

APPENDICE

I RISULTATI DEGLI STUDI EFFETTUATI E L'ANALISI DEI DATI DISPONIBILI

INDICE

1. I RISULTATI DEGLI STUDI EFFETTUATI E L'ANALISI DEI DATI DISPONIBILI.....	1
1.1 Introduzione.....	1
1.2 Gli studi effettuati: i risultati.....	1
1.2.1 Progetto PATos: sintesi risultati su composizione e origine del particolato a Montale	2
1.2.1.1 <i>La correlazione tra i dati di concentrazione di PM10 e i parametri meteorologici</i>	5
1.2.1.2 <i>Confronto dei risultati: Montale e le altre centraline di tipo fondo</i>	7
1.2.2 Polveri sottili e inceneritore di Montale: documento di valutazione congiunta ARPAT-ASL 3	12
1.2.3 Classificazione della diffusività atmosferica nella conca intermontana Firenze – Prato – Pistoia	14
1.2.4 Progetto MoDiVaSET	16
1.2.5 Progetto ARPAT-PT / USL3-PT “Indagine ambientale e sanitaria nelle aree poste in prossimità dell'impianto di incenerimento di RSU di Montale”	18
1.2.6 Studio delle caratteristiche della localizzazione della stazione di PT - Montale (indice β)	21
1.2.6.1 <i>Rappresentazione schematica dei livelli di PM10 nella zona Prato - Pistoia</i>	21
1.2.6.2 <i>Calcolo dell'indice β per le stazioni della zona Prato - Pistoia</i>	24
EMEP CORINAIR - Nomenclatura SNAP97.....	25
MACROSETTORE 7 TRASPORTO SU STRADA.....	25
MACROSETTORE 9 TRATTAMENTO E SMALTIMENTO RIFIUTI.....	25
1.3 Analisi dei dati disponibili: la qualità dell'aria nella zona Prato-Pistoia.....	32
1.3.1 Analisi dei dati di monitoraggio delle stazioni di rete regionale e provinciale nella zona Prato-Pistoia	33
1.3.1.1 <i>I monitoraggi con mezzo mobile nella zona Prato-Pistoia: i risultati</i>	39
1.3.2 Il campionamento effettuato nel comune di Agliana: i risultati	52
1.4 La stazione di PT-Montale: analisi dei dati di qualità dell'aria.....	52
1.4.1 Gli audit effettuati sull'analizzatore PM10 di Montale: i risultati	52
1.4.2 Lo strumento di riferimento per le misure di PM10: il campionatore sequenziale Tecora	53
1.4.3 La stazione di Pistoia Montale: andamenti dei dati di concentrazione di PM10, media giornaliera e media annuale	54
1.4.4 La stazione di Pistoia Montale: correlazione tra le concentrazioni di PM10 e le altre variabili di qualità dell'aria e meteorologiche	60
1.4.4.1 <i>La correlazione tra i parametri di qualità dell'aria</i>	60
1.4.4.2 <i>La correlazione tra i parametri di qualità dell'aria e i parametri meteorologici</i>	63
1.4.5 Analisi del rapporto PM10/PM2,5	75

1.5 Analisi dei dati disponibili: le emissioni.....	80
1.5.1 Le sorgenti di emissione del comune di Montale e dei comuni limitrofi (elaborazione dati I.R.S.E. 2007)	81
<i>Le sorgenti di emissione di ossidi di azoto, ammoniaca e COVNM a Montale e nei comuni limitrofi</i>	87
1.5.2 Le sorgenti di emissione di tipo puntuale di polveri nella Piana di Prato e Pistoia e nella zona Prato – Pistoia	92

1. I RISULTATI DEGLI STUDI EFFETTUATI E L'ANALISI DEI DATI DISPONIBILI

1.1 Introduzione

La singolarità dei dati di qualità dell'aria, in particolare di PM10, della stazione ubicata in via Pacinotti nel comune di Montale è messa in evidenza non solo dai numerosi superamenti dei limiti normativi registrati nel corso degli anni ma anche dal fatto che la stazione, classificata come rurale fondo, fornisce dati di PM10 non in linea con le altre stazioni equivalentemente classificate nel territorio regionale e anche superiori a quelli di stazioni poste in contesti urbani, generalmente a più diretto contatto con le principali fonti di emissione.

Le verifiche sin qui svolte dai vari soggetti coinvolti nello studio delle cause di tale particolarità hanno fornito ad oggi risposte parziali in merito ai motivi per cui ciò avvenga né sull'estensione territoriale della problematica connessa agli alti livelli di PM10 rilevati e, quindi, su quanto i dati rilevati dalla centralina di Montale siano rappresentativi di un'area più ampia.

Funzionalmente allo sviluppo organico di un progetto per la valutazione dell'estensione territoriale dell'informazione per le concentrazioni di PM10 rilevate dalla stazione di Montale è stata effettuata una preliminare analisi di tutti i dati prodotti e degli studi già effettuati nel corso degli ultimi anni. Inoltre, al fine di analizzare i fattori che maggiormente influenzano i valori di concentrazione degli inquinanti in atmosfera, in particolare fonti di emissione e condizioni locali di diffusione degli inquinanti, sono state adottate metodologie implementate a livello europeo per lo studio dei fattori che influenzano in maniera consistente la qualità dell'aria.

Solo una valutazione integrata di tutte le variabili che influiscono sulla qualità dell'aria può portare alla definizione di ipotesi il più possibile fondate sulle cause che determinano la particolarità dei dati di PM10 rilevati a Montale.

1.2 Gli studi effettuati: i risultati

Negli anni sono state effettuate numerose indagini al fine di definire le cause delle anomalie riscontrate nei dati di PM10 rilevati dalla centralina di Montale; in questa sede è stata posta particolare attenzione ai risultati riportati in numerose relazioni e studi i quali approfondiscono i diversi aspetti che influenzano i livelli di qualità dell'aria quali ad esempio le sorgenti di emissione, la meteorologia, la morfologia dell'area di interesse. Nei paragrafi successivi vengono analizzati i vari documenti esaminati e le informazioni in esse riportati utili ad approfondire l'anomalia della stazione di PT – Montale.

1.2.1 Progetto PATos: sintesi risultati su composizione e origine del particolato a Montale

Il progetto regionale PATos (Particolato Atmosferico in TOScana) è stato promosso dalla Regione Toscana allo scopo di fornire elementi conoscitivi affidabili e scientificamente rigorosi sia sulla distribuzione spaziale del livello di concentrazione del PM10, sia sulla composizione e l'origine del particolato, in particolare nelle zone della Toscana dove si sono verificati vari superamenti dei parametri previsti dalla normativa tra cui anche la centralina di Montale. Come specificato nella relazione di chiusura del progetto P.A.Tos. (1), i risultati ottenuti per il sito di Montale non hanno portato ad un'identificazione definitiva del problema in quanto i dati raccolti hanno una limitata significatività a causa del ridotto numero di campionamenti effettuati. Riportiamo tuttavia tutte le informazioni rilevanti ai fini del presente studio.

Il campionamento presso la stazione di Montale è stato realizzato nel periodo 17 dicembre 2005 - 10 gennaio 2006 e 30 marzo 2006 - 17 giugno 2006; la campagna di monitoraggio è stata, quindi, effettuata in maniera discontinua, in due sole stagioni (inverno e primavera) per un numero ristretto di campioni in ciascun periodo.

Le conclusioni tratte dallo studio per la centralina di Montale e riportate nella relazione finale (pubblicata nel 2008) in merito alla composizione e origine del particolato vengono riassunte nella seguente tabella:

COMPONENTE	ANDAMENTO	POSSIBILI CAUSE
POM (particolato di natura organica)	<ul style="list-style-type: none"> - stagione invernale: valori di concentrazione giornaliera molto elevati (media 30µg/m³) con variazioni giornaliere significative - stagione primaverile: valori di concentrazione giornaliera più bassi (media 6 µg/m³) e più costanti 	<p>I valori di concentrazione più elevati osservati nella stagione invernale possono essere attribuiti:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) all'accensione degli impianti di riscaldamento b) ad un maggior uso di auto private c) alle condizioni meteorologiche (basse temperature, minor intensità della radiazione solare, basso strato di rimescolamento, etc.) che favoriscono l'accumulo di inquinanti.
componente crostale	contributo < 8 µg/m ³ con valori più elevati in primavera	-
spray marino	contribuisce sporadicamente in occasione di eventi di trasporto di masse d'aria dal Tirreno	-
aerosol secondario inorganico (solfati, nitrati e ammonio)	contributo medio annuo dell'ordine dei 7,5 µg/m ³ , con valori invernali generalmente maggiori di quelli primaverili (valore massimo, 10 µg/m ³)	a) gli elevati valori osservati in inverno sono riconducibili al fatto che la sorgente riscaldamento è più attiva e i processi di circolazione

		<p>verticale delle masse d'aria sono impediti dalla frequente formazione di strati di inversione termica</p> <p>b) in inverno può essere supposta una maggiore persistenza dei nitrati a causa della ridotta demolizione fotochimica</p>
solforati	scarsa stagionalità con valori leggermente superiori alla media in primavera	<p>a) prevalentemente proveniente da fonti localizzate in ambito regionale (soprattutto da impianti termo-elettrici per la produzione di energia)</p> <p>b) i valori superiori in primavera e estate sono riconducibili a una più veloce distribuzione delle masse d'aria su scala regionale e a un maggiore irraggiamento solare che rende più efficiente l'ossidazione atmosferica delle emissioni di biossido di zolfo a solfato</p>
nitrati	ben definito massimo invernale con medie 2,5 volte superiori a quelle misurate nel periodo primaverile	<p>a) derivano principalmente dall'ossidazione atmosferica degli ossidi di azoto emessi dai processi di combustione</p> <p>b) gli alti valori invernali possono essere spiegati principalmente con la differente importanza della sorgente riscaldamento nelle varie stagioni</p>
ammonio	non definito carattere stagionale	<p>a) prevalenti fonti locali (traffico, agricoltura, riscaldamento, processi industriali)</p> <p>b) il modesto aumento in inverno è prevalentemente da imputarsi alla scarsa circolazione verticale delle masse d'aria</p>

Tabella 1.2.1. Montale: composizione e origine del particolato (fonte: Relazione finale progetto PATos, 2008)

Nel documento si evidenzia, inoltre, che:

- la componente secondaria del PM10 risulta maggioritaria e di gran lunga superiore rispetto alla componente primaria nella stagione primaverile quando sono più probabili eventuali conversioni della componente primaria ad opera di reazioni fotolitiche. Nella stagione invernale, invece, la

componente primaria antropica (normalmente correlabile alla combustione, in particolare, di biomasse) supera (sebbene di poco, 7%) la componente secondaria.

- la componente naturale aumenta notevolmente durante la stagione primaverile diventando quasi paragonabile al contributo antropico primario mentre risulta sostanzialmente bassa nella stagione invernale.

I risultati delle analisi presentati nella relazione del progetto sui dati meteorologici e di concentrazione del PM₁₀ rilevati negli anni 2001-2004 dalla centralina di Montale e dalle altre centraline analizzate dallo studio possono essere così riassunti:

- la centralina di Montale (PT) presenta i valori di concentrazione più alti, con 70 superamenti del valore soglia, di cui 64 nel semestre freddo e solo 6 in estate (4 superamenti sono riconducibili all'evento di trasporto di sabbia del deserto). Nei giorni in cui è presente un vento sopra i 3 m/s i livelli di inquinamento sono decisamente più bassi, anche nel semestre freddo; la pioggia sopra i 10 mm ha anch'essa un importante effetto di riduzione (nello stesso giorno o nel successivo), ma in alcuni casi le concentrazioni di PM₁₀ superano comunque la soglia di 50 µg/m³
- è osservabile un forte andamento stagionale per il gruppo delle stazioni dell'entroterra, tra cui quella di Montale
- può essere individuata una vasta area che va da Firenze verso Prato e Pistoia e verso Empoli, in cui le misure delle centraline sono ben correlate. Calcolando il coefficiente di correlazione per i dati di medie giornaliere negli anni considerati (2001-2004) si verifica una sistematica buona correlazione (valori di $r > 0.85$) per le centraline esterne all'area urbana fiorentina ed in particolare per le centraline di Prato Roma e Fontanelle tra loro e insieme alle centraline di Empoli, Calenzano, Scandicci e Pistoia Montale. Le centraline dell'area urbana Bassi, Gramsci e Rosselli sono scorrelate da tutte le altre e anche tra loro. A queste considerazioni fa eccezione la stazione di Firenze Boboli che, pur con una certa variabilità negli anni, verifica un'alta correlazione con quasi tutte le centraline di misura ($r > 0.85$) dell'area. Una buona correlazione (coefficiente superiore a 0.8) si conferma per quasi tutte le centraline esterne all'area urbana di Firenze, con coefficienti di correlazione superiori a 0.9 per le coppie Roma – Fontanelle e Roma – Strozzì (provincia di Prato), Zamenhof – Montale (provincia di Pistoia) e Roma – Montale, Fontanelle – Montale, Strozzì – Montale.

Questo verifica anche la classificazione per tipo di stazione (traffico, industria, fondo), in quanto sia la bassa variabilità temporale riscontrata nelle stazioni di Boboli, Bassi, Calenzano, Montale e Strozzì che gli alti valori di correlazione che legano le centraline di Firenze a quelle di Empoli e Montale sembrano identificare una situazione di inquinamento diffuso e strettamente legato.

L'analisi condotta con diverse tecniche chimiche e fisiche su tutti i campioni prelevati presso la stazione di Montale ha permesso di ricostruire la composizione del particolato in tutti i giorni di campionamento e di individuare in modo indicativo le sorgenti principali del particolato.

Per individuare e quantificare con maggiore certezza le fonti di emissione sia naturali sia antropiche del PM10 è necessario analizzare i dati ottenuti tramite opportuni metodi di analisi statistica multivariata, detti modelli a recettore; allo stato attuale il modello più accreditato ed utilizzato a livello internazionale (ad es. da EPA, l'agenzia per la protezione dell'ambiente degli Stati Uniti) è il PMF (Positive Matrix Factorisation).

L'applicazione di tali modelli si basa sul fatto che le particelle di aerosol mantengono, entro certi limiti, la composizione chimica caratteristica della sorgente che le ha prodotte, perciò la rivelazione degli elementi e dei composti che costituiscono il particolato, realizzata su lunghe serie temporali, permette di ottenere importanti informazioni sulle fonti sia naturali sia antropiche del PM10.

A causa del limitato numero di campioni raccolti nella stazione di PT-Montale non è stato possibile effettuare un'analisi esauriente con il modello PMF (Positive Matrix Factorisation) per la caratterizzazione delle sorgenti emmissive. L'applicazione del PMF ha dato risultati solo approssimativi ma comunque utili a descrivere in maniera indicativa le principali sorgenti da cui derivano in massima parte le concentrazioni di PM10 rilevate presso la stazione di Montale. Si riportano di seguito i risultati:

Sorgenti di emissione	Percentuale sulla massa	Periodo di maggiore incidenza
Suolo	19%	primavera-estate
Impianti termoelettrici (solfati secondari)	10.5%	primavera-estate
Mare	5%	-
Combustione biomasse	32%	inverno
Traffico	18.5%	omogenea durante l'anno
Combustione di olii (contributo primario)	15%	estate

Tabella 1.2.2. Montale: applicazione incompleta del modello PMF

1.2.1.1 La correlazione tra i dati di concentrazione di PM10 e i parametri meteorologici

All'appendice 2 "Studio finalizzato all'individuazione dei parametri meteorologici in grado di influenzare in modo significativo i livelli di concentrazione di PM10" del progetto regionale P.A.Tos. Particolato Atmosferico In Toscana, viene riportato uno studio finalizzato all'individuazione, sulla base di misure rilevate nel corso di cinque anni (2000 – 2004), dei parametri meteorologici che influenzano in modo più significativo l'accumulo o la dispersione del PM10.

Il lavoro ha richiesto una prima analisi della base-dati costituita dalle misure di PM10 rilevate sull'intero territorio regionale dalla rete di monitoraggio gestita da ARPAT, e messe a disposizione dalla Regione Toscana, attraverso il sistema informativo SIRA. I risultati, ottenuti elaborando le matrici di correlazione ed applicando la Factor Analysis alle serie storiche delle concentrazioni di PM10 registrate nelle 47 centraline presenti sul territorio regionale, evidenziano due gruppi principali

con differenti comportamenti. Il primo gruppo, di cui fa parte la stazione di PT-Montale, è caratterizzato da un forte andamento stagionale, il secondo mostra un andamento pressoché costante: al primo tipo appartengono tutte le serie storiche misurate nelle stazioni dell'entroterra, al secondo tipo quelle relative a tre stazioni sulla costa. Un terzo gruppo di stazioni – ubicate comunque in prossimità della costa – mostrano un comportamento intermedio. Resta fuori da questo quadro un numero limitato di stazioni, che non possono essere accomunate a nessuno dei tre gruppi. In ogni caso, il risultato più sorprendente consiste nella possibilità di individuare tre gruppi, che caratterizzano la maggior parte delle serie storiche misurate sull'intero territorio regionale. Si può quindi ipotizzare una marcata influenza delle condizioni meteorologiche alla scala sinottica sui valori di concentrazione giornaliera di PM10.

Quantitativamente, i valori di concentrazione hanno una marcata dipendenza spaziale, da cui si può supporre che le condizioni sinottiche determinino a scala regionale le condizioni favorevoli o meno all'accumulo degli inquinanti, ma che, in ciascuna area, le concentrazioni possano essere più o meno alte a seconda delle caratteristiche delle sorgenti emissive locali.

Nella seconda parte del lavoro sono state evidenziate le relazioni che legano alcuni parametri meteorologici – velocità del vento, temperatura, pioggia cumulata – ed i valori di concentrazione di PM10. Dopo la selezione della base-dati meteorologica - sono state scelte le serie storiche dei dati misurati presso le sedi del LaMMA e presso l'aeroporto di Pisa - sono state determinati i coefficienti di correlazione tra parametri meteo e misure di PM10. Successivamente sono stati individuati alcuni valori-soglia, in particolare per la pioggia cumulata su base giornaliera e per la velocità media del vento, anch'essa su base giornaliera. La scelta dei valori-soglia è stata effettuata valutando la riduzione percentuale delle condizioni di inquinamento critiche – presenza di valori di concentrazione di PM10 superiori a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ – in corrispondenza di condizioni in cui i valori degli indicatori meteorologici siano superiori a tali soglie.

In sintesi, per quanto riguarda la velocità del vento, è stato concluso che gli eventi influenti ai fini della riduzione delle concentrazioni siano quelli caratterizzati da un vento medio-forte, persistente per molte ore o addirittura qualche giorno: queste condizioni, generalmente, si verificano alla scala sinottica e non si tratta quindi di eventi locali. L'indicatore meteo "velocità media giornaliera del vento" risulta quindi caratterizzante delle condizioni meteo anche a scala sinottica, inoltre, per questo parametro sono stati individuati dei valori-soglia, variabili però in relazione alla stazione meteo scelta.

Per quanto riguarda l'indicatore temperatura media giornaliera, si distinguono due comportamenti diversi: nel primo gruppo di centraline si registrano valori di concentrazione decisamente più alti nel semestre freddo rispetto ai valori registrati nel semestre caldo, mentre nel secondo gruppo si evidenzia un andamento delle concentrazioni correlato con quello delle temperature. Ad una più attenta analisi, osservando gli stessi coefficienti di correlazione effettuati su base stagionale, si scopre che per le stazioni del primo gruppo esiste una marcata anticorrelazione durante il semestre freddo ed una correlazione nel semestre caldo. Un controllo puntuale degli eventi di freddo più

intenso nel periodo invernale confermano un corrispondente aumento delle concentrazioni nelle stazioni del primo gruppo: la causa di questo fenomeno è probabilmente imputabile alle emissioni da riscaldamento, che aumentano quando si registrano temperature più basse. Spesso, inoltre, quando si verificano episodi di freddo intenso, si instaurano anche condizioni stabili, favorevoli all'accumulo degli inquinanti.

Meno immediato è risultato interpretare la correlazione che lega la temperatura ed i valori di concentrazione nel semestre caldo: una possibile spiegazione potrebbe riguardare i meccanismi di formazione del particolato di origine secondaria, in cui l'intensità della radiazione solare svolge un ruolo fondamentale. Per le stazioni del secondo gruppo non si riscontrano differenze nei periodi invernale ed estivo: esiste sempre una evidente correlazione tra i dati di concentrazione e di temperatura; si sottolinea comunque che, trattandosi di misure di concentrazione rilevate in aree influenzate dal mare, la causa della correlazione con la temperatura potrebbe essere diversa da quella ipotizzata per le centraline del primo gruppo, magari da ricercarsi nei processi di formazione dell'aerosol marino; in entrambi i casi, comunque, si tratta di semplici ipotesi. Per quanto riguarda le misure di pioggia, sono stati individuati come indicatori la pioggia cumulata giornaliera (RAIN_mm) ed un secondo indicatore (g.d.RAIN_mm), che ha la funzione di correlare i valori di pioggia con i valori di concentrazione di PM10 registrati il giorno successivo all'evento di pioggia. Per entrambi gli indicatori, solo gli eventi di pioggia con intensità superiore ad una determinata soglia – ad esempio 10 mm – hanno un effetto sulle concentrazioni di PM10. Dal momento che l'intensità degli eventi di pioggia, soprattutto nei mesi estivi, può essere molto diversa sul territorio regionale, questi indicatori devono essere valutati sulla base di dati rilevati in zone vicine o comunque rappresentative delle aree in cui si trovano le centraline di monitoraggio.

1.2.1.2 Confronto dei risultati: Montale e le altre centraline di tipo fondo

Al fine di rendere maggiormente completo il quadro relativo all'origine delle polveri campionate presso la centralina e in mancanza di risultati definitivi e completi derivanti dall'applicazione del modello PMF si è ritenuto utile affiancare le conclusioni tratte nel progetto PaTos per Montale con quelle dedotte per le altre stazioni di fondo analizzate: Livorno-Maurogordato, Lucca-Capannori, Firenze-Bassi, Grosseto - URSS.

Si sottolinea il fatto che i risultati riportati nel seguente paragrafo, non essendo stati ottenuti dall'applicazione di una metodologia atta a individuare con sufficiente certezza le fonti di emissione correlabili alle diverse componenti chimiche ma solo tramite un semplice confronto con i risultati ottenuti dall'applicazione del modello per le altre stazioni indagate, devono essere considerati come meramente indicativi.

Nella tabella successiva vengono indicati i periodi dei campionamenti effettuati presso le stazioni di monitoraggio utilizzate per il confronto:

Stazione di monitoraggio	Tipologia stazione	Periodo di campionamento
Livorno-Maurogordato	PF	8 Settembre 2005 – 15 Settembre 2006
Lucca-Capannori	UF	8 Settembre 2005 – 4 Ottobre 2006
Firenze-Bassi	UF	8 Settembre 2005 – 4 Ottobre 2006
Grosseto - URSS	UF	23 Settembre 2005 – 3 Ottobre 2006

Tabella 1.2.1.2.1 Progetto PATos: periodi di campionamento nelle stazioni di fondo (eccetto Montale)

Di seguito viene riportata una tabella riassuntiva sui contributi percentuali delle componenti maggioritarie del PM10 riscontrati per le diverse stazioni nelle quattro stagioni (POM - Particulate Organic Matter, CE – Carbonio Elementare, secondari inorganici - solfati, nitrati e ammonio, crostale, marino, altro):

Stagione	Stazione	POM (%)	CE (%)	Secondari inorganici (%)	Crostale (%)	Marino (%)	Altro (%)
INVERNO	PT-Montale	64	3	20	8	2	3
	LI-Maurogordato	45	4	27	13	11	0
	LU-Capannori	50	5	21	12	4	7
	FI-Bassi	43	7	25	15	4	5
	GR-URSS	30	5	25	19	7	14
PRIMAVERA	PT-Montale	38	4	27	23	4	4
	LI-Maurogordato	23	1	33	19	8	16
	LU-Capannori	29	4	29	25	3	10
	FI-Bassi	39	6	25	26	2	1
	GR-URSS	21	4	32	28	4	11
ESTATE	PT-Montale	-	-	-	-	-	-
	LI-Maurogordato	25	3	31	26	8	7
	LU-Capannori	22	4	25	29	4	15
	FI-Bassi	25	4	23	29	2	17
	GR-URSS	23	4	26	34	5	8
AUTUNNO	PT-Montale	-	-	-	-	-	-
	LI-Maurogordato	40	3	22	13	8	14
	LU-Capannori	54	7	18	13	2	6
	FI-Bassi	44	13	21	16	2	4
	GR-URSS	40	10	19	20	3	8

Tabella 1.2.1.2.2 Progetto PATos: risultati della specazione per le stazioni di fondo

Seppur sulla base di informazioni parziali per la stazione di Montale, si può osservare che nel periodo autunno - inverno è prevalente per tutte le stazioni indicate il contributo della componente organica (POM); in particolare emerge che, per il periodo invernale, la stazione di Montale è quella che presenta il massimo valore percentuale della componente organica mentre mostra valori simili alle altre stazioni per quanto riguarda il carbonio elementare.

Per il periodo primavera – estate si osserva un contributo simile per la componente organica, il carbonio elementare e la componente crostale le quali presentano contributi percentuali variabili tra il 20 e il 40%; in particolare in tale periodo il contributo percentuale della componente organica rilevato presso la stazione di Montale è tra i più alti, insieme a quello di FI-Bassi.

Per quanto riguarda l'aerosol secondario inorganico rilevato nei campioni raccolti nel corso del monitoraggio presso la stazione di Montale, è stata osservata la presenza di solfati in quantità scarsamente variabili con le stagioni, nitrati in quantità 2,5 volte superiori nel periodo invernale rispetto a quelle del periodo primaverile, ammonio con non definito carattere stagionale.

A partire dalle concentrazioni del carbonio elementare e della componente organica del carbonio è possibile dare una stima approssimativa di quale sia la frazione primaria dei composti organici del carbonio e quale quella secondaria; è così possibile stimare quali siano i contributi percentuali alla massa totale del PM10 della componente naturale (somma dello spray marino e della polvere naturale), dell'aerosol antropico di origine primaria (prevalentemente locale) e dell'aerosol secondario.

Di seguito viene riportata una tabella con i valori dei contributi percentuali delle componenti primarie e secondarie del PM10 riscontrate per le quattro stagioni presso ciascuna stazione analizzate:

Stagione	Stazione	Antropico primario (%)	Totale secondario (%)	Naturale (%)	n.r. (%)
INVERNO	PT-Montale	47	40	10	3
	LI-Maurogordato	38	38	24	0
	LU-Capannori	29	48	17	7
	FI-Bassi	29	47	19	5
	GR-URSS	24	36	26	14
PRIMAVERA	PT-Montale	29	41	26	4
	LI-Maurogordato	7	50	27	16
	LU-Capannori	21	41	28	10
	FI-Bassi	30	41	28	1
	GR-URSS	19	38	32	11
ESTATE	PT-Montale	-	-	-	-
	LI-Maurogordato	18	41	34	7
	LU-Capannori	17	34	33	15
	FI-Bassi	17	35	31	17
	GR-URSS	14	39	39	8
AUTUNNO	PT-Montale	-	-	-	-
	LI-Maurogordato	32	32	22	14
	LU-Capannori	36	43	15	6
	FI-Bassi	45	33	18	4
	GR-URSS	34	34	24	8

Tabella 1.2.1.2.3 Progetto PATos: tipologia sorgenti PM10 per le stazioni di fondo

Dai dati riportati in tabella si osserva che la componente secondaria risulta dominante nella stagione calda mentre è paragonabile alla primaria nei mesi più freddi. La componente naturale rimane all'incirca costante in tutte le stagioni.

In particolare, seppur sulla base di informazioni parziali per la stazione di Montale, si può osservare che, per il periodo invernale, la stazione di Montale è quella che presenta il massimo valore percentuale del contributo antropico primario mentre mostra valori simili alle altre stazioni per quanto riguarda il contributo secondario.

Per il periodo primaverile si osserva che il contributo percentuale della componente primaria rilevato presso la stazione di Montale è tra i più alti, insieme a quello di FI-Bassi mentre mostra valori simili alle altre stazioni per il contributo della componente secondaria.

Nella tabella seguente vengono riportati i risultati conseguiti con l'applicazione del modello PMF agli esiti delle analisi di speciazione ottenuti per le stazioni di fondo analizzate dal progetto PATos:

Stazione	Sorgenti identificate (PMF)	Componente relativa
LI-Maurogordato	Traffico e combustioni locali	Carbonio elementare e organico (correlato ad elementi traccianti quali Cu, Zn, K e Fe)
	Secondari regionali – impianti	Aerosol secondario inorganico – solfati
	Secondari locali - combustioni	Aerosol secondario inorganico – nitrati
	Aerosol crostale	Crostale
	Spray marino	Marino
LU-Capannori	Traffico veicolare	Carbonio elementare e organico (correlato ad elementi traccianti quali Cu, Zn, K e Fe)
	Secondari regionali – impianti termoelettrici e combustioni	Aerosol secondario inorganico – solfati secondari e POM secondario (in minor misura)
	Secondari locali - combustioni	Aerosol secondario inorganico – nitrati secondari e POM secondario (in minor misura)
	Combustione di biomasse	POM (caratterizzata da traccianti quali K - prodotto nella combustione della legna, glicolati e Cl)
	Aerosol crostale	Crostale
	Spray marino	Marino
FI-Bassi	Traffico veicolare	elementi traccianti quali Cu, Zn, K e Fe)
	Secondari regionali – impianti termoelettrici e combustioni	Aerosol secondario inorganico – solfati secondari e POM secondario (in minor misura)
	Secondari locali - combustioni	Aerosol secondario inorganico – nitrati secondari e POM secondario (in minor misura), K - prodotto nella combustione della legna, glicolati e Cl (in minor misura)
	Aerosol crostale	Crostale
	Spray marino	Marino
GR-URSS	Traffico veicolare	Carbonio elementare e organico (correlato ad elementi traccianti quali Cu, Zn, K e Fe)
	Secondari regionali – impianti termoelettrici e combustioni	secondari (in parte correlati a V e Ni, tipici marker della combustione di olii)
	Secondari locali - combustioni	Aerosol secondario inorganico – nitrati secondari e POM secondario (in minor misura)
	Aerosol crostale	Crostale
	Spray marino	Marino

Tabella 1.2.1.2.4 Progetto PATos: risultati del modello PMF per le stazioni di fondo (eccetto Montale)

Dal confronto con quanto emerso dalle analisi di speciazione effettuate sui campioni raccolti nel corso dei monitoraggi effettuati presso le diverse centraline e in base ai risultati delle analisi statistiche effettuate con modello PMF (vedi tabella precedente), le principali fonti di emissione da cui sembra potrebbero avere origine le polveri PM10 rilevate dalla centralina di Montale sono:

- Traffico e combustioni locali (prevalenza di POM e aerosol secondario inorganico in particolare nel periodo invernale - in particolare si evidenzia un alto valore dei nitrati rispetto alle altre componenti)
- Impianti termoelettrici - secondari regionali (aerosol secondario inorganico – solfati secondari e POM secondario, in minor misura)
- Aerosol crostale (componente crostale)

Approfondimenti previsti

E' in corso di svolgimento un ulteriore approfondimento degli argomenti trattati con il progetto PATos (DGRT n. 623 del 22-07-2013 "D.G.R. 1024/2010 - D.M. 16 ottobre 2006: Accordo tra regione Toscana e Ministero dell'Ambiente: Attuazione della scheda di intervento n. 16 attraverso Accordi con l'Università degli Studi di Firenze - Dipartimento di Chimica e Dipartimento di Scienze della Terra per la continuazione del Progetto PATOS"); lo studio della caratterizzazione chimica del particolato atmosferico in Toscana è stata estesa con il nuovo progetto alla frazione dimensionale del PM_{2,5} al fine di valutare lo stato di qualità dell'aria regionale in seguito all'attuazione degli interventi previsti del Piano Regionale di Risanamento e Mantenimento della qualità dell'aria, PRRM 2008-2010. Questo obiettivo viene realizzato attraverso l'individuazione e la quantificazione di sorgenti naturali e antropiche del PM_{2.5} e la loro variazione nel tempo in funzione dell'attivazione degli interventi previsti nel PRRM e dei mutati scenari emissivi. Obiettivi del progetto sono anche la quantificazione delle condizioni meteorologiche ed in particolare dell'altezza dello strato di inversione termica in relazione ai livelli di concentrazione misurati di PM₁₀ e PM_{2,5}, la messa a punto di modellistica per corretta valutazione delle reazioni chimiche connesse alla natura secondaria del materiale particolato fine, avere informazioni sulla concentrazione numerica delle Particelle Ultra Fini (PUF) e sulla loro composizione e natura e mantenere aggiornato il data base sull'inventario regionale delle sorgenti di emissione. I principali risultati attesi del nuovo progetto sono:

- aumentare le conoscenze sulla distribuzione di dettaglio spaziale e temporale, dei livelli di concentrazione del materiale particolato fine PM₁₀ e PM_{2,5} attraverso misure con mezzi mobili sulle varie zone della Regione Toscana al fine di verificare l'efficacia degli interventi di risanamento e mantenimento della qualità dell'aria contenuti nel PRRM
- la determinazione della composizione chimica, fisica (impronta isotopica) e morfologica del particolato PM_{2,5} nelle varie aree della regione al fine della speciazione e della valutazione della natura del particolato (primaria, secondaria, etc.)
- l'utilizzo metodologia PMF (Positive Matrix Factorisation) per l'identificazione delle principali sorgenti di emissione del materiale particolato fine a partire dalle informazioni sulla composizione chimica, impronta isotopica e morfologica del particolato stesso
- aumentare le conoscenze scientifiche sui potenziali livelli di esposizione a Particelle Ultra Fini generate dal traffico urbano e ricerca delle eventuali correlazioni tra le concentrazioni in numero

delle PUF ed i parametri normativi correntemente misurati ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ di concentrazione di PM_{10} e $\text{PM}_{2,5}$) al fine di migliorare le stime del contributo della componente traffico di questi parametri

- la messa a punto, taratura e verifica, dei modelli per la simulazione delle reazioni chimiche che si svolgono in atmosfera per la formazione di particolato secondario utilizzando la modellistica diffusionale comparata con i livelli di concentrazione e con la composizione chimica del particolato misurata nelle varie aree della regione. Valutazione delle correlazioni tra le condizioni meteorologiche e l'accadimento, la persistenza e la spazialità di episodi con elevate concentrazioni
- la misura dello strato di inversione termica (Planetary Boundary Layer) in alcune zone del territorio regionale al fine di verificarne la dinamica e sua correlazione con le concentrazioni di particolato atmosferico del PM_{10} e $\text{PM}_{2,5}$ al suolo
- l'individuazione di marker specifici e valutazione del contributo ai livelli di materiale particolato fine di natura secondaria delle emissioni derivanti dalle centrali geotermoelettriche

In particolare l'approfondimento relativo alla stazione di PT-Montale riguarderà, tra l'altro, l'utilizzo della metodologia PMF (Positive Matrix Factorisation) al fine di identificare le principali sorgenti di emissione del materiale particolato fine a partire dalle informazioni sulla composizione chimica, impronta isotopica e morfologica del particolato stesso.

1.2.2 Polveri sottili e inceneritore di Montale: documento di valutazione congiunta ARPAT-ASL 3

In relazione alla problematica della valutazione del contributo dell'inceneritore di Montale alle concentrazioni di PM_{10} rilevate dalla centralina di qualità dell'aria di PT-Montale, era stata sollevata da parte di vari enti (ASL 3, Regione, Provincia di Pistoia e Comune di Montale) la necessità di approfondire il tema; a marzo del 2012 è stato predisposto un documento congiunto contenente una relazione dettagliata sull'argomento presentata al Comune ed alla Provincia di Pistoia (2).

Di seguito vengono sinteticamente riassunti i punti salienti di tale documento:

- > I valori di PM_{10} rilevati dalla centralina per il monitoraggio della qualità dell'aria di Montale sono sempre stati piuttosto elevati, tanto che nel 2011 si sono riscontrati 65 superamenti della soglia giornaliera di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ben oltre il limite di legge di 35 giorni di superamento. Proprio per la particolarità dei dati PM_{10} rilevati, la stazione di Montale era stata inserita nella rete regionale. La qualità dei dati della centralina è stata più volte indagata da ARPAT, anche nel corso del 2012, con verifiche sistematiche dell'accuratezza della misura del PM_{10} le quali hanno confermato la qualità dei dati prodotti dall'analizzatore di PM_{10} di Montale;
- > Come è possibile rilevare dai risultati dei controlli effettuati da ARPAT e dagli autocontrolli del gestore, l'impianto, nel normale funzionamento, è caratterizzato da emissioni reali di polveri (PTS) inferiori ad $1 \text{ mg}/\text{Nm}^3$ e nettamente inferiori anche al limite imposto nella autorizzazione. Si tratta di valori che, considerata la diluizione che i fumi necessariamente

subiscono dopo l'immissione in atmosfera, non possono determinare incrementi significativi del PM10;

- > Una parte del PM10 rilevato dalle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria deriva da complesse reazioni chimico-fisiche che possono avvenire in atmosfera a partire da inquinanti gassosi e che conducono alla formazione di PM10 definito secondario. Questo PM10 secondario si può formare in relazione alle condizioni meteorologiche a distanza di giorni e in luoghi anche lontani dal punto di emissione. Tra questi inquinanti, gli ossidi di azoto risultano tra i maggiori precursori di PM10 secondario. In base ai dati rilevati dal campionamento in continuo, dai controlli di ARPAT e dagli autocontrolli del gestore, l'impianto è caratterizzato da emissioni di NOx che, su base annua (anno di riferimento, 2011), risultano essere pari a circa 35 t/anno (circa il 23% delle emissioni di NOx presenti nel comune di Montale, in base alle stime dell'inventario regionale delle sorgenti di emissione, IRSE 2007). Sulla base dei dati rilevati con il progetto PATOS presso la stazione di Montale, si osserva che il contributo al PM10 secondario riferibile in parte anche agli ossidi di azoto, è pari a $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (stima media annua), con un massimo di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nel periodo invernale. Anche se tutto il PM10 secondario si originasse dagli ossidi di azoto, il contributo dell'inceneritore al PM10 secondario nel periodo invernale potrebbe essere al massimo il 23% di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ cioè inferiore a $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$; considerando, poi, che il contributo dello ione nitrato costituisce nel periodo invernale circa il 50% del particolato secondario, il contributo attribuibile all'inceneritore risulterebbe al massimo di poco superiore a $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- > I dati disponibili sulla qualità dell'aria rilevata dalla centralina di Montale e quelli sulle caratteristiche delle attuali emissioni dell'inceneritore di Montale attentamente analizzati confermano, quindi, che l'inceneritore può produrre solo un incremento poco rilevante delle concentrazioni di PM10 misurate nella zona, tali da non suggerire una specifica fermata dell'inceneritore durante gli episodi acuti di inquinamento atmosferico;
- > ARPAT e ASL, considerati gli elevati valori di PM10 rilevati nella stazione di monitoraggio della qualità dell'aria di Montale, ritengono necessario aumentare le conoscenze riguardo all'estensione territoriale della problematica ed alle cause di tale anomale concentrazioni. Questo miglioramento di conoscenze è utile ad individuare gli interventi più efficaci da perseguire per ridurre significativamente i livelli di inquinamento nella zona. A questo è necessario pervenire con uno studio appositamente progettato che comprenda un'analisi di dettaglio delle fonti di pressione presenti sul territorio, correlandole alla diffusività atmosferica ed alla composizione del PM10.

1.2.3 Classificazione della diffusività atmosferica nella conca intermontana Firenze – Prato – Pistoia

Nel presente paragrafo vengono riportati brevemente i risultati di uno studio effettuato nel 2000 dal Laboratorio per la Meteorologia e la Modellistica Ambientale (La.M.M.A.) sulla classificazione della diffusività atmosferica nella Regione Toscana (“Classificazione della diffusività atmosferica nella regione Toscana”) (3). Tale studio era inquadrato nell’ambito delle attività svolte dalla Regione Toscana per la tutela della qualità dell’aria, finalizzate in particolare ad una classificazione del territorio regionale per quanto riguarda le condizioni di inquinamento atmosferico. Per tale classificazione, oltre all’analisi dei valori dei principali inquinanti rilevati dalle stazioni di monitoraggio ambientale, risulta, infatti, utile uno studio climatologico del territorio.

La conoscenza dei parametri meteorologici che corrispondono a condizioni di maggiore o minore turbolenza nei bassi strati dell’atmosfera può essere di supporto nello studio della diffusione degli inquinanti. Riveste quindi un particolare interesse l’individuazione di aree in cui si possono verificare con maggiore frequenza condizioni critiche per la diffusione degli inquinanti. Scopo di tale lavoro è stato pertanto quello di determinare un metodo per effettuare una classificazione dell’intero territorio della regione Toscana in base alle diverse condizioni di diffusività atmosferica.

La classificazione è stata condotta prendendo in esame, come parametri meteoclimatici, l’intensità del vento e la turbolenza atmosferica, utilizzando i dati misurati dalle stazioni meteorologiche dislocate sul territorio. Al fine di operare una classificazione su base comunale, è stato attribuito a ciascuna stazione un gruppo di comuni, rappresentati dalle caratteristiche diffusive rilevate dalla stazione stessa. Una volta calcolate le percentuali di accadimento per le classi di stabilità e le classi di velocità del vento, è stato individuato un criterio per determinare un indice di sintesi delle caratteristiche di diffusività atmosferica. Sono stati calcolati due indici parziali, relativi alla stabilità (indice di stabilità) e all’intensità del vento (indice di intensità del vento), e da questi è stato ricavato un unico indice di diffusività, calcolato come media dei due indici.

Si riporta di seguito la mappa degli indici di diffusività atmosferica per ciascun comune della Regione Toscana prodotta dallo studio del LaMMA:

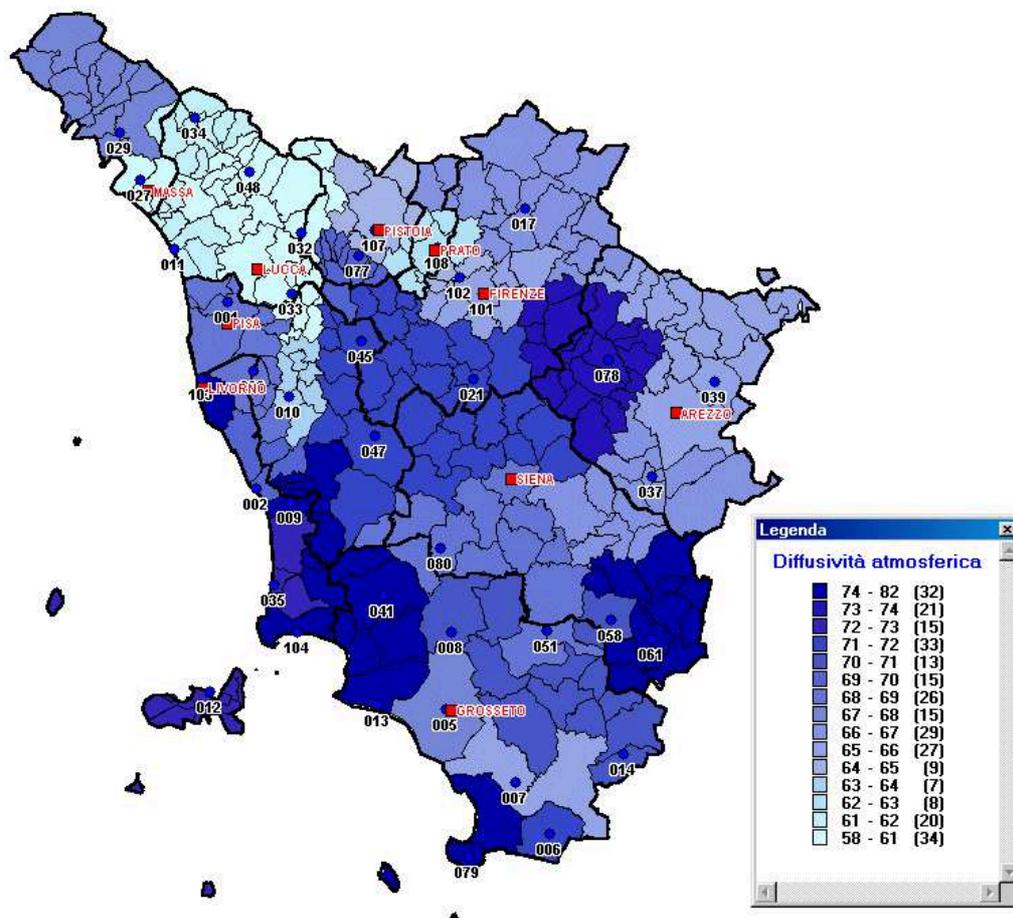


Figura 2.2.3.1 Rappresentazione degli indici di diffusività atmosferica per i comuni della Toscana

Il territorio regionale è stato, quindi, suddiviso in base a tre diverse categorie di classificazione, intese come diffusività alta, media e bassa (vedi figura successiva):

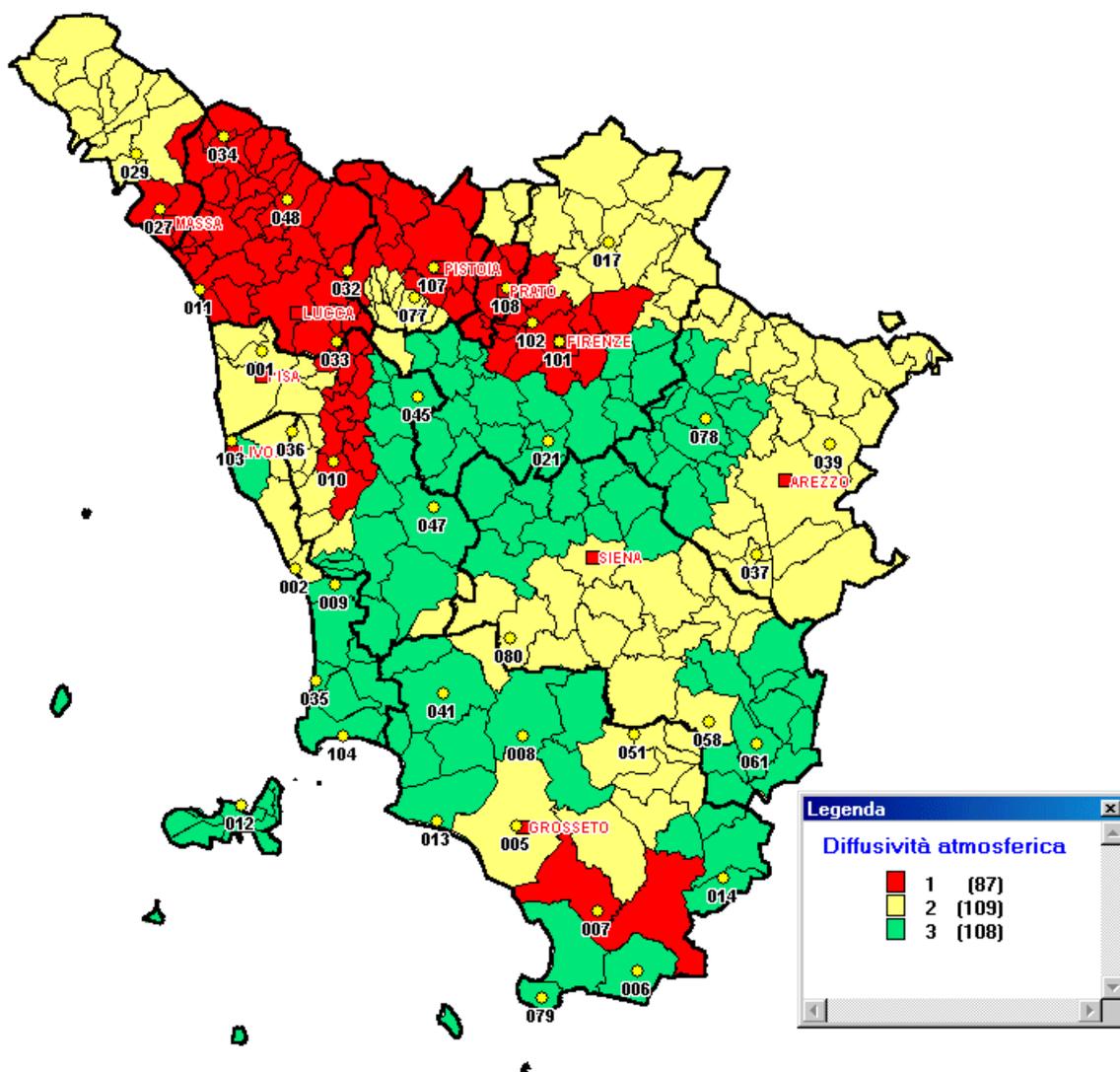


Figura 2.2.3.2 Rappresentazione delle classi di diffusività atmosferica per i comuni della Toscana

Dalle mappe sopra riportate si può osservare che la conca intermontana di Firenze, Prato e Pistoia fa interamente parte della prima classe di diffusività atmosferica che include tutte le aree a ridotta diffusività atmosferica (classe 1); in particolare dalla mappa degli indici di diffusività atmosferica (figura 2.2.3.1) si osserva che i comuni presenti nella parte più centrale della conca e limitrofi al comune di Montale presentano valori dell'indice di diffusività estremamente bassi e più ridotti rispetto a quelli calcolati per gli altri comuni della conca.

1.2.4 Progetto MoDiVaSET

Il progetto MoDiVaSET si inserisce nell'ambito della convenzione tra Regione Toscana e l'Università degli studi di Firenze – Dipartimento di Energetica per lo sviluppo e l'applicazione dei modelli

diffusionali nell'ambito dei piani di risanamento della qualità dell'aria, con particolare attenzione all'area metropolitana di Firenze – Prato – Pistoia (4).

Lo scopo del progetto è stato quello di sviluppare metodologie modellistiche finalizzate a simulare la dispersione in atmosfera di PM₁₀, NO_x e SO_x nell'area metropolitana di Firenze – Prato – Pistoia; obiettivo ultimo del progetto risulta la valutazione di diversi scenari emissivi nell'area di riferimento. L'area di studio prescelta è quella riportata nella figura successiva comprendente la zona che si estende da Incisa a Montecatini in direzione est-ovest e da Barberino del Mugello a Castelfiorentino in direzione nord-sud, per un'estensione totale di 40x49 km².

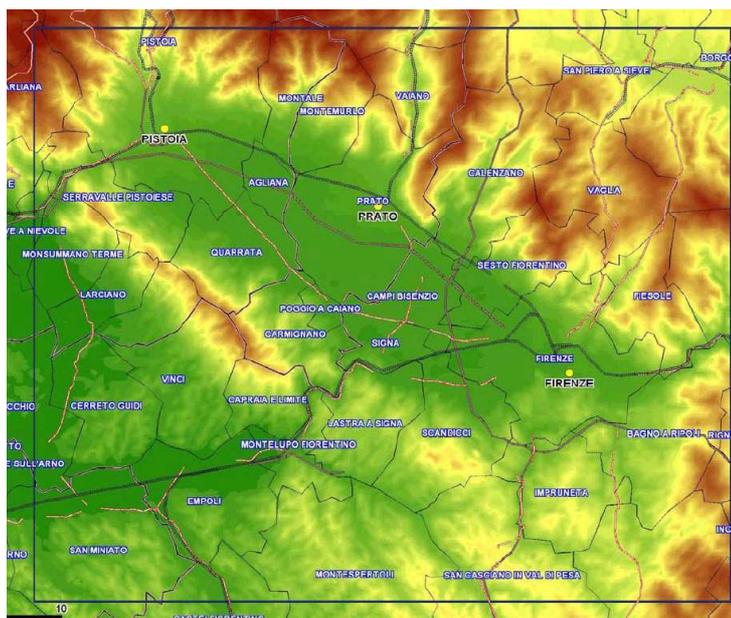


Figura 2.2.4.1. Area di studio del Progetto MoDiVaSET

Le sorgenti emissive presenti nell'area di studio sono state caratterizzate, per lo scenario base, a partire dai dati presenti nell'Inventario Regionale delle Sorgenti Emissive (IRSE 2003). Tali sorgenti sono state suddivise in tre tipologie: le principali sorgenti puntuali, le principali sorgenti lineari (le autostrade A1 ed A11), e le altre sorgenti emissive (simulate come sorgenti areali diffuse); quest'ultima categoria comprende tutte le sorgenti minori non considerate nelle categorie precedenti.

Nello studio vengono presentati i risultati relativi alle simulazioni effettuate in modalità "inquinante inerte" con CALINE4, SAFE AIR e ADMS-Urban successivamente validati anche sulla base dei risultati forniti dal LaMMA relativamente alle simulazioni con CALPUFF e CALGRID.

Sono stati, inoltre, presentati i risultati relativi alle simulazioni in modalità "inquinante reattivo" effettuate con CAMx.

In particolare, a conclusione dello studio viene affermato che, nonostante l'applicazione dei vari modelli scelti abbia fornito risultati incoraggianti per la previsione del carico di inquinanti nell'area di studio, si sono evidenziati tre elementi critici fondamentali:

1. le stazioni di monitoraggio sono spesso posizionate in aree geometricamente molto complesse (effetti di scala locale), ciò diminuisce l'efficacia degli studi di validazione;
2. la non inclusione delle sorgenti esterne al dominio di studio e, quindi, delle concentrazioni di background regionale e continentale è sicuramente uno degli elementi che provoca la sistematica differenza tra valori misurati e calcolati; questo è vero soprattutto per il PM10, per il quale ci si aspettano maggiori livelli di background (proprio per il PM10 sono state evidenziate le maggiori differenze);
3. i livelli di PM10 primario, come evidenziato anche dallo studio tramite CAMx, sono solo una quota parte della concentrazione totale di particolato fine; oltre al background regionale di cui sopra, buona parte del PM10 urbano è prodotto da trasformazioni chimiche e altri fenomeni fisici (ad esempio la risospensione).

I risultati dello studio effettuato appaiono interessanti, non solo relativamente alle conclusioni tratte in relazione ai modelli utilizzabili per la simulazione della concentrazione degli inquinanti in atmosfera nella zona di Firenze – Prato – Pistoia, ma anche relativamente alle conclusioni generali sopra riportate; lo studio, infatti, evidenzia e conferma due risultati interessanti già emersi in altri studi aventi obiettivi molto diversi dal progetto MoDiVaSET: i livelli di concentrazione dei vari inquinanti valutati nel dominio di studio, ma soprattutto del PM10, sono influenzati dal background regionale e continentale ossia da sorgenti di emissione non presenti nella zona oggetto dello studio, inoltre i livelli di PM10 primario rilevati (come evidenziato anche dallo studio tramite CAMx) sono solo una quota parte della concentrazione totale di particolato fine in quanto parte dei livelli di concentrazione rilevati per il PM10 derivano da PM10 di origine secondaria (oltre al background regionale di cui sopra, parte del PM10 è prodotto da trasformazioni chimiche e altri fenomeni fisici).

1.2.5 Progetto ARPAT-PT / USL3-PT “Indagine ambientale e sanitaria nelle aree poste in prossimità dell'impianto di incenerimento di RSU di Montale”

In seguito ad alcuni episodi di superamento dei limiti emissivi di diossine e furani da parte dell'impianto di incenerimento di RSU di Montale, l'amministrazione provinciale ha costituito un tavolo istituzionale composto dalla stessa Provincia di Pistoia, dai Comuni di Montale, Agliana e Quarrata, da ARPAT, dall'Azienda USL 3 e dall'ATO 5; tale gruppo di lavoro ha provveduto ad attivare un tavolo tecnico costituito da ARPAT e Azienda USL che predisponesse un piano di monitoraggio ambientale e sanitario nei comuni di Montale, Agliana e Montemurlo.

Il progetto predisposto dal tavolo tecnico “Indagine ambientale e sanitaria nelle aree poste in prossimità dell'impianto di incenerimento di RSU di Montale” (5) ha avuto come obiettivo, tra gli altri, quello di acquisire adeguate conoscenze relative allo stato dell'ambiente circostante l'impianto di incenerimento di RSU di Montale nonché di valutare lo stato di salute della popolazione esposta alle sue emissioni. Un ulteriore obiettivo del progetto è quello di permettere di seguire, nel tempo, l'evolversi degli aspetti ambientale e sanitario, anche in considerazione delle modifiche impiantistiche ad oggi ipotizzate per l'impianto. Il progetto ha, inoltre, curato gli aspetti

dell'informazione e comunicazione partecipata con la popolazione ed i suoi organismi di rappresentanza.

Le aree e le popolazioni oggetto di studio sono state quelle prossime all'impianto di incenerimento di RSU di Montale e quindi ricomprese nei territori dei comuni di Montale, Agliana e Montemurlo.

Nel suo complesso lo studio si è composto di cinque linee progettuali ognuna delle quali costituita da una o più azioni. Di seguito si riporta una citazione sintetica delle linee progettuali e delle relative azioni:

Linea progettuale/azione	Descrizione	Scopi
LP1	Evoluzione dell'impianto e delle sue emissioni	Conoscere lo stato dell'ambiente circostante l'inceneritore e definire il contributo dell'inceneritore e delle altre possibili fonti emissive presenti nel territorio
LP2	Indagine ambientale	Caratterizzare l'incidenza delle emissioni degli inquinanti emessi dall'inceneritore e la loro successiva ricaduta su alcune matrici ambientali come suolo e vegetazione
A2.1	Controllo delle emissioni	Acquisire informazioni sulle emissioni prodotte dall'impianto di incenerimento di Montale e valutare i contributi di altre fonti emissive presenti nell'area Valutare le prestazioni e la gestione del sistema di monitoraggio in continuo delle emissioni (SMCE) installato presso l'impianto e esaminare i dati di letteratura relativi alla efficacia dei sistemi di campionamento in continuo per microinquinanti organici
A2.2	Campionamento di suoli e vegetazione	- Verificare la previsione fornita dai modelli matematici circa la ricaduta al suolo degli inquinanti di maggiore persistenza ambientale emessi dall'impianto di incenerimento di RSU di Montale attraverso il campionamento e la successiva analisi dei suoli - Verificare, attraverso il campionamento e la successiva analisi delle foglie di Conifere, l'eventuale presenza di PCDD e PCDF sulla cuticola cerosa esterna delle stesse (deposizione recente) o nel loro parenchima fogliare (deposizione pregressa)
A2.3	Analisi di suoli e vegetazione	Implementazione dei modelli per la rappresentazione cartografica di fattori di pressione legati alle emissioni pregresse grazie alle informazioni acquisite con le campagne di rilevamento e indagine dei suoli
A2.4	Biomonitoraggio	Valutare la qualità dell'aria dell'ambiente circostante l'inceneritore mediante tecniche di Biomonitoraggio (Bioindicazione e Bioaccumulo) che stimano gli effetti combinati di più inquinanti sulla componente biologica
LP3	Emissione di inquinanti e produzioni alimentari	Quantificare l'eventuale presenza di inquinanti nelle carni e nelle produzioni animali che siano di accertata provenienza dalle zone che, la modellistica validata, indica come interessate dalla possibile ricaduta delle sostanze emesse dall'inceneritore di Montale
LP4	Indagine sanitaria	Sorveglianza sanitaria di tutta la popolazione potenzialmente esposta, indipendentemente dalla Azienda USL di residenza. Verrà monitorato lo stato di salute dei residenti dei Comuni di Agliana, Montale e Montemurlo
A4.1	Stato di salute della popolazione	Elaborazione dei dati immediatamente disponibili con particolare riferimento alla mortalità.

A4.2	Definizione di un protocollo per la valutazione di impatto sanitario	- Valutazione di altri dati riconducibili a flussi regionali e nazionali (ad es. le schede di dimissioni ospedaliera, i certificati di nascita, le segnalazioni di malformazioni alla nascita, le prestazioni ambulatoriali etc.) e integrazione di tali banche dati al fine di meglio delineare il profilo di salute delle popolazione dei tre comuni secondo un modello predisposto allo scopo. - Valutazione degli aspetti connessi alla georeferenziazione dei dati.
LP5	Comunicazione	Definizione di un sistema di comunicazione con gli stakeholder e la popolazione in merito alla "Indagine ambientale e sanitaria nelle aree poste in prossimità dell'impianto di incenerimento di RSU di Montale"
A5.1	Rapporti con i cittadini	Organizzazione di incontri periodici aperti al pubblico (con cadenza indicativamente trimestrale) per illustrare i risultati dei principali risultati dell' "Indagine"
A5.2	Informazioni e sito web	- Individuazione di una lista di stakeholder considerati quali interlocutori privilegiati della nostra comunicazione e reperimento indirizzi di posta elettronica - Predisposizione di una sezione del sito web dell'A.R.P.A.T. dedicata alla "Indagine ambientale e sanitaria nelle aree poste in prossimità dell'impianto di incenerimento di RSU di Montale" - Invio di una comunicazione mail agli stakeholder con i risultati dei vari elaborati prodotti nell'ambito della "Indagine" via via che sono disponibili - Aggiornamento della sezione del sito web con i risultati dei vari elaborati prodotti nell'ambito della "Indagine" via via che sono disponibili

Tabella 1.2.5.1. Schema delle linee progettuali e delle relative azioni del progetto

Il progetto ha avuto una durata di circa 3 anni (2008 – 2010) e ha avuto termine alla fine dell'anno 2010. Le conclusioni del progetto possono essere così brevemente riassunte:

Il progetto "Indagine ambientale e sanitaria nelle aree poste in prossimità dell'impianto di incenerimento di RSU di Montale" è il primo studio sistematico del territorio circostante l'inceneritore di Montale e, quindi, non si dispone di un adeguato termine di paragone che permetta di definire il reale contributo delle possibili fonti degli inquinanti indagati. Il termine di riferimento dato dalla normativa è tutto ciò di cui si dispone, anche se esso definisce il limite inquinato/non inquinato e non individua, né esclude, i contributi delle diverse sorgenti.

Pur con queste limitazioni, gli ambiti entro cui ricercare possibili relazioni di causa/effetto tra la sorgente emissiva dell'inceneritore ed i contaminanti al suolo indicati dall'estensione areale del modello di ricaduta, appaiono solo in parte confermati.

Per contro, lo studio ha confermato un contesto territoriale fortemente antropizzato evidenziando aree caratterizzate da elementi di alterazione dovuti ad altre e, in molti casi, più importanti sorgenti emmissive: tra tutte la stessa autostrada A11 e, più in generale, il traffico veicolare, ma certamente anche altre fonti che, ad oggi, non è stato ancora possibile individuare.

In altre parole, la condizione ambientale riscontrata non appare correlabile in via esclusiva con la possibile deposizione di emissioni provenienti dall'impianto di incenerimento di Montale il quale, nei diversi periodi della sua attività ha sicuramente determinato un impatto ambientale nel territorio ad

esso circostante, ma sullo stesso territorio insistono altri fattori di pressione che concorrono a determinarne le condizioni complessive.

1.2.6 Studio delle caratteristiche della localizzazione della stazione di PT - Montale (indice β)

Nel documento "PM10 in Toscana - Studio propedeutico alla verifica della rappresentatività delle stazioni di monitoraggio" (riportato all'[allegato 1](#)) predisposto da ARPAT su richiesta della Regione Toscana al fine di integrare e approfondire le informazioni utilizzate per la definizione dell'elenco dei comuni critici, viene effettuato un approfondimento sulla rappresentatività dei dati monitorati estendendo ad un livello territoriale più ampio i dati puntuali delle stazioni di monitoraggio di fondo. In appendice al documento vengono, inoltre, presi in considerazione alcuni studi di letteratura che hanno lo scopo di valutare la rappresentatività delle stazioni di monitoraggio e di estendere i dati misurati a porzioni di territorio più ampie attraverso tecniche di interpolazione geostatistiche. Questi studi sono basati su un indice, denominato indice β , che riassume le caratteristiche di uso del suolo nell'intorno di una stazione, combinate con le emissioni dell'inquinante di interesse. L'indice β è stato calcolato, in via sperimentale, anche per tutte le stazioni di fondo tra le quali anche quella di PT-Montale.

1.2.6.1 Rappresentazione schematica dei livelli di PM10 nella zona Prato - Pistoia

La relazione tra le pressioni e lo stato di qualità dell'aria, rappresentato dalle misure puntuali dei livelli di PM10, è il passaggio necessario per la definizione di una rappresentatività spaziale dei dati. Tuttavia, in attesa dello sviluppo di una catena modellistica che possa costituire per il territorio della Regione Toscana il riferimento mancante in merito alla distribuzione spaziale dei dati di qualità dell'aria ma anche come contributo alla realizzazione del quadro conoscitivo nell'esercizio - proprio delle funzioni dell'Agenzia - di valutazione dei dati di monitoraggio, sono state effettuate alcune valutazioni.

Le medie annuali disponibili per ogni zona sono state riportate su mappa con un raggio di rappresentatività ipotetico basato sui requisiti di rappresentatività previsti dalla normativa per tipologia di stazione:

- stazioni di fondo urbano: area di qualche km²
- stazioni di traffico: 100 metri lungo il bordo della strada
- stazioni industriali: area di un quadrato di 250 m per lato

Sulla scala territoriale trattata le stazioni di traffico e le stazioni industriali portano un contributo puntuale, mentre per le stazioni di fondo sia urbano che periferico o rurale si è scelto di adottare un raggio pari a 3 km che, se è vero che sottende un'area abbastanza estesa rispetto a quanto sostenuto dalla normativa per una stazione di fondo ben posizionata, permette di attribuire una certa copertura territoriale con i dati di fondo disponibili.

Il ragionamento proposto nel documento associa il valore di PM10, attribuito alla superficie di 30 km² intorno alla stazione, a tutto il territorio del Comune che la contiene. Se tale superficie attraversa più comuni, il dato viene esteso a tutti i comuni interessati.

Si tratta come detto di una trattazione molto semplificata e proprio per questo motivo l'unico indicatore considerato è la media annuale che, risultando da un periodo di mediazione lungo, si può considerare un indicatore meno sensibile alle oscillazioni statistiche e con componenti di variazione spaziale gradualmente, almeno nell'ambito delle zone omogenee in cui è suddiviso il territorio regionale. Il numero di superamenti non viene considerato perché, anche se integrato su un anno, si basa su episodi giornalieri e soprattutto su un valore di soglia per cui due livelli di media giornaliera, anche molto vicini tra loro, possono determinare in un caso il superamento nell'altro il non superamento della soglia.

Considerando quindi le medie annuali delle sole stazioni di fondo, calcolate come media dell'indicatore su tutti gli anni disponibili nel periodo preso a riferimento (2007-2011), è stata definita una tabella che contiene i dati di base delle rappresentazioni cartografiche presentate nel documento. Il valore di fondo di zona è stato assunto pari alla media annuale minima registrata nel quinquennio considerato.

Ai fini del presente studio, si riportano di seguito i risultati ottenuti per la sola zona Prato – Pistoia:

Fondo di zona		22 ¹		
Comune		Montale	Pistoia	Prato
Stazione		PT-Montale	PT- Signorelli	PO-Roma
Tipo		RF	UF	UF
Livelli media annuale	10-19			
	20-24			
	25-29		26	29
	30-34			
	35-39	38		
	>=40			

Tabella 1.2.6.1.1 – PM10 livelli di fondo per la zona Prato – Pistoia medie quinquennali

Con il termine “fondo di zona” viene definito un livello di fondo che si aggiunge al fondo regionale di PM10 e che rappresenta il contributo della combinazione di tutte le fonti di una zona che concorrono a determinare un livello di base di PM10 da considerarsi come il livello minimo raggiungibile per la zona. In questo senso la scelta di valore di fondo come valore minimo misurato nel quinquennio considerato risulta essere coerente con la definizione. Il valore di fondo è naturalmente suscettibile di variazioni, ad es. per modifiche sostanziali delle condizioni di emissione, ma è ipotizzabile che variazioni significative siano osservabili soltanto a lungo termine.

¹ Per quanto riguarda l'area geografica, classificata come conca intermontana, che comprende l'Agglomerato di Firenze e la Zona Prato Pistoia, si è ritenuto di attribuire un unico livello di fondo proprio in considerazione della continuità fisica della piana. La media annuale minima per tale area è stata registrata nel 2010 nella stazione di FI-Bassi (UF).

Nella zona di Prato e Pistoia le stazioni di fondo, 1 rurale e 2 urbane, sono tutte confluite in rete regionale. Si tratta di PT-Montale, PT-Signorelli e PO-Roma.

Livelli medi di PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

1	10-19
2	20-24
3	25-29
4	30-34
5	35-39
6	≥ 40

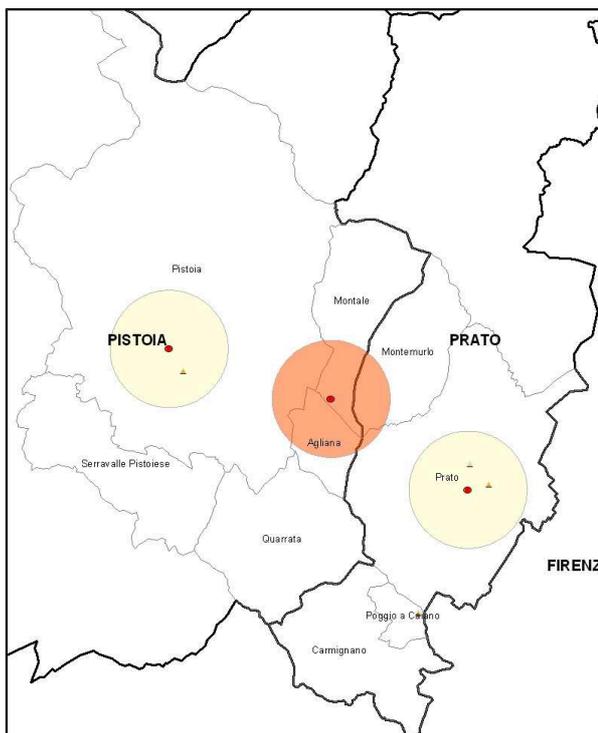


Figura 1.2.6.1.1. Rappresentazione grafica del raggio di rappresentatività per le stazioni di fondo della zona Prato - Pistoia

La stazione di Montale presenta livelli quantomeno interessanti di PM10 rispetto a quanto ci si attenderebbe dal grado di urbanizzazione e dai livelli di pressione che insistono sul comune. La stazione è stata appositamente inserita in rete regionale in quanto oggetto di approfondimenti riguardo alla affidabilità e rappresentatività spaziale del dato. In base ai criteri adottati, l'attribuzione di livelli medi di PM10 per la zona risulta la seguente:

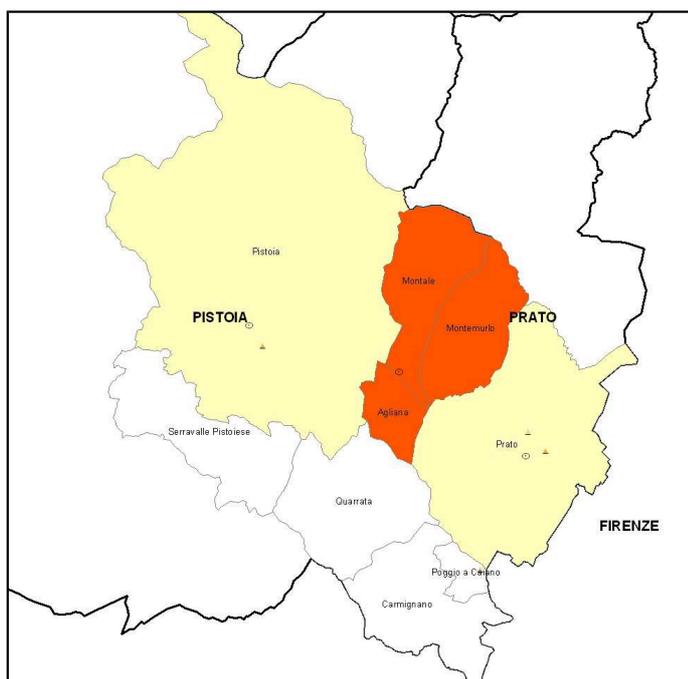


Figura 1.2.6.1.2. Livelli medi di PM10 nella zona Prato - Pistoia

Per la zona Prato - Pistoia si individua una distribuzione dei livelli di PM10 in fasce di concentrazione medio alte, anche se i massimi livelli di concentrazione (Montale) non coincidono con i comuni a maggiori pressioni emmissive.

1.2.6.2. Calcolo dell'indice β per le stazioni della zona Prato - Pistoia

L'indice β è un parametro che può essere associato ad ogni stazione di monitoraggio e che esprime le caratteristiche della localizzazione della stazione stessa sintetizzando in un unico valore le informazioni sull'uso del suolo e sulle pressioni emmissive locali.

Calcolo dell'indice β

L'indice β è stato proposto ed utilizzato in Belgio per la valutazione della rappresentatività spaziale delle stazioni (1a) e per l'interpolazione dei dati di qualità dell'aria (2a). Esso viene calcolato in un raggio di 2 km intorno alla stazione.

$$\beta = \log \left[1 + \frac{\sum_i a_i \cdot n_{RCLi}}{\sum_i n_{RCLi}} \right]$$

n_{RCLi} = numero di pixel nella i-esima classe Corine Land Cover

a_i = coefficiente collegato alle emissioni per la classe i-esima, utilizzato per pesare l'importanza di una particolare classe di uso del suolo rispetto alle concentrazioni degli inquinanti in aria.

L'indice β deve essere perciò calcolato per ogni inquinante di interesse. Al fine di stabilire una relazione tra il potenziale inquinante e le classi di uso del suolo, le classi CLC sono raggruppate in 11 categorie ed abbinate ai settori EMEP delle attività che producono emissioni in atmosfera.

La correlazione tra classi di uso del suolo e settori EMEP è riportata nel dettaglio alle pagine seguenti.

Una volta calcolato per ciascuna stazione l'indice β esso viene messo in relazione con la media annuale di PM10, calcolata come media dell'indicatore su più anni solari. I coefficienti a_i stimati inizialmente attraverso le emissioni nazionali di PM10, vengono ricalcolati ottimizzando la correlazione tra β ed i dati di qualità dell'aria.

Utilizzo dell'indice β per valutare la rappresentatività spaziale di un sito – applicazione alla zona Prato - Pistoia

Al fine della valutazione della rappresentatività, l'indice β viene calcolato sulle celle di una griglia di 3x3 km² ricadenti in un raggio di 7,5 km intorno alla stazione. La rappresentatività è valutata in base ai parametri statistici di variabilità di β all'interno della griglia (valore massimo, valore minimo, media, deviazione standard, valore di β calcolato per la stazione) che viene assunta come indicativa della

variabilità del dato di qualità dell'aria. In questo senso l'indice può essere utilizzato per valutare la rappresentatività della stazione su un'area continua intorno alla stazione

I lavori citati riguardano in particolare il territorio del Belgio dove la distanza media tra le stazioni è di 25 km e le metodologie descritte non sembrano del tutto applicabili alla situazione Toscana.

Tuttavia l'idea di utilizzare un indice β così concepito è stata ripresa per la valutazione della rappresentatività delle stazioni anche da ENEA, nell'ambito di una collaborazione con Ministero CNR e ISS, finalizzata all'avvio delle reti speciali di cui al D.Lgs 155/2010.

Tutta la trattazione effettuata di seguito ha come oggetto il PM10 perciò l'indice β è stato calcolato sul raggio di 3 km con una parametrizzazione legata alle emissioni di PM10 della zona di appartenenza della stazione. Di seguito sono riportati alcuni dettagli del calcolo effettuato.

Nelle tabelle successive sono esplicitati i dati di base utilizzati: le classi Corine Land Cover con la relativa aggregazione in macroclassi secondo l'algoritmo proposto per il calcolo di β , ed i macrosettori EMEP, utilizzati per fornire una prima stima dei coefficienti a_i . I colori riportati in legenda sono utilizzati in tutte le mappe che seguono nel documento.

I risultati del calcolo sono riportati in tabella 1.2.6.2.4.

EMEP CORINAIR - Nomenclatura SNAP97	
MACROSETTORE 1	Combustione: Energia e Industria di Trasformazione
MACROSETTORE 2	Combustione non industriale
MACROSETTORE 3	Combustione nell'industria
MACROSETTORE 4	Processi produttivi
MACROSETTORE 5	Estrazione e distribuzione di combustibili fossili/ geotermia
MACROSETTORE 6	Uso di solventi e altri prodotti
MACROSETTORE 7	Trasporto su strada
MACROSETTORE 8	Altre sorgenti mobili e macchinari
MACROSETTORE 9	Trattamento e smaltimento rifiuti
MACROSETTORE 10	Agricoltura
MACROSETTORE 11	Altre sorgenti e assorbimenti

Tabella 1.2.6.2.1 – Dati di base - macrosettori EMEP

CORINE3		
	[111]	zone residenziali continue
	[112; 141; 142]	zone residenziale discontinue e aree verdi artificiali
	[121]	aree industriali commerciali e di servizi
	[122]	reti stradali ferroviarie e infrastrutture
	[123]	aree portuali
	[124]	aeroporti
	[131-133]	zone estrattive, cantieri, discariche
	[211-213]	seminativi
	[22-223; 231; 241-243]	zone agricole
	[311-313; 321-324; 331-334]	zone boscate e ambienti semi-naturali
	[411; 421; 511-512; 521]	zone umide e corpi idrici

Tabella 1.2.6.2.2. Dati di base - classi Corine Land Cover (aggregazione in macroclassi per il calcolo di β)

Coefficiente	Cod. Corine3	Descrizione	Cod. EMEP	Descrizione	Valore
a1	111	Aree residenziali continue	M2	Combustione non industriale	1
a2	112, 141, 142	Aree residenziali discontinue e aree verdi artificiali	M2	Combustione non industriale	1
a3	121	Aree industriali commerciali e di servizi	M3, M4	Combustione nell'industria e Processi produttivi	$(M3+M4)/M2$
a4	122	Reti stradali ferroviarie e infrastrutture	M7	Trasporto su strada	$M7/M2$
a5	123	Aree portuali	M8	Altre sorgenti mobili e macchinari	$M8/M2$
a6	124	Aeroporti	M8	Altre sorgenti mobili e macchinari	$M8/M2$
a7	131-133	Zone estrattive, cantieri, discariche	M1, M4, M5, M9	Combustione energia e industria di trasformazione /Processi produttivi/ Estrazione e distribuzione di combustibili fossili/ geotermia /Trattamento e smaltimento rifiuti	$(M1+M4+M5+M9)/M2$
a8	211-213	Seminativi	M10	Agricoltura	$M10/M2$
a9	222-223, 231, 241-243	Zone agricole	M10	Agricoltura	$M10/M2$
a10	311-313, 321-324, 331-334	Zone boscate e ambienti seminaturali	M11	Altre sorgenti e assorbimenti	$M11/M2$
a11	411, 421, 511-512, 521	Zone umide e corpi idrici	M11	Altre sorgenti e assorbimenti	$M11/M2$

Tabella 1.2.6.2.3. Dati per la stima iniziale dei coefficienti per il calcolo di β)

Zona	Stazioni	Indice β
Zona Prato-Pistoia	Signorelli	0,173
	Montale	0,174
	Roma	0,256

Tabella 1.2.6.2.4. Valori risultanti di β per le stazioni di fondo della zona Prato - Pistoia, secondo la metodologia originale

Il calcolo si limita alla stima iniziale dell'indice senza ulteriore ottimizzazione dei coefficienti attraverso la ricerca statistica del miglior fit tra β e i dati di PM10.

Questa prima elaborazione, effettuata utilizzando le corrispondenze tra uso del suolo e macrosettori EMEP, ha messo in luce la sottovalutazione della sorgente traffico in particolare e del contributo emissivo delle aree urbane più in generale. Il macrosettore 7 viene infatti associato al solo utilizzo del suolo come reti stradali ferroviarie e infrastrutture (codice CORINE 122) che copre aree generalmente trascurabili o scarsamente significative. Il macrosettore 7 comprende, invece, anche tutto il traffico urbano che, tra l'altro, è una componente significativa delle emissioni da aree urbane sia continue che discontinue. Limitandoci nel nostro caso alla stima iniziale dell'indice β e non effettuando quindi l'ottimizzazione dei coefficienti, si è ritenuto importante modificare questa relazione associando ai coefficienti 1 e 2 relative al tessuto urbano, oltre al riscaldamento domestico, la componente urbana delle emissioni da traffico.

Così facendo il macrosettore 7 viene scorporato in due componenti: la componente urbana $7u$ e quella extraurbana o autostradale $7nu$ e la stima dei coefficienti per il calcolo di β viene effettuata come illustrato nella seguente tabella.

Coefficiente	Cod. Corine3	Descrizione	Cod. EMEP	Descrizione	Valore
a1	111	Aree residenziali continue	M2, M7u	Combustione non industriale, Trasporto su strada (urbano)	1
a2	112, 141-142	Aree residenziali discontinue e aree verdi artificiali	M2, M7u	Combustione non industriale, Trasporto su strada (urbano)	1
a3	121	Aree industriali commerciali e di servizi	M3, M4	Combustione nell'industria e Processi produttivi	$(M3+M4)/(M2+M7u)$
a4	122	Reti stradali ferroviarie e infrastrutture	M7nu	Trasporto su strada	$M7nu/(M2+M7u)$
a5	123	Aree portuali	M8	Altre sorgenti mobili e macchinari	$M8/(M2+M7u)$
a6	124	Aeroporti	M8	Altre sorgenti mobili e macchinari	$M8/(M2+M7u)$
a7	131-133	Zone estrattive, cantieri, discariche	M1, M4, M5, M9	Combustione energia e industria di trasformazione /Processi produttivi/ Estrazione e distribuzione di combustibili fossili/ geotermia /Trattamento e smaltimento rifiuti	$(M1+M4+M5+M9)/(M2+M7u)$
a8	211-213	Seminativi	M10	Agricoltura	$M10/(M2+M7u)$
a9	222-223, 231, 241-243	Zone agricole	M10	Agricoltura	$M10/(M2+M7u)$
a10	311-313, 321-324, 331-334	Zone boscate e ambienti seminaturali	M11	Altre sorgenti e assorbimenti	$M11/(M2+M7u)$
a11	411, 421, 511-512, 521	Zone umide e corpi idrici	M11	Altre sorgenti e assorbimenti	$M11/(M2+M7u)$

Tabella 1.2.6.2.5. Dati per la stima dei coefficienti secondo la modifica proposta

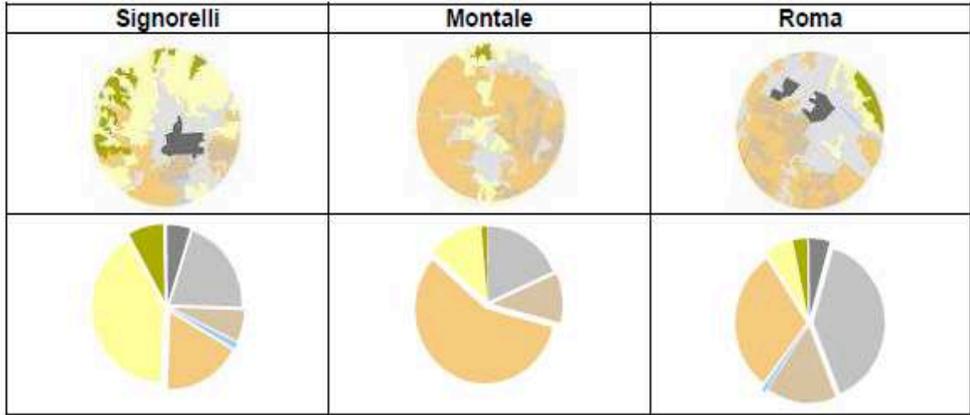
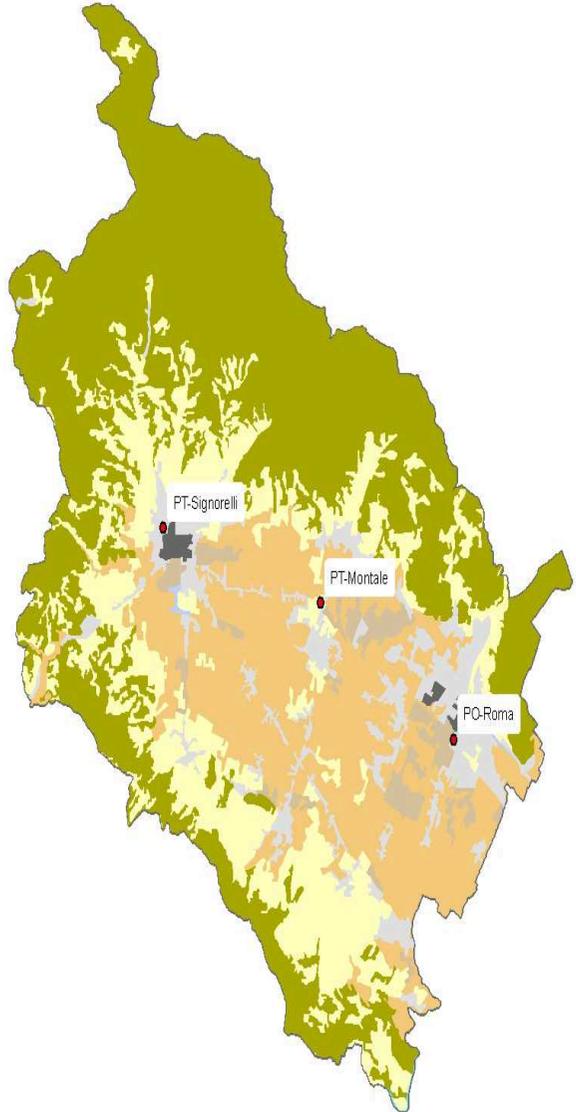
Di seguito sono riportati i risultati del calcolo di β ottenuti per la sola zona Prato - Pistoia con la metodologia modificata sintetizzati in una scheda grafica. Nelle scheda sono riportati:

per zona:

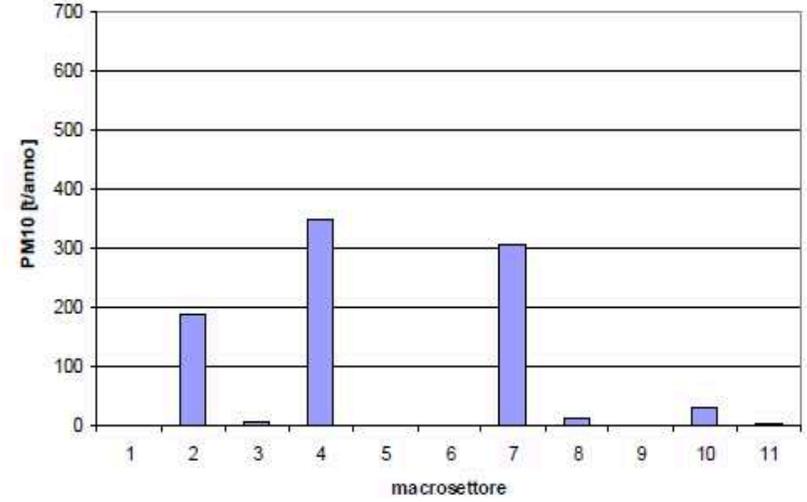
- la mappa complessiva di uso del suolo della zona, secondo le aggregazioni e la legenda della tabella sulla quale sono indicate le stazioni prese in considerazione
- le emissioni di PM10 per macrosettore in t/anno relative alla zona

e per stazione:

- la rappresentazione dell'uso del suolo nella superficie di raggio prescelto. Le immagini relative ad ogni stazione rappresentano perciò la superficie della mappa di uso del suolo ritagliata nel raggio di 3 km intorno alle coordinate geografiche della stazione stessa.
- la ripartizione percentuale su tale superficie delle aree ricoperte dalle varie tipologie di uso del suolo (% urbana, agricola naturale ecc.), rappresentata con grafico a torta



Emissioni zona Prato Pistoia



Indice beta

0,144	0,137	0,218
-------	-------	-------

L'analisi della correlazione tra il valore medio di PM10 misurato da tutte le stazioni di fondo e l'indice β di uso del suolo calcolato in un raggio di 3 km intorno alla centralina effettuata per tutte le stazioni di fondo di ciascuna zona ha portato alla classificazione delle caratteristiche di dispersione dei siti di monitoraggio esaminati in quattro categorie a seconda del fondo di zona cui è esposta la stazione individuato dallo studio e delle caratteristiche di dispersione del sito in cui la stazione è ubicata. In particolare, per la zona Prato – Pistoia, le stazioni di PT-Signorelli e PO-Roma rientrano nella categoria delle stazioni collocate in un'area con fondo alto e in siti che presentano condizioni di dispersione favorevoli mentre la stazione di PT-Montale è collocata nella stessa zona con fondo alto ma in un sito con condizioni di dispersione più sfavorevoli.

Le conclusioni cui si giunge nello studio "PM10 in Toscana - Studio propedeutico alla verifica della rappresentatività delle stazioni di monitoraggio" sembrano dare una buona interpretazione del fatto che le stazioni di Signorelli e Roma pur essendo collocate in una zona con alti indici di pressione per il PM10 registrino valori medio-alti di concentrazione rispetto a tutte le stazioni di fondo analizzate mentre la stazione di Montale, pur essendo collocata nella stessa zona, registri valori di concentrazione del PM10 molto elevati rispetto alla media delle stazioni di fondo analizzate.

1.3 Analisi dei dati disponibili: la qualità dell'aria nella zona Prato-Pistoia

Il monitoraggio della qualità dell'aria e dei parametri meteorologici effettuato presso le centraline fisse e con i mezzi mobili nella zona Prato - Pistoia ha prodotto negli anni numerosi dati; nei paragrafi successivi verranno analizzati i dati di concentrazione di PM10 monitorati nel corso degli ultimi anni (2005-2013). I dati delle campagne sono da considerarsi significativi in questo contesto proprio perché portano un contributo di conoscenza in zone non monitorate, ma devono essere valutati con le dovute cautele. Infatti essi hanno una valenza diversa dai valori misurati in stazioni fisse con una copertura di almeno il 90% dell'anno di riferimento. Per quanto riguarda la media si ottiene un valore che può rappresentare approssimativamente la media annuale solo quando la campagna si è svolta secondo determinati requisiti di copertura temporale sia quantitativi che di distribuzione nelle diverse stagioni dell'anno solare. A livello normativo i requisiti di qualità per le campagne indicative prevedono una copertura minima del 14% con distribuzione equa nell'arco dell'anno interessando tutte le stagioni e su base settimanale. Nella presente analisi i dati sono proposti con il significato di valori medi di campagna in quanto, per riferirsi ad un'informazione il più possibile completa, sono prese in rassegna tutte le campagne effettuate nel periodo senza distinzione per durata e rappresentatività temporale. Il numero di superamenti, relativo al periodo del monitoraggio, non può essere valutato in quanto ancora più sensibilmente dipendente dal periodo in cui la campagna si è svolta e ancora meno confrontabile con i limiti annuali rispetto alla media. Il dato dei superamenti riferito a livello annuale richiederebbe operazioni poco affidabili di estrapolazione.

I valori misurati presso le stazioni fisse di fondo della zona evidenziano una situazione tranquillamente al di sotto dei limiti per quanto riguarda Pistoia-Signorelli, mentre la stazione di Prato, che pure rispetta il limite della media annuale per tutto il periodo osservato, si assesta su valori più elevati e presenta un numero di superamenti vicino ed in alcuni casi superiore al limite. Ciò probabilmente dipende in parte dal maggior grado di urbanizzazione rispetto a Pistoia ed in parte dalla maggiore influenza del centro attrattore fiorentino.

L'anomalia di questa zona è rappresentata dalla stazione di Montale, stazione rurale di fondo con valori decisamente elevati di PM10 per il quale si hanno dati vicini o superiori al limite per la media annuale ed il mancato rispetto del limite sul numero di superamenti, quest'ultimo in tutti gli anni osservati.

Dai dati di PM10 rilevati nel corso delle campagne di monitoraggio effettuate con mezzo mobile nella zona Prato-Pistoia si osserva che le campagne si collocano in genere al di sotto della media di periodo per le stazioni delle province di Prato e Pistoia rilevate nei vari anni; tra i valori rilevati il più elevato è relativo ad una campagna svolta interamente in periodo invernale a Poggio a Caiano nella postazione di traffico urbano di via Soffici. Nella stessa postazione campagne prolungate o distribuite su tutto l'arco dell'anno, svolte negli anni successivi, hanno fornito valori medi decisamente inferiori.

1.3.1 Analisi dei dati di monitoraggio delle stazioni di rete regionale e provinciale nella zona Prato-Pistoia

Di seguito vengono esaminati i valori di PM10 misurati nella zona Prato-Pistoia sia presso le stazioni di rete regionale che in quelle provinciali nel corso degli anni 2005-2013, nonché nel corso delle campagne effettuate con mezzi mobili.

Nella tabella seguente per ciascun comune appartenente alla zona Prato-Pistoia viene indicata la media annuale dei dati di monitoraggio distinta per tipologia: REG dati da stazioni di rete regionale, PROV dati da stazioni di rete provinciale. Può verificarsi il caso che in alcuni comuni siano contemporaneamente presenti dati delle diverse tipologie. Nella tabella successiva viene riportato, invece, il numero di superamenti. Sono state riportate solo le serie di dati che raggiungono il rendimento annuale del 90%².

² copertura temporale minima (al netto delle perdite di dati dovute alla taratura periodica o alla manutenzione ordinaria) in accordo con i criteri di qualità definiti nella normativa vigente

Stazione	Rete	Tipo	Prov.	Comune	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
PO-Roma	REG	UF	PO	Prato	31	39	*	26	25	31	30	30	27
PO-Ferrucci	REG	UT	PO	Prato	*	*	*	32	34	33	35	31	30
PT-Montale	REG	RF	PT	Montale	40	40	42	39	*	*	34	34	29
PT-Signorelli	REG	UF	PT	Pistoia	**	**	**	**	*	26	25	24	23
PT-Zamenhof	PROV	UT	PT	Pistoia	38	37	35	34	35	31	***	***	***
PO-Strozzi	PROV	UT	PO	Prato	29	36	35	27	28	32	***	***	***
PO-XX Settembre	PROV	UT	PO	Poggio a C.	44	38	35	34	31	31	***	***	***

Tabella 1.3.1.1. Medie annuali PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – zona Prato - Pistoia

Stazione	Rete	Tipo	Prov.	Comune	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
PO-Roma	REG	UF	PO	Prato	50	72	*	29	27	30	43	43	35
PO-Ferrucci	REG	UT	PO	Prato	*	*	*	41	51	45	50	44	37
PT-Montale	REG	RF	PT	Montale	77	76	82	70	*	*	65	63	45
PT-Signorelli	REG	UF	PT	Pistoia	**	**	**	**	*	19	25	22	28
PT-Zamenhof	PROV	UT	PT	Pistoia	74	65	61	51	57	41	***	***	***
PO-Strozzi	PROV	UT	PO	Prato	30	59	52	35	31	36	***	***	***
PO-XX Settembre	PROV	UT	PO	Poggio a Caiano	96	65	40	39	53	34	***	***	***

Tabella 1.3.1.2. Numero di superamenti della soglia annuale di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come concentrazione media giornaliera di PM10 – zona Prato - Pistoia

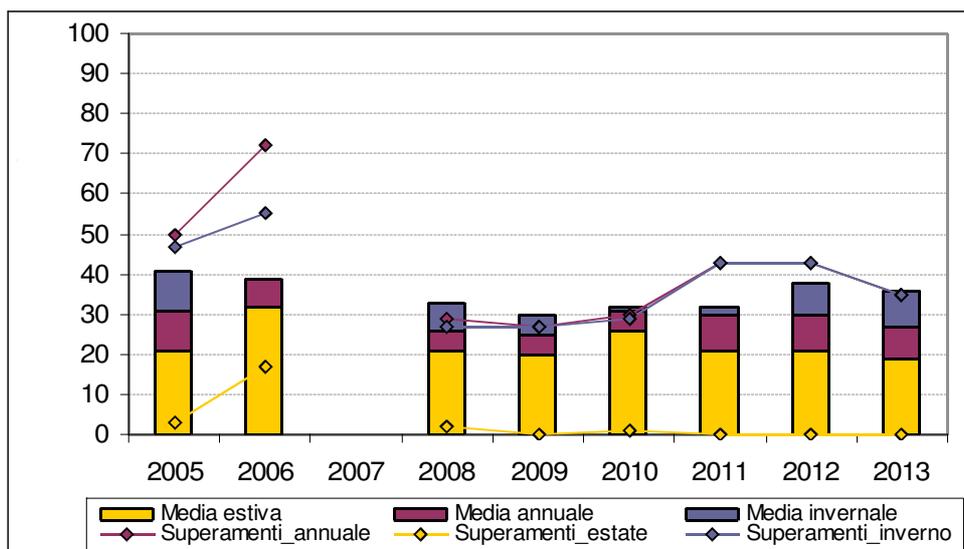
* L'indicatore non è disponibile perché la serie di dati relativa non ha raggiunto il 90% di dati validi come richiesto dalla norma

** Analizzatore non presente nella stazione

*** Monitoraggio non effettuato - la stazione non fa parte della rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria, attiva dall'anno 2011 (DGRT 1025/2010)

Analizzando in particolare i dati monitorati dalle stazioni di fondo presenti nella zona Prato – Pistoia (tra queste si trovano anche quelle di tipo “urbana” sulla base delle cui misurazioni viene determinato il livello medio di concentrazione che riflette l’esposizione della popolazione - indicatore di esposizione media), si osserva per tutte le centraline che i superamenti del limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ si riscontrano prevalentemente nel periodo invernale sebbene in generale si registri presso la centralina di Montale un numero di superamenti generalmente maggiore.

I valori calcolati per le medie annuali di PO-Roma non sono troppo dissimili da quelli rilevati a PT-Montale mentre si può notare una notevole differenza con quelli di PT-Signorelli, inferiori rispetto alle altre due centraline. Sebbene i valori di media annuale della stazione di Prato e quelli di Montale non siano molto diversi tra loro si può osservare una notevole differenza tra i valori della media invernale; nel periodo invernale, infatti, i dati di concentrazione di PM10 registrati dalla centralina di Montale presentano valori anche molto elevati i quali danno origine a medie invernali con valori anomali rispetto a quelli delle altre centraline di fondo della zona (vedi grafici e tabelle successive).



Figura

1.3.1.1.

PO-Roma - Andamenti medie(µg/m³) e numero superamenti

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
µg/m³	31	39	34	26	25	31	30	30	27
media estiva	21	32	23	21	20	26	21	21	19
media invernale	41	39	41	33	30	32	32	38	36
superam anno	50	72	**	29	27	30	43	43	35
superam estate	3	17	**	2	0	1	0	0	0
superam inverno	47	55	**	27	27	29	43	43	35

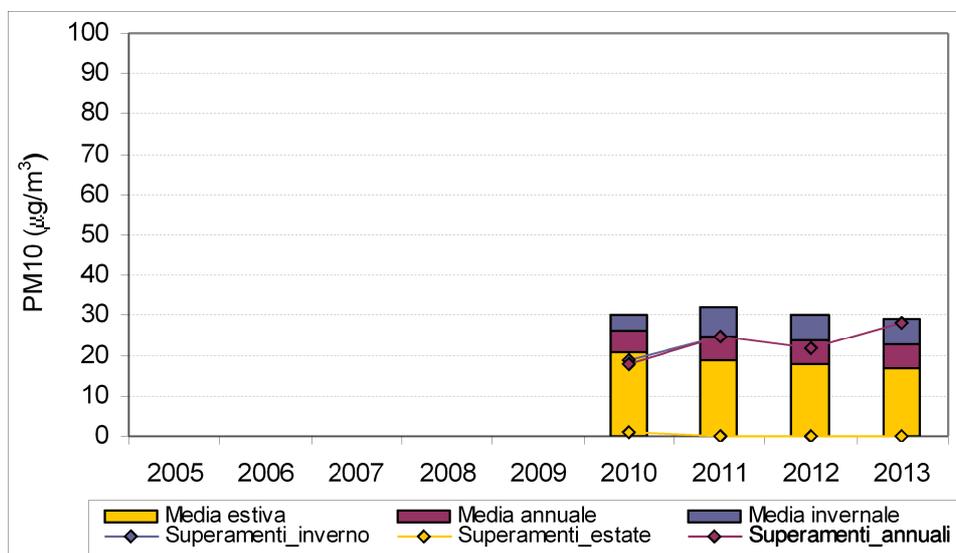


Figura 1.3.1.2. PT-Signorelli - Andamenti medie e numero superamenti

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
media annuale	*	*	*	*	**	26	25	24	23
media estiva	*	*	*	*	**	21	19	18	17
media invernale	*	*	*	*	**	30	32	30	29
superam anno	*	*	*	*	**	19	25	22	28
superam estate	*	*	*	*	**	1	0	0	0
superam inverno	*	*	*	*	**	18	25	22	28

* Analizzatore PM10 assente

** Numero dati validi < 90%

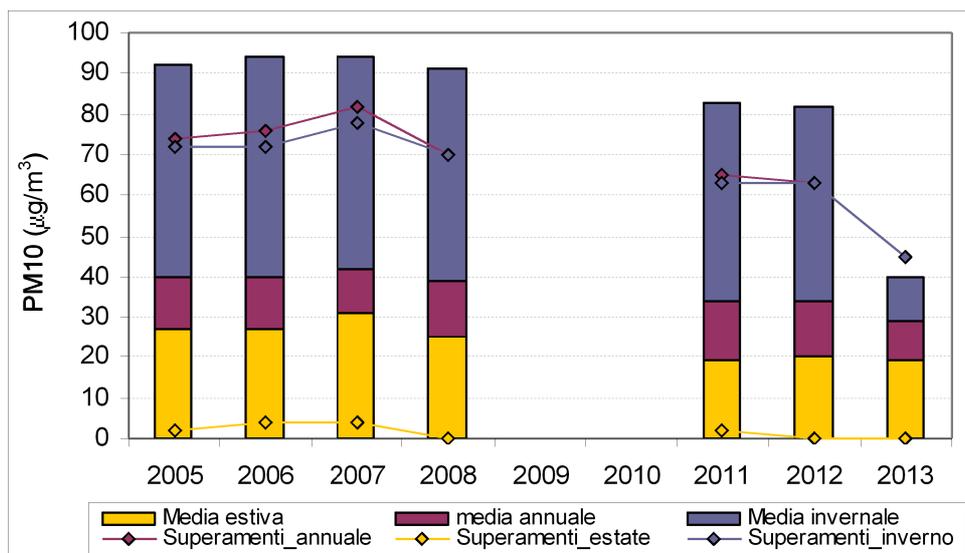


Figura 1.3.1.3. PT-Montale - Andamenti medie ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) e superamenti

		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
PT-MONTALE	media annuale	40	40	42	39	*	*	34	34	29
	media estiva	27	27	31	25	*	*	19	20	19
	media invernale	92	94	94	91	*	*	83	82	40
	superam anno	74	76	82	70	*	*	65	63	45
	superam estate	2	4	4	0	*	*	2	0	0
	superam inverno	72	72	78	70	*	*	63	63	45

* Numero dati validi < 90%

Il valore del rapporto tra la media invernale e quella estiva rilevato per la stazione di Montale risulta essere molto sbilanciato verso la media invernale la quale risulta essere, per tutti gli anni, circa 3 – 4 volte superiore a quella estiva (ad eccezione dell'anno 2013). Tale rapporto non si rileva, invece, per le altre stazioni di fondo della zona Prato – Pistoia (PO – Roma e PT – Signorelli) per le quali la media invernale risulta essere al massimo due volte superiore rispetto a quella estiva (vedi grafico successivo).

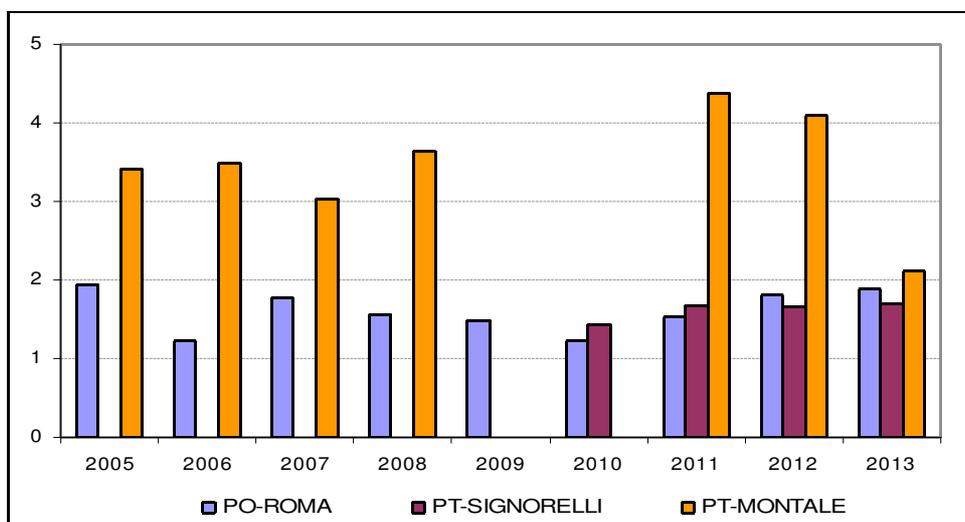


Figura 1.3.1.4. Rapporto media invernale/media estiva PM10

I dati riportati evidenziano il rispetto dei limiti nella stazione di Pistoia (PT- Signorelli), mentre nella stazione di Prato (PO-Roma), che pure rispetta il limite della media annuale per tutto il periodo osservato, si rilevano valori della media annuale più elevati e un numero di superamenti della media giornaliera vicino ed in alcuni casi superiore al limite. Anomala appare la stazione di Montale.

Vista la singolarità dei livelli di PM10 riscontrati presso la centralina di PT-Montale, si è proceduto al confronto tra i livelli di concentrazione del PM10 e i livelli di concentrazione dell'NO₂ registrati presso la stazione; il rapporto tra i due inquinanti può, infatti, variare molto a seconda delle fonti, antropiche o naturali, che incidono in modo diretto o indiretto sulla qualità dell'aria monitorata. Per la stazione di Montale si può osservare un rapporto PM10/NO₂ molto sbilanciato rispetto al PM10 il quale risulta avere una media relativamente agli anni 2005 – 2013 in media circa due volte superiore a quella dell'NO₂; tale tipo di rapporto non si riscontra, invece, per tutte le altre stazioni di fondo appartenenti alla rete regionale, fatta eccezione per la stazione rurale fondo di AR – Casa Stabbi (vedi grafico successivo).

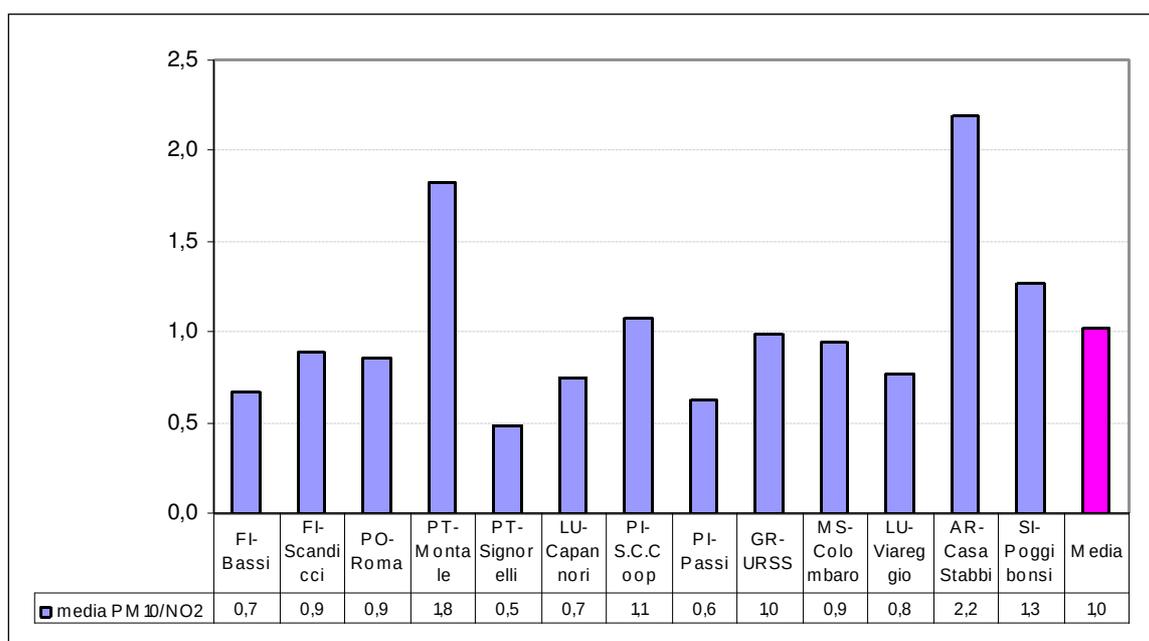
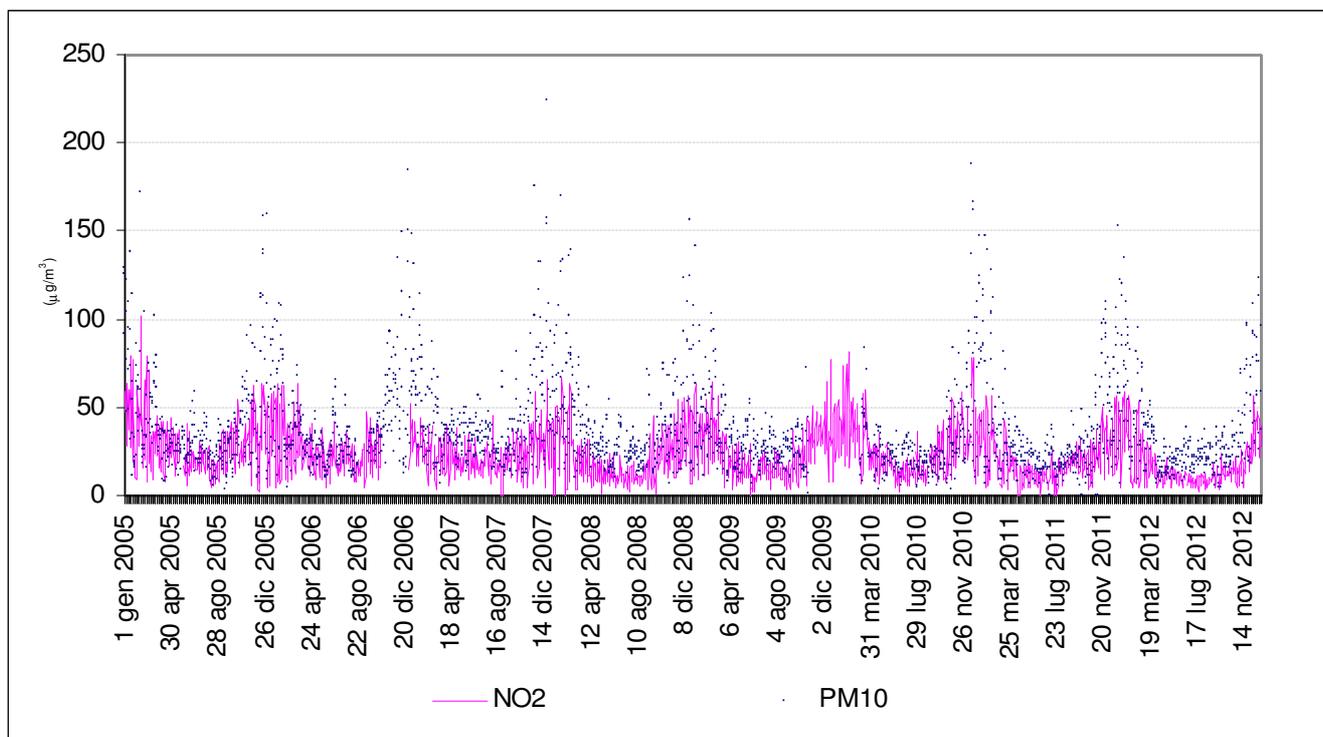


Figura 1.3.1.5. Rapporto medio PM10/NO₂ stazioni di fondo della rete regionale_anni 2007-2013

Si ricorda che AR – Casa Stabbi è la stazione di fondo di riferimento regionale e che, vista la sua localizzazione in zona rurale, in generale il PM10 misurato presso questa centralina è in massima parte derivante da fonti indirette di emissione di tipo antropico e da fonti dirette di tipo naturale. E' ipotizzabile, quindi, che il valore elevato del rapporto tra i dati annuali di PM10 e NO₂ riscontrato per la centralina di PT-Montale, in analogia a quanto detto per la stazione di Arezzo, sia in parte rapportabile al fatto che parte del valore di concentrazione di PM10 registrati nel corso dell'anno sia correlabile a fonti di emissione indirette.

Nel grafico successivo vengono riportati i valori giornalieri dei livelli di concentrazione di PM10 e NO₂ rilevati nel periodo 2005 – 2013; si può osservare un andamento simile tra i due inquinanti con valori medi giornalieri di PM10 generalmente superiori a quelli dell'NO₂; in particolare nel periodo invernale si osservano valori della media giornaliera di PM10 3 – 4 volte superiori a quelli dell'NO₂.

Figura 1.3.1.6. Andamento PM10-NO₂_PT-Montale



Questa caratteristica è tipica della stazione di Montale; in altri siti analoghi, infatti, la media di PM10 nel periodo autunno – inverno è di norma circa il doppio della media estiva.

Inoltre, relativamente agli anni 2005 – 2013, il rapporto PM10/NO_x osservabile per la stazione di Montale risulta maggiore rispetto al valore medio rilevabile per le stazioni di fondo e, quindi, maggiormente sbilanciato rispetto al PM10.

	PT-Montale	Media stazioni di fondo
PM10/NO _x	1,0	0,7

Lo stesso sbilanciamento a favore del PM10 si può osservare per il rapporto tra le emissioni di NO_x e PM10 che provengono dalla combustione domestica di combustibili vegetali in caminetti e stufe tradizionali, diversamente da quanto accade per le attività di riscaldamento con caldaie a gasolio e per il traffico veicolare (preso come valore medio di emissione per il parco veicolare circolante). In generale le quantità ed il rapporto relativo degli inquinanti primari PM10 e ossidi di azoto sono molto dipendenti dalla sorgente emissiva; di seguito si riportano i valori del rapporto PM10/NO_x ottenuti in base ai valori dei fattori di emissione della CorInAIR Guidebook³: 2013:

³ La guida EMEP/AEA CorInAIR fornisce indicazioni tecniche su come compilare un inventario delle emissioni in atmosfera. La Guida è pubblicata dalla AEA con la Task Force CLRTAP sugli inventari delle emissioni e Proiezioni.

	Caminetti¹	Stufe tradizionali²	Riscaldamento con caldaie alimentate a gasolio³	Incenerimento rifiuti⁴	Traffico veicolare⁵
Rapporto PM10/NOx	in media 17/1	in media 15/1	in media 1/50	in media 1/400	in media 1/12

Riferimenti Corinair Guidebook 2013:

1. Tab. 3-14, cap. 1.A.4 Small combustion; 2. Tab. 3-17, cap. 1.A.4 Small combustion; 3. Tab. 3-21, cap. 1.A.4 Small combustion; 4. Tab. 3-1, cap. 5.C.1.a Municipal waste incineration; 5. Tab. 3-6, cap. 1.A.3.b Road transport

Tabella 1.3.1.3. Valori del rapporto PM10/NOx da diversa fonte emissiva

In base a quanto sopra illustrato, oltre all'ipotesi di influenza di fonti indirette sui livelli di concentrazione di PM10 rilevati presso la centralina di Montale appare plausibile ipotizzare una relazione tra i livelli di PM10 e le emissioni derivanti da sorgenti di emissione locali quali attività di combustione, in particolare di biomasse solide, con sistemi di combustione a ridotta efficienza.

Un ulteriore fattore da tenere in considerazione nella valutazione dei livelli di PM10 riscontrati presso la centralina di Montale è la presenza della ferrovia ad una distanza di circa 200 metri dalla stazione di monitoraggio per cui non sono da escludere eventuali fenomeni di risollevarimento di polveri che possono ulteriormente contribuire ad innalzare il rapporto PM10/NO₂.

1.3.1.1 I monitoraggi con mezzo mobile nella zona Prato-Pistoia: i risultati

Al fine di approfondire e avere un quadro completo delle concentrazioni di PM10 rilevate nella zona Prato-Pistoia sono stati esaminati anche i risultati ottenuti nel corso delle campagne di monitoraggio effettuate con mezzo mobile nella stessa zona.

Non sono state effettuate campagne di monitoraggio nel territorio della Provincia di Pistoia nel corso degli ultimi anni; per quanto riguarda, invece, la provincia di Prato è stato eseguito, nel corso degli anni 2007-2011, un programma di monitoraggio-spot con analizzatore in continuo del parametro PM10 in alcune postazioni individuate nei comuni di Montemurlo, Poggio a Caiano e Prato. Il monitoraggio ha avuto la finalità di indicare l'entità di inquinamento da PM10 nei vari siti in relazione alla media di rete rilevata dal sistema delle centraline fisse della rete provinciale per il monitoraggio della qualità dell'aria.

In particolare, il programma di campionamento per l'anno 2010 ha previsto un mese di misura per ogni postazione per un totale di 4 mesi di misura per ogni postazione al fine di ottenere una copertura di ca. 120 gg/anno pari ad una efficienza del 33%, distribuiti in modo omogeneo in tutto l'anno solare. In tal modo, al netto delle inevitabili perdite di dati dovute ai fermi per lo spostamento del mezzo e ad eventuali guasti alla strumentazione, si può avere la ragionevole certezza di ottenere un'efficienza maggiore del 14%, limite minimo di copertura temporale previsto dall'Allegato I del DLgs 155/2010 per le misure indicative. Le postazioni di campionamento si collocano all'interno della zona Prato – Pistoia e sono state così individuate: la prima nel Comune

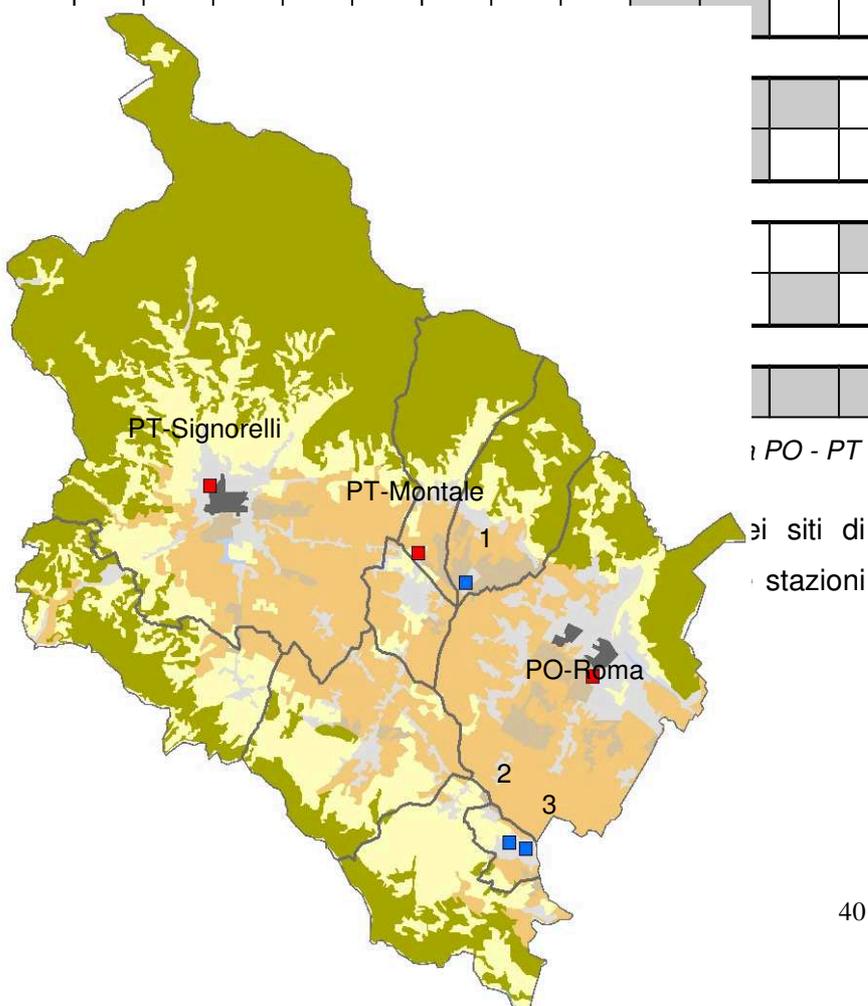
di Montemurlo con classificazione assimilabile ad urbana-fondo, la seconda nel Comune di Poggio a Caiano con classificazione assimilabile ad urbana-traffico.

Nella tabella seguente vengono illustrati il luogo e il periodo di campionamento per ciascuna campagna di monitoraggio:

		gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Anno 2007													
Prato	Via Lodi 20												
Poggio a Caiano	Via A. Soffici												
Poggio a Caiano	Via Vittorio Emanuele												
Poggio a Caiano	Via G. Galilei												
Montemurlo	Via Indipendenza	2008											
Montemurlo	Via P. Micca												
Montemurlo	Piazza Amendola												
Anno 2008													
Poggio a Caiano	Via G. Galilei												
Poggio a Caiano	Via A. Soffici												
Poggio a Caiano	Via Vittorio Emanuele												
Poggio a Caiano	Via Aldo Moro												
Montemurlo	Piazza Amendola												
Montemurlo	Via P. Micca												
Montemurlo	Via Indipendenza												
Anno 2009													
Poggio a Caiano	Via A. Soffici												
Montemurlo	Piazza Amendola												
Anno 2010													
Poggio a Caiano	Via G. Galilei												
Montemurlo	Piazza Amendola												
Anno 2011													
Poggio a Caiano	Via A. Soffici												

Tabella 1.3.1.1.1 Luogo e periodo

Di seguito viene riportata la campionamento presso i quali fisse di tipo fondo della zona PC



				(m slm)
1	Montemurlo - Piazza Amendola	43.904794	11.029675	48
2	Poggio a Caiano - Via G. Galilei	43.816445	11.048006	41
3	Poggio a Caiano - Via Soffici	43.814030	11.055989	36

Gli esiti vengono riportati in maniera estesa nelle relazioni annuali della rete di monitoraggio della Provincia di Prato degli anni 2008-2011 (le relazioni complete possono essere scaricate dal sito dell'Agenzia al seguente indirizzo http://www.arpat.toscana.it/temi-ambientali/aria/sistema-di-rilevamento/rapporti-annuali/ar_relazioni2.html), di seguito si riportano in sintesi, per ciascun anno, i risultati dei diversi campionamenti confrontati con i valori rilevati dalle reti fisse delle Province di Prato e Pistoia nello stesso periodo:

Anno 2007

Periodo di campionam.	Mezzo mobile			Rete fissa Prato: media giornaliera (µg/m3)					Rete fissa Pistoia: media giornaliera (µg/m3)				Postazione
	Media periodo campio nam. (µg/m3)	n. super. limite 50 µg/m3	Rendim. (%)	Poggio XX settembre (UT)	Ferrucci (UT)	Roma (UF)	Strozzi (UT)	Media di rete fissa	Zamenhof (UT)	Merlini (UF)	Montale (RF)	Media di rete fissa	
Comune di Prato													
01/01 – 28/04	20	0	72	30	22	31	31	29	41	47	47	45	Via Lodi
Comune di Montemurlo													
15/06 – 15/07	24	0	81	32	19	22	26	25	24	29	33	29	Via P. Micca
17/09 – 15/10	27	2	76	31	22	26	30	27	31	30	32	31	P.zza Amendola (UF)
19/12 – 15/01	20	0	7	42	31	45	42	40	60	53	74	62	P.zza Indipendenza
Comune di Poggio a Caiano													
29/04 – 14/05	24	0	100	29	19	25	23	24	21	23	29	24	Via Soffici (UT)
16/07 – 16/09	29	0	70	29	18	22	25	24	26	26	28	27	Via V. Emanuele
10/10 – 14/11	24	0	94	31	19	24	28	26	31	38	37	35	Via Galilei

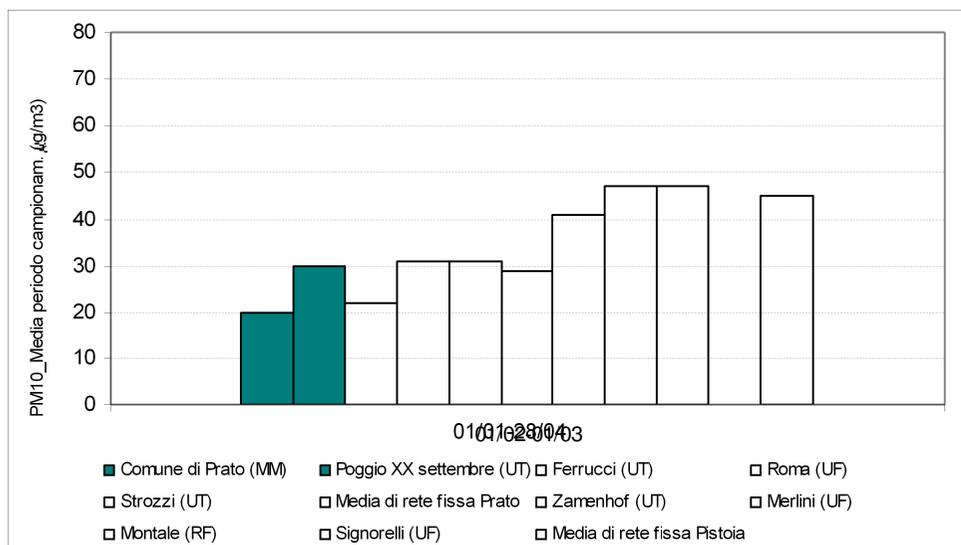


Fig 1.3.1.1.1 Confronto media periodo campagne – rete fissa PO-PT (2007)

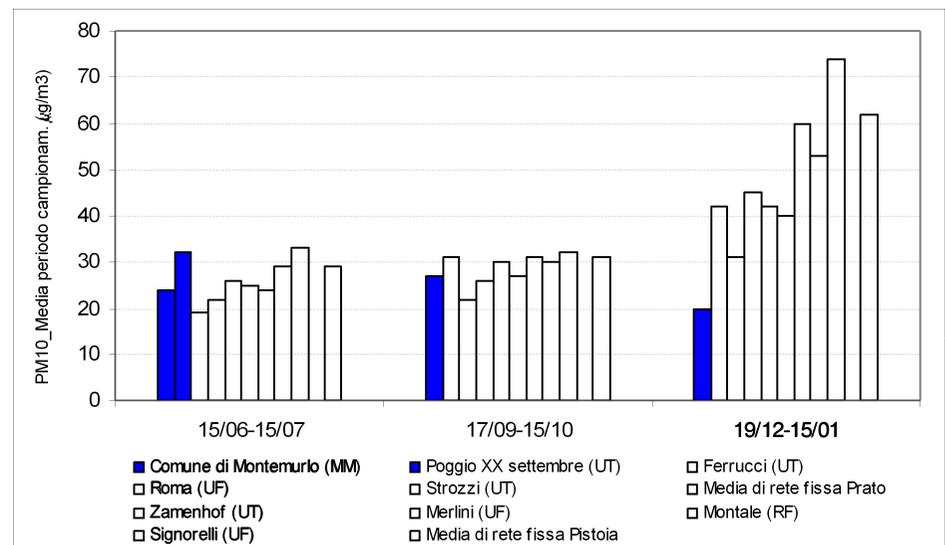


Fig 1.3.1.1.2 Confronto media periodo campagne – rete fissa PO-PT (2007)

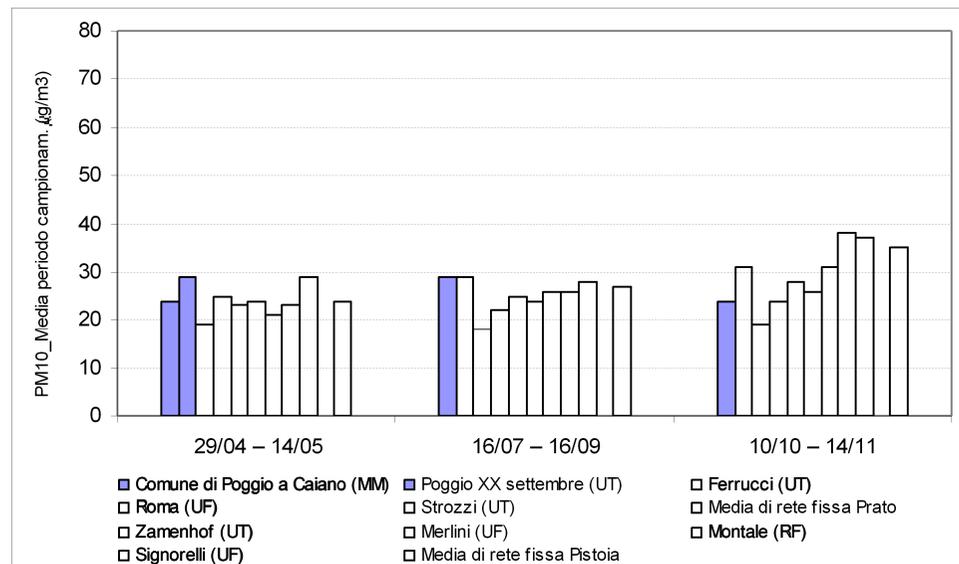


Fig 1.3.1.1.3 Confronto media periodo campagne – rete fissa PO-PT (2007)

Anno 2008

Periodo di campionam.	Mezzo mobile			Rete fissa Prato: media giornaliera (µg/m3)					Rete fissa Pistoia: media giornaliera (µg/m3)				Postazione
	Media periodo campio nam. (µg/m3)	n. super. limite 50 µg/m3	Rendim. (%)	Poggio XX settembre (UT)	Ferrucci (UT)	Roma (UF)	Strozzi (UT)	Media di rete fissa	Zamenhof (UT)	Merlini (UF)	Montale (RF)	Media di rete fissa	
Comune di Montemurlo													
17/03 – 14/04	20	0	83	36	24	23	22	26	31	31	31	31	Via P. Micca
17/06 – 11/07	30	0	44	37	34	25	24	30	31	33	34	33	P.zza Amendola (UF)
16/09 – 14/10	21	0	97	34	31	20	20	26	27	26	33	29	P.zza Indipendenza
12/12 – 16/01	13	0	53	34	41	33	35	35	43	44	65	51	Via P. Micca
Comune di Poggio a Caiano													
15/01 – 15/02	42	10	91	41	32	42	42	39	52	64	64	60	Via Soffici (UT)
08/04 – 15/05	23	0	87	34	31	20	20	26	28	24	30	27	Via Galilei
16/07 – 14/08	31	0	73	30	28	19	20	24	24	17	24	22	Via V. Emanuele
16/10 – 14/11	19	0	67	27	42	31	31	33	37	30	39	35	Via Aldo Moro

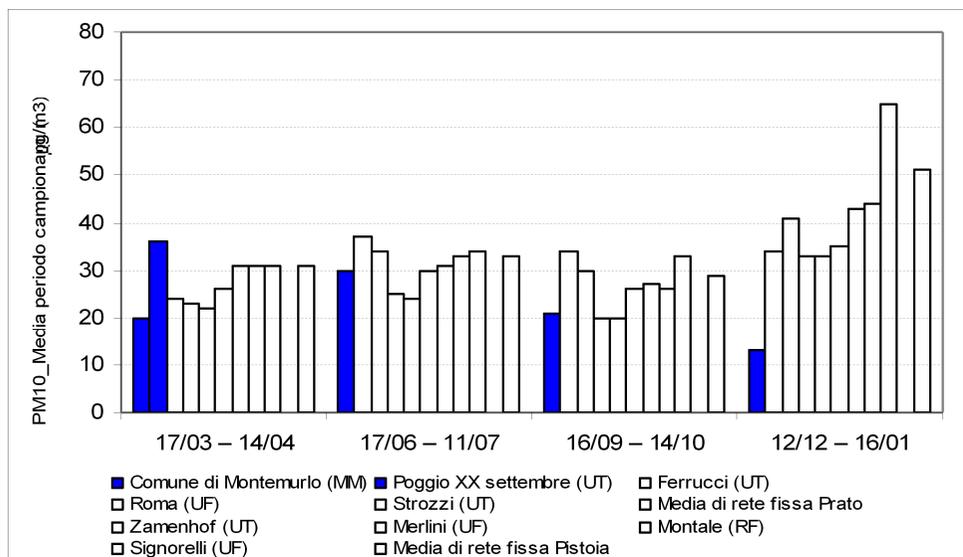


Fig 1.3.1.1.4 Confronto media periodo campagne – rete fissa PO-PT (2008)

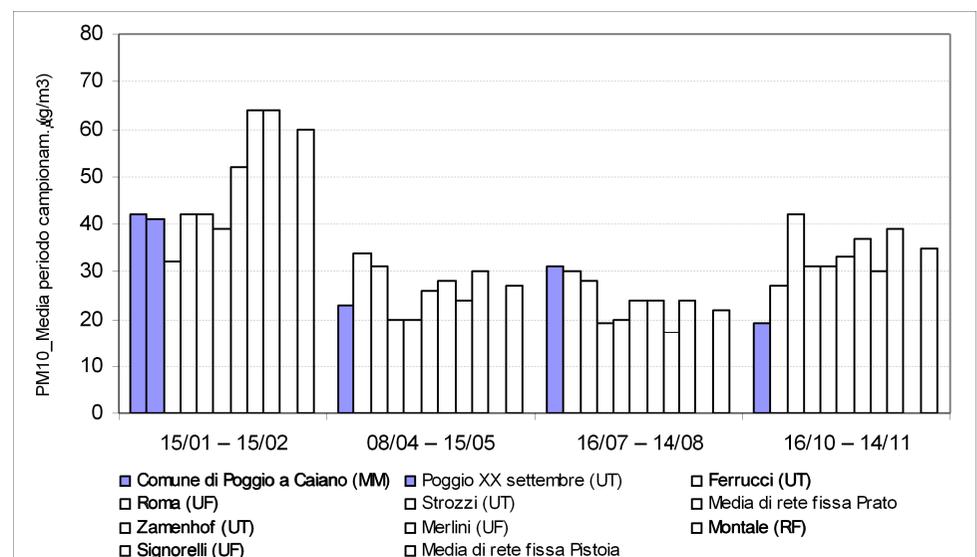


Fig 1.3.1.1.5 Confronto media periodo campagne – rete fissa PO-PT (2008)

Anno 2009

Periodo di campionam.	Mezzo mobile			Rete fissa Prato: media giornaliera (µg/m3)					Rete fissa Pistoia: media giornaliera (µg/m3)					Postazione
	Media periodo campio nam. (µg/m3)	n. super. limite 50 µg/m3	Rendim. (%)	Poggio XX settembre (UT)	Ferrucci (UT)	Roma (UF)	Strozzi (UT)	Media di rete fissa	Zamenhof (UT)	Merlini (UF)	Montale (RF)	Signorelli (UF) ¹	Media di rete fissa	
Comune di Montemurlo														
19/03 – 14/04	21	0	> 90	30	32	23	24	28	34	30	32	-	32	P.zza Amendola (tipologia assimilabile a UF)
17/06 – 17/08	13	0	< 50	26	31	20	20	24	24	23	25	-	24	
14/09 – 15/10	12	0	< 50	31	29	23	27	28	29	24	26	-	26	
Comune di Poggio a Caiano														
21/01 – 16/02	26	1	> 90	34	30	26	27	29	34	37	44	-	38	Via Soffici (tipologia assimilabile a UT)
15/04 – 14/05	22	0	> 90	29	27	18	19	23	24	20	24	-	23	

15/10 – 15/11	23	1	> 90	35	30	25	67	39	35	38	24	34	33
---------------	----	---	------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Nota 1. L'analizzatore è stato installato nella stazione ad ottobre 2009 (rendimento < 90%)

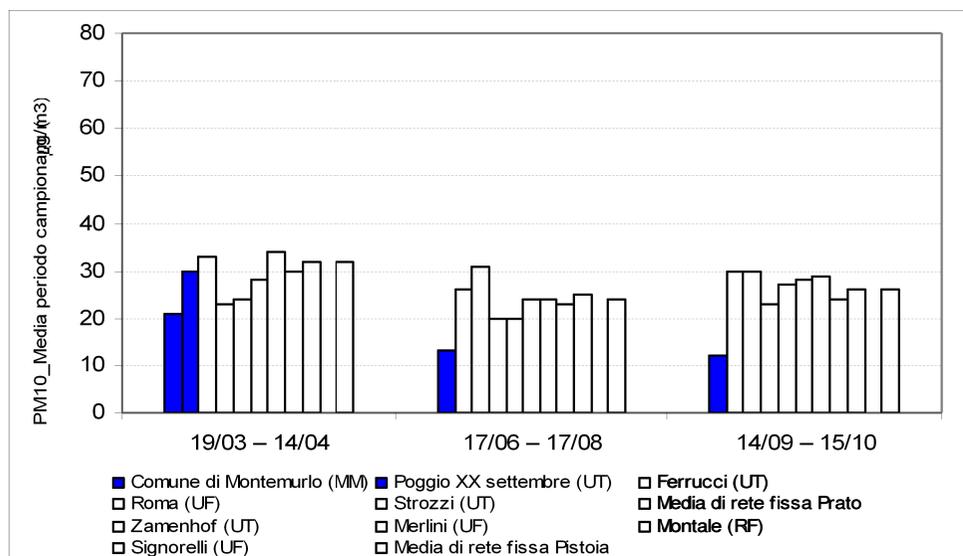


Fig 1.3.1.1.6 Confronto media periodo campagne – rete fissa PO-PT (2009)

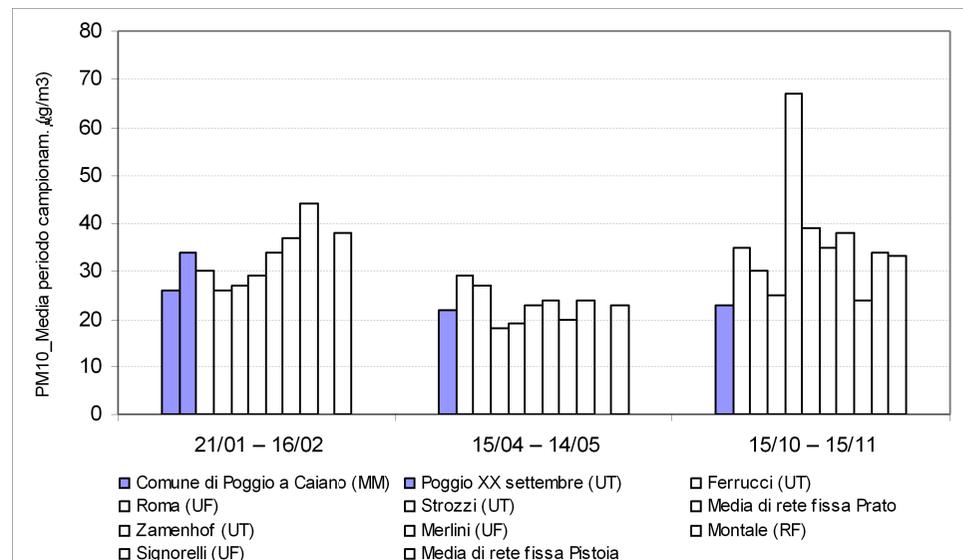


Fig 1.3.1.1.7 Confronto media periodo campagne – rete fissa PO-PT (2009)

Anno 2010

Periodo di campionam.	Mezzo mobile			Rete fissa Prato: media giornaliera (µg/m3)					Rete fissa Pistoia: media giornaliera (µg/m3)					Postazione
	Media periodo campionam. (µg/m3)	n. super. limite 50 µg/m3	Rendim. (%)	Poggio XX settembre (UT)	Ferrucci (UT)	Roma (UF)	Strozzi (UT)	Media di rete fissa	Zamenhof (UT)	Merlini (UF)	Montale (RF)	Signorelli (UF)	Media di rete fissa	
Comune di Montemurlo														
01/02 – 01/03	30	3	> 90	37	37	35	40	37	40	39	-	32	37	P.zza Amendola (tipologia assimilabile a UF)
01/05 – 31/05	17	0	> 90	27	26	25	24	26	23	19	20	19	20	
09/08 – 31/08	16	0	> 90	21	31	24	23	25	21	21	19	19	20	
04/11 – 29/11	27	1	> 90	35	34	40	33	36	28	29	39	25	30	
Comune di Poggio a Caiano														
01/03 – 31/03	28	2	> 90	37	40	38	39	39	39	33	36	32	35	Via Galilei (tipologia assimilabile a UT)
01/06 – 07/07	20	0	> 90	29	32	26	29	29	25	22	22	22	23	
01/09 – 30/09	18	0	> 90	27	28	27	24	27	19	19	19	18	19	

07/12 – 03/01	35	4	> 90	43	54	59	49	53	46	48	73	45	53
---------------	----	---	------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Fig. 1.2.1.1.8. Confronto medio periodo campione rete fissa PO-PT (2010)

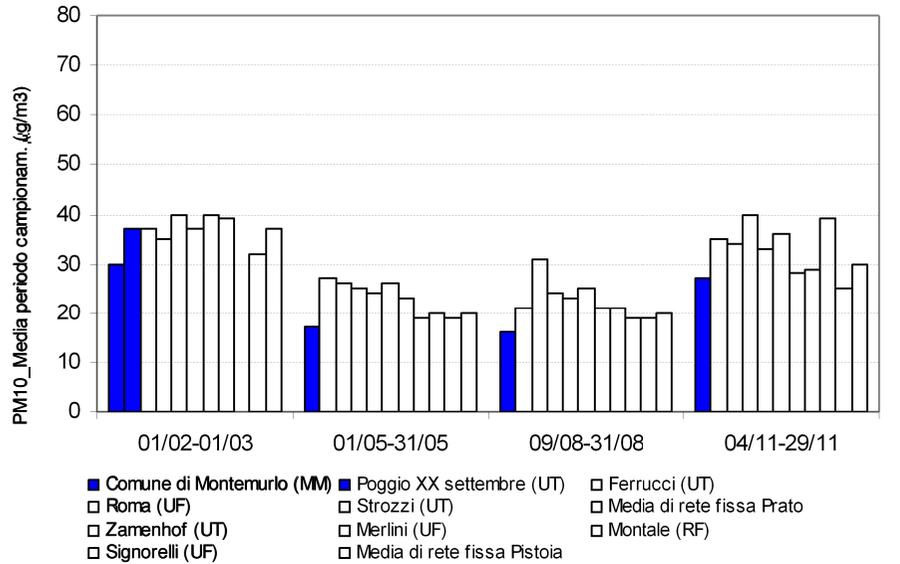
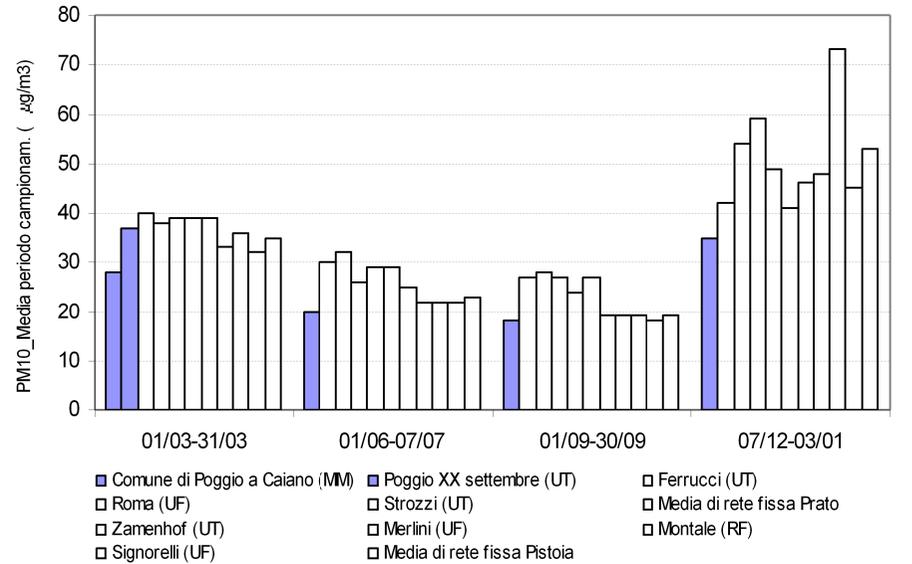
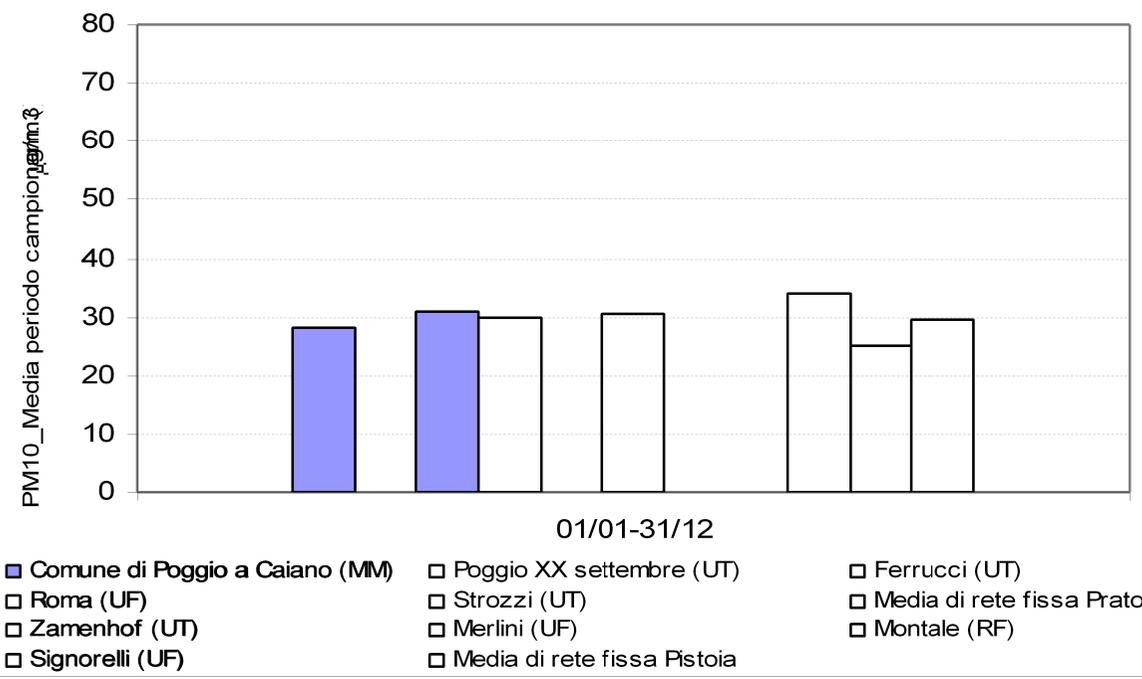


Fig. 1.2.1.1.9. Confronto medio periodo campione rete fissa PO-PT (2010)



Periodo di campionam.	Mezzo mobile			Rete fissa Prato: media giornaliera (µg/m3)					Rete fissa Pistoia: media giornaliera (µg/m3)					Postazione
	Media periodo campionam. (µg/m3)	n. super. limite 50 µg/m3	Rendim. (%)	Poggio XX settembre	Ferrucci (UT)	Roma (UF)	Strozzi (UT)	Media di rete fissa	Zamenhof (UT)	Merlini (UF)	Montale (RF)	Signorelli (UF)	Media di rete fissa	
01/01-31/12	28	-											30	Via Soffici (tipologia assimilabile a UT)



Dai dati sopra riportati si osserva che tra i valori rilevati il più elevato è relativo ad una campagna svolta interamente in periodo invernale a Poggio a Caiano nella postazione di traffico urbano di via Soffici. Nella stessa postazione campagne prolungate o distribuite su tutto l'arco dell'anno, svolte negli anni successivi, hanno fornito valori medi decisamente inferiori. Le altre campagne svolte si collocano in genere al di sotto della media di periodo per le stazioni delle province di Prato e Pistoia rilevate nei vari anni. Nella tabella successiva sono riportati i valori della media del quinquennio 2007-2011 delle medie annue rilevate presso le stazioni di fondo di PT-Signorelli e PT-Montale come valori di riferimento per la zona Prato-Pistoia in quanto rispettivamente minimo e massimo della media annua rilevate nel periodo (vedi tabella seguente). Sono inoltre riportate le medie annuali delle campagne indicative condotte a Montemurlo e a Poggio a Caiano conformi al D.Lgs 155/2010.

Stazione	Tipo	2007	2008	2009	2010	2011	Media 2007-2011
PO-Roma	UF	*	26	25	31	30	28
PT-Montale	RF	42	39	*	*	34	38
PT-Signorelli	UF	**	**	*	26	25	26
Montemurlo	UF				23		
Poggio a Caiano-Galilei	UT				25		
Poggio a Caiano-Soffici	UT					28	

Tabella 1.3.1.1.2.PM 10- Medie annuali (UF della zona Prato – Pistoia e campagne

** rendimento annuo < 90%*

*** stazione non attiva*

Un ulteriore confronto con i valori delle stazioni della rete provinciale di riferimento, quella di Prato, ha messo in evidenza valori medi delle campagne inferiori o uguali alla media di rete relativa allo stesso periodo. Fa eccezione in particolare il monitoraggio di via Vittorio Emanuele che concorre a confermare, insieme ai dati di via Soffici, l'esistenza di un problema PM10 su tutto l'asse della strada statale che attraversa il Comune di Poggio a Caiano.

Il riepilogo dei dati misurati con i mezzi mobili è riportato nella figura successiva.

Il grafico proposto successivamente rappresenta, su una timeline relativa al quinquennio 2007-2011, durata e distribuzione di ogni campagna effettuata attribuendo a ciascun giorno di monitoraggio il valore della media di campagna. Per alcune campagne il dato medio riportato risulta dalla combinazione dei dati relativi a campagne stagionali effettuate in anni diversi nella stessa postazione; i dati di queste campagne sono stati infatti pubblicati in un unico rapporto proprio per fornire un quadro più rappresentativo del sito in esame.

La suddivisione del grafico in quattro periodi corrispondenti alle stagioni per ogni anno permette di apprezzare in maniera qualitativa quanto la misura sia rappresentativa in virtù della sua durata e distribuzione nell'anno solare. Allo stesso scopo è riportata in grafico una serie fittizia dal valore di 2,5 µg/m³ con una distribuzione che soddisfa i criteri del D.Lgs 155/2010 per campagne

rappresentative e che consiste, nel caso preso ad esempio, in 15 giorni di monitoraggio all'inizio di ogni stagione dell'anno solare.

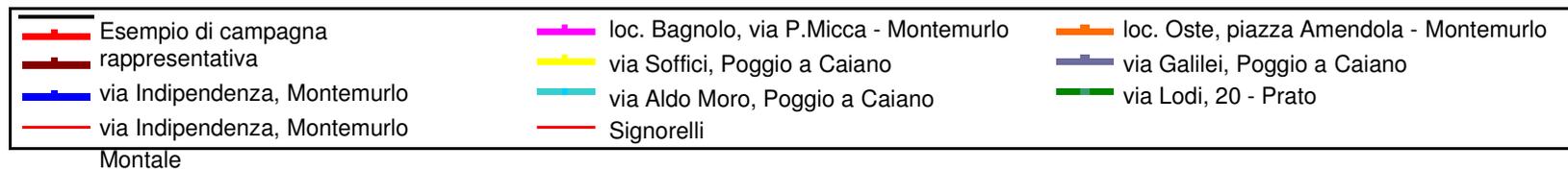
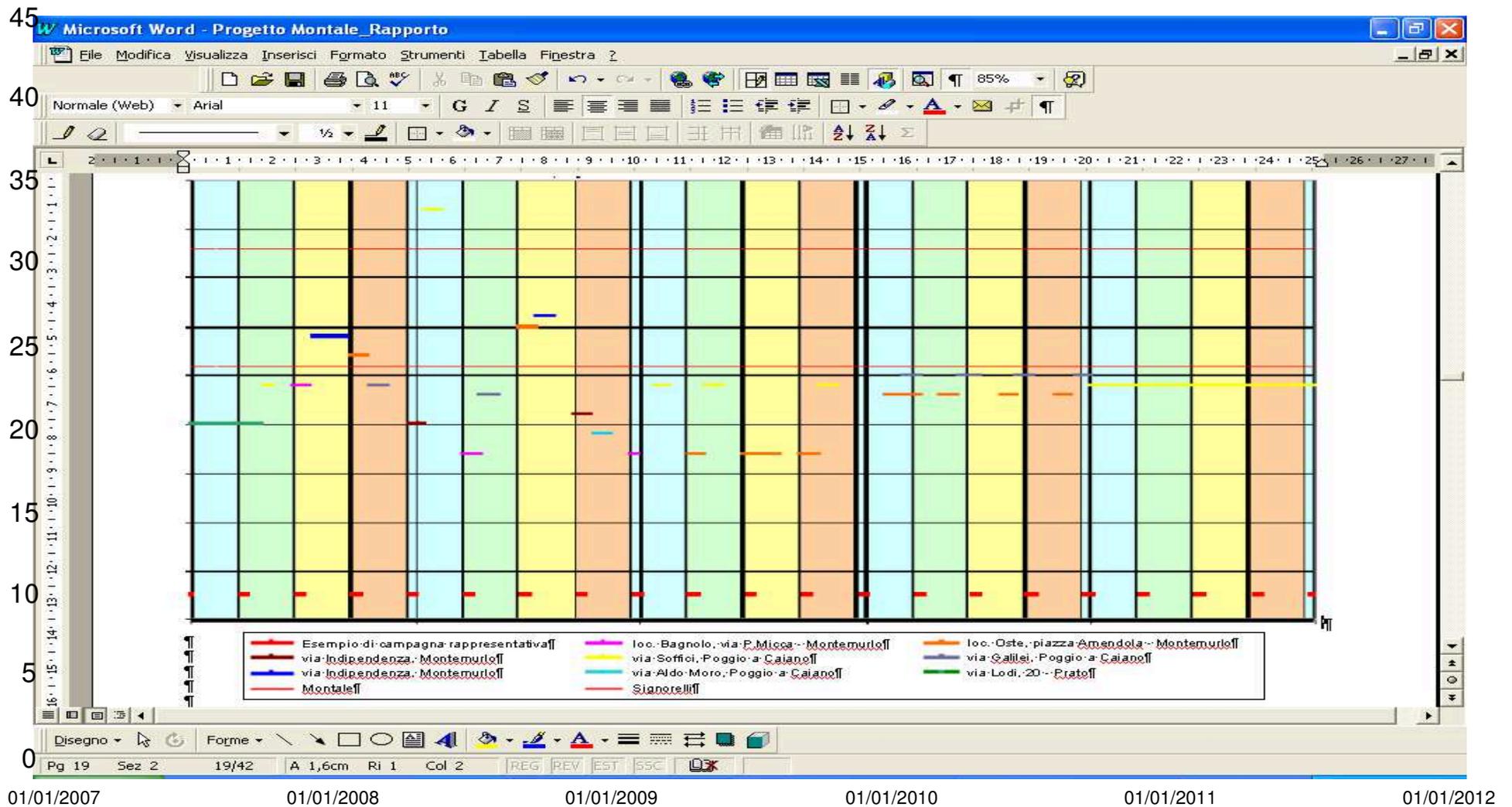


Figura 1.3.1.1.11. Riepilogo durata e valore medio di PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) di ciascuna campagna con i mezzi mobili zona Prato - Pistoia

1.3.2 Il campionamento effettuato nel comune di Agliana: i risultati

Il campionamento effettuato nel Comune di Agliana si collocava nell'ambito di un progetto di studio della situazione della qualità dell'aria nella zona di interesse della stazione di PT-Montale il cui obiettivo era valutare l'estensione territoriale dell'informazione per le concentrazioni di PM10 rilevate dalla suddetta stazione. Tale indagine è stata realizzata successivamente all'audit effettuato sull'analizzatore PM10 in dotazione alla stazione di monitoraggio di PT-Montale, che ha dato un risultato positivo riguardo al corretto funzionamento dell'analizzatore in esame.

Il sito di monitoraggio individuato per l'effettuazione del campionamento si colloca presso la scuola elementare e materna "Don Milani", ubicata in via Don Milani, 48 ad Agliana (PT), localizzata a circa 800 metri di distanza dalla stazione di monitoraggio PT-Montale, ad una latitudine simile e, rispetto ad essa, spostato ad ovest, al di là della linea ferroviaria e della via Provinciale Pratese. La campagna di monitoraggio si è svolta nel periodo 7-20 marzo 2012.

Risultati dell'audit

I risultati ottenuti hanno mostrato l'eccellente coerenza tra i dati di concentrazione giornaliera provenienti dall'analizzatore PM10 di Montale con i dati di concentrazione rilevati con metodo gravimetrico nel sito di campionamento scelto, tramite l'ausilio del campionatore Skypost TECORA; i dati rilevati dall'analizzatore PM10 di Montale si allineano in modo eccellente alle concentrazioni di PM10 presenti nella zona oggetto del campionamento. Le elaborazioni dei dati rilevati nel corso del campionamento vengono riportate nell'[allegato 2](#).

1.4 La stazione di PT-Montale: analisi dei dati di qualità dell'aria

Nel presente capitolo vengono analizzati i dati di concentrazione di PM10 registrati nel corso degli ultimi anni presso la stazione di PT-Montale sia in termini di andamenti stagionali e di verifica del rispetto dei limiti imposti dalla normativa di settore, sia tramite la verifica e lo studio della correlazione con gli altri parametri di qualità dell'aria e meteorologici monitorati presso la stazione. La stazione di PT-Montale è stata, infatti, dotata per numerosi anni di una stazione di misura dei parametri meteorologici dismessa a partire dall'anno 2011, anno di attivazione della nuova rete regionale di monitoraggio (DGRT 1025/2010).

Tali elaborazioni fondano la loro validità e utilità, in particolare, sul corretto funzionamento dell'analizzatore MP101M utilizzato per il monitoraggio delle concentrazioni di PM10.

1.4.1 Gli audit effettuati sull'analizzatore PM10 di Montale: i risultati

Le verifiche del corretto funzionamento della strumentazione automatica di rilevamento delle polveri (PM10 e PM2,5) vengono di norma effettuate posizionando a fianco della stazione di monitoraggio un campionatore a basso volume e campionando in parallelo; i valori delle masse relative ai campioni di

PM10 effettuati con il campionatore vengono, quindi, confrontate con i valori registrati dall'analizzatore a raggi β presente in stazione. In base a quanto indicato dalla normativa vigente, infatti, il metodo di riferimento per il campionamento e la misurazione delle concentrazioni in atmosfera del PM10 è il metodo gravimetrico; le misurazioni effettuate in cabina con l'analizzatore a raggi β vengono, quindi, confrontate con le misurazioni effettuate con il metodo di riferimento su campioni raccolti tramite campionamenti realizzati presso lo stesso sito e nello stesso periodo.

I risultati degli audit effettuati sull'analizzatore di polveri MP101M di PT-Montale nel corso degli ultimi anni hanno permesso di individuare eventuali problematiche inerenti il suo funzionamento e di effettuare conseguenti verifiche delle impostazioni strumentali di campionamento/analisi e il controllo della taratura dello strumento. In particolare, nel corso dell'ultimo audit - effettuato nell'anno 2012 - non è stato necessario predisporre alcuna misura di correzione in quanto i risultati ottenuti hanno mostrato la sostanziale coerenza dei dati di concentrazione giornaliera provenienti dall'analizzatore PM10 di Montale con i dati di concentrazione rilevati con metodo gravimetrico.

A febbraio 2013 nella cabina di PT-Montale è stato installato un nuovo strumento per il monitoraggio contemporaneo di PM10 e PM2.5; il nuovo analizzatore è stato fatto funzionare per qualche mese parallelamente a quello precedentemente presente in cabina in modo da potere valutare le eventuali differenze di misura tra i due strumenti.

Ad aprile dello stesso anno è stato effettuato un audit su entrambi gli analizzatori; i risultati ottenuti hanno mostrato un funzionamento più che adeguato per entrambi gli strumenti ai fini della produzione di dati giornalieri di concentrazione di PM10 entro l'incertezza prevista per i metodi di misurazione in continuo.

I risultati degli audit sono riportati in maniera estesa all'[allegato 3](#).

1.4.2 Lo strumento di riferimento per le misure di PM10: il campionatore sequenziale Tecora SKYPOST

Lo strumento utilizzato per valutare la qualità dei dati di PM10 e per individuare eventuali deviazioni dei dati di concentrazione rilevati dallo strumento con metodo automatico presente nella centralina di monitoraggio di PT – Montale è un campionatore sequenziale per esterni per il monitoraggio continuo del particolato atmosferico mediante il metodo di campionamento su membrana filtrante, Tecora SKYPOST. Lo strumento, certificato da TÜV in accordo alla norma EN12341 e DM60, ha un sistema di sostituzione automatico e sequenziale della membrana filtrante con autonomia di 16 filtri, unitamente al controllo elettronico del flusso, che consente il monitoraggio in continuo senza presidio. Il percorso rettilineo del tubo di aspirazione e la separazione della zona di permanenza dei filtri da fonti di calore interne o radianti, consente di raccogliere e mantenere l'integrità dei campioni. Un sistema di ventilazione e riscaldamento termostato e differenziato, rende possibile il funzionamento del sistema in ogni condizione meteorologica nel pieno rispetto delle esigenze della componentistica. Lo strumento è riferito allo strumento di riferimento di ISPRA tramite la partecipazione a circuiti interlaboratorio organizzati da ISPRA.

1.4.3 La stazione di Pistoia Montale: andamenti dei dati di concentrazione di PM10, media giornaliera e media annuale

Il sito di campionamento di via Pacinotti a Montale (PT) è posizionato all'interno di un giardino pubblico alberato, confinante con il cortile di una scuola e un piccolo parcheggio. Questa zona non presenta urbanizzazione in continuo, né estese edificazioni. Inoltre, essa è posta fra l'abitato di Montale e la stazione ferroviaria di Montale-Agliana, in un'area non particolarmente gravata da traffico locale. La stazione era stata classificata come "rurale/fondo" ai sensi della Decisione 2001/752/CE.



Figura 1.4.3.1. Stazione di monitoraggio di PT-Montale

Si analizzano di seguito i dati di concentrazione di PM10 registrati presso la centralina di monitoraggio di Montale tra gli anni 2005 – 2013 e i valori degli indicatori (media annuale e media giornaliera) per i quali la normativa in vigore detta valori limite.

Nel grafico seguente vengono rappresentate le medie mensili per gli anni che presentano almeno il 90% dei dati validi e l'anno tipo calcolato come media delle medie mensili per ciascun anno:

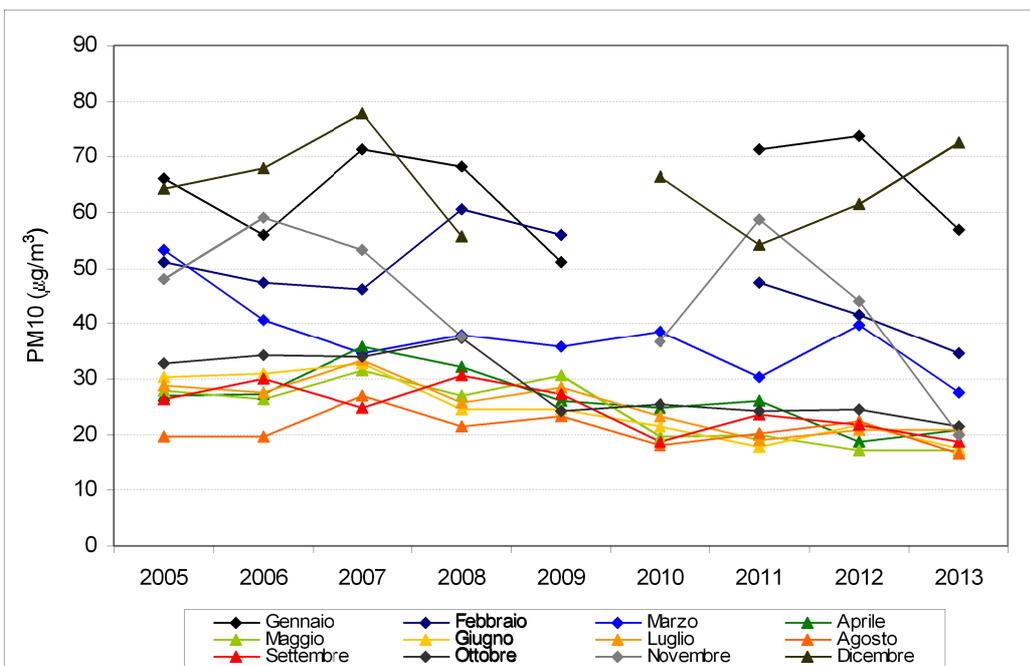


Figura 1.4.3.2 Medie mensili PM10 (anni di riferimento 2005-2013)

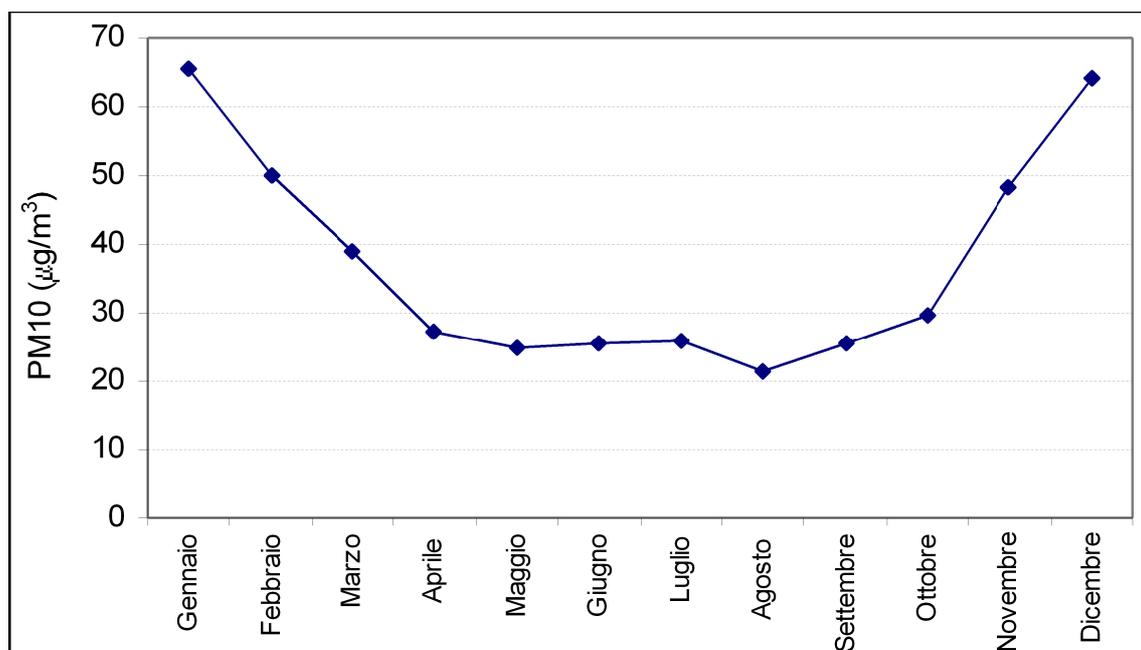


Figura 1.4.3.3 Anno tipo PM10 (anni di riferimento 2005-2013)

Come si può osservare da entrambi i grafici i valori di concentrazione di PM10 risultano mediamente maggiori nella stagione invernale piuttosto che in quella estiva. Nel grafico relativo alle medie mensili si nota una forte riduzione del valore della media del mese di Novembre per gli anni 2008 e 2010 la quale è verosimilmente imputabile alle intense piogge registrate nello stesso periodo diversamente dagli altri anni (stazione di Sesto Fiorentino – LaMMA-CNR-IBIMET); la pioggia di una certa intensità (> 10 mm) ha, infatti, un effetto di riduzione delle concentrazioni relative allo stesso giorno o a quello successivo.

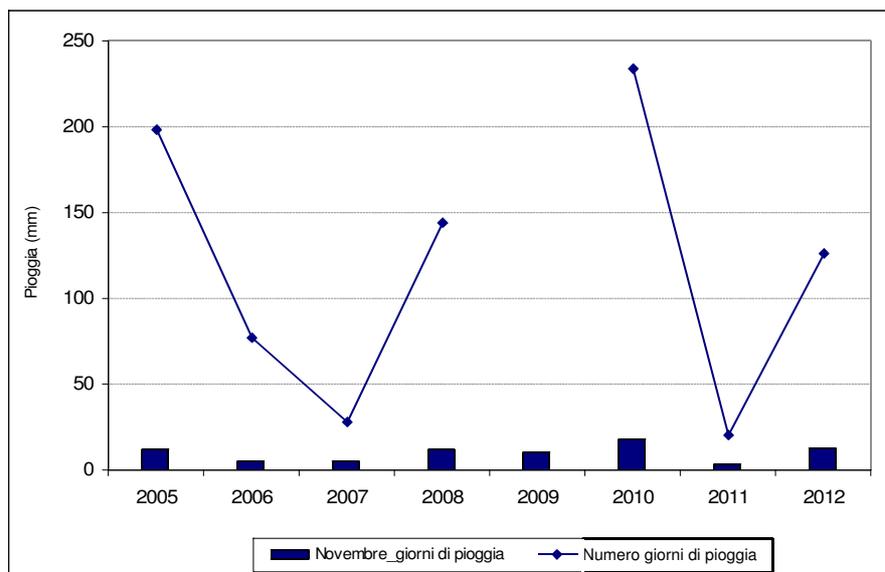


Figura 1.4.3.4 Pioggia cumulata numero di giorni di pioggia registrati nel mese di Novembre (stazione di Sesto F.no – LaMMA-CNR-IBIMET)

I superamenti della media giornaliera e della media annuale

Come precedentemente osservato, le concentrazioni giornaliere maggiori di PM10 si rilevano durante la stagione invernale (01/01-20/03 e 21/09-31/12), sebbene alcuni superamenti del valore limite giornaliero di PM10 di 50 µg/m³ si riscontrino anche durante la stagione estiva (21/03-20/09). Il grafico e la tabella di seguito riportati forniscono un esempio di quanto osservabile a partire dall'anno 2005 riguardo a tali differenze (non vengono riportati gli anni in cui non è stato raggiunto lo standard del 90% di dati validi richiesto dalla normativa).

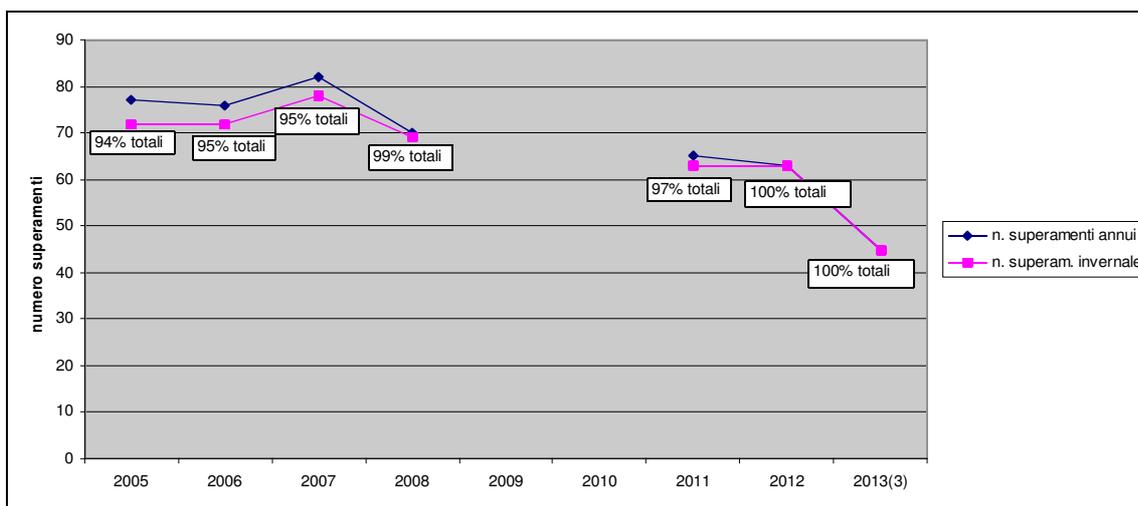


Figura 1.4.3.5. PT-Montale: numero superamenti limite media giornaliera e percentuale del numero di superamenti nel periodo invernale rispetto al numero totale di superamenti

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013 ⁽³⁾
n. superamenti	77	76	82	70	35	28	65	63	45
n. dati validi	348	335	351	343	295	281	358	350	350
% dati validi	95%	92%	96%	94%	81%¹	77%²	98%	96%	96%
n. superam. invernale	72	72	78	69	33	28	63	63	45
n. sup inv./n. sup tot.	94%	95%	95%	99%	94%	100%	97%	100%	100%
% superam./n. dati validi	22%	23%	23%	21%	12%	10%	18%	18%	13%

- (1) i dati invalidati sono tutti raggruppati in un singolo periodo dell'anno: dal 27 ottobre al 31 dicembre 2009 - ad ottobre 2009 sono stati eseguiti dei lavori di adeguamento dell'analizzatore in seguito all'audit effettuato per la verifica di conformità al DM 60/02
- (2) i dati invalidati sono tutti raggruppati in un singolo periodo dell'anno: dello strumento, dal 1 gennaio al 5 marzo 2010 – a causa di un lungo periodo di malfunzionamento dell'analizzatore
- (3) A febbraio 2013 è stato installato un nuovo strumento per il monitoraggio contemporaneo di PM10 e PM2.5; il nuovo analizzatore ha funzionato per qualche mese parallelamente a quello precedentemente presente in cabina in modo da potere valutare le eventuali differenze di misura tra i due strumenti

Dall'analisi dei dati registrati nel corso degli anni 2005-2013 si può osservare che in media circa il 20% dei valori di media giornaliera rilevati sono superiori al limite giornaliero dei 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (evidenziati in rosso). Di queste in media il 97% si riscontrano nel periodo invernale per il quale in media il 32% delle medie giornaliere supera il limite mentre solo il 3% dei superamenti si registra nel periodo estivo per il quale circa il 4% dei valori di media giornaliera è superiore al limite.

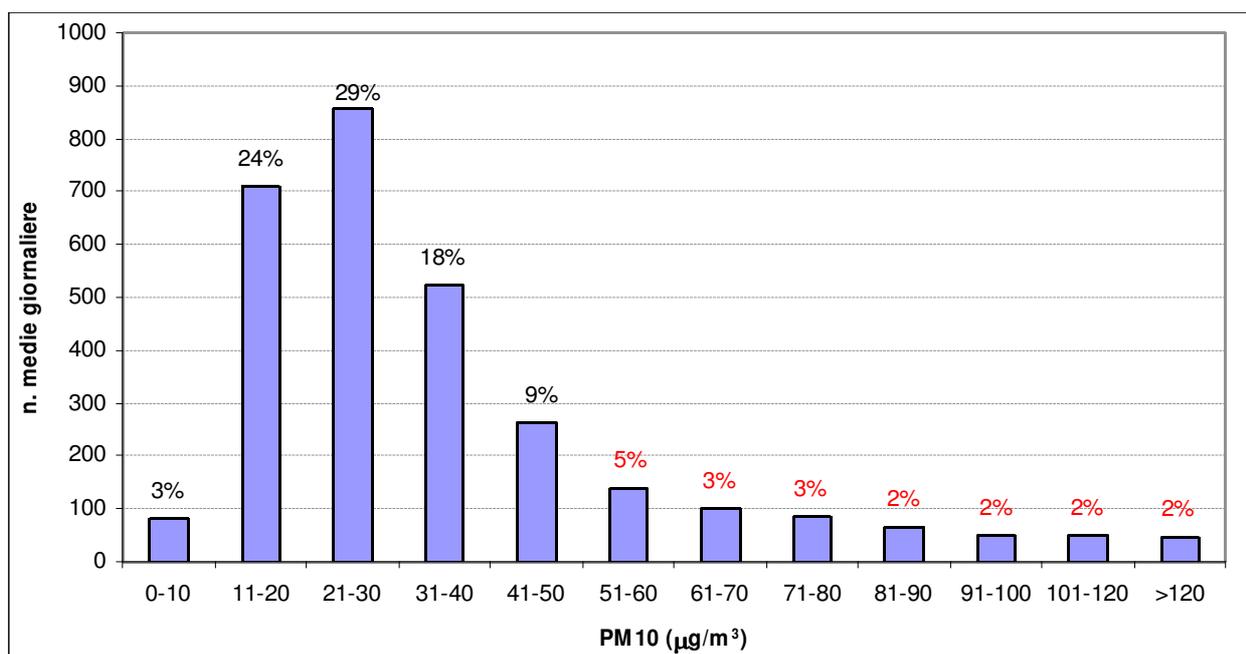


Figura 1.4.3.6. PT-Montale: Distribuzione dei valori di concentrazione nel periodo 2005-2013

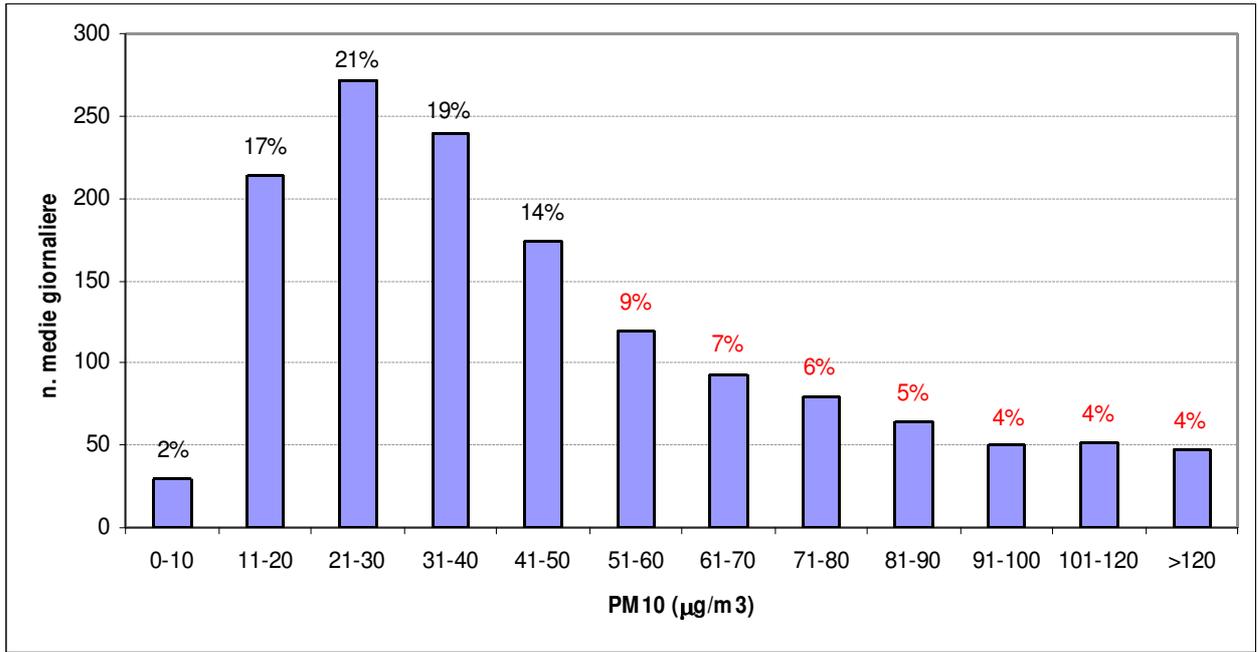


Figura 1.4.3.7. PT-Montale: Distribuzione dei valori di concentrazione nel periodo invernale anni 2005-2013

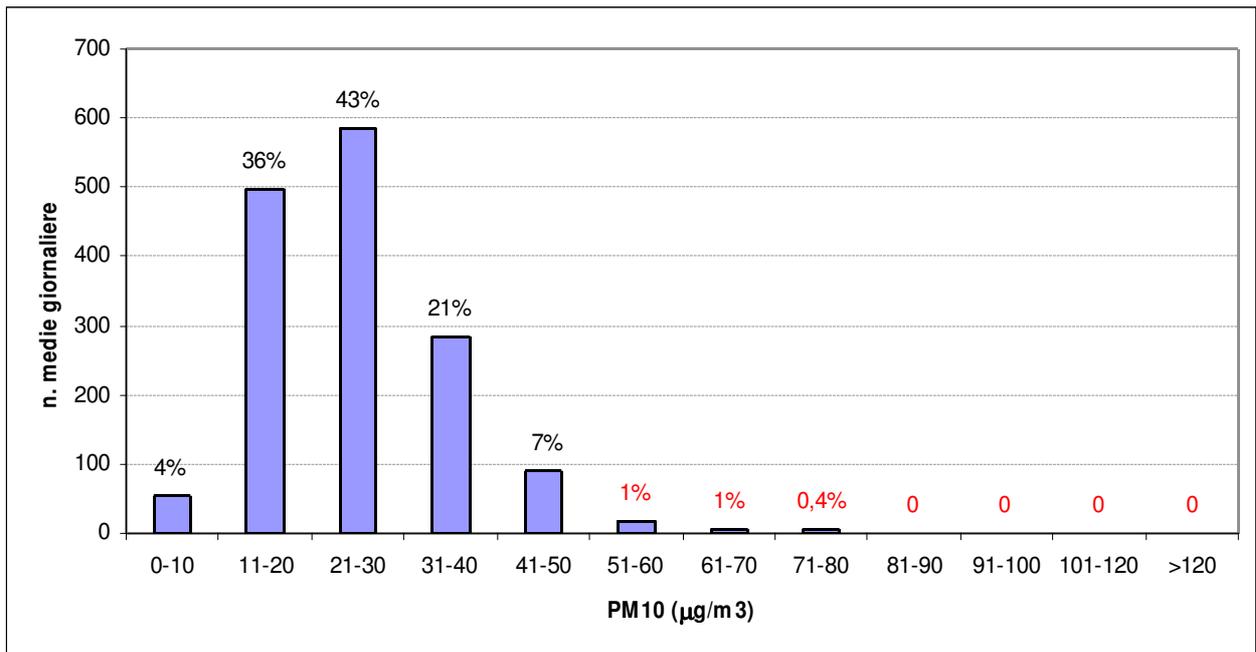


Figura 1.4.3.8. PT-Montale: Distribuzione dei valori di concentrazione nel periodo estivo anni 2005-2013

La media annuale è generalmente al di sotto del limite normativo di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ fatta eccezione per l'anno 2007.

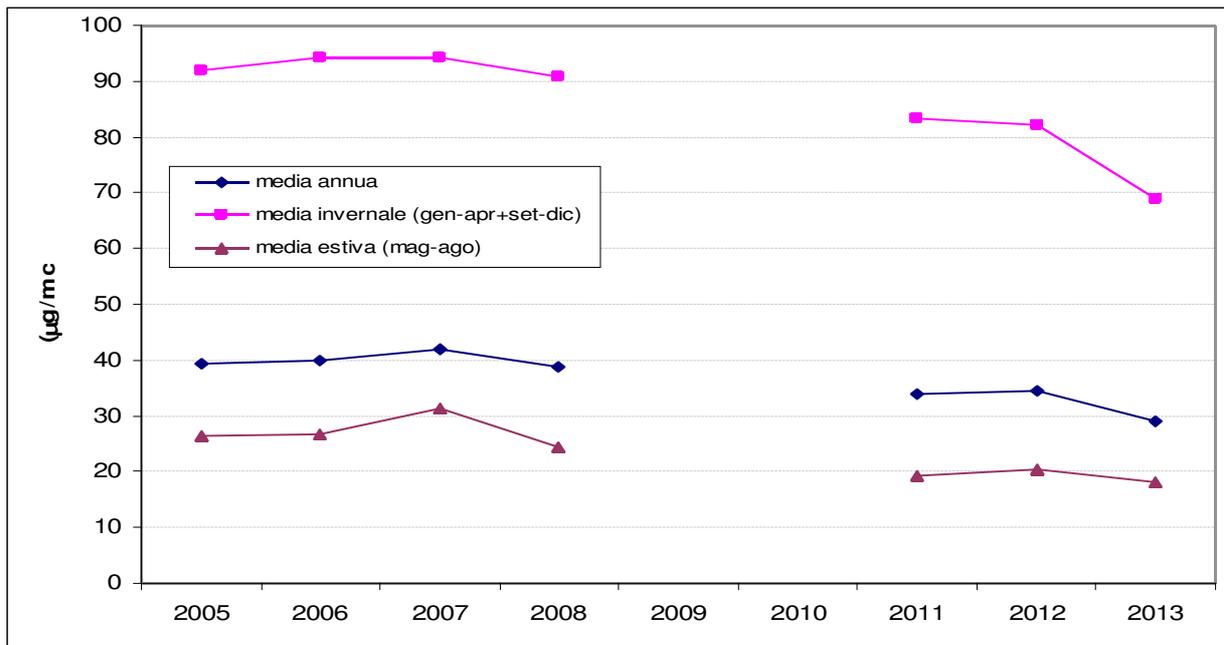


Figura 1.4.3.9. PT-Montale:PM 10- Media annuale, media periodo invernale, media periodo estivo

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
media annuale	40	40	42	39	*	*	34	34	29
media periodo invernale	92	94	94	91	*	*	83	82	69
media periodo estivo	27	27	31	25	*	*	19	20	18

1.4.4 La stazione di Pistoia Montale: correlazione tra le concentrazioni di PM10 e le altre variabili di qualità dell'aria e meteorologiche

1.4.4.1 La correlazione tra i parametri di qualità dell'aria

La successiva analisi dei dati è consistita nella valutazione delle relazioni tra i valori di PM10 rilevati e le altre variabili di qualità dell'aria monitorate presso la centralina, in particolare si è posta l'attenzione allo studio dell'eventuale correlazione con i dati di concentrazione degli inquinanti precursori del PM10 di origine secondaria⁴; nel caso della centralina di Montale i parametri monitorati, precursori del PM10 secondario, sono NO_x e SO₂.

In tale studio verrà verificata l'eventuale relazione tra le coppie di variabili PM10-NO_x e PM10-SO₂.

Distintamente per il periodo invernale (01/01 – 20/03, 21/09 – 31/12) e per il periodo estivo (21/03 – 20/09), si è proceduto prima al calcolo dell'indice di correlazione di Bravais-Pearson, allo scopo di evidenziare tra le variabili legami di interdipendenza, e successivamente allo studio della regressione lineare semplice, allo scopo di ricercare eventuali legami di dipendenza. Lo studio della correlazione si premette alla regressione perché se le variabili sono prive di legame dovranno essere forzatamente indipendenti.

INDICE DI CORRELAZIONE DI PEARSON

In teoria degli errori, l'indice di correlazione di Pearson, anche detto coefficiente di correlazione di Pearson (o di Bravais-Pearson) tra due variabili aleatorie è un coefficiente che esprime la linearità tra la loro covarianza e il prodotto delle rispettive deviazioni standard.

Date due variabili statistiche X e Y, l'indice di correlazione di Pearson è definito come la loro covarianza divisa per il prodotto delle deviazioni standard delle due variabili:

$$\rho_{xy} = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y}$$

dove

σ_{xy}

è la covarianza tra X e Y

σ_x, σ_y

sono le due deviazioni standard

Il coefficiente assume sempre valori compresi tra -1 e 1:

$$-1 \leq \rho_{xy} \leq 1$$

Se:

$$\rho_{xy} > 0$$

le variabili x e y si dicono *direttamente correlate*, oppure *correlate positivamente*

$$\rho_{xy} = 0$$

le variabili x e y si dicono *incorrelate*

$$\rho_{xy} < 0$$

le variabili x e y si dicono *inversamente correlate*, oppure *correlate negativamente*

⁴ In generale i precursori di PM10 secondario sono il biossido di zolfo (SO₂), gli ossidi di azoto (NO_x), i composti organici volatili (COV) e l'ammoniaca (NH₃)

Per la correlazione diretta si distingue inoltre:

$$0 < \rho_{xy} < 0,3$$

correlazione debole

$$0,3 < \rho_{xy} < 0,7$$

correlazione moderata

$$\rho_{xy} > 0,7$$

correlazione forte

L'indice di correlazione vale 0 se le due variabili sono indipendenti. Non vale la conclusione opposta: in altri termini, l'assenza di correlazione è condizione *necessaria* ma non *sufficiente* per l'indipendenza. L'ipotesi di assenza di autocorrelazione è più restrittiva ed implica quella di indipendenza fra due variabili.

L'indice di correlazione vale + 1 in presenza di correlazione lineare positiva ($y = a + b x$, dove $b > 0$), mentre vale -1 in presenza di correlazione lineare negativa (p.es.: $y = a + b x$, con $b < 0$).

Gli indici di Pearson di n variabili possono essere presentati in una matrice di correlazione, che è una matrice quadrata di dimensione $[n,n]$ avente nelle righe e colonne le variabili oggetto di studio. La matrice è simmetrica ($\rho_{ji} = \rho_{ij}$) e i coefficienti sulla diagonale valgono 1, in quanto:

$$\rho_{ij} = \frac{\sigma_{ij}}{\sigma^2}$$

Di seguito si riporta una tabella con i risultati dell'applicazione della metodologia dell'indice di correlazione di Pearson ai dati rilevati nel corso degli anni 2005-2011; si ritiene che un periodo di osservazione superiore a 5 anni sia sufficiente ad individuare eventuali dipendenze tra i parametri:

	INDICE DI CORRELAZIONE PEARSON	
PM10/NO _x INVERNO	0,82	correlazione forte
PM10/NO _x ESTATE	0,44	correlazione moderata
PM10/SO ₂ INVERNO	0,48	correlazione moderata
PM10/SO ₂ ESTATE	0,48	correlazione moderata

Tabella 1.4.4.1.1 Applicazione dell'indice di correlazione di Pearson ai dati di PM10, NO_x e SO₂ di PT-Montale

Si può osservare come il test evidenzi una forte correlazione tra i dati rilevati nel periodo invernale tra PM10 e NO_x mentre non sembra esserci una correlazione particolarmente evidente per il periodo estivo e allo stesso modo, per entrambi i periodi, tra le concentrazioni di PM10 e quelle di SO₂.

Nei grafici successivi vengono riportati i risultati relativi alla regressione lineare applicata, separatamente per il periodo estivo e per il periodo invernale, ai parametri PM10 e NO_x e PM10 e SO₂:

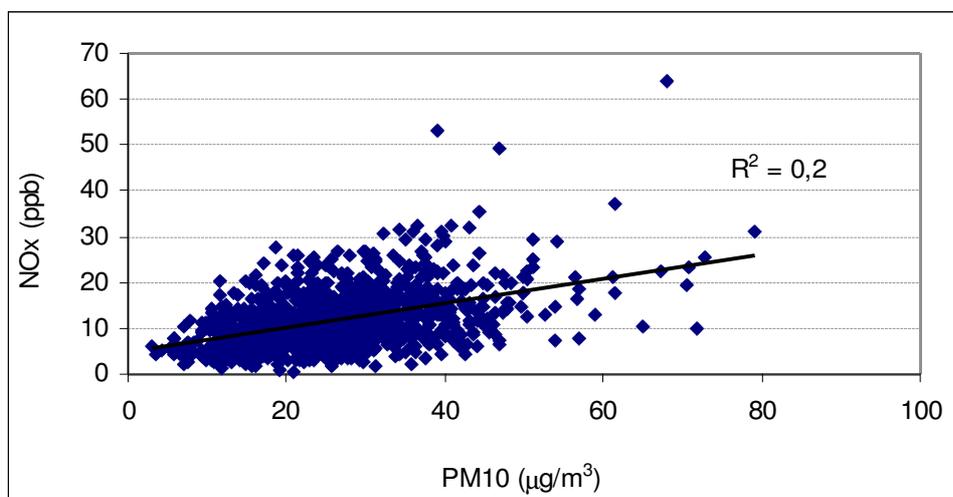


Figura 1.4.4.1.1. PERIODO ESTIVO: Correlazione lineare PM10/NOx, stazione di PT-Montale

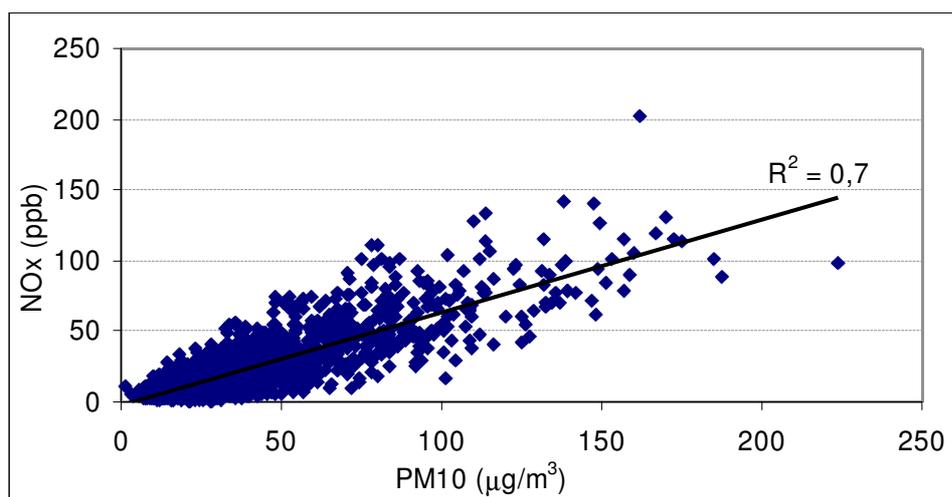


Figura 1.4.4.1.2. PERIODO INVERNALE: Correlazione lineare PM10/NOx, stazione di PT-Montale

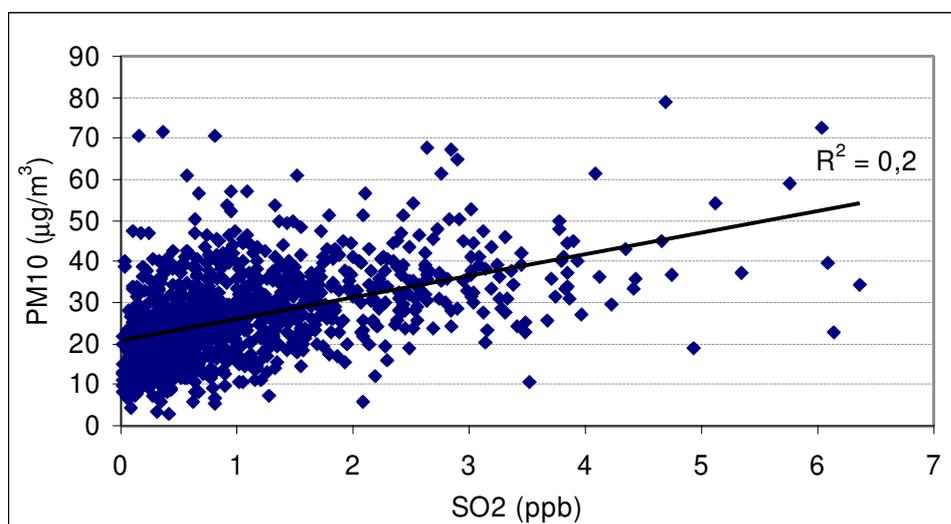


Figura 1.4.4.1.3. PERIODO ESTIVO: Correlazione lineare PM10/SO₂, stazione di PT-Montale

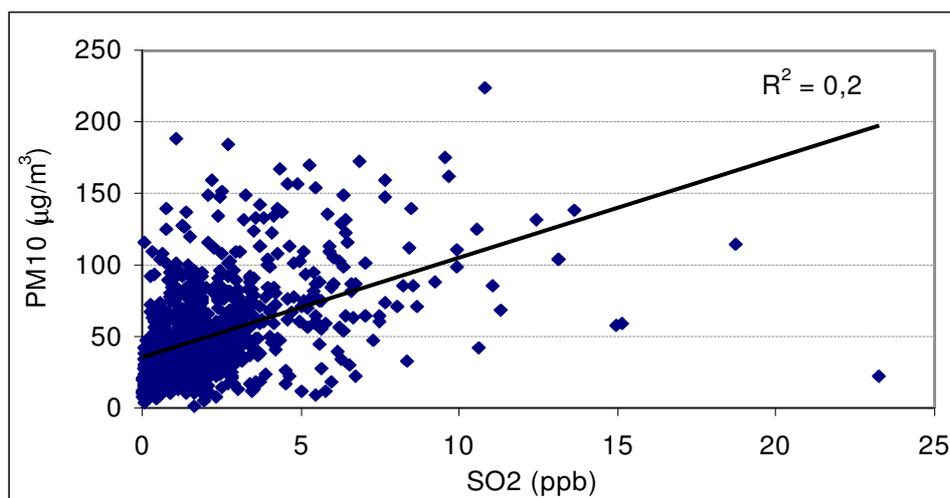


Figura 1.4.4.1.4. PERIODO INVERNALE: Correlazione lineare PM10/SO₂, stazione di PT-Montale

Come si può osservare, il coefficiente di determinazione (R^2)⁵ ha un valore elevato (correlazione forte) solo nel caso del rapporto tra le concentrazioni di PM10 e NO_x rilevate nel periodo invernale mentre presenta valori ridotti (correlazione debole) in tutti gli altri casi.

Si è, inoltre, potuto osservare che il valore del coefficiente di correlazione (R^2) relativo all'intero periodo di osservazione è molto simile a quello individuato per il periodo invernale.

In base, perciò, a quanto emerso dall'analisi della correlazione tra il PM10 e gli inquinanti suoi precursori monitorati presso la stazione di Montale, sembra emergere una forte dipendenza tra i livelli invernali di concentrazione di ossidi di azoto e polveri.

1.4.4.2 La correlazione tra i parametri di qualità dell'aria e i parametri meteorologici

Le elaborazioni effettuate sui dati di concentrazione del PM10 rilevati nel corso del periodo 2005-2013 evidenziano uno stretto legame tra le concentrazioni e le stagioni; le concentrazioni maggiori di PM10 si rilevano durante la stagione invernale, sebbene superamenti del valore limite giornaliero di PM10 di 50 µg/m³ si possono generalmente riscontrare anche durante la stagione estiva. Il grafico seguente fornisce un esempio di quanto osservato durante il periodo di studio riguardo a tali differenze:

⁵ In statistica, il coefficiente di determinazione, (più comunemente R^2), è una proporzione tra la variabilità dei dati e la correttezza del modello statistico utilizzato. R^2 varia tra 0 ed 1: quando è 0 il modello utilizzato non spiega per nulla i dati; quando è 1 il modello spiega perfettamente i dati. Nel caso della correlazione lineare semplice il modello di riferimento è la retta ($y = a + bx$).

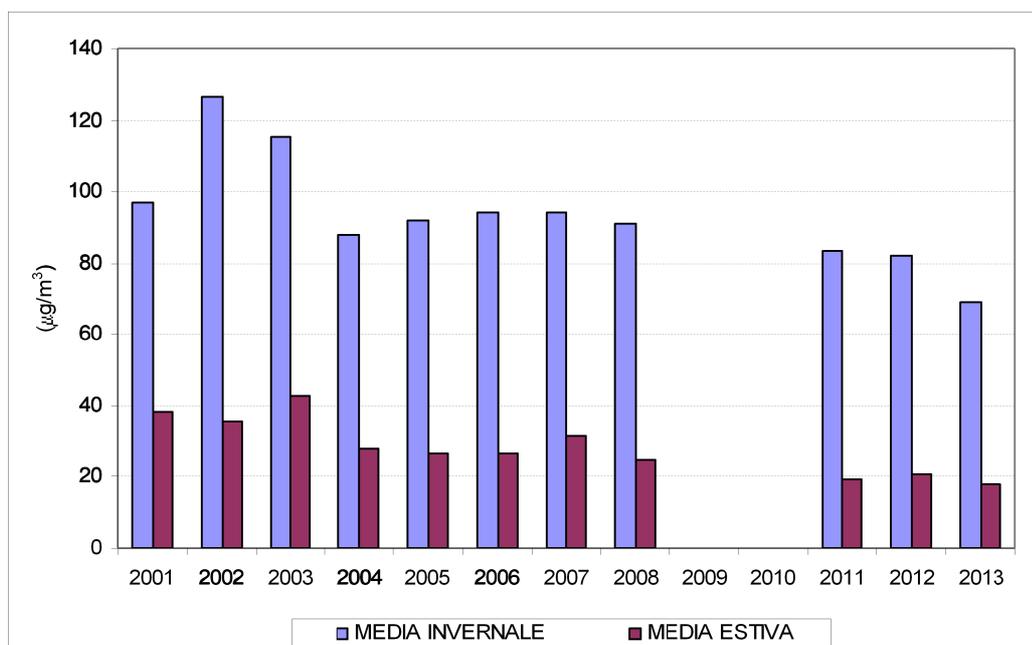


Figura 1.4.4.2.1. PT-Montale: Concentrazioni medie stagionali PM10

Al fine di potere valutare il legame esistente tra variabili meteorologiche, parametri di qualità dell'aria e concentrazioni di PM10 e di individuare i parametri che più significativamente possono incidere sui livelli di PM10 misurati, si è proceduto ad approfondire ulteriormente lo studio di correlazione effettuando uno studio del legame statistico esistente tra le concentrazioni di PM10 e i parametri meteorologici e di qualità dell'aria dell'aria rilevati dalla centralina di Montale tramite un'analisi multivariata. Si è scelto di adottare la tecnica statistica dell'analisi multivariata in quanto l'interpretazione dei fenomeni che portano alla determinazione dei valori di concentrazione di PM10 coinvolgono necessariamente un numero $n > 1$ di variabili.

Per analisi statistica multivariata si intende un insieme di tecniche e metodi statistici che mirano a descrivere e analizzare la struttura dell'insieme di individui osservati. All'[allegato 5](#) sono state analizzate le possibili tecniche di analisi multivariata.

Nel caso del presente studio, obiettivo specifico dell'analisi era quello di determinare le relazioni tra le variabili al fine di prevedere il valore di una variabile (la concentrazione di PM10) sulla base delle osservazioni disponibili sulle altre variabili (le variabili di qualità dell'aria e meteorologiche monitorate). Vista la natura delle variabili oggetto dell'approfondimento e l'obiettivo che si intende raggiungere, tra le varie tecniche di analisi multivariata disponibili è stato deciso adottare la tecnica della regressione multipla sviluppandola distintamente sui dati invernali ed estivi⁶.

Da un'indagine svolta in merito a studi di correlazione tra variabili meteorologiche e di qualità dell'aria è, inoltre, emerso che la stessa metodologia è stata adottata per l'analisi dei dati ottenuti dai

⁶. L'analisi della regressione è una tecnica usata per analizzare una serie di dati che consistono in una variabile dipendente e una o più variabili indipendenti. La variabile dipendente nell'equazione di regressione è modellata come una funzione delle variabili indipendenti più un termine d'errore. Quest'ultimo è una variabile casuale e rappresenta una variazione non controllabile e imprevedibile nella variabile dipendente; i parametri sono stimati in modo da descrivere al meglio i dati. In particolare nella regressione lineare multipla ci sono più variabili indipendenti o funzioni di variabili indipendenti.

monitoraggi effettuati nell'ambito del Progetto Parfil (PARTicolato Fine in regione Lombardia) promosso dalla Regione Lombardia al fine di approfondire la conoscenza della composizione del particolato e dei meccanismi di formazione e diffusione nel territorio regionale.

L'analisi è stata effettuata sui dati rilevati nel periodo 2006-2011 separatamente per il periodo estivo (21 marzo – 20 settembre) e per il periodo invernale (1 gennaio – 20 marzo, 21 settembre – 31 dicembre); si ritiene che un periodo di osservazione superiore a 5 anni sia sufficiente ad individuare eventuali dipendenze tra i parametri.

Le variabili utilizzate per l'analisi sono i parametri rilevati presso la centralina di Montale:

- parametri meteorologici: velocità del vento (VV), umidità (U) e temperatura (T)⁷
- parametri di qualità dell'aria: NO_x, O₃, SO₂

Dall'applicazione della tecnica di regressione multipla sono state ottenute le seguenti formulazioni, ovviamente non estrapolabili a livello generale, seppur con i limiti riportati anche in nota 7:

Periodo invernale:

$$PM10_{\text{previsto}} = 0,86 \text{ NO}_x + 0,21 \text{ O}_3 - 2,44 \text{ SO}_2 - 6,27 \text{ VV} - 0,05 \text{ U} - 1,44 \text{ T} + 37,25$$

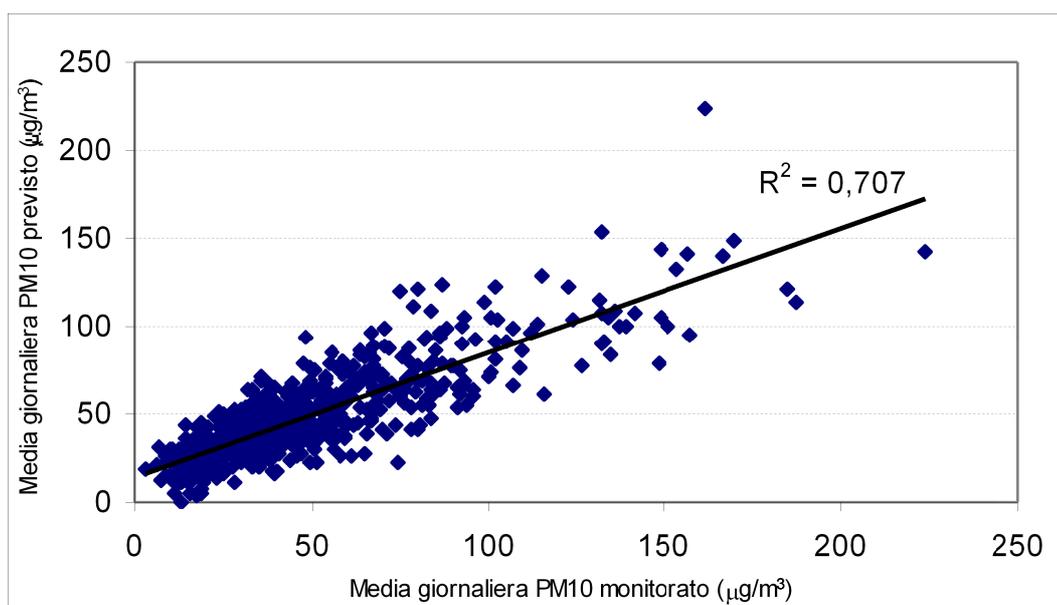


Figura 1.4.4.2.2. Correlazione tra valore previsto con il modello e valore osservato con il monitoraggio di PM10 periodo INVERNALE

⁷ Nello studio "Calcolo dei campi di vento e variabili micrometeorologiche nella macroarea FI-PO-PT tramite Calmet®Eartech inc." del 15.11.13, Allegato 10 effettuato dal Settore Modellistica previsionale dell'ARPAT, per la stazione di PT-Montale viene osservato che la rosa dei venti delle simulazioni effettuate appare più verosimile di quella delle misure in quanto riproduce le direzioni attese per la posizione della stazione (NE e OSO). Le misure (anno 2007) infatti presentano una netta direzione prevalente E e, senza ragione, la completa assenza delle direzioni S ed O, inoltre i valori del modulo della velocità sono nettamente inferiori alle simulazioni. La distribuzione dei venti rilevata presso la stazione di PT - Montale presenta direzionalità e frequenze concentrate nei quadranti E e N e mostra assenza di venti provenienti dal quadrante meridionale e valori residuali nel quadrante occidentale. La scomparsa di venti dai quadranti meridionali risulta difficile da comprendere. In base a tali risultati viene ritenuto che la stazione sia influenzata molto localmente da ostacoli che deviano o bloccano il flusso del vento.

Nonostante queste valutazioni successive all'effettuazione dell'analisi multivariata del punto 1.4.4.2, le considerazioni conseguenti rimangono comunque invariate.

Al fine di verificare l'effettiva correlazione delle variabili indipendenti individuate con i valori stimati di concentrazione di PM10 si è provveduto ad effettuare la regressione con i dati normalizzati delle variabili; in tale modo è stato possibile riportare tutte le variabili indipendenti ad una stessa scala di valori per cui i coefficienti ottenuti dall'analisi rappresentano l'effettiva influenza che ciascuna variabile ha sui valori calcolati del PM10. L'equazione in tal modo ottenuta è la seguente:

$$PM10_{\text{previsto}} = 0,78 \text{ NOx} + 0,1 \text{ O3} + 0,13 \text{ SO2} - 0,21 \text{ VV} - 0,02 \text{ U} - 0,15 \text{ T} + 0,17$$

Si può osservare da subito la prevalenza del termine relativo al contributo del parametro NOx rispetto agli altri parametri. Quanto sopra osservato viene confermato anche da quanto emerso dallo studio della correlazione tra i parametri NO_x e PM10 presentato nel precedente paragrafo; si può osservare, infatti, che il coefficiente di correlazione ottenuto dal confronto tra il PM10 monitorato e quello stimato con l'analisi di regressione multipla sia molto simile a quello ottenuto dal confronto diretto tra i valori di concentrazione di PM10 e di NO_x monitorati.

Stagione estiva:

$$PM10_{\text{previsto}} = 0,46 \text{ NOx} - 0,03 \text{ O3} + 3,73 \text{ SO2} - 1,64 \text{ VV} - 0,07 \text{ U} + 0,30 \text{ T} + 20,32$$

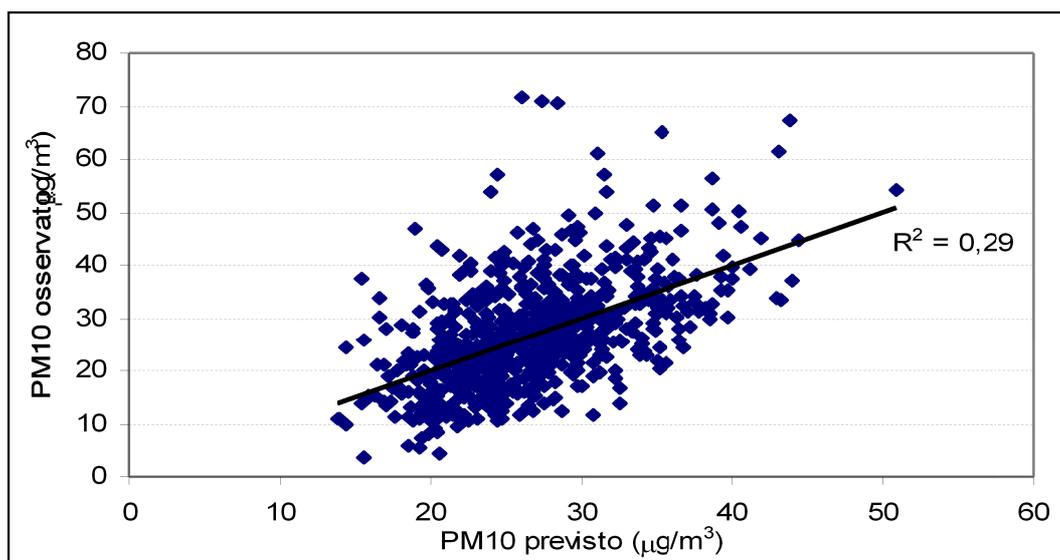


Figura 1.4.4.2.3. Correlazione tra valore previsto con il modello e valore osservato con il monitoraggio di PM10_periodo ESTIVO

Mentre l'analisi di regressione lineare multipla applicata ai dati rilevati nella stagione invernale ha fornito risultati soddisfacenti in quanto per essa si è ottenuto un valore molto vicino a 1 del quadrato del coefficiente di correlazione (R^2), lo stesso non si può dire per l'elaborazione effettuata sui dati della stagione estiva in quanto, in tale caso, il valore di tale coefficiente è risultato essere molto ridotto (vedi grafico precedente). Il coefficiente di correlazione esprime, infatti, la proporzione di variazione della variabile dipendente y spiegata dal modello, quindi, nel caso in cui tale valore fosse circa 1 si può ritenere buono il modello utilizzato (i valori stimati e quelli osservati sono fortemente correlati) mentre nel caso in cui il suo valore fosse vicino allo zero il modello utilizzato deve essere ritenuto non

adeguato a descrivere la correlazione della variabile dipendente oggetto dello studio (la concentrazione di PM10 rilevata) con le variabili indipendenti individuate.

Visto l'elevato valore del coefficiente di correlazione e la netta prevalenza del termine relativo al contributo del parametro NO_x rilevati per il periodo invernale, periodo nel quale si rilevano anche elevati valori di concentrazione per il PM10, si è ritenuto utile effettuare approfondimenti in merito verificando la correlazione tra i dati di concentrazione di PM10 e quelli delle principali specie chimiche degli ossidi di azoto che destano maggiori preoccupazioni in termini di inquinamento atmosferico (NO e NO₂).

Si ricorda che la verifica della correlazione consente di misurare la relazione fra due insiemi di dati indipendenti dall'unità di misura. È possibile utilizzare lo strumento di correlazione per determinare se due intervalli di dati crescono proporzionalmente, ovvero se i valori elevati di un insieme sono associati ai valori elevati dell'altro (correlazione positiva), se i valori bassi di un insieme sono associati ai valori elevati dell'altro (correlazione negativa) o se non esiste correlazione tra i valori dei due insiemi (correlazione prossima a zero).

L'ossido di azoto (NO) è un inquinante primario che si forma generalmente nei processi di combustione ad alta temperatura (processi per la produzione di calore, vapore, energia elettrica, energia meccanica – autotrazione, esplosioni, incenerimento, ecc.); in particolare le combustioni che superano i 1.200°C producono prevalentemente NO e in misura ridotta NO₂.

Il biossido di azoto (NO₂) può essere un contaminante di origine primaria emesso prevalentemente dai motori diesel (nei quali vengono raggiunte temperature di combustione generalmente inferiori ai 1000°C, minori rispetto a quelle raggiunte nei motori a scoppio), ma è per lo più un inquinante di origine secondaria che si genera in seguito all'ossidazione in atmosfera dell'ossido di azoto (NO)⁸.

Al fine di verificare in modo completo la correlazione tra il PM10 e i composti dell'NO_x e quindi di trarre deduzioni utili e il più possibile esaurienti in merito ad eventuali particolarità o eccezioni dei dati di concentrazione rilevati presso la stazione di Montale, si è proceduto alla verifica della correlazione tra NO e PM10 tramite il test di Pearson per tutte le stazioni di rete regionale presso le quali sono monitorati entrambi i parametri, sia di traffico che di fondo, sia per il periodo invernale che estivo per gli anni 2011⁹ e 2012.

Si riportano di seguito i valori degli indici di correlazione ($\rho_{xy} = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y}$) ottenuti per ciascuna stazione

in ordine decrescente; si ricorda che, la correlazione viene detta “debole” (D) se $0 < \rho_{xy} < 0,3$, “moderata” (M) se $0,3 < \rho_{xy} < 0,7$ e “forte” (F) se $\rho_{xy} > 0,7$:

⁸ In caso di inquinamento fortuito da monossido di azoto (NO), la concentrazione in atmosfera decade in 2-5 giorni, ma nel caso di emissioni continue si assiste all'attivazione di un ciclo giornaliero che porta alla produzione di inquinanti secondari, quali il biossido di azoto.

⁹ Per le stazioni di monitoraggio che non hanno ottenuto una percentuale di dati validi per i parametri PM10 o NO_x nell'anno 2011 superiore o uguale al 90% sono stati utilizzati i dati relativi all'anno precedente nel quale tale percentuale è stata raggiunta per entrambi i parametri

Zona	Tipo	Stazione	Coefficiente di correlazione di Pearson sull'anno	Coefficiente di correlazione di Pearson INVERNO	Coefficiente di correlazione di Pearson ESTATE
Prato-Pistoia	RF	PT-MONTALE	0,84	0,82	0,52
Valdarno Pisano e Piana Lucchese	UF	LU-CAPANNORI	0,84	0,79	0,39
Valdarno Pisano e Piana Lucchese	UT	PI-BORGHETTO	0,82	0,81	0,33
Prato-Pistoia	UF	PO-ROMA	0,81	0,80	0,31
Agglomerato	UT	FI-MOSSE	0,79	0,78	0,42
Valdarno Aretino E Valdichiana	UT	AR-REPUBBLICA	0,76	0,74	0,16
Prato-Pistoia	UT	PO-FERRUCCI	0,75	0,82	0,18
Valdarno Pisano e Piana Lucchese	PF	PI-S.C.COOP	0,75	0,72	0,17
Agglomerato	UT	FI-GRAMSCI_2011	0,74	0,70	0,26
Prato-Pistoia	UF	PT-SIGNORELLI	0,72	0,72	0,58
Valdarno Pisano e Piana Lucchese	UF	PI-PASSI	0,71	0,69	0,21
Agglomerato	UF	FI-BASSI	0,71	0,68	0,21
Agglomerato	UF	FI-SCANDICCI	0,71	0,70	0,20
Agglomerato	UF	FI-BOBOLI	0,70	0,74	0,47
Costiera	UF	COLOMBAROTTO	0,66	0,65	0,36
Costiera	UF	LU-VIAREGGIO 2	0,65	0,67	0,04
Collinare Montana	UF	SI-POGGIBONSI	0,54	0,48	0,26
Costiera	UT	LI-CARDUCCI	0,43	0,45	0,25
Costiera	UF	GR-URSS	0,31	0,38	-0,002
Collinare Montana	RF	AR-CASA STABBI	-0,04	-0,01	0,08

Tabella 1.4.4.2.1 Applicazione dell'indice di correlazione di Pearson ai dati di PM10 ed NO di tutte le stazioni di rete regionale

Zona	Tipo	Stazione	Classe coeff. correlazione Pearson sull'anno	Classe coeff. correlazione Pearson INVERNO	Classe coeff. correlazione Pearson ESTATE
<i>Prato-Pistoia</i>	<i>RF</i>	<i>PT-MONTALE</i>	<i>F</i>	<i>F</i>	<i>M</i>
<i>Valdarno Pisano e Piana Lucchese</i>	<i>UF</i>	<i>LU-CAPANNORI</i>	<i>F</i>	<i>F</i>	<i>M</i>
<i>Valdarno Pisano e Piana Lucchese</i>	<i>UT</i>	<i>PI-BORGHETTO</i>	<i>F</i>	<i>F</i>	<i>M</i>
<i>Prato-Pistoia</i>	<i>UF</i>	<i>PO-ROMA</i>	<i>F</i>	<i>F</i>	<i>M</i>
<i>Agglomerato</i>	<i>UT</i>	<i>FI-MOSSE</i>	<i>F</i>	<i>F</i>	<i>M</i>
<i>Valdarno Aretino E Valdichiana</i>	<i>UT</i>	<i>AR-REPUBBLICA</i>	<i>F</i>	<i>F</i>	<i>D</i>
<i>Prato-Pistoia</i>	<i>UT</i>	<i>PO-FERRUCCI</i>	<i>F</i>	<i>F</i>	<i>D</i>
<i>Valdarno Pisano e Piana Lucchese</i>	<i>PF</i>	<i>PI-S.C.COOP</i>	<i>F</i>	<i>F</i>	<i>D</i>
<i>Agglomerato</i>	<i>UT</i>	<i>FI-GRAMSCI_2011</i>	<i>F</i>	<i>F</i>	<i>D</i>
<i>Prato-Pistoia</i>	<i>UF</i>	<i>PT-SIGNORELLI</i>	<i>F</i>	<i>F</i>	<i>M</i>

<i>Valdarno Pisano e Piana Lucchese</i>	<i>UF</i>	<i>PI-PASSI</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>D</i>
<i>Agglomerato</i>	<i>UF</i>	<i>FI-BASSI</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>D</i>
<i>Agglomerato</i>	<i>UF</i>	<i>FI-SCANDICCI</i>	<i>F</i>	<i>F</i>	<i>D</i>
<i>Agglomerato</i>	<i>UF</i>	<i>FI-BOBOLI</i>	<i>F</i>	<i>F</i>	<i>M</i>
Costiera	<i>UF</i>	COLOMBAROTTO	<i>M</i>	<i>M</i>	<i>M</i>
Costiera	<i>UF</i>	LU-VIAREGGIO 2	<i>M</i>	<i>M</i>	<i>D</i>
Collinare Montana	<i>UF</i>	SI-POGGIBONSI	<i>M</i>	<i>M</i>	<i>D</i>
Costiera	<i>UT</i>	LI-CARDUCCI	<i>M</i>	<i>M</i>	<i>D</i>
Costiera	<i>UF</i>	GR-URSS	<i>M</i>	<i>M</i>	<i>D</i>
Collinare Montana	<i>RF</i>	AR-CASA STABBI	<i>D</i>	<i>D</i>	<i>D</i>

Tabella 1.4.4.2.2. Classe indice di correlazione di Pearson applicato a PM10 ed NO

Si può, innanzitutto, osservare che la stazione di PT-Montale è la stazione con maggiore valore dell'indice di correlazione sia relativo all'intero anno di riferimento che al solo periodo invernale mentre presenta un indice di correlazione relativo al periodo estivo inferiore. La stretta correlazione tra PM10 e NO indica che all'incremento del livello di concentrazione di NO corrisponde un incremento della concentrazione di PM10; i due parametri, perciò, hanno andamenti simili.

Essendo l'NO un inquinante di origine principalmente primaria e quindi derivante da fonti dirette di emissione, sembra plausibile correlare le concentrazioni di PM10 rilevate presso la stazione di Montale nel periodo invernale con le emissioni di fonti presenti in zone limitrofe alla centralina; parte del PM10 rilevato presso la centralina sembrerebbe, cioè, di origine primaria.

E' possibile, inoltre, individuare due gruppi di stazioni in base ai diversi "livelli di correlazione" tra PM10 e NO; in particolare nel primo gruppo (in *corsivo* nella tabella precedente) si inseriscono tutte le centraline con correlazione di tipo "forte" sia per il periodo invernale che per l'intero anno o con valori dell'indice comunque molto prossimi allo 0,7, valore discriminante tra "correlazione forte" e "correlazione moderata" (vedi ad es. FI-Bassi e PI-Passì per il periodo invernale), mentre del secondo gruppo fanno parte le stazioni con indice di correlazione di tipo "moderato" o "debole" per tutti i periodi considerati.

In particolare si osserva che nel primo gruppo sono presenti, come prevedibile, tutte le stazioni di traffico fatta eccezione per la stazione di LI-Carducci la quale, però, si trova in una zona (la zona costiera) che presenta particolari caratteristiche meteorologiche che creano condizioni di elevata dispersione atmosferica.

Al fine di analizzare ulteriormente tali informazioni e di valutare il più approfonditamente possibile l'appartenenza della stazione di Montale al primo gruppo di stazioni, si è proceduto ad affiancare i risultati ottenuti tramite l'applicazione di una metodologia (indice β) proposta ed utilizzata in Belgio per

la valutazione della rappresentatività spaziale delle stazioni (vedi par. 1.2.6). L'indice β , associato ad ogni stazione di monitoraggio di tipo fondo e utilizzato relativamente al PM10, sintetizza in un unico valore le informazioni sull'uso del suolo e sulle pressioni emissive locali; ai risultati ottenuti tramite l'analisi dei soli dati di qualità dell'aria (correlazione PM10/NO) sono state, perciò, affiancate informazioni dedotte dall'analisi dei dati di uso del suolo e di pressione emissiva.

Zona	Tipo	Stazione	Classe coeff. corr. Pearson sull'anno	Classe coeff. corr. Pearson INVERNO	Classe coeff. corr. Pearson ESTATE	Risultati indice β
Prato-Pistoia	RF	PT-MONTALE	F	F	M	Alto fondo e bassa dispersione
Valdarno Pisano e Piana Lucchese	UF	LU-CAPANNORI	F	F	M	Alto fondo e bassa dispersione
Valdarno Pisano e Piana Lucchese	UT	PI-BORGHETTO	F	F	M	-
Prato-Pistoia	UF	PO-ROMA	F	F	M	Alto fondo e alta dispersione
Agglomerato	UT	FI-MOSSE	F	F	M	-
Valdarno Aretino E Valdichiana	UT	AR-REPUBBLICA	F	F	D	-
Prato-Pistoia	UT	PO-FERRUCCI	F	F	D	-
Valdarno Pisano e Piana Lucchese	PF	PI-S.C.COOP	F	F	D	Alto fondo e bassa dispersione
Agglomerato	UT	FI-GRAMSCI_2011	F	F	D	-
Prato-Pistoia	UF	PT-SIGNORELLI	F	F	M	Alto fondo e alta dispersione
Valdarno Pisano e Piana Lucchese	UF	PI-PASSI	F	M	D	Alto fondo e alta dispersione
Agglomerato	UF	FI-BASSI	F	M	D	Alto fondo e alta dispersione
Agglomerato	UF	FI-SCANDICCI	F	F	D	Alto fondo e bassa dispersione
Agglomerato	UF	FI-BOBOLI	F	F	M	Alto fondo e alta dispersione
Costiera	UF	COLOMBAROTTO	M	M	M	Basso fondo e bassa dispersione
Costiera	UF	LU-VIAREGGIO 2	M	M	D	Basso fondo e bassa dispersione
Collinare Montana	UF	SI-POGGIBONSI	M	M	D	Basso fondo e bassa dispersione
Costiera	UT	LI-CARDUCCI	M	M	D	-
Costiera	UF	GR-URSS	M	M	D	Basso fondo e alta dispersione

Collinare Montana	RF	AR-CASA STABBI	D	D	D	Basso fondo e alta dispersione
-------------------	----	----------------	---	---	---	--------------------------------

Tabella 1.4.4.2.3. Classe indice di correlazione di Pearson applicato a PM10 ed NO e risultati metodo indice β

Dalla tabella precedente si può osservare che il gruppo di stazioni analizzate può essere suddiviso in due sottogruppi: del primo sottogruppo fanno parte tutte le stazioni di traffico e le stazioni di fondo collocate in zone che presentano valori elevati degli indici di pressione relativamente al PM10 (alto fondo) - tra queste anche PT-Montale, nel secondo sottogruppo, invece, si collocano solo stazioni di fondo situate in zone che presentano valori ridotti degli indici di pressione relativamente al PM10 (basso fondo).

Si osserva, inoltre, che le due stazioni di tipo rurale fondo hanno comportamenti opposti relativamente alla correlazione tra PM10 e NO; per la stazione di AR-Casa Stabbi si osserva una correlazione debole tra i due inquinanti, per la stazione di PT-Montale si osserva, invece, una correlazione molto forte.

E' stata, quindi, condotta un'analisi di correlazione tra le concentrazioni di PM10 e quelle di NO₂ rilevate al fine di definire anche l'eventuale rapporto tra un inquinante principalmente secondario quale l'NO₂¹⁰ e le concentrazioni di PM10.

I valori dei coefficienti di Pearson calcolati per ciascuna stazione di rete regionale presso la quale sono stati monitorati entrambi i parametri sono riportati nella tabella seguente, mentre nella tabella successiva sono riportati schematicamente i risultati dell'indagine:

Zona	Tipo	Stazione	Coefficiente di correlazione di Pearson sull'anno	Coefficiente di correlazione di Pearson INVERNO	Coefficiente di correlazione di Pearson ESTATE
Prato - Pistoia	RF	PT-MONTALE	0,83	0,81	0,50
Prato - Pistoia	UF	PO-ROMA	0,76	0,75	0,31
Valdarno Pisano e Piana Lucchese	PF	PI-S.C.COOP	0,76	0,78	0,21
Agglomerato	UF	FI-BASSI	0,74	0,79	0,34
Valdarno Pisano e Piana Lucchese	UF	PI-PASSI	0,73	0,73	0,28
Agglomerato	UF	FI-SCANDICCI	0,68	0,69	0,33
Agglomerato	UT	FI-MOSSE	0,65	0,64	0,42

¹⁰ La produzione di NO₂, aumentando col diminuire della temperatura, si ha durante il processo di raffreddamento dei fumi derivanti dai processi di combustione. Tale produzione, inoltre, è proporzionale alla concentrazione di O₂ ed al quadrato della concentrazione di NO. Così, poiché durante il raffreddamento dei fumi la concentrazione di O₂ aumenta mentre quella di NO diminuisce, l'effetto globale porta ad una limitata produzione di NO₂, stimata pari a circa il 10% dell'NO presente nei fumi. Questa è la porzione di produzione primaria di NO₂. Il biossido di azoto può essere, inoltre, originato anche da processi produttivi senza combustione, come ad esempio la produzione di acido nitrico, fertilizzanti azotati, ecc..., ed anche da sorgenti naturali (attività batterica, eruzioni vulcaniche, incendi)

Prato - Pistoia	UF	PT-SIGNORELLI	0,63	0,59	0,42
Valdarno Pisano e Piana Lucchese	UT	PI-BORGHETTO	0,61	0,53	0,46
Costiera	UF	LU-VIAREGGIO 2	0,59	0,60	0,03
Valdarno Aretino E Valdichiana	UT	AR-REPUBBLICA	0,55	0,48	0,25
Collinare-Montana	UF	SI-POGGIBONSI	0,53	0,45	0,22
Agglomerato	UT	FI-GRAMSCI	0,44	0,42	0,29
Costiera	UF	GR-URSS	0,37	0,44	0,20
Costiera	UT	LI-CARDUCCI	0,31	0,46	0,20
Prato - Pistoia	UT	PO-FERRUCCI	0,26	0,52	-0,04
Agglomerato	UF	FI-BOBOLI	0,25	0,41	-0,17
Valdarno Pisano e Piana Lucchese	UF	LU-CAPANNORI	0,12	0,49	-0,05
Costiera	UF	MS-COLOMBAROTTO	0,06	0,32	0,03
Collinare-Montana	RF	AR-CASA STABBI	-0,04	-0,01	0,08

Tabella 1.4.4.2.4. Applicazione dell'indice di correlazione di Pearson ai dati di PM10 ed NO₂ di tutte le stazioni di rete regionale

Zona	Tipo	Stazione	Classe coeff. corr. Pearson sull'anno	Classe coeff. corr. Pearson INVERNO	Classe coeff. corr. Pearson ESTATE	Rosultati metodo indice β
Prato - Pistoia	RF	PT-MONTALE	F	F	M	Alto fondo e bassa dispersione
Prato - Pistoia	UF	PO-ROMA	F	F	M	Alto fondo e alta dispersione
Valdarno Pisano e Piana Lucchese	PF	PI-S.C.COOP	F	F	D	Alto fondo e bassa dispersione
Agglomerato	UF	FI-BASSI	F	F	M	Alto fondo e alta dispersione
Valdarno Pisano e Piana Lucchese	UF	PI-PASSI	F	F	D	Alto fondo e alta dispersione
Agglomerato	UF	FI-SCANDICCI	F	F	M	Alto fondo e bassa dispersione

Agglomerato	UT	FI-MOSSE	M	M	M	
-------------	----	----------	---	---	---	--

Prato - Pistoia	UF	PT-SIGNORELLI	M	M	M	Alto fondo e alta dispersione
Valdarno Pisano e Piana Lucchese	UT	PI-BORGHETTO	M	M	M	
Costiera	UF	LU-VIAREGGIO 2	M	M	D	Basso fondo e bassa dispersione
Valdarno Aretino E Valdichiana	UT	AR-REPUBBLICA	M	M	D	
Collinare-Montana	UF	SI-POGGIBONSI	M	M	D	Basso fondo e bassa dispersione
Agglomerato	UT	FI-GRAMSCI	M	M	D	
Costiera	UF	GR-URSS	M	M	D	Basso fondo e alta dispersione
Costiera	UT	LI-CARDUCCI	M	M	D	
Prato - Pistoia	UT	PO-FERRUCCI	D	M	anticorr.	
Agglomerato	UF	FI-BOBOLI	D	M	anticorr.	Alto fondo e alta dispersione
Valdarno Pisano e Piana Lucchese	UF	LU-CAPANNORI	D	M	anticorr.	Alto fondo e bassa dispersione
Costiera	UF	MS-COLOMBAROTTO	D	M	D	Basso fondo e bassa dispersione
Collinare-Montana	RF	AR-CASA STABBI	anticorr.	anticorr.	D	Basso fondo e alta dispersione

Tabella 1.4.4.2.5. Classe indice di correlazione di Pearson applicato a PM10 ed NO₂ e risultati metodo indice β

Si può, innanzitutto, osservare che la stazione di PT-Montale è la stazione con maggiore valore dell'indice di correlazione sia relativo all'intero anno di riferimento che al solo periodo invernale. La stretta correlazione tra PM10 e NO₂ indica che all'incremento del livello di concentrazione di NO₂ corrisponde un incremento della concentrazione di PM10; i due parametri, perciò, hanno andamenti simili.

Essendo l'NO₂ un inquinante di origine principalmente secondaria e quindi derivante da fonti di emissione anche molto distanti dal sito della stazione di monitoraggio, sembra plausibile correlare le concentrazioni di PM10 rilevate presso la stazione di Montale nel periodo invernale con le emissioni di fonti presenti in zone anche molto lontane dalla centralina; parte del PM10 rilevato presso la centralina sembrerebbe, cioè, di origine secondaria.

Anche in questo caso si può osservare che il gruppo di stazioni analizzate può essere suddiviso in due sottogruppi: del primo sottogruppo fanno parte tutte le stazioni di fondo collocate in zone che presentano valori elevati degli indici di pressione relativamente al PM10 e caratterizzate da condizioni che non permettono una rapida dispersione degli inquinanti (fatta eccezione per la stazione di LU-Capannori) - tra queste anche PT-Montale, nel secondo sottogruppo, invece, si collocano tutte le

stazioni di traffico e le stazioni fondo situate in zone che presentano valori ridotti degli indici di pressione relativamente al PM10 (basso fondo) o condizioni che permettono una rapida dispersione degli inquinanti. Si osserva, inoltre, che le due stazioni di tipo rurale fondo hanno comportamenti opposti relativamente alla correlazione tra PM10 e NO₂; per la stazione di AR-Casa Stabbi si osservano condizioni di anticorrelazione tra i due inquinanti, per la stazione di PT-Montale si osserva, invece, una correlazione molto forte.

Infine, è stata valutata la distribuzione dei valori di concentrazione per NO₂ e NO nel corso dell'anno e la distribuzione delle differenze di concentrazione di tali parametri per la stazione di PT-Montale. Dal successivo grafico si può osservare, come già evidenziato dalle prove effettuate per la verifica della correlazione con il PM10, l'andamento coerente tra PM10, NO₂ e NO; in particolare si può notare che in generale i valori di concentrazione del biossido di azoto sono superiori rispetto a quelli dell'NO ad eccezione del periodo autunno/inverno nel quale si possono osservare numerosi episodi in cui i valori di concentrazione di NO sono superiori rispetto a quelli dell'NO₂.

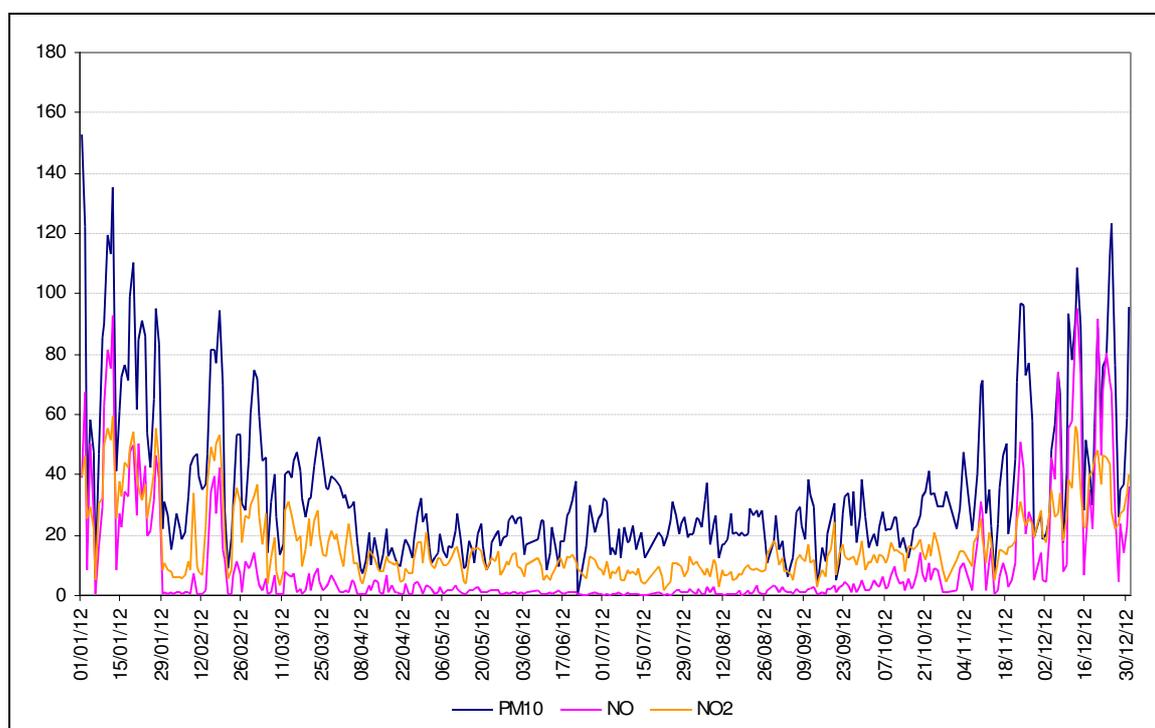


Figura 1.4.4.2.4. Andamento PM10, NO₂, NO rilevato presso la stazione di PT-Montale, anno 2012

L'insieme delle informazioni emerse dall'analisi della correlazione tra PM10, NO e NO₂ e dall'analisi degli andamenti stagionali delle componenti principali degli ossidi di azoto sembra indicare una forte influenza sui dati di PM10 registrati presso la centralina di Montale nel periodo invernale da parte delle sorgenti di emissione di monossido di azoto (in particolare, quindi, le attività di combustione) ad essa limitrofe.

Dalle analisi emerge, inoltre, una stretta correlazione tra PM10 e NO₂; essendo l'NO₂ un inquinante di origine principalmente secondaria, tale risultato sembra supportare l'ipotesi della presenza, nel periodo invernale, di una componente secondaria nei livelli di concentrazione registrati per il PM10.

1.4.5 Analisi del rapporto PM10/PM2,5

Al fine di verificare la corretta classificazione della stazione di PT-Montale (di tipo fondo), si è ritenuto utile approfondire i valori riscontrati per il parametro PM10 anche in relazione al suo rapporto rispetto al parametro PM2,5¹¹.

Il rapporto PM2,5 su PM10 è, infatti, un semplice strumento per valutare in modo qualitativo il peso della componente più fine; nel PM10 sono infatti contenute tutte le polveri con diametro inferiore a 10 µm e quindi anche le polveri PM2,5.

Più il rapporto ha valori ridotti più significa che il contributo della porzione più grossolana è preponderante; la maggiore percentuale della frazione "coarse" del PM10 (frazione PM2,5-10, con granulometria, cioè, superiore a 2,5 µm) viene solitamente riscontrata nelle stazioni di traffico; in tali stazioni, infatti, si registra un forte contributo del risollevarimento di polvere dovuto al traffico veicolare, polvere principalmente di granulometria "coarse". Per le stazioni di tipo "traffico" si osservano, quindi, valori del rapporto PM2,5/PM10 generalmente inferiori rispetto a quelli osservabili per quelle di tipo "fondo".

Nel presente paragrafo sono stati calcolati i rapporti tra concentrazioni medie annuali di PM2,5 e concentrazioni medie annuali di PM10 per le stazioni di rete regionale presso le quali vengono misurati entrambi i parametri ed è stata valutata l'eventuale variazione stagionale di tale rapporto.

Di seguito, in particolare, vengono riportati tabelle e grafici con i valori percentuali del rapporto PM2,5/PM10 rilevati per tutte le stazioni di rete regionale per le quali si è ottenuto nel corso dell'anno un numero di dati validi per il parametro PM10 superiore al 90%:

Stazione	Tipologia	Rapporti % tra le concentrazioni medie annue di PM2,5 e di PM10			
		2010	2011	2012	2013
FI-Bassi	Urbana Fondo	-	67%	70%	70%
PO-Roma	Urbana Fondo	71%	73%	73%	74%
PI-Passi	Urbana Fondo	64%	69%	64%	70%
GR-URSS	Urbana Fondo	61%	63%	58%	65%
PT-Montale ¹	Rurale fondo	-	-	-	66%
FI-Gramsci	Urbana Traffico	-	57%	52%	57%
LI-Carducci	Urbana Traffico	-	55%	56%	56%
Rapporto % medio complessivo tipologia fondo	67%				

¹¹ Si fa presente che, secondo quanto indicato nella DGRT 1025/2010 nella centralina di Montale è presente, a partire da febbraio 2013 un analizzatore PM10/PM2,5 che consente il monitoraggio il contemporaneo dei due parametri

Rapporto % medio complessivo tipologia traffico	56%
---	-----

Tabella 1.4.5.1. Rapporto percentuale tra medie annuali di PM2,5 e di PM10

1. L'analizzatore PM10/PM2,5 è attivo dal 16/02/2013

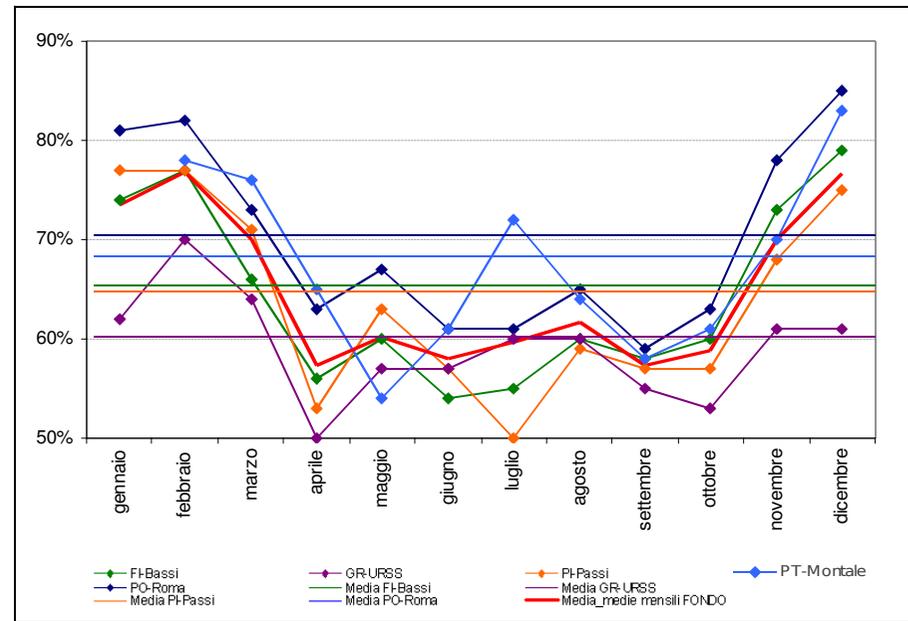
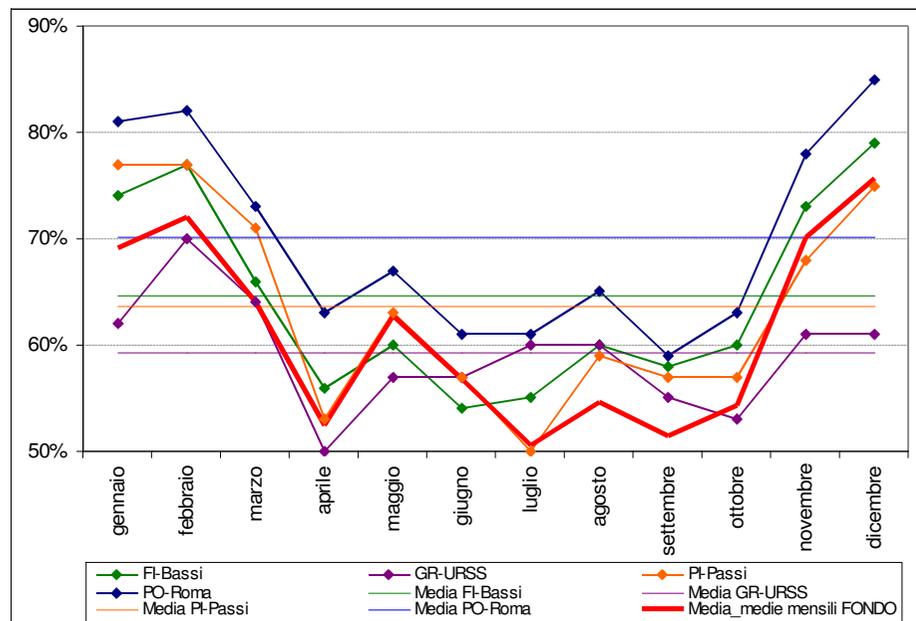
Dai valori in tabella si può notare che il rapporto in esame è minore presso le stazioni di traffico dove i valori sono compresi tra il 52 e il 57% con 56% di media.

Presso le stazioni di fondo il rapporto varia tra il minimo del 58% registrato nel 2012 presso la stazione di fondo di GR-URSS ed il valore massimo del 74% registrato presso la stazione di Prato nel 2012.

E' stata, inoltre, valutata la distribuzione del rapporto percentuale tra PM2,5 e PM10 nei vari mesi degli anni 2012-2013 in modo da analizzare l'eventuale variazione stagionale di tale dato:

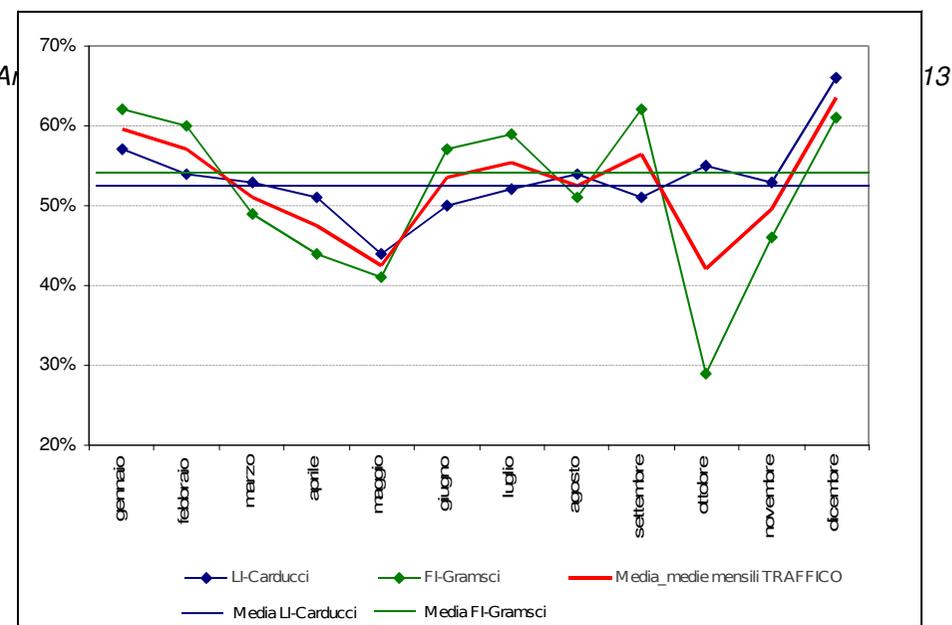
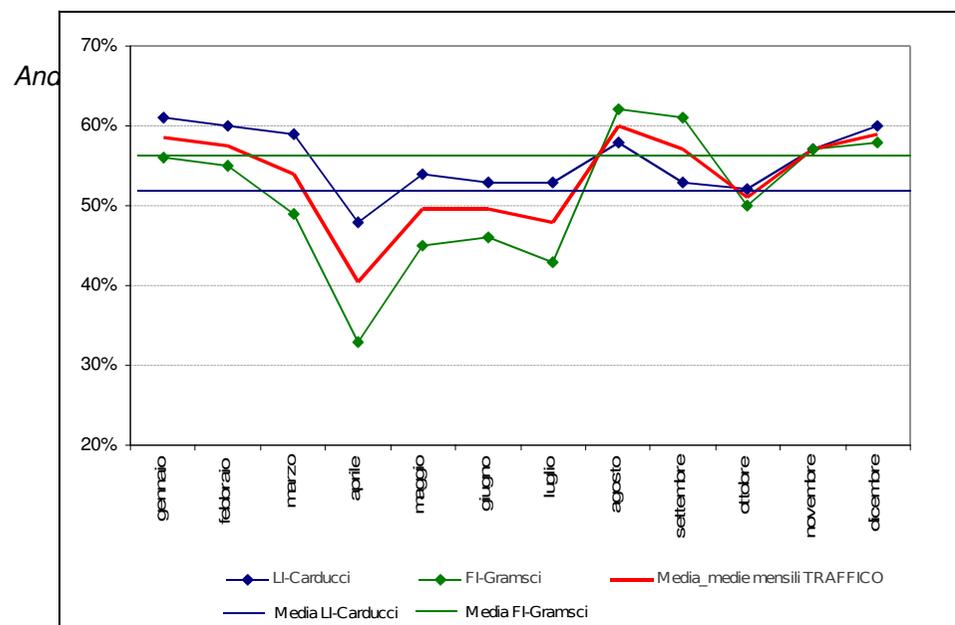
	PO-ROMA		FI-BASSI		PI-PASSI		GR-URSS		PT-MONTALE
	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2013
gennaio	82%	81%	76%	74%	78%	77%	67%	62%	-
febbraio	82%	82%	78%	77%	78%	77%	73%	70%	78%
marzo	73%	73%	74%	66%	65%	71%	60%	64%	76%
aprile	66%	63%	63%	56%	57%	53%	55%	50%	65%
maggio	57%	67%	55%	60%	46%	63%	54%	57%	54%
giugno	65%	61%	63%	54%	58%	57%	63%	57%	61%
luglio	72%	61%	67%	55%	69%	50%	70%	60%	72%
agosto	66%	65%	65%	60%	61%	59%	62%	60%	64%
settembre	61%	59%	56%	58%	53%	57%	54%	55%	58%
ottobre	68%	63%	65%	60%	58%	57%	57%	53%	61%
novembre	71%	78%	69%	73%	61%	68%	63%	61%	70%
dicembre	88%	85%	90%	79%	80%	75%	78%	61%	83%
Max	88%	85%	90%	79%	80%	77%	78%	70%	83%
Min	57%	59%	55%	54%	46%	50%	54%	50%	54%

Tabella 1.4.5.2. Stazioni di fondo: andamento mensile del rapporto tra PM2,5 e PM10, anni 2012 e 2013



	2012	2013	2012	2013
gennaio	61%	57%	56%	62%
febbraio	60%	54%	55%	60%
marzo	59%	53%	49%	49%
aprile	48%	51%	33%	44%
maggio	54%	44%	45%	41%
giugno	53%	50%	46%	57%
luglio	53%	52%	43%	59%
agosto	58%	54%	62%	51%
settembre	53%	51%	61%	62%
ottobre	52%	55%	50%	29%
novembre	57%	53%	57%	46%
dicembre	60%	66%	58%	61%
Max	61%	72%	62%	72%
Min	48%	53%	33%	53%

Tabella 1.4.5.3. Stazioni di traffico: andamento mensile del rapporto tra PM2,5 e PM10, anni 2012 e 2013



13

Per le stazioni di traffico si osserva che il parametro PM_{2,5}/PM₁₀ presenta valori pressoché costanti nel corso dell'anno e non presenta, in ogni caso, marcate variazioni stagionali.

Per quanto riguarda, invece, le stazioni di fondo, mentre in generale per gli anni antecedenti il 2013 si osserva un incremento della frazione di PM_{2,5} nei mesi invernali rispetto a quelli estivi, dall'analisi dei dati riportati nel grafico e in tabella relativi al 2013 si osserva un andamento anomalo riscontrabile per tutte le stazioni di fondo della rete: nel periodo tra luglio e agosto si è, infatti, verificato un innalzamento del rapporto PM_{2,5}/PM₁₀.

Da entrambi i grafici si può osservare che il rapporto PM_{2,5}/PM₁₀ relativo ai parametri registrati presso la stazione di PT-Montale ha avuto un comportamento simile a quello rilevato per tutte le altre stazioni di fondo della rete regionale, con l'eccezione dei mesi di maggio e luglio. Anche lo studio di tale parametro sembrerebbe, quindi, confermare la correttezza della definizione della tipologia della centralina di Montale, identificata come stazione di fondo; in base a ciò sembrerebbe, perciò, plausibile che i valori dei parametri registrati presso la centralina descrivano la qualità dell'aria di un sito di tipo "fondo" il quale, per sua stessa definizione, misura i livelli di inquinamento non influenzati, se non in maniera ridotta, da emissioni di specifiche fonti ma dal contributo integrato di tutte le fonti che possono influire sui livelli di qualità dell'aria della zona.

1.5 Analisi dei dati disponibili: le emissioni

Il Decreto 261/02 che reca le direttive tecniche per la valutazione preliminare della qualità dell'aria ambiente e i criteri per l'elaborazione del piano e dei programmi di cui agli articoli 8 e 9 del D.Lgs 351/99 prevede l'integrazione di tre strumenti di conoscenza: le reti di monitoraggio, l'inventario delle emissioni e la modellistica.

Oltre i dati di qualità dell'aria esaminati nei precedenti capitoli, nel presente rapporto verranno, perciò, valutati, come ulteriore fonte di informazione, i dati presenti nell'ultimo aggiornamento disponibile dell'Inventario Regionale delle Sorgenti di Emissione, l'I.R.S.E. 2007.

L'inventario è uno strumento fondamentale per la valutazione delle diverse sorgenti di emissione e la conseguente impostazione e verifica delle politiche attuate. In esso sono contenute stime dei contributi annui di emissione dei diversi inquinanti anche in settori non direttamente "misurabili", come quello dei trasporti o delle sorgenti agricole e naturali; l'inventario è costituito da una serie organizzata per aree e tipologie di sorgenti di dati relativi alla quantità degli inquinanti introdotti in atmosfera da attività antropiche e da sorgenti naturali. La valutazione delle emissioni avviene attraverso opportune metodologie di stima per la compilazione degli inventari internazionalmente riconosciute¹².

L'analisi ed elaborazione dei dati di emissione contenuti nell'inventario permetterà, quindi, di individuare i principali fattori di pressione presenti nel territorio del comune di Montale e in quello dei comuni limitrofi e, quindi, le principali fonti di emissione di PM10 primario¹³ e dei principali precursori di PM10 secondario¹⁴, gli ossidi di azoto (NO_x) e i composti organici volatili (COV).

La presenza di particolato in atmosfera non è, infatti, attribuibile esclusivamente a sorgenti di emissione primaria ma anche a meccanismi di formazione secondaria che si sviluppano in atmosfera a causa della presenza di gas e inquinanti precursori.

In particolare, nel presente lavoro, si indagheranno le sole sorgenti di emissione di ossidi di azoto e composti organici volatili sia in qualità di principali precursori del PM10 secondario sia in qualità di sostanze inquinanti emesse nella zona e nella piana Prato – Pistoia in modo preponderante rispetto agli altri precursori; in base ai dati riportati nell'inventario regionale delle sorgenti di emissione, infatti, risulta che più del 90% del totale delle emissioni di inquinanti precursori del PM10 siano imputabili ai COV (poco meno del 70%) e agli NO_x (circa il 25%).

Inoltre viene stimato che la frazione di inquinanti primari che viene convertita in particolato secondario è stimata originarsi per il 65% da NO_x, per il 60% da NH₃ e per il 35% da SO₂. In base a tali stime, le emissioni di NO_x originate da sorgenti localizzate nel territorio in esame potrebbero dare luogo al 20% circa delle concentrazioni di particolato secondario della zona. Tale assunzione non può essere

¹² Per quanto riguarda i gas serra, la metodologia di riferimento è quella indicata dall'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Per gli altri inquinanti la metodologia utilizzata è quella indicata dal Progetto CORINAIR (CooRdination-INformation-AIR) dell'Agenzia Europea dell'Ambiente secondo la nomenclatura per le sorgenti emissive SNAP97 (Selected Nomenclature for Air Pollution).

¹³ Emesso direttamente dalle sorgenti presenti sul territorio in esame.

¹⁴ Generato in un momento successivo dalle reazioni chimiche tra inquinanti primari; la formazione avviene in atmosfera attraverso processi di natura fotochimica che coinvolgono composti gassosi detti precursori quali biossido di zolfo (SO₂), ossidi di azoto (NO_x), ammoniacca (NH₃) e composti organici volatili (COV).

ritenuta effettivamente corrispondente o comunque esaustiva della realtà effettiva dell'origine degli alti livelli di concentrazione di PM10 riscontrati presso la centralina di Montale in quanto i fenomeni che danno origine alla formazione di particolato secondario sono estremamente complessi da un punto di vista chimico; il particolato secondario, è, infatti, composto da particelle che possono risiedere in atmosfera per periodi che vanno da alcuni giorni a intere settimane, per cui tali particelle possono essere trasportate anche per migliaia di chilometri¹⁵. Questo significa che parte del particolato PM10 registrato dagli analizzatori di una centralina di qualità dell'aria potrebbe essersi originato da emissioni imputabili a sorgenti presenti anche in zone molto distanti dalle aree limitrofe alla centralina stessa, in presenza di condizioni atmosferiche tali da permettere tali episodi. La vocazione alla ricezione di tali particelle da parte di un dato territorio risiederà, perciò, principalmente nelle caratteristiche meteorologiche dell'area stessa nella quale risiede la centralina di monitoraggio e delle aree circostanti.

In base ai risultati emersi dal Progetto P.A.Tos. in relazione alla componente secondaria del PM10 in Toscana, inoltre, risulta che l'aerosol secondario totale costituisca una parte non indifferente del PM10 monitorato presso le centraline di qualità dell'aria selezionate per l'indagine in misura variabile tra il 30 e il 45% (rispetto alla media annuale).

1.5.1 Le sorgenti di emissione del comune di Montale e dei comuni limitrofi (elaborazione dati I.R.S.E. 2007)

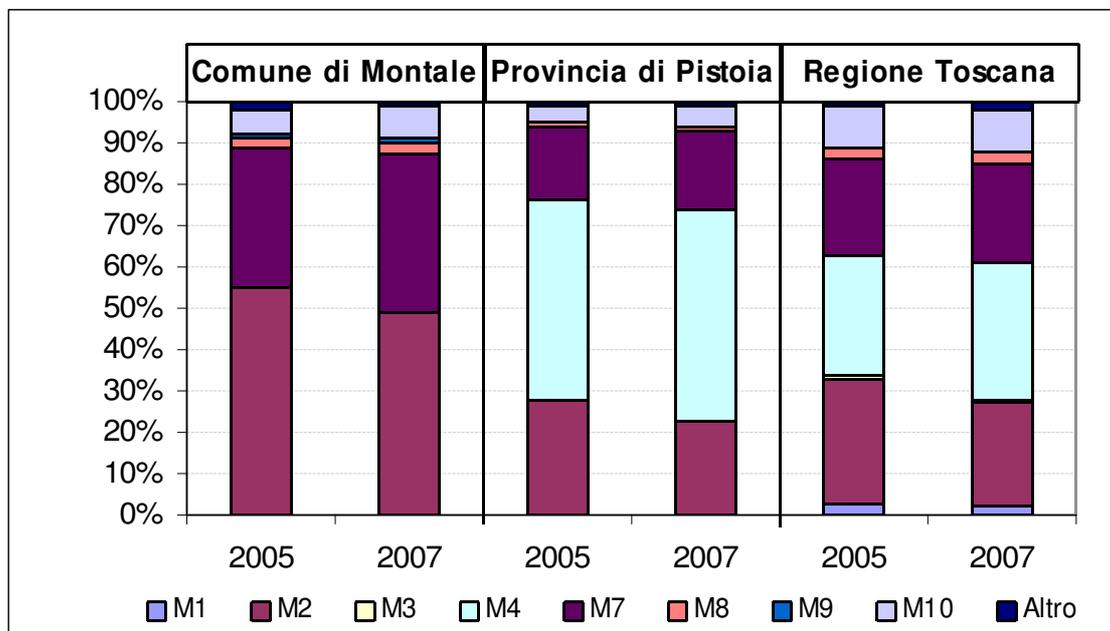
Le sorgenti di emissione del PM10 primario

IL COMUNE DI MONTALE

Da una prima analisi dei dati di emissione di PM10 primario presenti nell'Inventario Regionale delle Sorgenti di Emissioni aggiornato al 2007 (I.R.S.E. 2007) relativamente agli anni 2005 e 2007 emerge che le principali sorgenti di emissione di PM10 primario presenti nel territorio del comune di Montale sono gli impianti di combustione non industriali (macrosettore 2 - Impianti di combustione nel settore residenziale, nel terziario e nell'agricoltura) e i trasporti stradali (macrosettore 7) .

¹⁵ La grandezza delle particelle determina il tempo di permanenza nell'atmosfera. Mentre la sedimentazione e le precipitazioni eliminano le PM10 dall'atmosfera nel giro di poche ore dall'emissione, le PM2,5 possono restare per giorni o addirittura per settimane. Per lo stesso principio, particelle di ridotte dimensioni possono essere trasportate per lunghe distanze. I costituenti grossolani del PM hanno breve tempo di vita in atmosfera; per questo i loro effetti tendono ad essere localizzati. Il trasporto e la trasformazione dei precursori può avvenire su distanze di centinaia di chilometri, è pertanto difficile identificare una singola sorgente di secondari.

Tali sorgenti risultano contribuire per circa il 90% del totale delle emissioni di PM10 primario emesse nel territorio del comune di Montale (vedi grafico successivo); l'incidenza di tali settori, pur rimanendo fonti di primaria importanza, viene molto "diluita" considerando zone più ampie (provincia di Pistoia, Regione Toscana) per le quali particolare rilevanza rivestono anche le attività produttive (macrosettore 4).

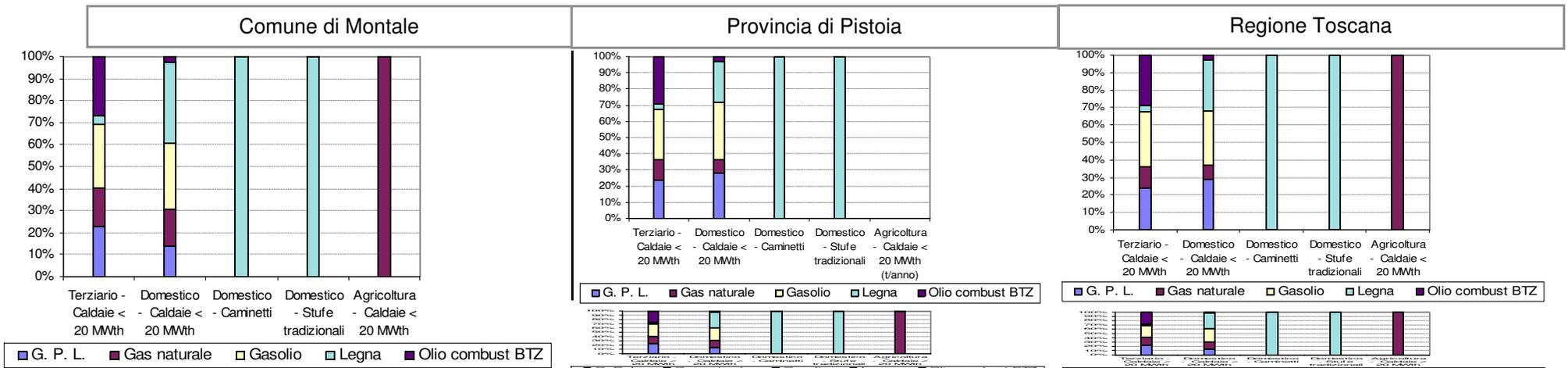


M1	Macrosettore 1	Combustione nell'industria dell'energia e trasformazione fonti energetiche
M2	Macrosettore 2	Impianti di combustione non industriali
M3	Macrosettore 3	Impianti di combustione industriale e processi con combustione
M4	Macrosettore 4	Processi produttivi
M7	Macrosettore 7	Trasporti su strada
M8	Macrosettore 8	Altre sorgenti mobili e macchine
M9	Macrosettore 9	Trattamento e smaltimento rifiuti
M10	Macrosettore 10	Agricoltura
Altro	Macrosettore 5 +	Estrazione, distribuzione combustibili fossili e geotermia +
	Macrosettore 6 +	Uso di solventi +
	Macrosettore 11	Natura e altre sorgenti

Figura 1.5.1.1. Emissioni di PM10 – contributo dei macrosettori che maggiormente concorrono all'emissione di PM10, anni 2005-2007 (fonte: IRSE 2007)

In particolare, per quanto riguarda la combustione non industriale (macrosettore 2), sia a livello comunale (Montale) che a livello provinciale (Pistoia) e regionale, più del 90% delle emissioni di PM10 primario risulta essere proveniente dalla combustione di combustibili vegetali in caminetti e stufe tradizionali sia all'anno 2005 che al 2007 (vedi tabella e grafico successivi).

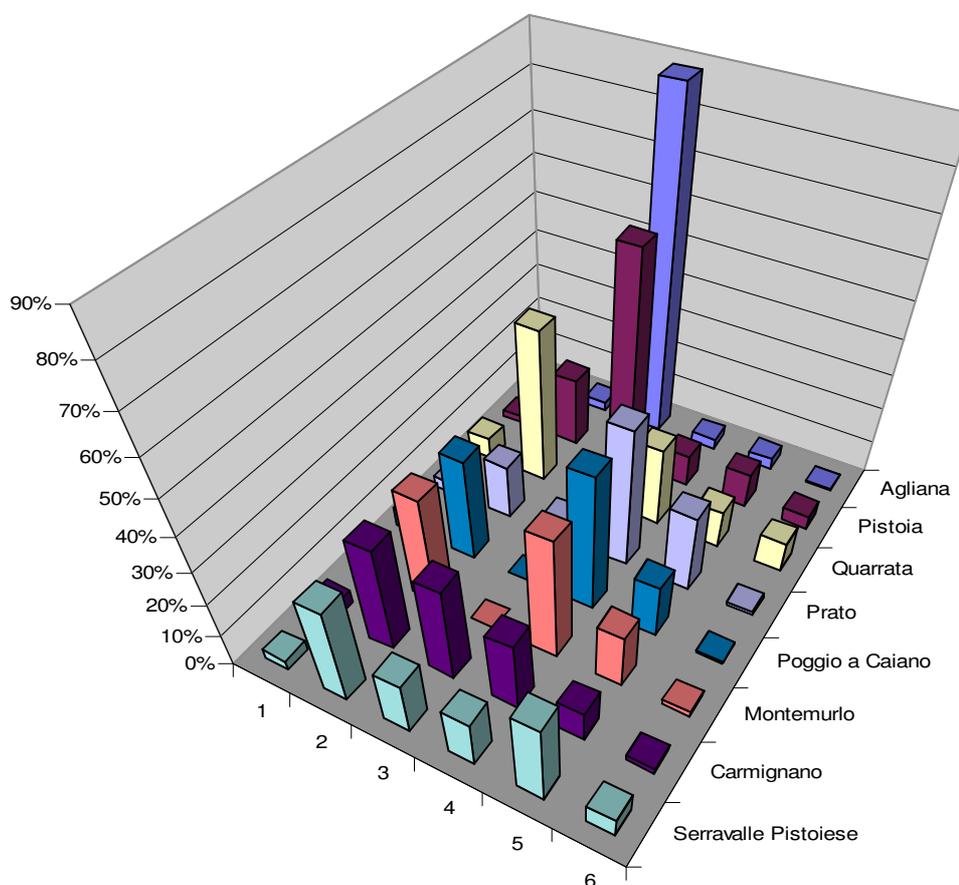
	Attività	PM10 (t/anno) anno 2005					PM10 (t/anno) anno 2007						
		G. P. L.	Gas naturale	Gasolio	Legna	Olio combust BTZ	Totale	G. P. L.	Gas naturale	Gasolio	Legna	Olio combust BTZ	Totale
Comune di Montale	Terziario - Caldaie < 20 MWth	0,03	0,03	0,04	0,01	0,04	0,15	0,06	0,01	0,04	0,00	0,03	0,14
	Domestico - Caldaie < 20 MWth	0,11	0,13	0,24	0,29	0,02	0,80	0,09	0,05	0,19	0,20	-	0,54
	Domestico - Caminetti	-	-	-	9,00	-	9,00	-	-	-	6,07	-	6,07
	Domestico - Stufe tradizionali	-	-	-	4,24	-	4,24	-	-	-	2,86	-	2,86
	Agricoltura - Caldaie < 20 MWth	-	1,E-04	-	-	-	1,E-04	-	3,E-04	-	-	-	3,E-04
Provincia di Pistoia	Terziario - Caldaie < 20 MWth	1,35	0,69	1,76	0,20	1,63	5,64	2,48	0,42	1,38	0,14	1,21	5,63
	Domestico - Caldaie < 20 MWth	9,58	2,76	12,60	8,61	0,95	34,50	8,12	1,96	9,86	5,81	-	25,75
	Domestico - Caminetti	-	-	-	265,33	-	-	-	-	-	178,91	-	178,91
	Domestico - Stufe tradizionali	-	-	-	124,95	-	-	-	-	-	84,25	-	84,25
	Agricoltura - Caldaie < 20 MWth	-	-	-	-	-	-	-	0,01	-	-	-	0,01
Regione Toscana	Terziario - Caldaie < 20 MWth	17,35	9,03	22,58	2,60	20,90	72,46	31,87	7,85	17,67	1,83	15,49	74,70
	Domestico - Caldaie < 20 MWth	98,62	28,98	107,22	100,22	9,43	344,47	83,61	25,48	83,91	67,58	-	260,58
	Domestico - Caminetti	-	-	-	3086,73	-	3086,73	-	-	-	2081,32	-	2081,32
	Domestico - Stufe tradizionali	-	-	-	1453,64	-	1453,64	-	-	-	980,16	-	980,16
	Agricoltura - Caldaie < 20 MWth	-	0,07	-	-	-	0,07	-	0,19	-	-	-	0,19



Circa il 50% delle emissioni primarie di PM10 del Comune di Montale sembra, quindi, provenire dalla combustione domestica di combustibili vegetali in caminetti e stufe tradizionali.

I COMUNI LIMITROFI

Nell'analisi delle possibili fonti di emissione che influenzano la qualità dell'aria nell'intorno della stazione di Montale, oltre a quelle situate all'interno del Comune che possono avere un'influenza in massima parte diretta sui livelli di PM10 misurati, si è ritenuto necessario indagare anche sulle sorgenti di emissione presenti nel territorio dei comuni appartenenti alla zona Prato-Pistoia. Nel grafico e nella tabella successiva sono riportate le principali sorgenti di emissione rilevabili dall'analisi dei dati del database I.R.S.E. 2007 per l'anno 2007:



	Attività	Agliana	Pistoia	Quarrata	Serravalle Pistoiese	Carmignano	Montemurlo	Poggio a Caiano	Prato
1	Combustione non industriale in caldaie	0,2%	2%	6%	3%	4%	4%	6%	3%
2	Combustione domestica di biomassa solida (legna)	2%	20%	44%	29%	31%	32%	30%	16%
3	Produzione di calcestruzzo	89%	61%	0%	16%	28%	0%	0%	6%
4	Traffico - strade urbane	3%	9%	23%	14%	21%	36%	40%	41%
5	Traffico - strade extraurbane e autostrade	3%	10%	11%	24%	9%	16%	16%	23%
6	Agricoltura - uso fertilizzanti	0,5%	4%	9%	6%	2%	1%	0,8%	1%

Figura 1.5.1.2. Principali sorgenti di emissione di PM10 per i comuni della piana compresa tra le aree urbane di Prato e Pistoia, anno 2007 (fonte: IRSE 2007)

dove:

	Attività	Codici SNAP corrispondenti
1	Combustione non industriale in caldaie	02010400 Terziario - Caldaie < 20 MWth
		02020300 Domestico - Caldaie < 20 MWth
		02030300 Agricoltura - Caldaie < 20 MWth
2	Combustione domestica di biomassa solida (legna)	02020620 Domestico- - Caminetti
		02020630 Domestico- - Stufe tradizionali
3	Produzione di calcestruzzo	04064200 Produzione di calcestruzzo
4	Traffico - strade urbane	07010300 Automobili - Strade Urbane
		07020300 Veicoli leggeri < 3.5 t - Strade Urbane
		07030300 Veicoli pesanti > 3.5 t e autobus - Strade Urbane
		07040000 Motocicli cc < 50 cm3
		07050300 Motocicli cc > 50 cm3 - Strade Urbane
		07070103 Freni Automobili - Strade Urbane
		07070203 Freni Veic. leggeri <3.5t - Strade Urbane
		07070303 Freni Veic. Pesanti >3.5t e Autobus - Strade Urbane
		07070503 Freni Motocicli cc>50cm3 - Strade Urbane
		07080103 Gomme Automobili - Strade Urbane
		07080203 Gomme Veic. leggeri <3.5t - Strade Urbane
		07080303 Gomme Veic. pesanti >3.5t e Autobus - Strade Urbane
		07080503 Gomme Motocicli cc>50cm3 - Strade Urbane
		07090103 Abrasione strada Automobili - Strade Urbane
		07090203 Abrasione strada Veic.leggeri <3.5t - Strade Urbane
		07090303 Abrasione strada Veic. pesanti >3.5t e Autobus - Strade Urbane
07090503 Abrasione strada Motocicli cc>50cm3 - Strade Urbane		
5	Traffico - strade extraurbane e autostrade	07010200 Automobili - Strade Extraurbane
		07020200 Veicoli leggeri < 3.5 t - Strade Extraurbane
		07030200 Veicoli pesanti > 3.5 t e autobus - Strade Extraurbane
		07050200 Motocicli cc > 50 cm3 - Strade Extraurbane
		07070102 Freni Automobili - Strade Extraurbane
		07070202 Freni Veic. leggeri <3.5t - Strade Extraurbane
		07070302 Freni Veic. pesanti >3.5t e Autobus - Strade Extraurbane
		07070502 Freni Motocicli cc>50cm3 - Strade Extraurbane
		07080102 Gomme Automobili - Strade Extraurbane
		07080202 Gomme Veic. leggeri <3.5t - Strade Extraurbane
		07080302 Gomme Veic. pesanti >3.5t e Autobus - Strade Extraurbane
		07080502 Gomme Motocicli cc>50cm3 - Strade Extraurbane
		07090102 Abrasione strada Automobili - Strade Extraurbane
		07090202 Abrasione strada Veic. leggeri <3.5t - Strade Extraurbane
		07090302 Abrasione strada Veic. pesanti >3.5t e Autobus - Strade Extraurbane
		07090502 Abrasione strada Motocicli cc>50cm3 - Strade Extraurbane
6	Agricoltura - uso fertilizzanti	10010100 Coltivazioni- permanenti - fertilizzate
		10010200 Terreni- arabili - fertilizzati
		10010400 Vivai- - fertilizzati
		10010600 Maggesi- - fertilizzati

Dal grafico e dalla tabella precedente si può osservare in generale che in tutti i comuni una percentuale variabile tra il 30% e il 60% delle emissioni primarie di PM10 sono originate dal trasporto su strada (locale e extraurbano) e una percentuale variabile tra il 15% e il 45% dalla combustione non industriale di biomassa solida (domestico, terziario e agricoltura); fa eccezione il comune di Agliana all'interno del cui territorio è presente un'attività di produzione di calcestruzzo con emissioni primarie di polveri stimate pari a circa il 90% delle emissioni totali di PM10 di tutte le sorgenti presenti nel comune all'anno 2007; anche i comuni di Pistoia, Carmignano, Serravalle Pistoiese e Prato

presentano emissioni di PM10 primario non trascurabili, seppur con percentuali di incidenza inferiori, derivanti da attività di produzione di calcestruzzo.

L'alta incidenza della quantità di particolato prodotto dalle attività di produzione di calcestruzzo è dovuta al fatto che, per tali tipi di sorgenti, vengono in genere conteggiate non solo le emissioni a camino ma anche tutte le emissioni che si generano dalle attività di gestione dei materiali polverulenti. È necessario, inoltre, sottolineare che, a differenza di altre attività produttive, le emissioni da questo tipo di lavorazione sono di origine esclusivamente primaria e perciò sono interamente computate nell'inventario delle emissioni. Volendo, quindi, considerare il contributo di questa attività al PM10 atmosferico in senso relativo rispetto ad attività che implicano emissioni di polveri di tipo secondario, ad esempio la combustione, si ha certamente una "sovrastima"; le emissioni da produzione di calcestruzzo, che risultano importanti sia a livello regionale che locale, hanno un riflesso sulla qualità dell'aria che non sembra, allo stato attuale delle conoscenze, altrettanto determinante. Inoltre, in termini di esposizione, va considerata anche la natura e la granulometria delle polveri prodotte. Trattandosi di materiali inerti e di frazioni più coarse¹⁶ del PM10, esse non partecipano a processi di trasformazione, hanno una minore permanenza in atmosfera e subiscono maggiormente gli effetti del dilavamento. La preponderanza nelle emissioni di PM10 derivanti dall'attività della produzione di calcestruzzo non è, perciò, presumibilmente riscontrabile allo stesso livello sulla qualità dell'aria della zona. Tale conclusione sembra essere confortata anche dai risultati ottenuti per la stazione di Montale dal progetto P.A.Tos.

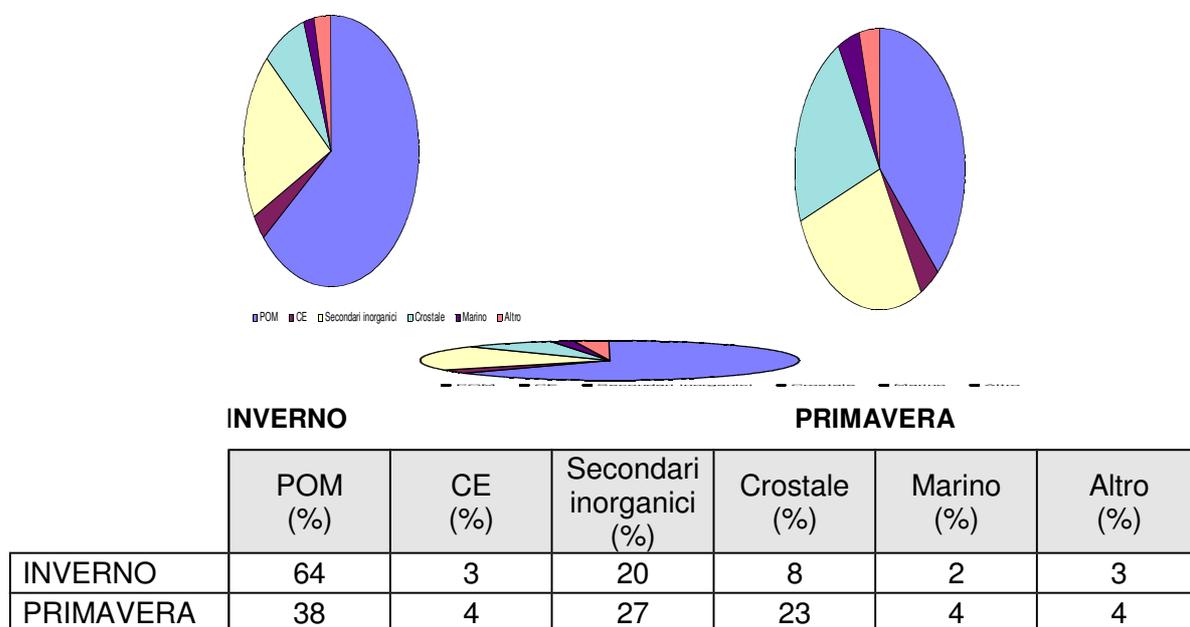


Figura 1.5.1.3. Contributi percentuali delle componenti maggioritarie del PM10 nelle stagioni (fonte: Progetto P.A.Tos. 2008)

Come si può osservare dalla figura e dalla tabella precedenti, sia in base ai risultati dei campionamenti effettuati nel periodo invernale che in quello primaverile, risultano essere prevalenti le

¹⁶ La frazione coarsa è costituita prevalentemente da particelle minerali di diametro compreso tra 2,5 e 10 µm e deriva principalmente da processi d'erosione del suolo e delle rocce; essa presenta composizione variabile a seconda della sua origine (ad es. geologia del luogo).

componenti di particolato di natura organica (POM) e di secondari inorganici (solfati, nitrati e ammonio); in particolare, nel periodo primaverile aumenta la componente crostale, evento che si riscontra per tutti i siti di campionamento analizzati dal progetto P.A.Tos. (anche per il periodo estivo) per i quali la componente crostale rilevata nel periodo primavera-estate, risulta avere un'incidenza circa doppia o superiore al doppio rispetto a quella rilevata nel periodo autunno-inverno.

Le polveri che si originano direttamente dalle attività di produzione di calcestruzzo sono costituite da materiale inerte principalmente appartenente alla frazione coarse delle polveri fini (diametro aerodinamico compreso tra i 2,5 e i 10 micron), quindi assimilabili alle polveri che costituiscono la componente crostale del particolato campionato presso la centralina; inoltre, le emissioni derivanti da tale tipo di attività produttiva non presentano, in generale, evidenti variazioni stagionali, quindi la forte variabilità di tale componente tra il periodo autunno-inverno e quello primavera-estate non può essere imputabile alla sua componente di origine antropica ma alla sua componente di origine naturale.

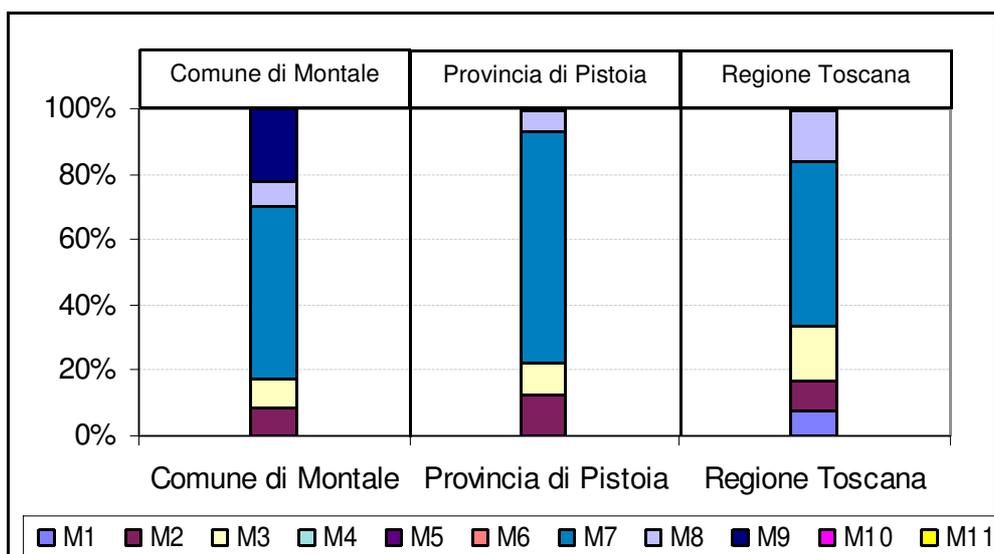
In base a quanto emerso dal progetto P.A.Tos., quindi, si può ragionevolmente dedurre che, come precedentemente sostenuto, le emissioni primarie di polveri derivanti dalle attività di produzione del calcestruzzo, non incidono in maniera determinante sui dati di qualità dell'aria così quanto, invece, su quelli di emissione.

Le sorgenti di emissione di ossidi di azoto, ammoniaca e COVNM a Montale e nei comuni limitrofi

Di seguito vengono riportati i risultati delle analisi effettuate sui valori di emissione relativi ai principali precursori del PM10 di origine secondaria: ossidi di azoto (NO_x), ammoniaca (NH_3) e composti organici volatili non metanici (COVNM). La fonte di tali dati è l'inventario regionale delle sorgenti di emissione I.R.S.E. 2007, i valori sono quelli forniti per l'anno 2007.

Le sorgenti di emissione degli ossidi di azoto

Da una prima analisi dei dati di emissione di NO_x presenti nell'Inventario Regionale delle Sorgenti di Emissioni aggiornato al 2007 (I.R.S.E. 2007) relativamente all'anno 2007 emerge che le principali sorgenti di emissione di NO_x presenti nel territorio del comune di Montale sono i trasporti stradali (53%) e il trattamento dei rifiuti, nello specifico l'impianto di termovalorizzazione C.I.S. SpA (23%); anche a livello provinciale e regionale emerge quale principale sorgente di emissione il settore dei trasporti (71% a livello provinciale e 66% a livello regionale) e, in modo maggiormente preponderante a livello regionale, la combustione industriale (17%).



M1	Macrosettore 1	Combustione nell'industria dell'energia e trasformazione fonti energetiche
M2	Macrosettore 2	Impianti di combustione non industriali
M3	Macrosettore 3	Impianti di combustione industriale e processi con combustione
M4	Macrosettore 4	Processi produttivi
M5	Macrosettore 5	Estrazione, distribuzione combustibili fossili e geotermia
M6	Macrosettore 6	Uso di solventi
M7	Macrosettore 7	Trasporti su strada
M8	Macrosettore 8	Altre sorgenti mobili e macchine
M9	Macrosettore 9	Trattamento e smaltimento rifiuti
M10	Macrosettore 10	Agricoltura
M11	Macrosettore 11	Natura e altre sorgenti

Figura 1.5.1.4. Emissioni di NO_x – contributo dei macrosettori che maggiormente concorrono all'emissione di NO_x, anno 2007 (fonte: IRSE 2007)

I dati riportati in numerose pubblicazioni mostrano che le quantità e il rapporto relativo tra gli inquinanti principali PM₁₀ e ossidi di azoto dipendono molto dal tipo di sorgente emissiva; dai dati estratti dall'I.R.S.E. 2007 per i macrosettori che maggiormente incidono sulle emissioni di PM₁₀ primario e NO_x si può osservare che in generale il rapporto tra le emissioni di PM₁₀ e quelle di NO_x che provengono dalla combustione domestica di combustibili vegetali in caminetti e stufe tradizionali è molto elevato, quindi molto spostato verso le emissioni di PM₁₀, mentre si osservano risultati opposti nel caso delle emissioni da riscaldamento con caldaie tradizionali che utilizzano gasolio, il combustibile dalla cui combustione vengono emesse maggiori quantità di PM₁₀ dopo la legna, nel caso delle emissioni da incenerimento dei rifiuti e del traffico veicolare:

	Caminetti		Stufe tradizionali		Riscaldamento con caldaie alimentate a gasolio		Incenerimento rifiuti		Traffico veicolare	
	NOx (t/anno)	PM10 (t/anno)	NOx (t/anno)	PM10 (t/anno)	NOx (t/anno)	PM10 (t/anno)	NOx (t/anno)	PM10 (t/anno)	NOx (t/anno)	PM10 (t/anno)
Comune di Montale	0,35	6,07	0,18	2,86	0,87	0,19	31,5	0,2	73,40	7,49
Provincia di Pistoia	10,4	178,91	5,2	84,25	44,81	9,86	31,5	0,2	2.661,06	243,34
Regione Toscana	121,01	2.081,32	60,5	980,16	381,41	83,91	249,8	4,64	35.897,03	3.235,70
Rapporto PM10/NOx	in media 17/1		in media 16/1		in media 1/5		in media 1/100		in media 1/10	

Tabella 1.5.1.1. Rapporto PM10/NOx per tipologia di sorgente di emissione

Come già evidenziato nel paragrafo 1.3.1, anche il rapporto riscontrato tra le concentrazioni dei parametri rilevati presso la centralina di Montale PM10 e NO₂ presenta valori insolitamente alti; tale anomalia potrebbe essere, quindi, almeno parzialmente correlata all'esteso utilizzo di combustibili solidi vegetali in ambito domestico con tecnologie di combustione a basso rendimento che emerge dall'inventario regionale.

Analogamente il rapporto rilevato tra le medie estive e invernali del PM10 della stazione di Montale risulta essere anomalo rispetto a quello rilevato presso le altre stazioni di fondo della zona Prato – Pistoia in quanto molto sbilanciato verso la media invernale la quale risulta essere, per tutti gli anni, circa 3 – 4 volte superiore a quella estiva; anche questa singolarità potrebbe essere correlabile, almeno in parte, agli elevati livelli di emissione di PM10 originati dalla combustione di biomasse solide vegetali in ambito domestico.

Le sorgenti di emissione di ammoniaca

Nella tabella e nel grafico successivi sono riportate le principali sorgenti di emissione rilevabili dall'analisi dei dati del database I.R.S.E. 2007 per l'anno 2007:

	Montale	Agliana	Pistoia	Quarrata	Serravalle Pistoiese	Carmignano	Montemurlo	Poggio a Caiano	Prato
Combustione non industriale	1%	1%	1%	1%	1%	2%	2%	2%	1%
Industria	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Altro	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Uso solventi	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Trasporti	36%	17%	17%	9%	28%	34%	40%	74%	61%
Gestione rifiuti	0%	0%	38%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Agricoltura	63%	81%	44%	90%	71%	64%	58%	23%	38%

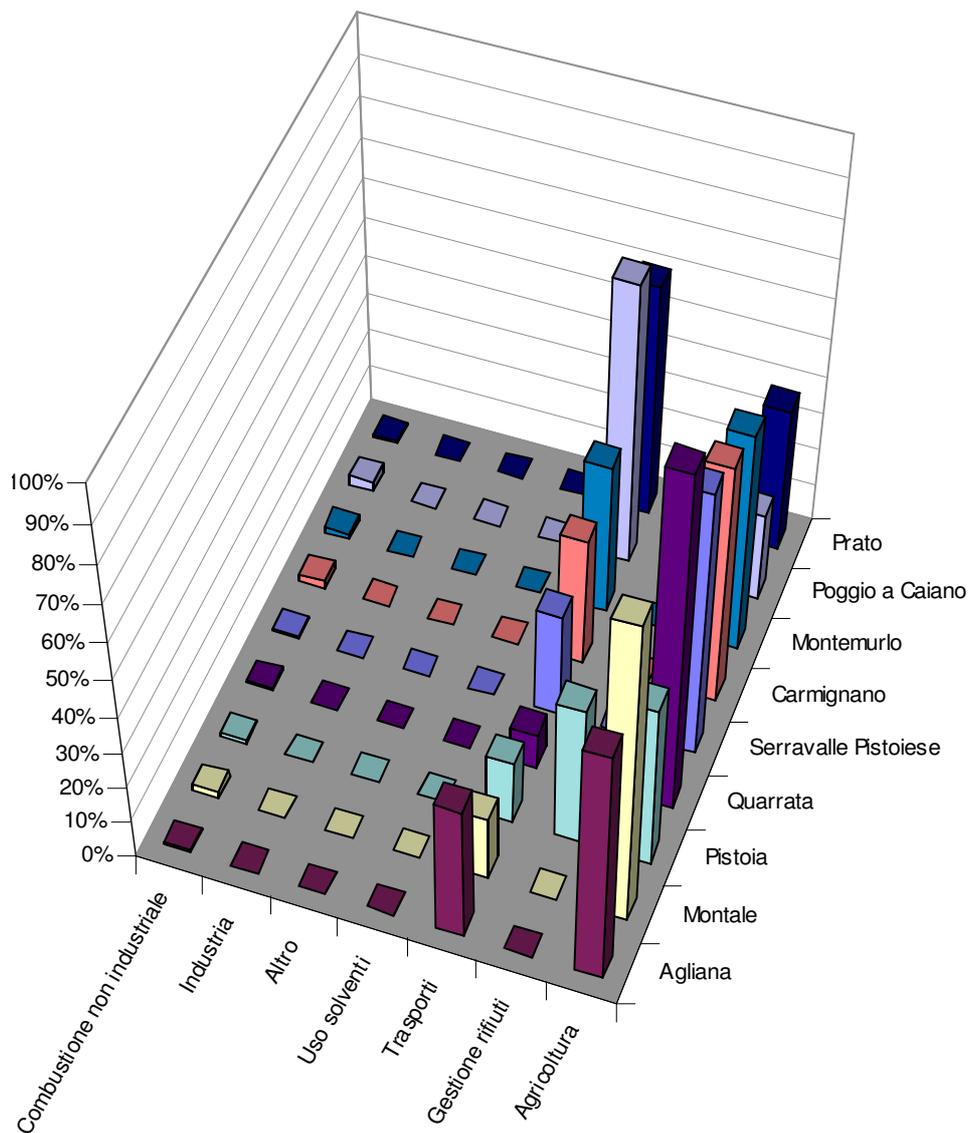


Figura 1.5.1.5. Principali sorgenti di emissione di NH_3 per i comuni della piana compresa tra le aree urbane di Prato e Pistoia, anno 2007 (fonte: IRSE 2007)

dove:

Attività	Macrosettori SNAP corrispondenti
Combustione non industriale	Macrosettore 2 – Combustione non industriale
Trasporti	Macrosettore 7 - Trasporto su strada Macrosettore 8 - Altre sorgenti mobili e macchinari
Uso solventi	Macrosettore 6 - Uso di solventi
Gestione rifiuti	Macrosettore 9 - Trattamento e smaltimento rifiuti
Agricoltura	Macrosettore 10 - Agricoltura
Industria	Macrosettore 3 - Combustione nell'industria Macrosettore 4 - Processi produttivi

Altro	Macrosettore 1 - Produzione energia e trasformazione combustibili Macrosettore 11 - Altre sorgenti e assorbimenti Macrosettore 5 - Estrazione e distribuzione combustibili
-------	--

Dalla figura 1.5.1.5 si può osservare che per tutti i comuni le principali sorgenti di emissione di NH₃ sono i trasporti (con una media del 35%) e l'agricoltura (con una media del 60%); in particolare, per il comune di Pistoia, si può osservare un contributo rilevante anche da parte dell'attività di gestione dei rifiuti relativamente alla produzione di compost che incide sul totale delle emissioni del comune per circa il 36%.

La sorgente principale di emissione per quanto riguarda il settore trasporti sono le automobili a benzina le cui emissioni di ammoniaca contribuiscono al totale del settore per più del 90%.

Le sorgenti di emissione dei composti organici volatili non metanici

Nella tabella e nel grafico successivi sono riportate le principali sorgenti di emissione rilevabili dall'analisi dei dati del database I.R.S.E. 2007 per l'anno 2007:

	Montale	Agliana	Pistoia	Quarrata	Serravalle Pistoiese	Carmignano	Montemurlo	Poggio a Caiano	Prato
Combustione non industriale	2%	5%	4%	2%	4%	4%	2%	2%	1%
Industria	3%	1%	2%	1%	1%	1%	2%	1%	2%
Altro	2%	7%	7%	1%	2%	6%	6%	1%	2%
Uso solventi	49%	47%	47%	77%	63%	53%	58%	56%	54%
Trasporti	43%	40%	40%	19%	29%	37%	32%	40%	41%
Gestione rifiuti	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Agricoltura	1%	1%	0%	1%	1%	0%	0%	0%	0%

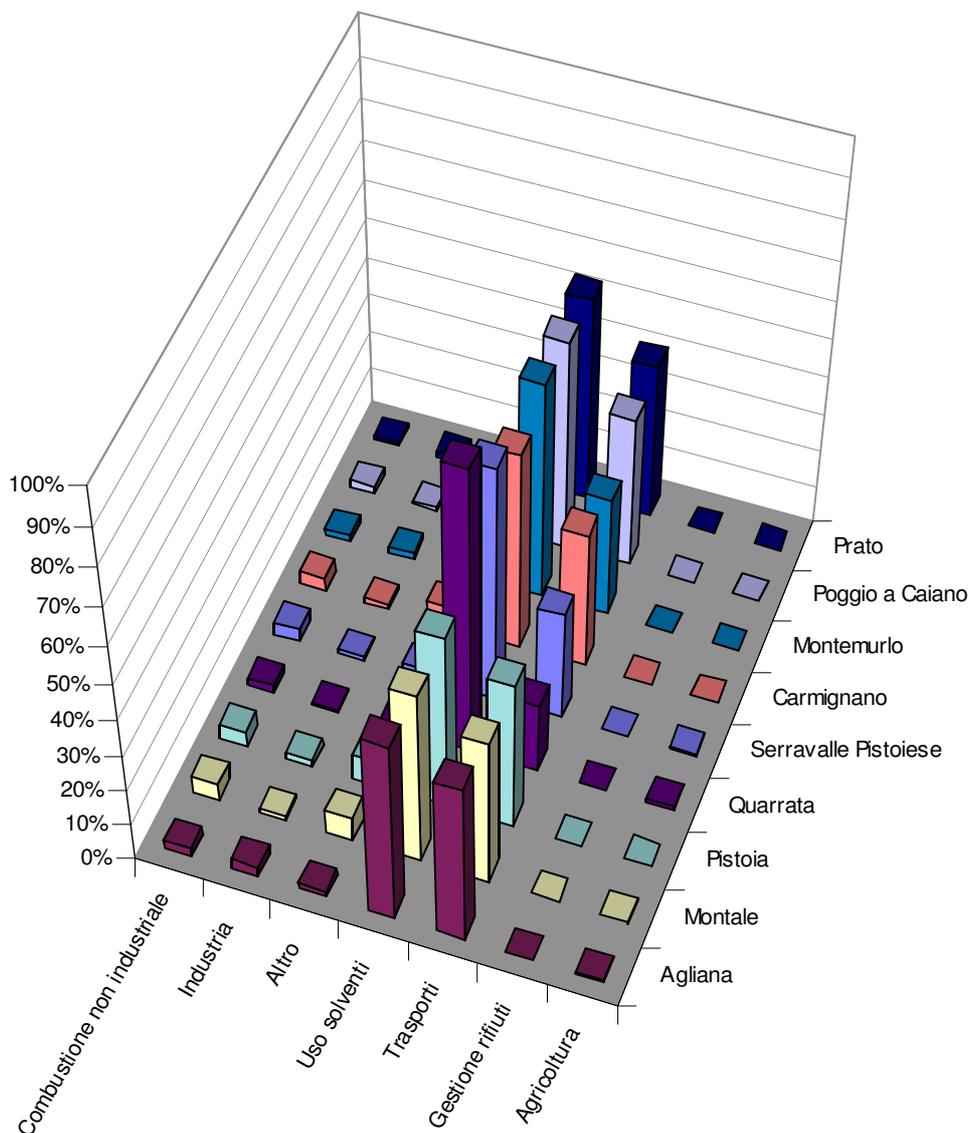


Figura 1.5.1.6. Principali sorgenti di emissione di COVNM per i comuni della piana compresa tra le aree urbane di Prato e Pistoia, anno 2007 (fonte: IRSE 2007)

Dalla figura 1.5.1.6 si può osservare che per tutti i comuni le principali sorgenti di emissione di COVNM sono i trasporti (con una media del 36%) e l'uso di solventi (con una media del 56%); la sorgente principale di emissione per quanto riguarda il settore trasporti sono i motocicli e i ciclomotori le cui emissioni di COVNM contribuiscono al totale del settore per più dell'80%.

1.5.2 Le sorgenti di emissione di tipo puntuale di polveri nella Piana di Prato e Pistoia e nella zona Prato – Pistoia

All'interno di un inventario delle emissioni in atmosfera le sorgenti di emissione vengono distinte in diffuse, lineari e puntuali. Le sorgenti di emissione di tipo diffuso sono sorgenti non localizzabili ma distribuite sul territorio, le puntuali sono sorgenti di emissione localizzabili geograficamente con precisione, le sorgenti di tipo lineare sono sorgenti assimilabili a linee, come ad esempio le strade. In questo paragrafo verranno valutate le emissioni da sorgente puntuale presenti nella piana di Prato e Pistoia e nella zona Prato – Pistoia; al fine di definire e caratterizzare una sorgente come puntuale all'interno dell'inventario regionale sono state definite soglie di emissione specifiche per ciascun

inquinante (per le polveri la soglia di emissione è stata fissata a 25 t/anno), se le emissioni totali di uno degli inquinanti censiti sono maggiori delle soglie indicate l'impianto viene trattato come sorgente puntuale. Oltre alle sorgenti di tipo puntuale censite all'interno dell'inventario regionale verranno valutate anche le emissioni di polveri da attività produttive non ricadenti nella definizione di sorgenti puntuali dell'inventario ma comunque di una certa rilevanza per il territorio oggetto della presente indagine.

Si riportano di seguito i dati di emissione di PM10 delle sorgenti puntuali presenti all'interno dell'inventario regionale delle sorgenti di emissione all'anno 2007 (ultimo anno attualmente disponibile) relativi ai comuni della zona Prato – Pistoia:

	Emissioni da sorgenti puntuali	Emissioni totali	Incidenza puntuali/totale
	PM10 (t/a)	PM10 (t/a)	PM10 (%)
Agliana	229,22	257,49	89%
Pistoia	157,28	325,38	48%
Quarrata	-	49,11	-
Serravalle Pistoiese	-	35,38	-
Carmignano	-	29,00	-
Montemurlo	0,01	23,43	0,04%
Poggio a Caiano	-	10,53	-
Prato	0,70	209,95	0,33%
Montale	0,20	19,51	1%
Totale	299,32	890,96	34%

In base alle informazioni riportate nell'I.R.S.E. 2007 si può osservare una non ridotta incidenza delle emissioni da sorgenti puntuali solo per i comuni di Agliana e Pistoia nel cui territorio sono presenti due impianti per la produzione di calcestruzzo.

Le emissioni di polveri derivanti dalle ditte considerate di una certa rilevanza per la zona Prato – Pistoia ma non inserite tra le sorgenti puntuali dell'inventario regionale sono state valutate sulla base degli autocontrolli, delle relazioni tecniche inviate dalle stesse ditte e dei controlli effettuati nel corso degli anni 2011-2013. In base ai dati raccolti non emergono particolari criticità in termini di emissioni di polveri derivanti da tali attività; il valore di emissione totale ottenuto è pari a circa 1,5 tonnellate/anno pari a circa lo 0,17% delle emissioni totali valutate per la zona Prato – Pistoia nell'inventario regionale delle sorgenti di emissione all'anno 2007.

Nel territorio del comune di Montale, in particolare, è presente, tra le varie sorgenti analizzate, una sola sorgente di emissione di una certa rilevanza classificata come sorgente di tipo puntuale nell'inventario regionale, l'impianto di termovalorizzazione C.I.S. S.p.A. L'impianto ha come finalità lo smaltimento dei rifiuti urbani e dei rifiuti speciali assimilati agli urbani prodotti entro il bacino di raccolta costituito dai comuni di Agliana, Quarrata e Montale; l'impianto è inserito nel Piano

Interprovinciale per la gestione degli RSU e assimilati dell'ex ATO n. 5, ora ricompreso nell'ATO Toscana Centro, insieme agli impianti di incenerimento della Provincia di Firenze.

Attualmente l'impianto è gestito da Ladurner Impianti srl che ha effettuato le opere di ristrutturazione e ampliamento dello stesso come previsto dagli atti autorizzativi. Le opere di ristrutturazione sono state pressoché concluse nel corso del 2010 e attualmente l'impianto è in funzione nella sua nuova configurazione. Con la ristrutturazione la potenzialità di smaltimento dell'impianto è passata da 120 t/g a 150 t/g.

Prima della recente ristrutturazione l'impianto era costituito da tre forni di incenerimento e due linee di depurazione fumi: la prima per il forno 1, la seconda per i forni 2 e 3, l'uno funzionante in alternativa all'altro. Tutte le linee erano servite da un'unica ciminiera; attualmente ognuno dei tre forni di incenerimento è dotato di una linea di abbattimento fumi dedicata e di una propria canna di espulsione. La nuova configurazione permette pertanto di potere caratterizzare e controllare ognuna delle tre singole emissioni dell'impianto mentre, prima della ristrutturazione, era possibile solo una caratterizzazione complessiva dell'emissione.

Delle tre linee di incenerimento attualmente solo due funzionano in contemporanea (in genere la linea 1 e la linea 3), la terza viene utilizzata come riserva qualora una delle altre due debba essere fermata. La linea 2 e la 3 possono incenerire RSU tal quale mentre la linea 1 tratta rifiuti con potere calorifico costante come CDR e RSU trattati meccanicamente. Per quanto riguarda il monitoraggio, ogni linea di incenerimento è dotata di un sistema di controllo in continuo alle emissioni (SMCE) per la determinazione di alcuni parametri fisici dell'emissione e della concentrazione di alcuni parametri chimici caratteristici del processo di incenerimento (SO_2 , CO, NO_x , O_2 , HCl, HF, COT, Polveri); per ogni linea è previsto, inoltre, un sistema di campionamento in continuo dei fumi per la determinazione delle concentrazioni emesse di microinquinanti organici quali diossine, furani, IPA, PCB etc.

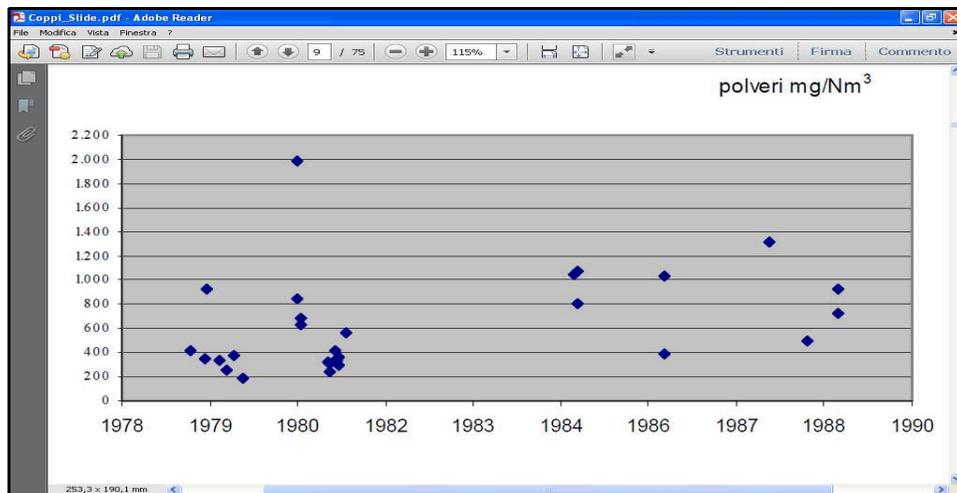
La linea 1 e la linea 3 sono dotate di recupero energetico mentre non lo è la linea 2.

Di seguito si riporta schematicamente l'evoluzione dell'impianto e delle sue emissioni di polveri e ossidi di azoto, in base a quanto rilevato nel corso degli autocontrolli e dei campionamenti effettuati dal Dipartimento ARPAT di Pistoia:

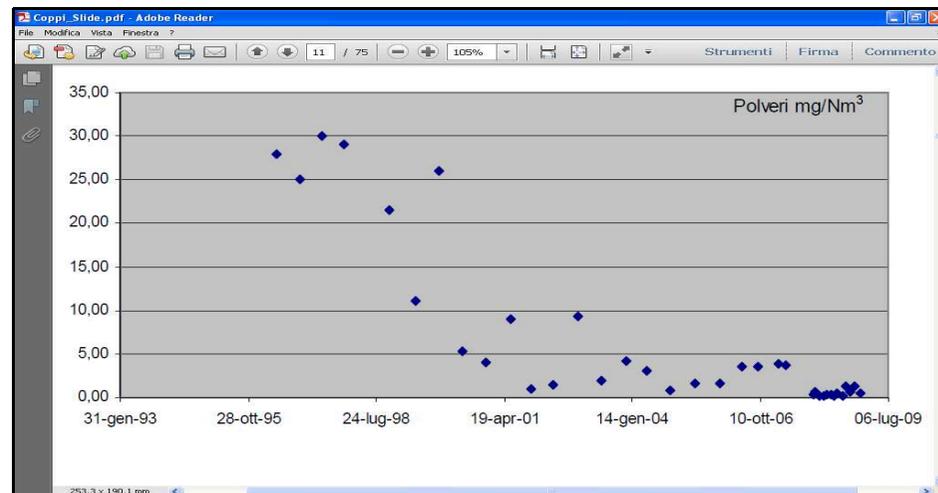
Dal - al	Sistema di abbattimento	Sistema di combustione	Potenzialità impianto	Recupero energetico
1978 - 1988	Abbattimento ad acqua	due forni rotativi in controcorrente di capacità nominale di 2.500 kg/h ciascuno ¹	90 t/d	
1989 - 1997	Camera di post combustione, elettrofiltro e torre di lavaggio		90 t/d	dal 1 ottobre 1993
1998 - 2001	Fase di progressivo adeguamento	Dal 2001 è entrato in funzione un nuovo forno da 75 t/d (linea 3)	120 t/d	
2002 - 2005	Camera di post combustione, elettrofiltro, filtri a manica, reattori bicarbonato/carbone attivo (0,6 kg/h)			
2006 - 2007	Camera di post combustione, elettrofiltro, filtri a manica, reattori bicarbonato/carbone attivo (2,5 kg/h o più)			
2007 - 2008	Camera di post combustione, elettrofiltro, filtri a manica in Goretex, reattori bicarbonato/carbone attivo (2,5 kg/h o più) Realizzazione sistema di depurazione a servizio della linea 3		90 t/d	Realizzazione linea di recupero energetico a servizio della linea 3
2009	Ristrutturazione e separazione delle linee emissive ed eliminazione degli elettrofiltri. Confermati gli altri sistemi di abbattimento.		iniziati i lavori per adeguare l'impianto alla potenzialità di 150 t/giorno	Nel corso del 2009 hanno operato in maniera saltuaria la linea 1 (fino al 3 dicembre 2009), la linea 2 (sospesa dal 10 maggio al 13 ottobre 2009) e la linea 3 (dal 3 febbraio 2009) Per quasi tutto il 2010, infatti, hanno funzionato la linea 2 e la linea 3. La linea 1 è stata ricostruita nell'ottobre 2010 con un forno in equicorrente da 75 t/giorno

Nota: Fino ai primi anni '90 l'impianto operava in maniera discontinua, dal lunedì al venerdì e veniva spento il sabato e la domenica

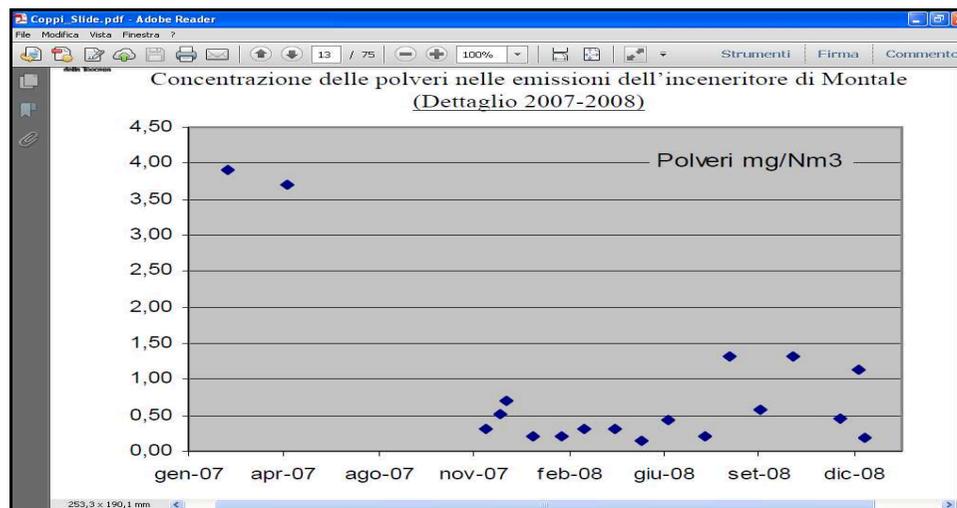
Parallelamente alle modifiche impiantistiche si è verificata una variazione dei livelli emissivi dell'impianto (vedi grafici successivi). In particolare per quanto riguarda i macroinquinanti polveri e ossidi di azoto, le polveri emesse in quantità variabili fra 200 e 2000 mg/Nm³ nel periodo 1979 – 1989, sono scese a qualche decina di milligrammi nel periodo 1996 – 2000, a qualche unità fra il 2000 ed il 2007 e a valori attorno ad 1 mg/Nm³ negli ultimi anni mentre le concentrazioni di ossidi di azoto non hanno subito variazioni altrettanto sensibili pur registrandosi negli anni una diminuzione dei valori monitorati, si può osservare, infatti, che la maggior parte dei superamenti della soglia di 200 mg/Nm³ si concentra nel decennio 1990 - 2000.



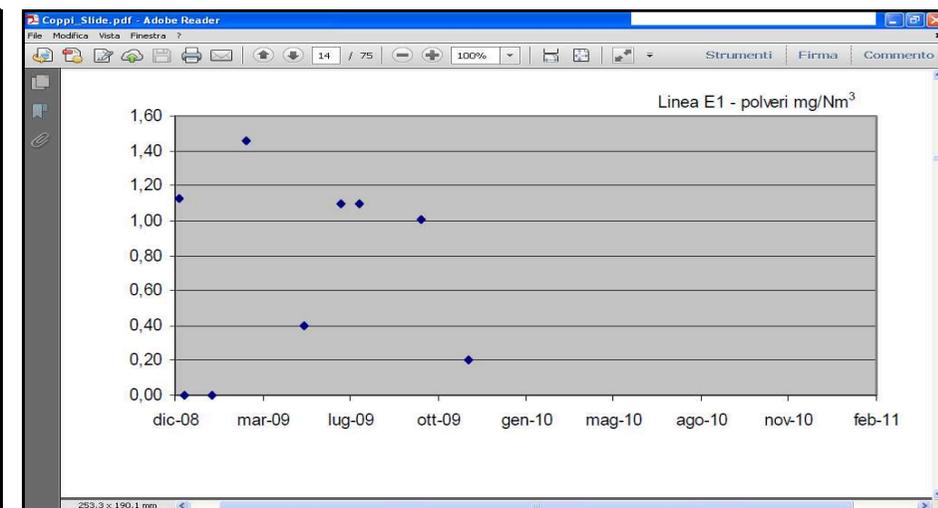
Concentrazione delle polveri (mg/Nm³) - anni 1979-1989



Concentrazione delle polveri (mg/Nm³) - anni 1996-2008

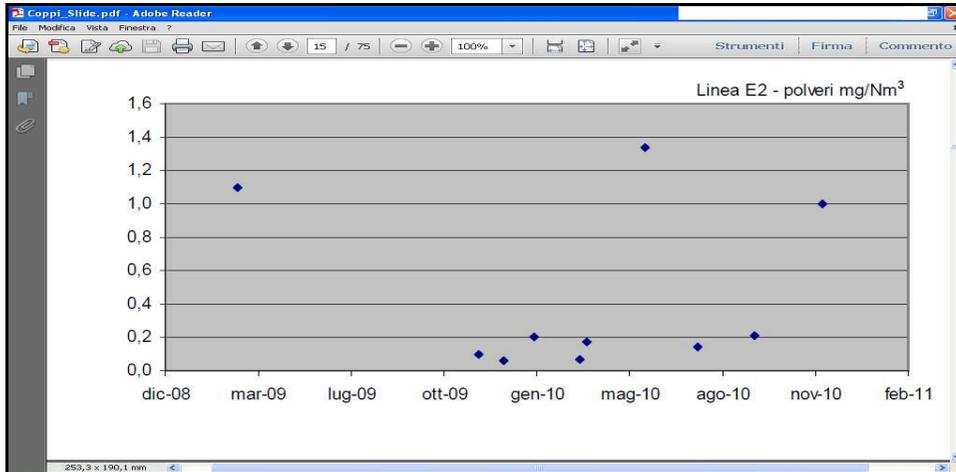


Concentrazione delle polveri (mg/Nm³) - anni 2007-2008

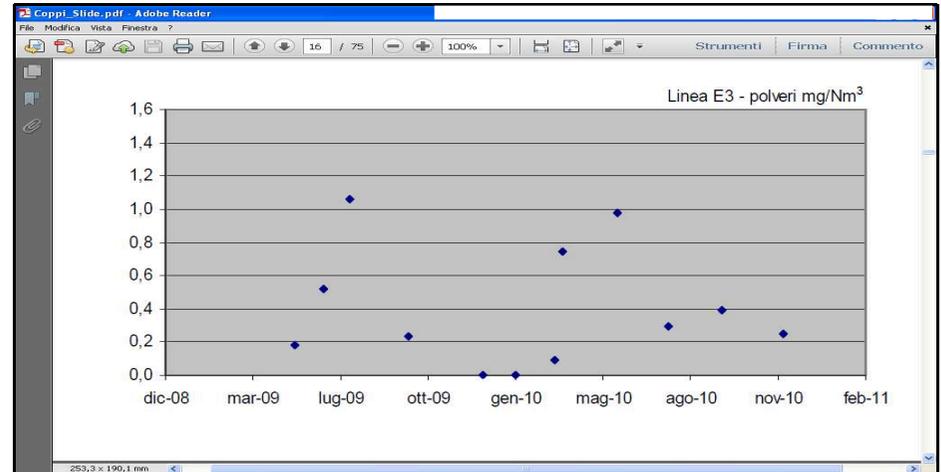


Concentrazione delle polveri (mg/Nm³) - anni 2009-2010 – linea E1

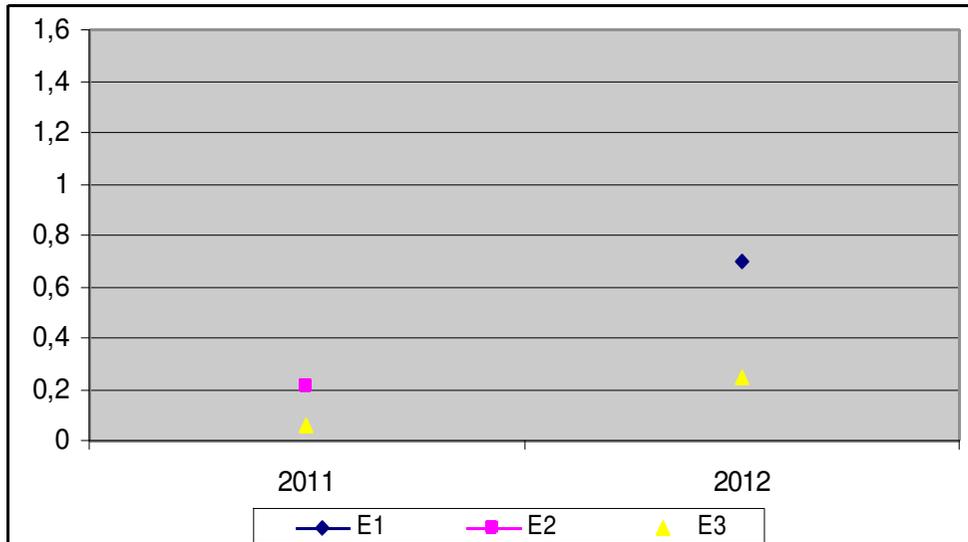
NB: nel corso dell'anno 2011 sono state in funzione le linee E2 e E3, nel corso del 2012 le linee E1 e E3



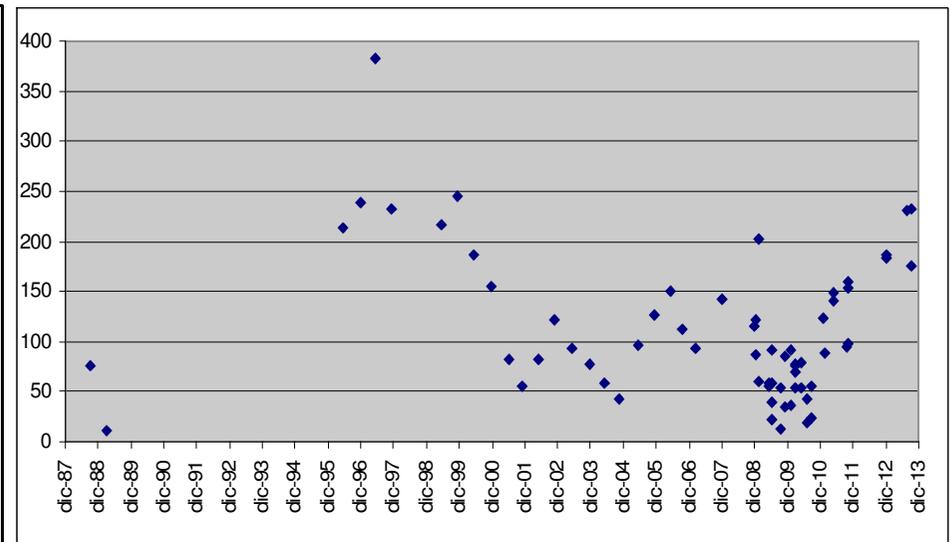
Concentrazione delle polveri (mg/Nm³) - anni 2009-2010 – linea E2



Concentrazione delle polveri (mg/Nm³) - anni 2009-2010 – linea E3



Concentrazione polveri (mg/Nm³) - anni 2011-2012 – linea E1,E2,E3



Concentrazione di NO_x – espr. come NO₂ (mg/Nm³) – anni '87-'13

NB: nel corso dell'anno 2011 sono state in funzione le linee E2 e E3, nel corso del 2012 le linee E1 e E3

In base ai livelli di concentrazione rilevati nel corso degli anni 2010 - 2011 si possono stimare emissioni medie di PM10 dall'impianto pari a circa 0,1 t/anno e emissioni medie di NO_x pari a circa 30 t/anno; entrambi tali stime corrispondono a quanto riportato nell'inventario regionale (I.R.S.E. 2007).

I livelli annuali di emissione di PM10 primario sono scarsamente rilevanti rispetto alle altre sorgenti emissive rilevate nel territorio del Comune di Montale e dei comuni limitrofi.

Sulla base dei dati rilevati presso la centralina di PT-Montale con il progetto P.A.Tos. risulta che il contributo al PM10 secondario riferibile in parte anche agli ossidi di azoto è pari a 6 µg/m³ (stima media annua), con un massimo di 10 µg/m³ nel periodo invernale. Se, quindi, anche tutto il PM10 secondario fosse formato dagli ossidi di azoto, il contributo degli ossidi di azoto emessi dall'inceneritore - pari al 23% delle emissioni totali degli NO_x emessi da sorgenti presenti nel territorio del comune di Montale - al PM10 secondario potrebbe essere al massimo pari a 2,5 µg/m³; considerando, poi, che il contributo dello ione nitrato (derivabile dagli ossidi di azoto) costituisce nel periodo invernale circa il 50% del particolato secondario, il contributo attribuibile all'inceneritore risulterebbe, perciò, al massimo di poco superiore a 1 µg/m³.