



Analisi dell'esposizione della popolazione toscana a PM10 nel quinquennio 2007-2011: pressioni e rappresentatività delle stazioni di monitoraggio

Bianca Patrizia Andreini, Chiara Collaveri, Elisa Bini, Riccardo Ricceri, Fiammetta Dini

Centro Regionale Tutela Qualità dell'Aria (CRTQA)

ARPAT- Agenzia regionale per la protezione dell'ambiente della toscana

30° Congresso Nazionale AIDII- Maranello 26-28 giugno 2013



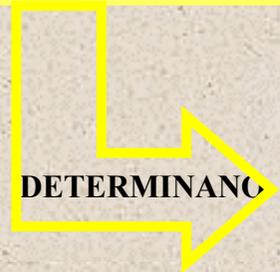
Dati sperimentali di PM10 gestiti e validati nel 2007- 2011 dai Dipartimenti di :

Arezzo, Firenze, Grosseto, Livorno, Lucca, Massa Carrara, Pisa, Pistoia, Prato, Siena, CRRQA

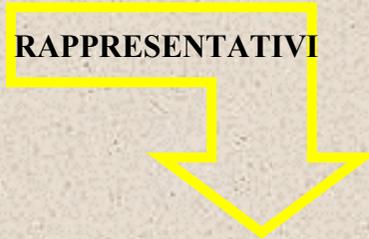
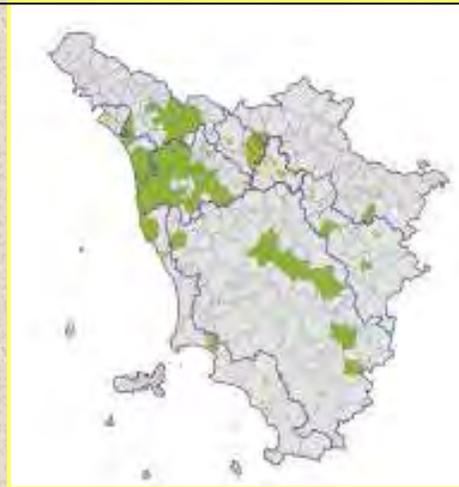
ARPAT- Agenzia regionale per la protezione dell'ambiente della toscana

PREMESSA: ESPOSIZIONE a PM 10

**Le PRESSIONI
 (INVENTARI EMISSIONI)**



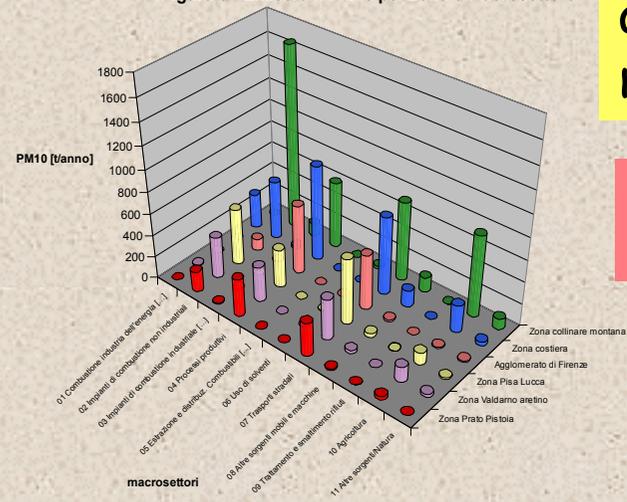
**LIVELLI di qualità dell'aria
 misurati in maniera puntuale
 attraverso la rete di
 monitoraggio**



**di AREE del territorio in
 cui la POPOLAZIONE
 risiede: ESPOSIZIONE**

Distribuzione dell'inquinamento:
MODELLISTICA

Figura 3 - Emissioni PM10 per zona e macrosettore



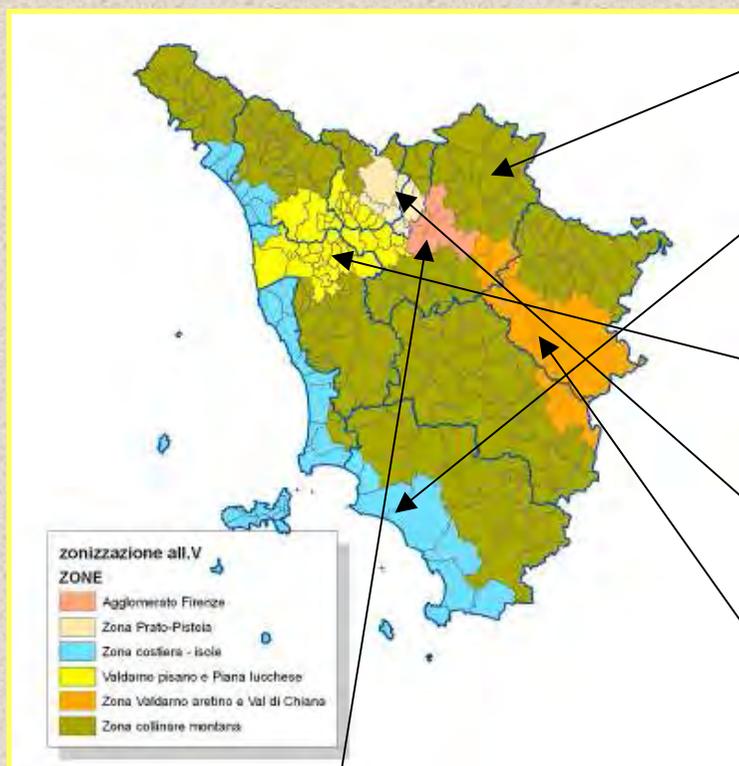
La valutazione della **RAPPRESENTATIVITA'** delle misure di qualità dell'aria è un tema aperto ed attuale, in corso di studio a livello nazionale e comunitario.

PREMESSA: LA ZONIZZAZIONE DEL TERRITORIO

2/2

La qualità dell'aria è valutata e gestita, secondo il D.Lgs 155/10, nell'ambito di **zone considerate omogenee dal punto di vista meteorologico e della tipologia di pressioni presenti**

La Regione Toscana ha individuato con DGRT 1025/2010 **5 zone**:



Collinare e montana: 170 comuni, **64%** della superficie regionale, bassa densità abitativa e pressione antropica (densità abitativa media 55 ab/km²)

Costiera: 36 comuni, **14%** della superficie regionale, densità abitativa media 243 ab/km², presenza di insediamenti industriali e industria pesante

Valdarno pisano e piana lucchese: 39 comuni, **8%** della superficie regionale, densità abitativa media 376 ab/km², presenza di comparti produttivi del settore tessile e cartario

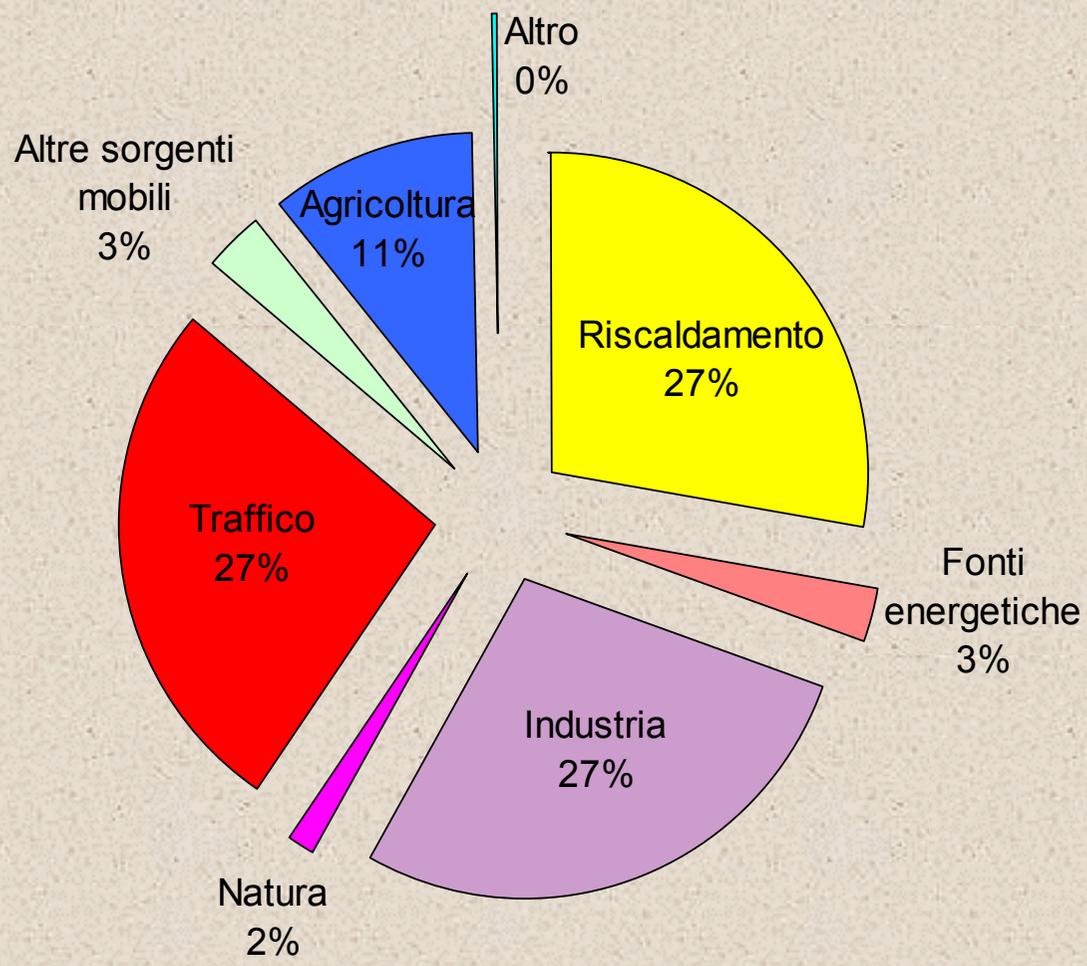
Prato Pistoia: 9 comuni, **2%** della superficie regionale, densità abitativa media 630 ab/km²

Valdarno aretino e val di Chiana: 25 comuni, **10%** della superficie regionale, densità abitativa media 140 ab/km²

e **1 Agglomerato** relativo all'area omogenea fiorentina in cui, nel **2%** della superficie regionale, si concentra il **17 %** della popolazione con una densità abitativa media di 1354 ab/km²

PRESSIONI

Ripartizione regionale delle principali sorgenti di emissione di PM10 (PRIMARIO)



Le emissioni in [t/anno] sono estratte dall'inventario regionale delle sorgenti di emissioni (IRSE) riferito all'anno 2007.

Le emissioni sono aggregate secondo i macrosettori della classificazione SNAP97.

Le emissioni prevalenti sono determinate da **traffico, riscaldamento e industria** (processi industriali e combustione nell'industria)

Emissioni regionali annue di PM10 12.205 t (7% delle emissioni nazionali)

PRESSIONI

Ripartizione delle emissioni di PM10 per zona e macrosettore

EMISSIONI PM10 [%]

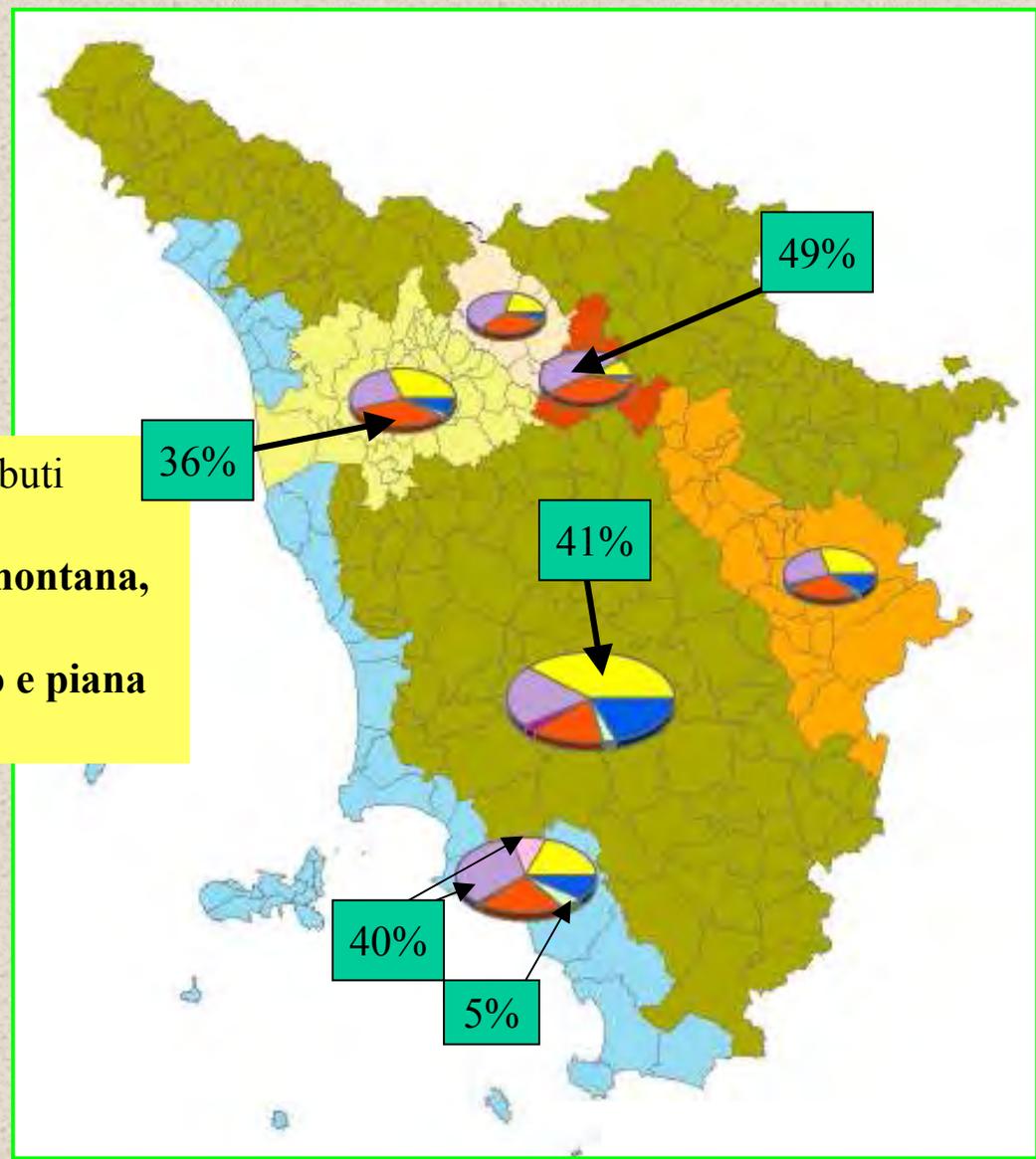
Sum of Fields

TOT. AGGLOMERATO 1300 [t/anno]

- RISCALDAMENTO
- ENERGIA
- INDUSTRIA
- NATURA
- TRAFFICO
- ALTRE SORGENTI MOBILI
- AGRICOLTURA
- ALTRO

- ZONA COLLINARE MONTANA
- ZONA DEL VALDARNO PISANO E PIANA LUCCHESE
- ZONA COSTIERA
- ZONA PISA LUCCA
- ZONA DEL VALDARNO ARETINO E VAL DI CHIANA
- AGGLOMERATO DI FIRENZE

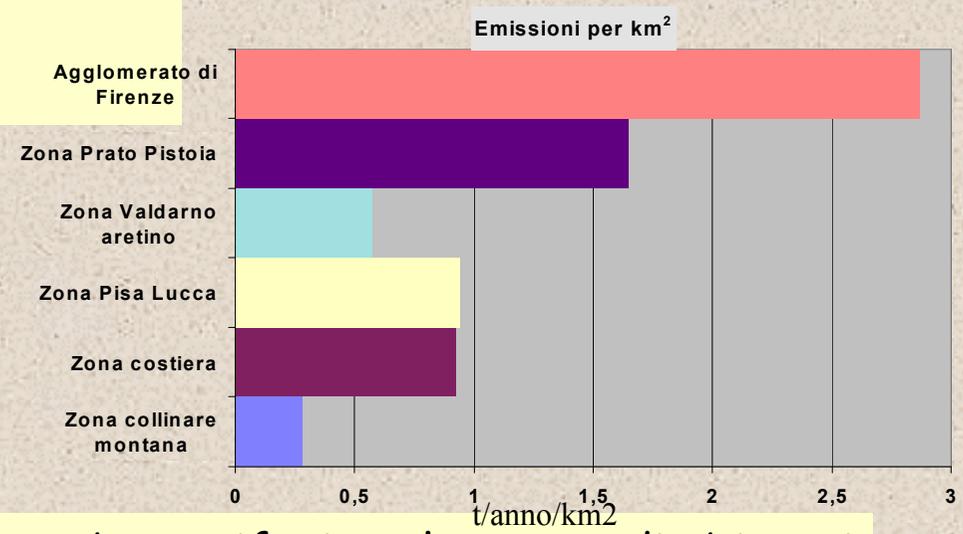
I principali contributi (t/anno):
 -zona collinare montana,
 -costiera
 -valdarno pisano e piana lucchese



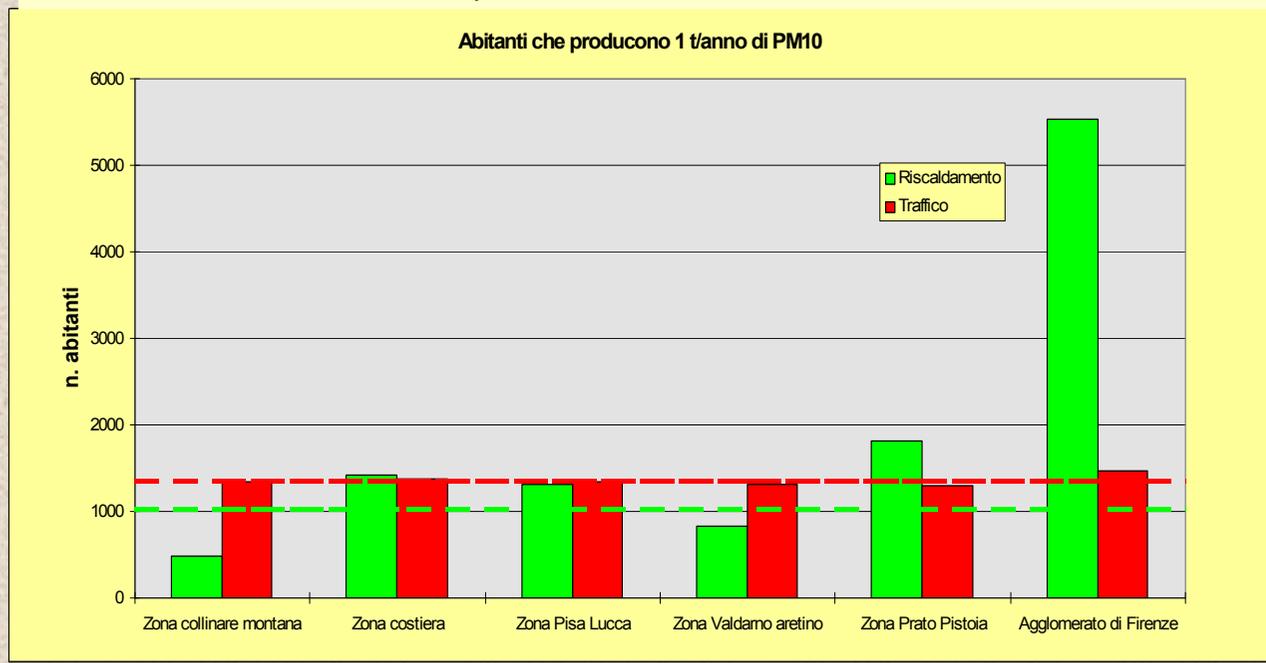
PRESSIONI

Indicatore: emissioni per unità di superficie

- La zona Prato Pistoia e l'Agglomerato di Firenze concentrano una quantità significativa di emissioni rispetto alla relativa superficie territoriale



Emissioni diffuse tipiche delle aree urbane riferite al numero di abitanti



TRAFFICO:
 distribuzione omogenea per zona

RISCALDAMENTO:
 - **Agglomerato** più efficiente rispetto alla media regionale
 - **Valdarno aretino** e **Zona collinare montana** meno efficienti (clima più freddo e, soprattutto, uso di legna)

LIVELLI DI PM10: LA RETE DI MONITORAGGIO

1/5

Stazioni fisse di monitoraggio del PM10 in Toscana di rete regionale e delle reti provinciali attive tra il 2007-2011

Classificazione delle stazioni:

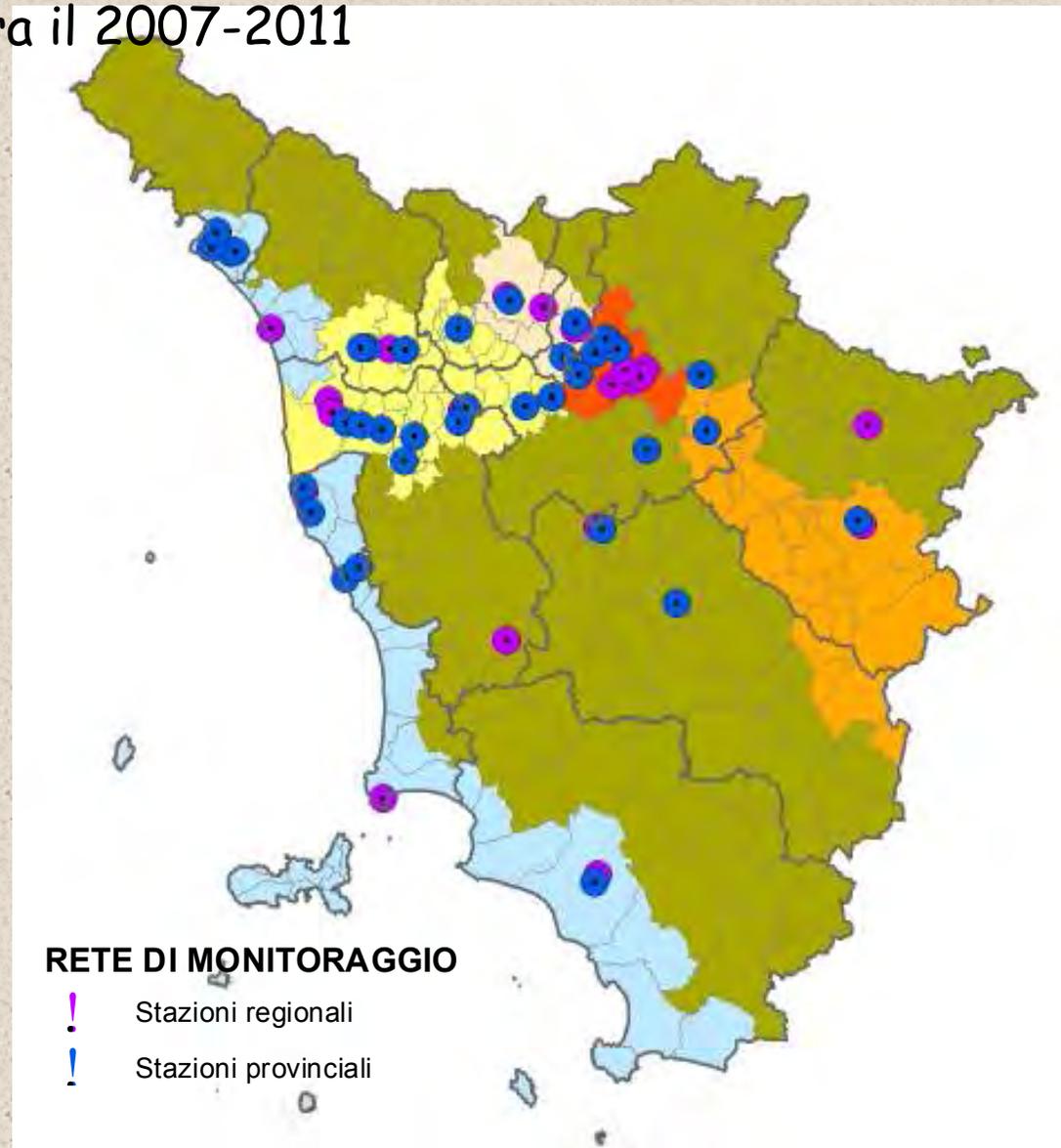
tipo di sito (urbane, periferiche, rurali)
sorgenti prevalenti che possono influenzare i dati (traffico, industriale, fondo)

NUMERO STAZIONI FISSE VALUTATE: 58.

STAZIONI DI FONDO UTILIZZATE PER VALUTARE L' ESPOSIZIONE DELLA POPOLAZIONE : 29

Dal 2011 Rete regionale per PM10 (30):

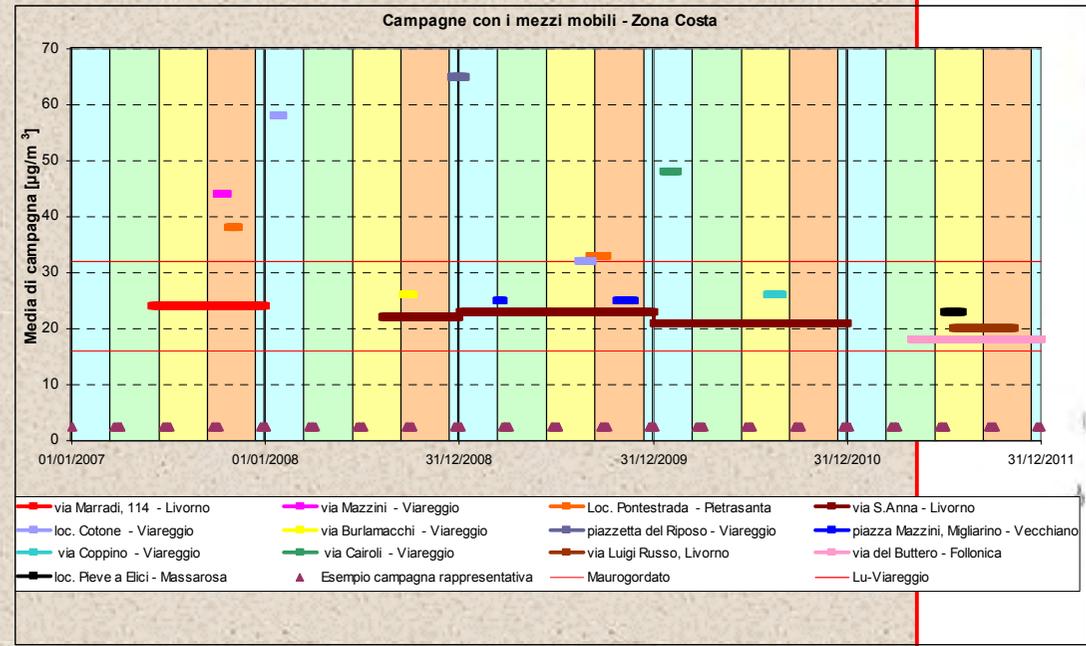
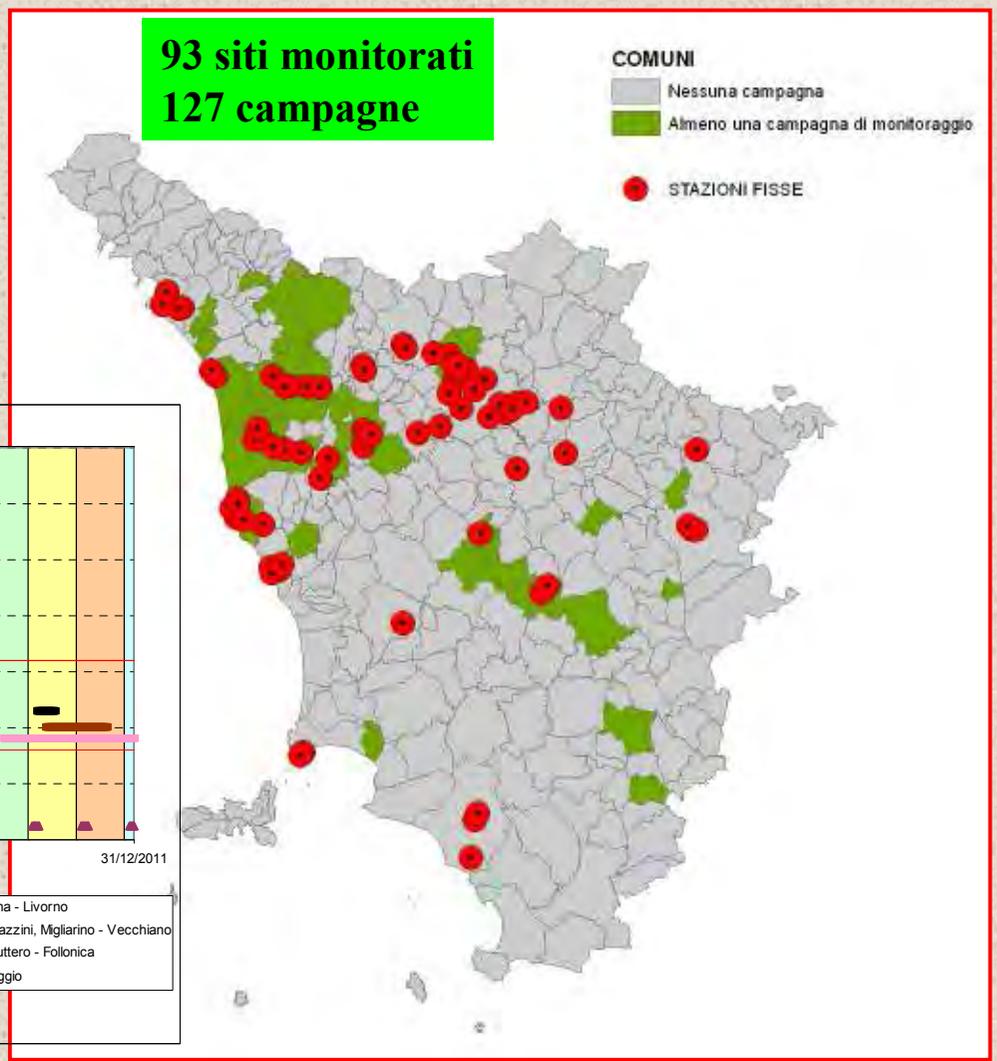
- 17 urbane fondo
- 8 urbane traffico
- 2 periferiche fondo
- 2 rurali fondo
- 1 stazione industriale



LIVELLI DI PM10: MEZZI MOBILI

Dati integrativi: le campagne con i mezzi mobili effettuate tra il 2007 e il 2011

Per poter essere considerata utile come dato indicativo una campagna di misura deve avere precisi requisiti di copertura temporale dell'anno in termini quantitativi (14%) e qualitativi (deve essere rappresentata ogni stagione)



LIVELLI DI PM10: VALORI DI RIFERIMENTO 3/5

I valori di riferimento per il PM10 sono costituiti dai limiti annuali:

MEDIA ANNUALE: 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

NUMERO DI SUPERAMENTI: massimo 35 superamenti/anno della soglia di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come media giornaliera

Per l'analisi dei dati ai fini della rappresentatività spaziale individuate:

- **29 STAZIONI DI FONDO**, che rappresentano il complesso delle emissioni di un'area senza l'influenza diretta di una particolare sorgente.
- valore di riferimento per ciascuna stazione: **media del quinquennio**, intesa come media delle medie annuali valide
- **5 fasce di concentrazione**:

1	10-19	BASSA
2	20-24	MEDIO BASSA
3	25-29	MEDIA
4	30-34	MEDIO ALTA
5	35-39	ALTA
6	≥ 40	MOLTO ALTA

Per concentrazioni molto alte si intendono quelle superiori al limite per la media annuale, mentre alle concentrazioni alte e medio alte è associata una elevata probabilità di non rispetto del limite sui superamenti

Selezione di una rosa di dati da siti fissi per la misurazione del fondo Medie annuali 2007-2011

Zona	Costa							Agglomerato							Prato-Pistoia	Valdarno aretino	Pisa-Lucca				Collinare Montana												
Fondo di zona	14							22							21		22				10												
Comune																																	
Stazione	GR-URSS							FI-Boboli							PT-Montale	PT-Signorelli	PO-Roma	FI-Incisa	LU-Capannori				PI-S.Croce Coop	PI-Passi	FI-Montalupo	LU-Porcari	Montecatini Merlino	AR-Casa Stabbi	PI-Montecerboli	SI-Poggibonsi	Pontassieve	Siena	
Tipo	UF	PF	UF	UF	UF	UF	PF	UF	UF	UF	UF	PF	PF	UF	UF	RF	UF	UF	UF	UF	UF	PF	UF	UF	PF	UF	RF	PF	UF	UF	UF	29	
Livelli media annuale	10-19		16	18			18																								5		
	20-24	20				24																									3		
	25-29						29		25	27							26	29	25	29			26	27				29		27	11		
	30-34				32							34	33		34							30			30						6		
	35-39												36			38										33					3		
	>=40													42																	1		

8 siti
livelli medio bassi

11 siti
livelli medi

9 siti
livelli alti e medio alti

1 solo sito
con media 2007-2011 superiore al limite

In totale sono prese in considerazione 29 stazioni di fondo di cui 20 Urbane, 7 Periferiche e 2 Rurali

15 delle stazioni esaminate appartengono alla rete regionale

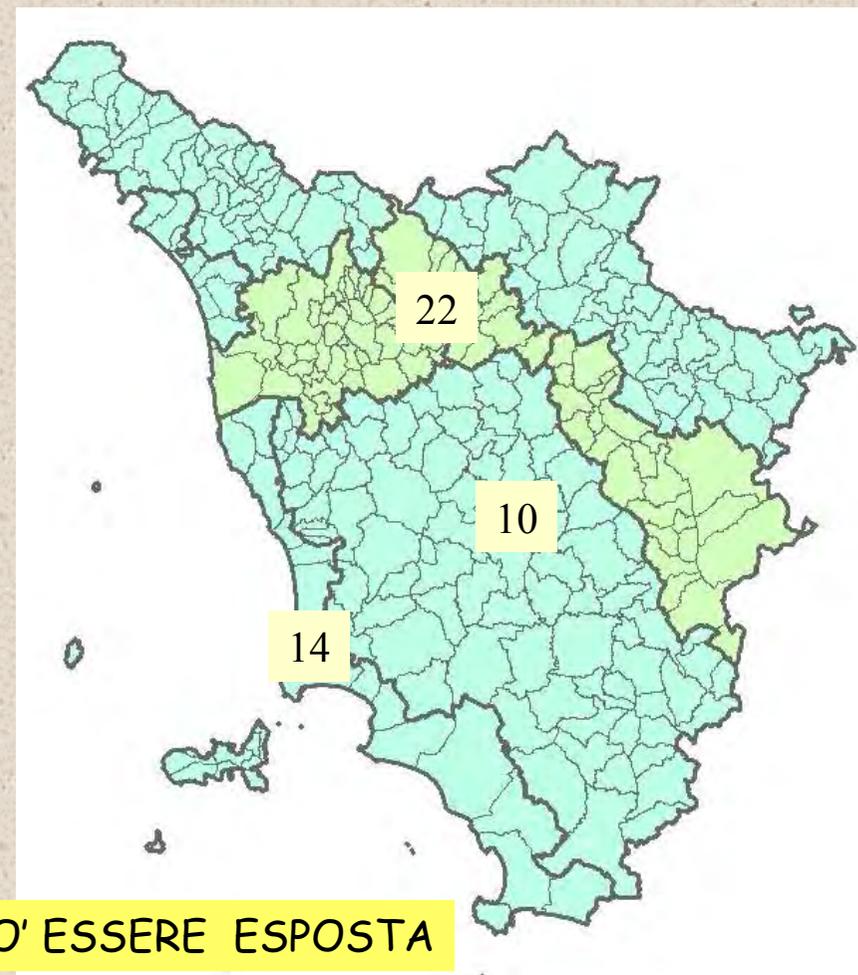
LIVELLI DI PM10: FONDO DI ZONA

Per fondo di zona si intende un livello di fondo che rappresenta il contributo delle pressioni di tutta la zona aggiunto al fondo regionale rappresentato dalla zona collinare montana

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

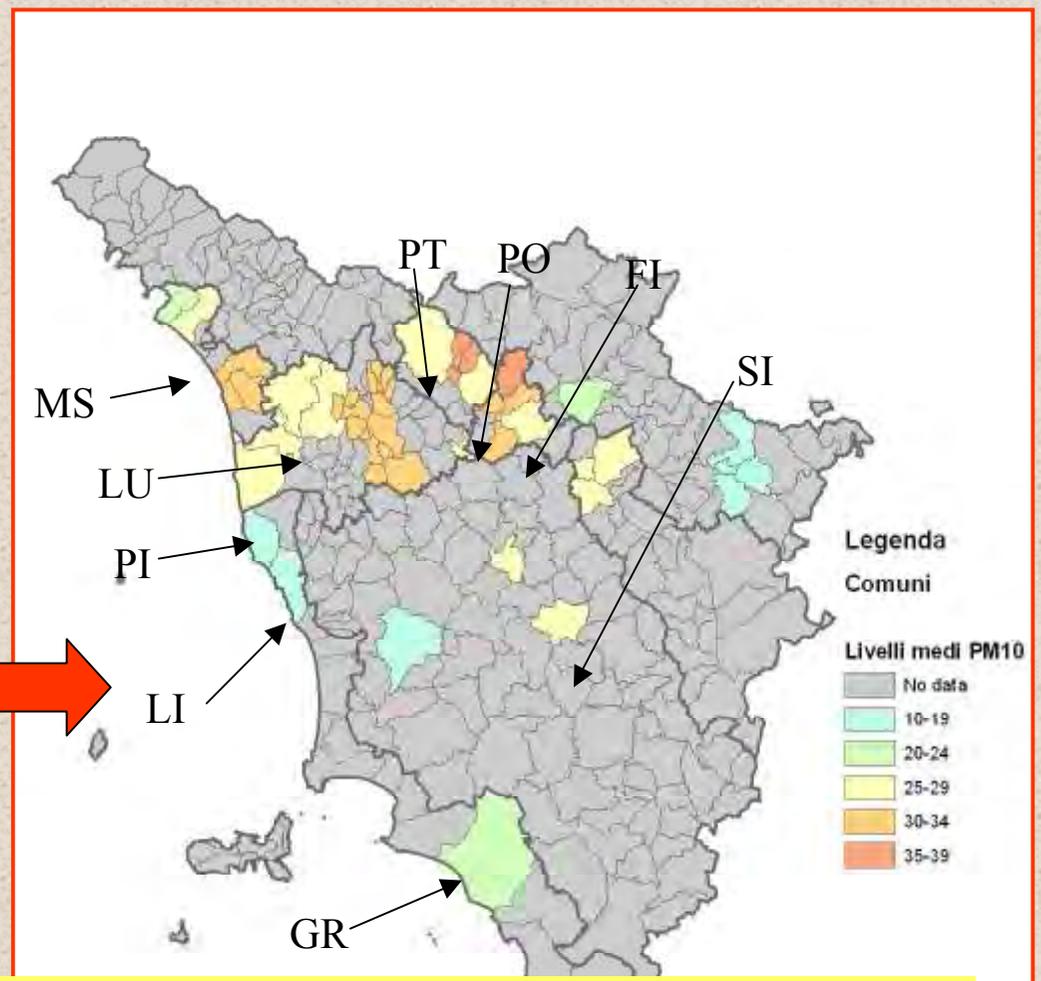
1	10-19	BASSA
2	20-24	MEDIO BASSA
3	25-29	
4	30-34	
5	35-39	
6	>40	

Il **fondo delle zone interne** ad alto grado di antropizzazione è paragonabile ad un **fondo urbano medio basso** (ca $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$) mentre il **fondo della zona costiera** (ca $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$), pur altamente antropizzata, è simile al **fondo della zona collinare e montana** che costituisce il **fondo regionale** (ca $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$)



LIVELLI MINIMI A CUI LA POPOLAZIONE PUO' ESSERE ESPOSTA

LIVELLI DI PM10: RAPPRESENTAZIONE PER COMUNE



Il 34 % delle stazioni di fondo presentano nel 2007-2011 livelli medio- alti di PM 10 (30-39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) con conseguente esposizione della popolazione a questi livelli almeno nelle zone oggetto di studio.

RAPPRESENTATIVITA': INDICE β

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 emissive locali.

Lo stesso raggio di 3 km, utilizzato come stima iniziale del raggio di rappresentatività delle 29 stazioni di fondo, è stato quindi utilizzato per il calcolo di β

a = Coefficiente di peso per la classe i -esima di uso del suolo. Viene stimato in base alle emissioni dei macrosettori SNAP o di loro aggregazioni coerenti con la pressione che può derivare dal relativo uso del suolo.

ESEMPIO:

all'uso del suolo come zone residenziali vengono associate le emissioni da traffico urbano e da riscaldamento, per le zone agricole le emissioni dell'agricoltura ecc.

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

Numero di pixel (o superficie) nella classe i -esima di uso del suolo secondo la classificazione del CORINE LAND COVER



RAPPRESENTATIVITA': LA LETTERATURA SU β

2/6

L'indice β è stato utilizzato:

in BELGIO - per valutare la variabilità spaziale dei dati
(rappresentatività)
- per interpolare i dati di qualità dell'aria

Land use to characterize spatial representativeness of air quality monitoring stations and its relevance for model validation

Atmospheric Environment, Volume 59, November 2012, Pages 492-500

Stijn Janssen, Gerwin Dumont, Frans Fierens, Felix Deutsch, Bino Maiheu, David Celis, Elke Trimpeneers, Clemens Mensink

Spatial interpolation of air pollution measurements using CORINE land cover data

Atmospheric Environment, Volume 42, Issue 20, June 2008, Pages 4884-4903

Stijn Janssen, Gerwin Dumont, Frans Fierens, Clemens Mensink

da ENEA come uno dei possibili metodi per la valutazione
della rappresentatività spaziale delle stazioni di
monitoraggio appartenenti alle reti speciali

RAPPRESENTATIVITA' SPAZIALE DI MISURE DI QUALITA' DELL'ARIA

Valutazione di un metodo di stima basato su fattori oggettivi

RT/2013/1/ENEA

A.Piersasnti, L.Ciancarella, G.Cremona, G.Righini, L.Vitali

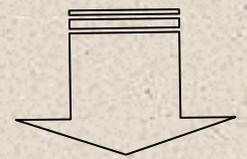
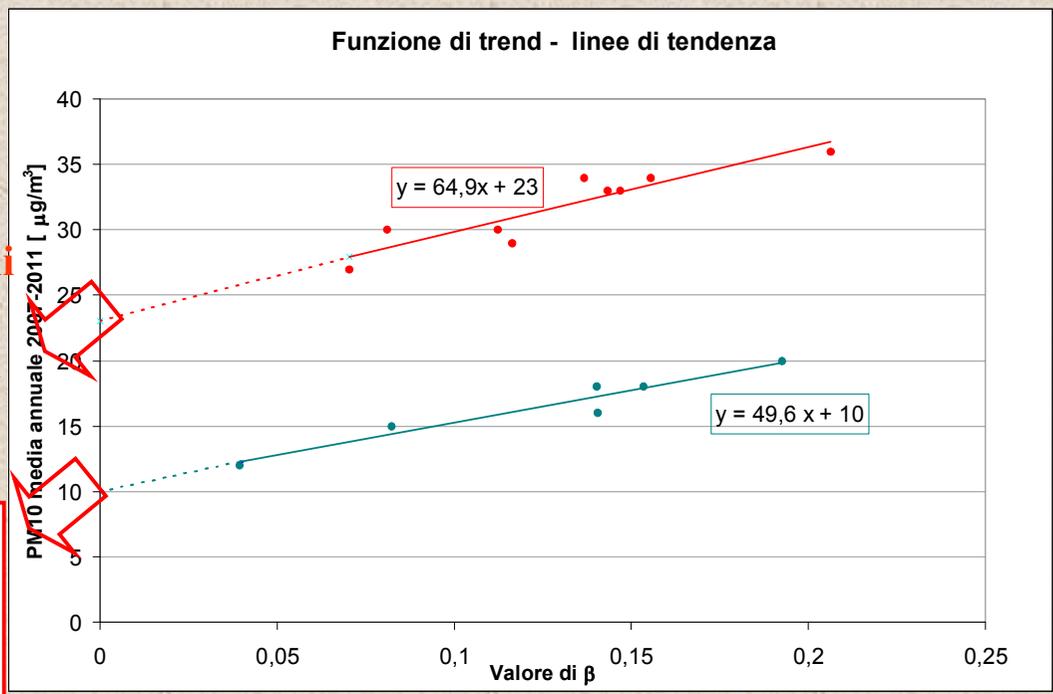
RAPPRESENTATIVITA': APPLICAZIONE INDICE β

La correlazione tra β calcolato per le 29 stazioni e la media PM10 2007-2011, costituisce la funzione di trend.

Dopo l'eliminazione degli outliers (stazioni di Signa e Montale) è stato possibile individuare diverse linee di tendenza:

- una serie superiore costituita da sole stazioni delle zone interne
- una serie inferiore costituita da sole stazioni della zona costiera e della zona collinare montana

INTERCETTA: per $\beta=0$ PM10 residuo al netto del contributo dell'uso del suolo nel raggio di 3 km

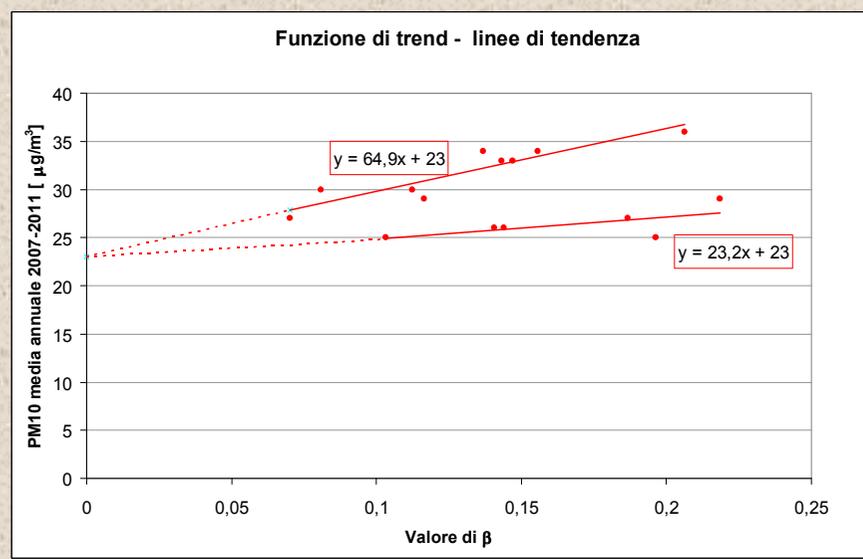


Interpretabile come valore di fondo rilevato dalla serie di stazioni. Conferma la stima effettuata per il fondo di zona

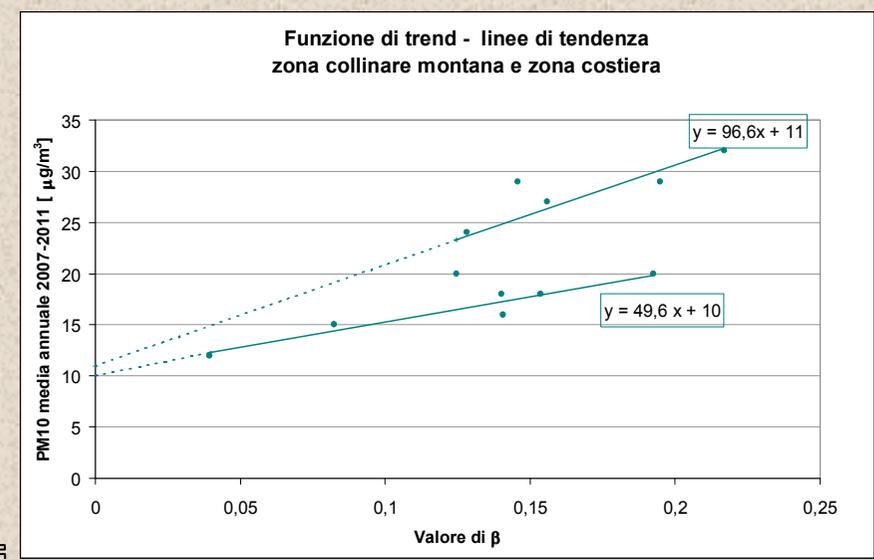


RAPPRESENTATIVITA': APPLICAZIONE INDICE β

Per valori intermedi tra le due serie sono state identificate 2 ulteriori serie
 rispettivamente di stazioni delle zone interne (fondo stimato 21-22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e di stazioni
 delle collinare montana e zona costiera (fondo stimato rispettivamente 10 e 14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Gruppo: stazioni appartenenti alle zone interne
 -intercetta 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 -Pendenze diverse: si distinguono tra loro per la diversa
 sensibilità alle pressioni presenti nell'intorno della stazione

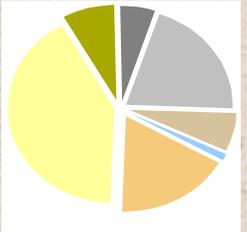
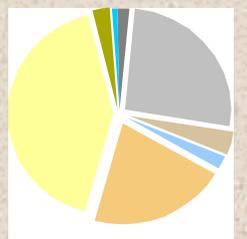


Gruppo : Zona collinare e montana e zona costiera
 -intercetta 10 o 11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 - pendenze diverse: si distinguono tra loro per la diversa
 sensibilità alle pressioni presenti nell'intorno della stazione.

La pendenza fornisce una prima indicazione sulle proprietà di diffusività di un sito

RAPPRESENTATIVITA': ESEMPIO DI APPLICAZIONE β

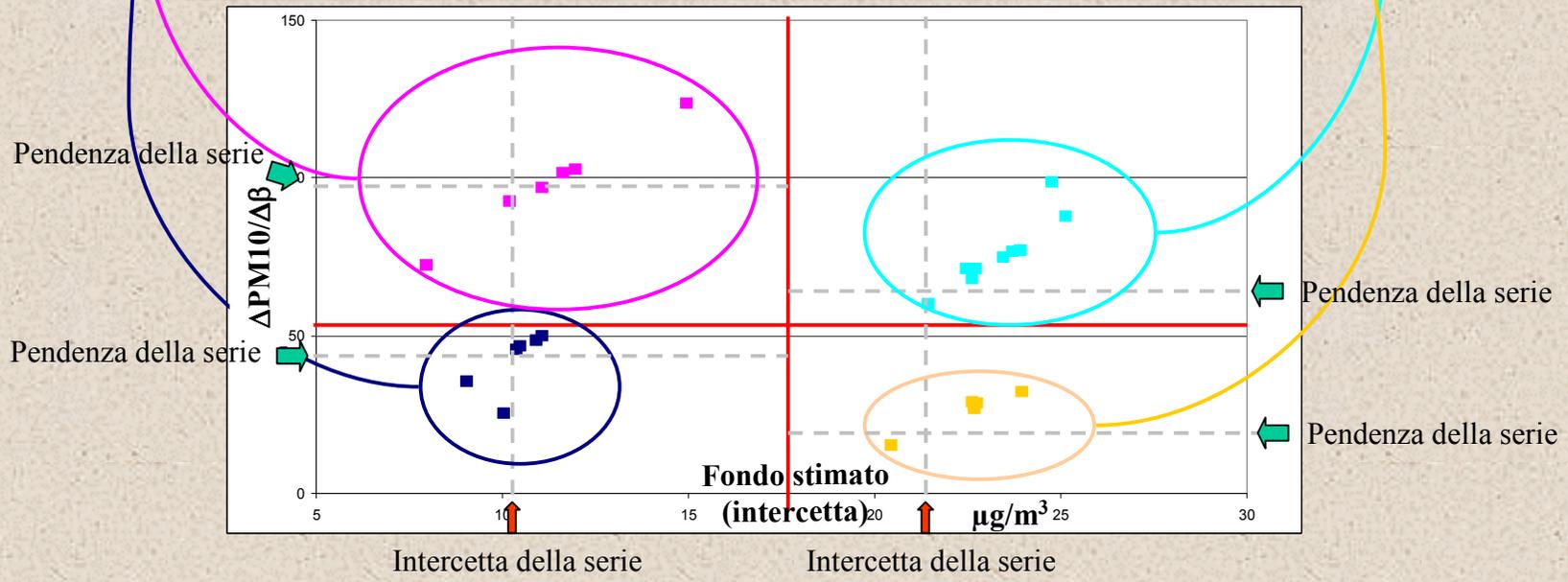
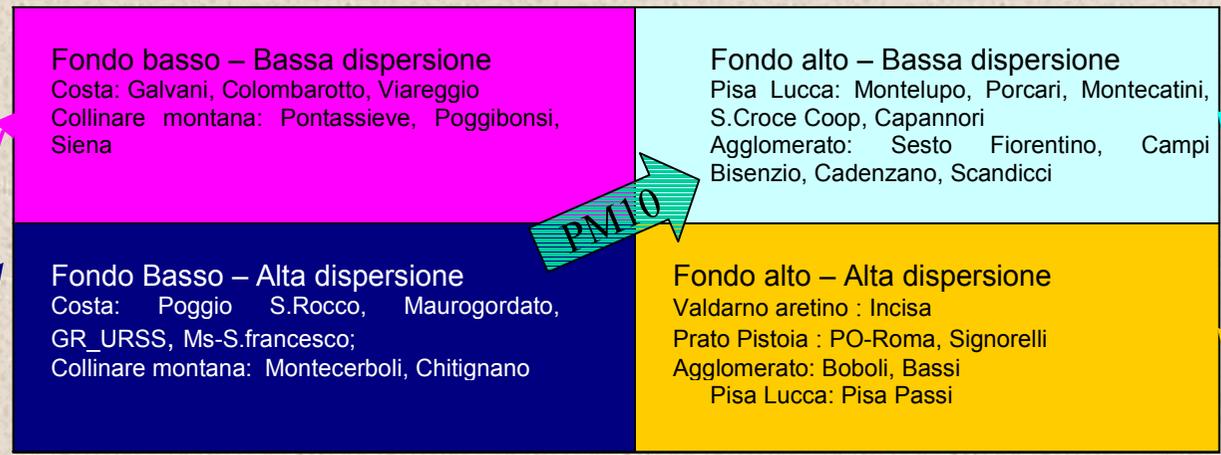
Stazioni di Montecatini e Signorelli - Caratterizzazione attraverso l'analisi dell'indice β

Stazione	Zona	Classi uso suolo 3 km	Distribuzione aree in classi	% urbana + industriale	% agricola + naturale	β	PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Signorelli	Prato Pistoia			26	67	0,144	26
Montecatini	Pisa Lucca			28	62	0,143	33

Il diverso livello misurato in due siti di analoga distribuzione quantitativa e spaziale nell'uso del suolo, collocati in zone con lo stesso fondo è interpretato come una **diversa sensibilità all'intorno**. Le stazioni di Montecatini e di Signorelli mostrano una diversa tendenza a risentire dell'influenza dell'uso del suolo all'interno del raggio considerato. In particolare, per la stazione di Signorelli, si può individuare una maggiore tendenza alla dispersione degli inquinanti che dà come risultato un livello inferiore di PM10 a parità di potenziale di pressione del territorio circostante, espressa da β .

RAPPRESENTATIVITA': APPLICAZIONE INDICE β

Sulla base del valore dell'indice β , del rispettivo valore della media quinquennale registrata in un sito e del valore di fondo di zona nella quale ogni stazione è collocata, è stato dunque possibile individuare 4 categorie di siti di monitoraggio in base a caratteristiche strettamente collegate alla rappresentatività spaziale





CONCLUSIONI-I

- **Emissioni di PM10 primario** in Toscana equamente ripartite tra traffico, industria e riscaldamento domestico localizzate nelle zone delle pianure interne, mentre l'industria pesante si concentra sulla costa

I livelli di qualità dell'aria non sono direttamente correlabili alle pressioni esistenti sul territorio, in quanto le relazioni tra pressioni ed effetti sono complesse e di difficile schematizzazione, in particolare per il PM10 che è un inquinante con un'elevata percentuale di componente secondaria

- La popolazione nelle zone ad alto grado di antropizzazione risulta esposta almeno a **livelli di fondo di zona di PM10** di circa $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre quella della zona costiera e della zona collinare-montana a livelli di fondo di 14 e $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ rispettivamente.

- Il 34 % delle stazioni di fondo presentano nel 2007-2011 livelli medio- alti di PM 10 ($30-39 \mu\text{g}/\text{m}^3$) con conseguente esposizione della popolazione a questi livelli almeno nelle zone oggetto di studio.



CONCLUSIONI-II

La **rappresentatività** delle stazioni di monitoraggio è un problema rilevante nell'uso dei dati di qualità dell'aria per la stima dell'esposizione.

Rispetto ad essa le valutazioni e le stime oggettive presentate costituiscono uno strumento semplificato ed ausiliario nell'analisi dei dati misurati e permettono di identificare le zone del territorio in cui le pressioni hanno un effetto maggiore sui livelli di PM10.