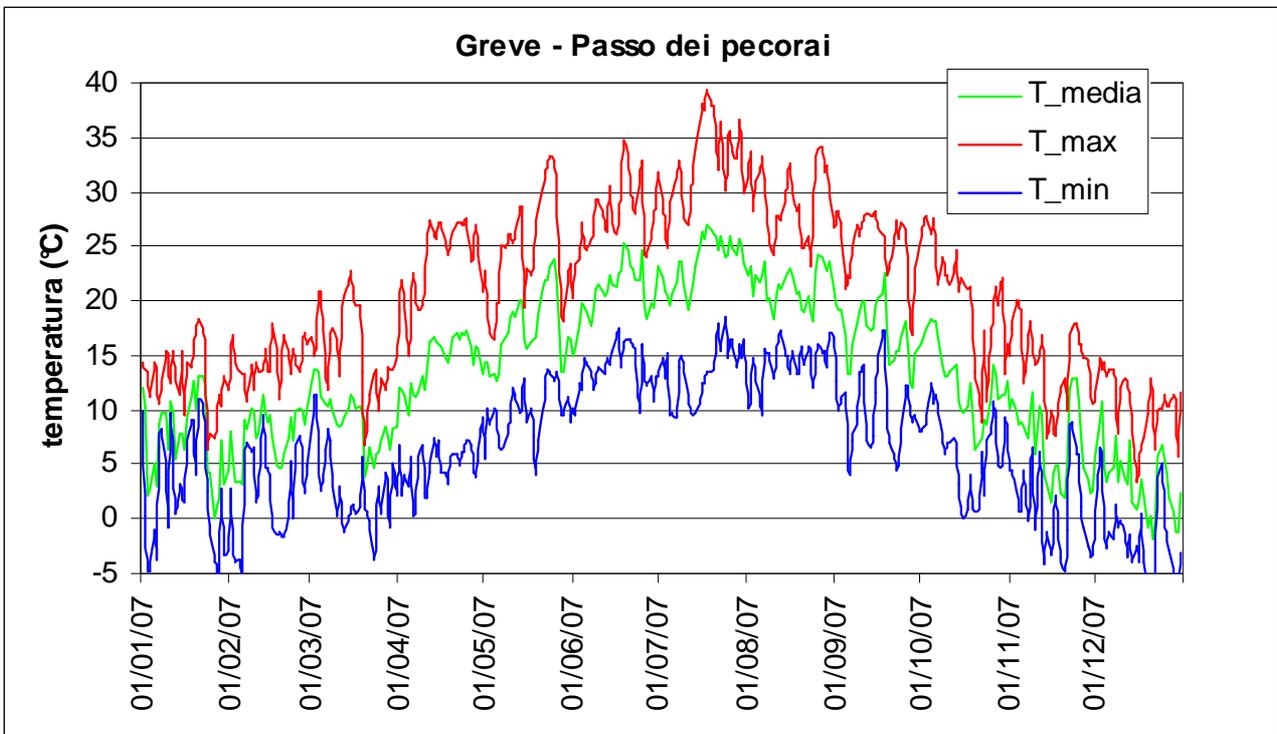


Figura 1.4



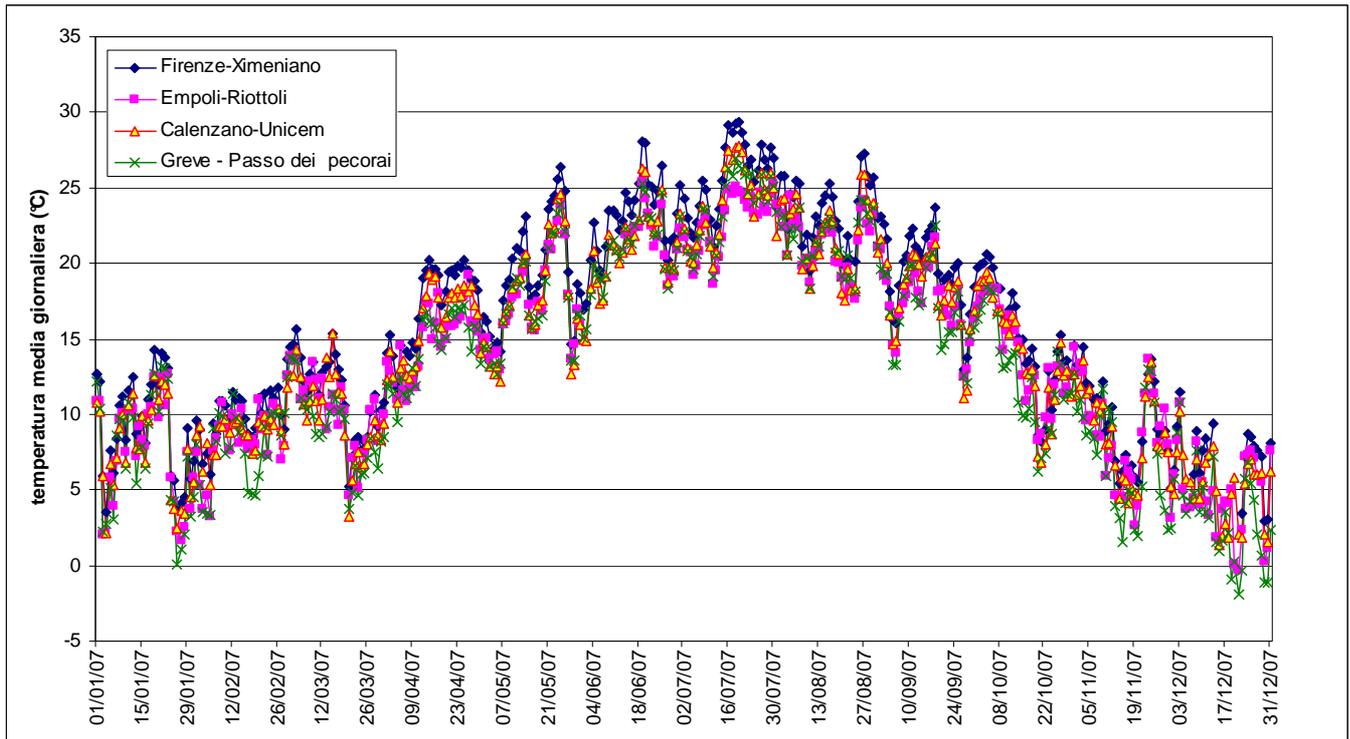


Figura 1.5

Umidità relativa

Nella Figura 1.6 sono riportati gli andamenti temporali dei valori medi giornalieri di umidità relativa registrati nel corso dell'anno 2007 nelle stazioni meteorologiche della Rete di rilevamento della Qualità dell'aria della Provincia di Firenze.

Nella Tabella 1.2 sono riportati i valori di alcuni indicatori per le diverse stazioni.

Tabella 1.2

Stazione indicatore	Firenze-Ximeniano	Empoli-Riottoli	Calenzano-UNICEM	Greve-Passo dei pecorai
N° di dati orari validi	8326 (95.0%)	8470 (96.7%)	8 748 (99.9%)	8758 (100.0%)
UR media	67%	75%	67%	72%
UR giornaliera minima	31%	37%	29%	40%
UR giornaliera massima	100%	100%	98%	99%
N° giorni con UR<50%	38	15	53	14
N° giorni con UR>90%	21	54	32	25



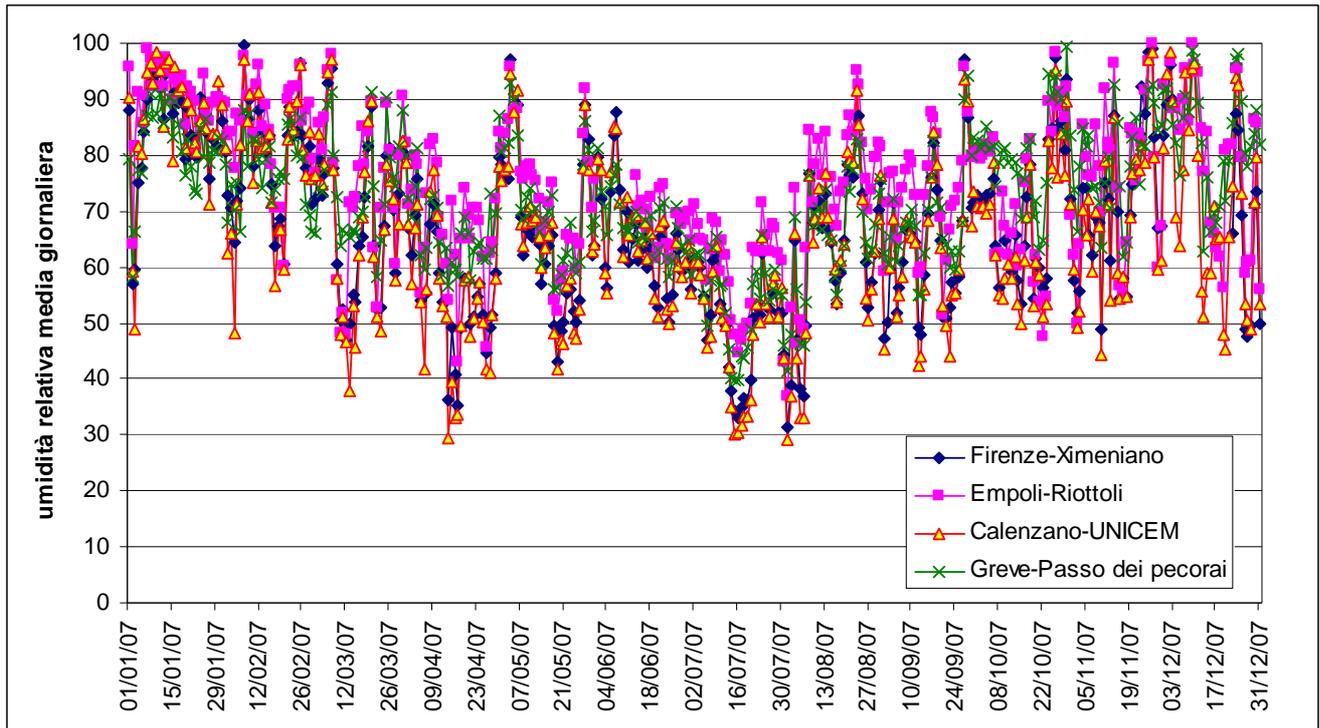


Figura 1.6

Velocità del vento

Nelle Figure 1.7-1.10 vengono presentati gli andamenti temporali durante l'anno 2007 della velocità del vento. Il parametro riportato corrisponde alla media giornaliera dei valori di media oraria della velocità del vento (all'interno del settore di prevalenza della direzione di provenienza). Viene inoltre riportato anche il valore massimo giornaliero della media oraria di tale grandezza. Nella Tabella 1.3 vengono riportati alcuni indicatori statistici.

Tabella 1.3

Stazione indicatore	Firenze-Ximeniano	Empoli-Riottoli	Calenzano-UNICEM	Greve-Passo dei pecorai
N° di dati orari validi	8529 (97.3%)	8481 (96.8%)	8 748 (99.9%)	8758 (100.0%)
Velocità media del vento	2.5	2.1	3.1	1.3
Massima velocità media giornaliera	6.5	8.4	15.1	3.2
Massima velocità media oraria	9.8	11.7	19.2	5.7
N° giorni con Velocità media <1 m/s	2	57	15	104
N° giorni con Velocità media >5 m/s	5	12	53	0



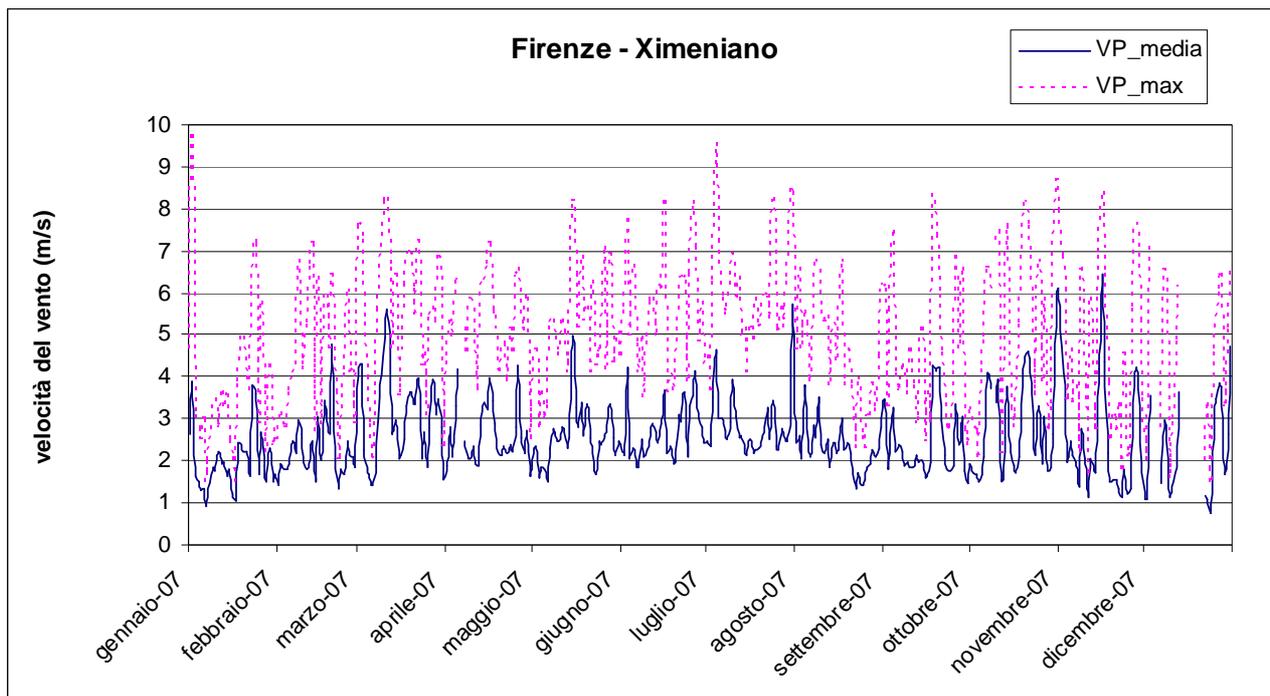


Figura 1.7

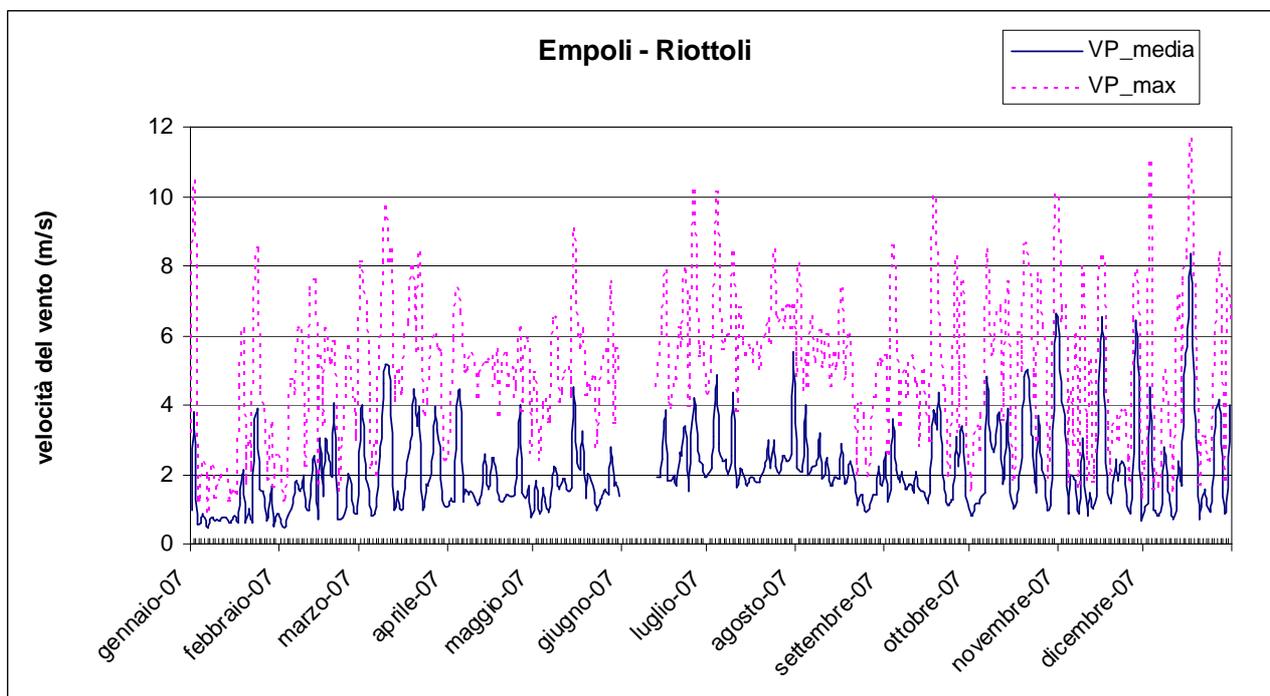


Figura 1.8



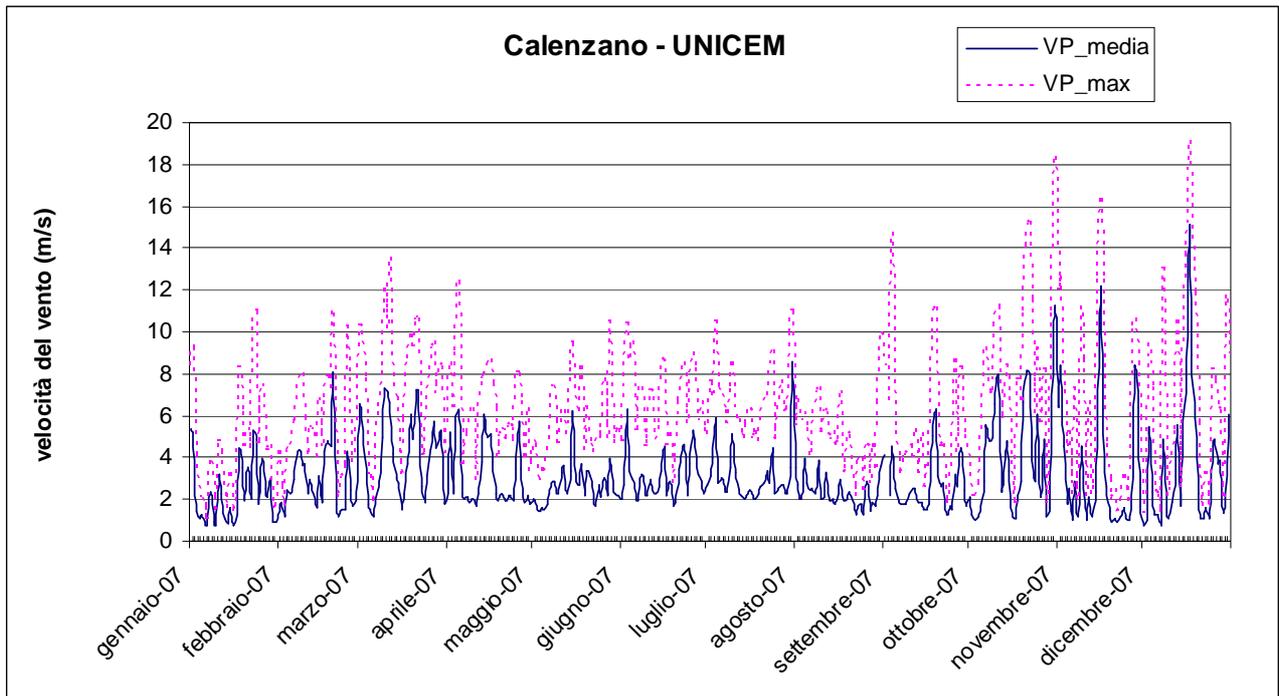


Figura 1.9

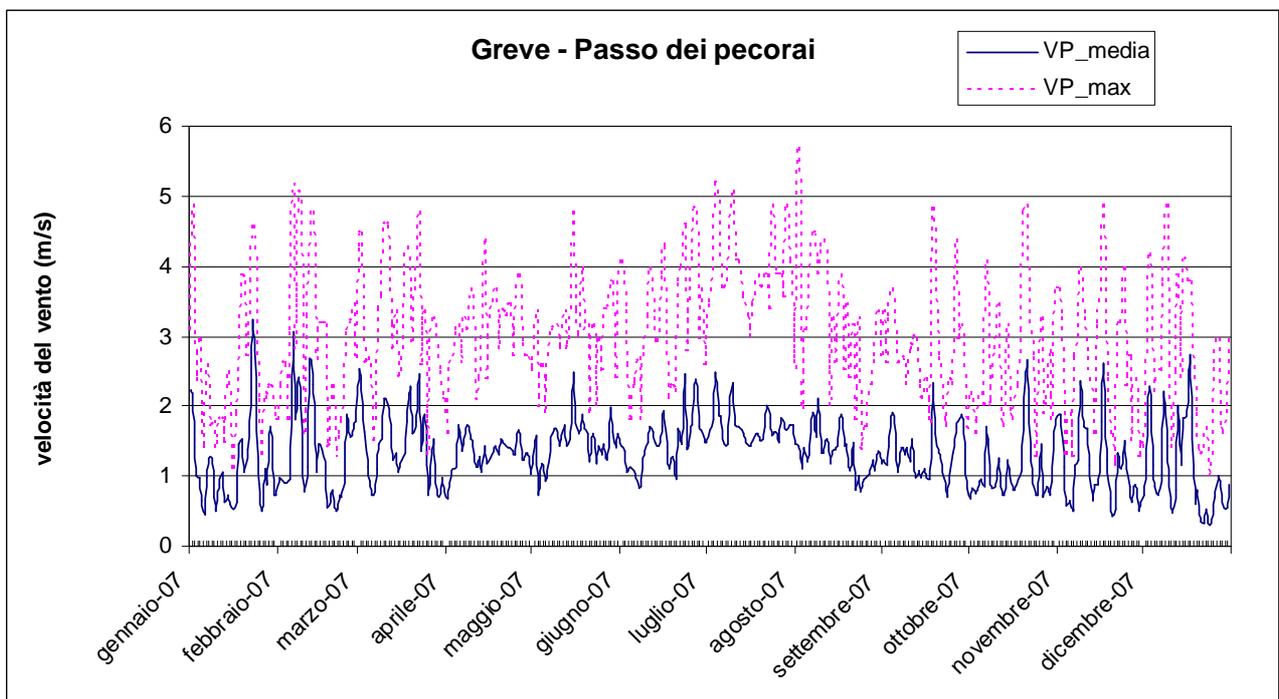


Figura 1.10

I valori riportati tendono a riflettere le particolarità della localizzazione della stazione e del posizionamento dei sensori: si ricorda che la stazione di Firenze-Ximeniano ha l'anemometro posto al di sopra della quota dei tetti della città di Firenze (ad almeno 30 m dal piano di campagna).



Precipitazioni e pressione atmosferica

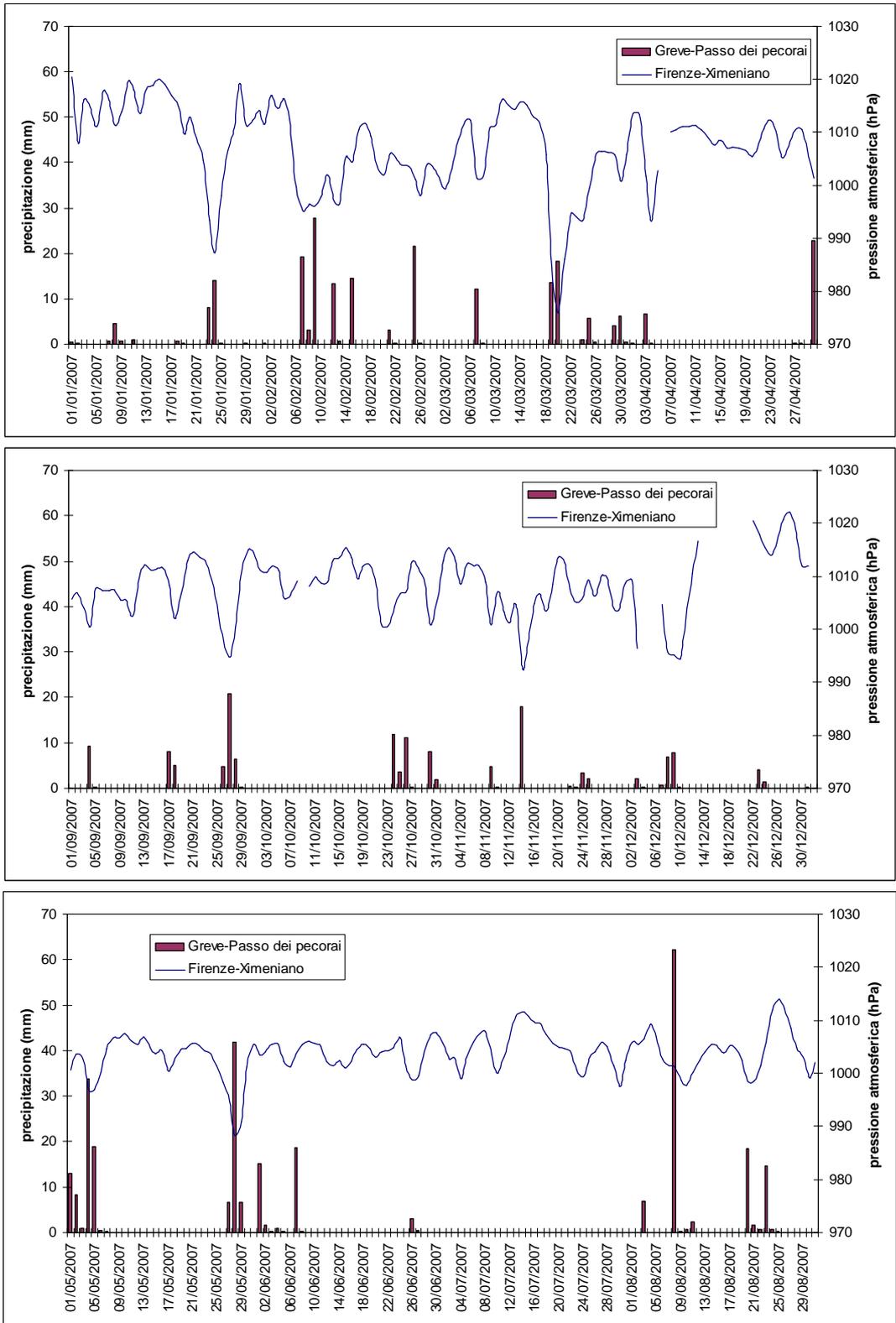


Figura 1.11



In Figura 1.11 sono riportati gli andamenti temporali nel corso dell'anno 2007 delle precipitazioni registrate presso la stazione di Greve – Passo dei pecorai e della pressione atmosferica misurata presso la stazione di Firenze – Ximeniano.

Per problemi alla strumentazione infatti i dati pluviometrici della stazione di Empoli-Riottoli sono fortemente incompleti ed anche quelli della stazione di Firenze-Ximeniano presentano lacune nell'ultima parte dell'anno, mentre quelli di Greve – Passo dei pecorai appaiono pressoché completi.

In ogni caso si rileva un regime pluviometrico decisamente modesto durante l'anno con un valore cumulato per Greve-Passo dei pecorai di 650.2 mm, e di 600.8 mm quello (pur parziale) di Firenze-Ximeniano.

Il numero di giorni di precipitazioni (con pioggia ≥ 0.2 mm) risulta per Greve-Passo dei pecorai di 99, mentre risultano 79 quelli registrati presso la stazione di Firenze-Ximeniano.

