

# Esposizione della popolazione al particolato: il caso dell'area sud-est della Toscana

*Bianca Patrizia Andreini, Claudia Cavazza, Chiara Collaveri, David Magliacani, Guglielmo Tanganelli*

Centro regionale tutela qualità dell'aria – ARPA Toscana

AIDII- 34° Congresso nazionale di igiene industriale e ambientale – Ortona

# Obiettivi

- Qual è l'esposizione a particolato della popolazione nel Valdarno aretino e valdichiana e nella zona collinare montana?
- Qual è la rappresentatività delle stazioni di rete regionale e dei siti di campionamento nelle due zone?
- L'esposizione è omogenea all'interno di ogni zona?

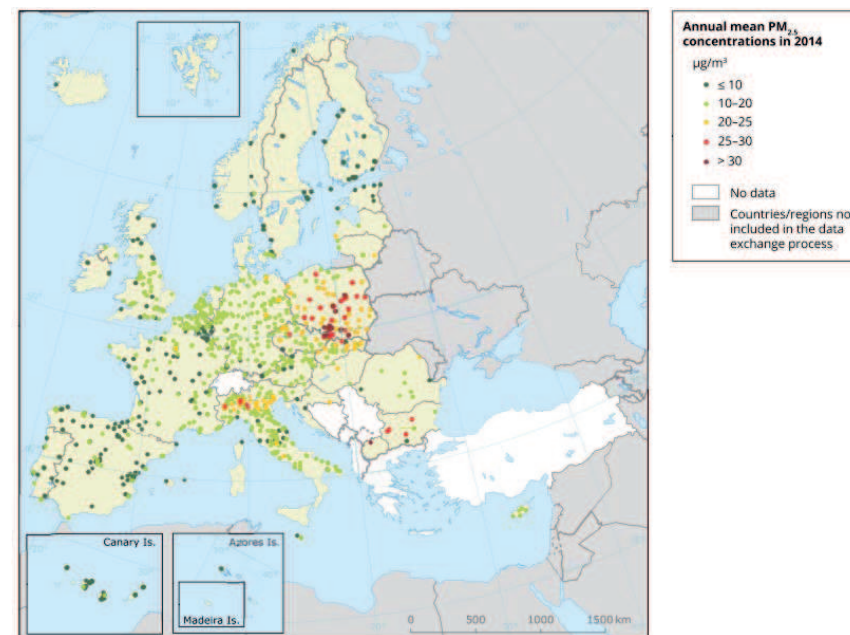
*Per i riferimenti di letteratura delle metodologie utilizzate di seguito vedi atti del Congresso*

# Il particolato atmosferico

Tra gli inquinanti atmosferici il particolato è quello con il maggior impatto sulla salute umana. Vari studi epidemiologici sugli effetti sanitari dell'inquinamento atmosferico da particelle, hanno evidenziato associazioni tra le concentrazioni in massa del PM10 e un incremento sia di mortalità che di ricoveri ospedalieri per malattie cardiache e respiratorie nella popolazione generale.

Anche l'incremento di tumore polmonare è stato associato recentemente all'inquinamento ambientale, ed in particolare alla frazione fine dell'aerosol: **il PM outdoor è stato inserito dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) tra i cancerogeni di gruppo 1 (agenti sicuramente cancerogeni per l'uomo)**

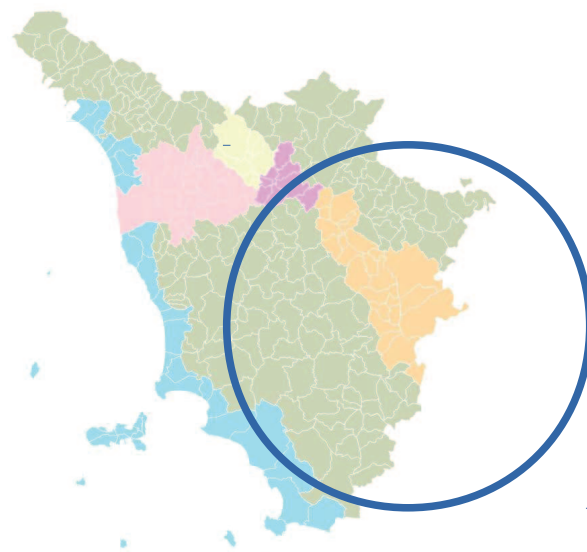
Mappa della concentrazione di PM2,5 in Europa nel 2014  
 Air quality in Europe Report 2016



La regione Toscana è tra quelle richiamate, per il superamento dei valori limite di PM10, nella Procedura di infrazione della Comunità europea all'Italia (*Procedura di infrazione 2014/2147 – Direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa – Superamento dei valori limite di PM10 in Italia*)



Le aree interne della zona sud della Toscana appartengono dal punto di vista della qualità dell'aria alla **zona collinare montana** e alla **zona valdarno e Valdichiana**



### Legenda

#### Comuni zonizzazione

- Valdarno aretino e val di Chiana
- Zona collinare montana
- Valdarno pisano e Piana lucchese
- Zona costiera
- Zona Prato Pistoia
- Agglomerato

Per acquisire informazioni più dettagliate sulla reale esposizione media della popolazione a particolato PM 10 e PM 2,5 e suoi precursori in questo vasto territorio nel periodo **2014-2016** sono state condotte varie campagne indicative con mezzo mobile su:

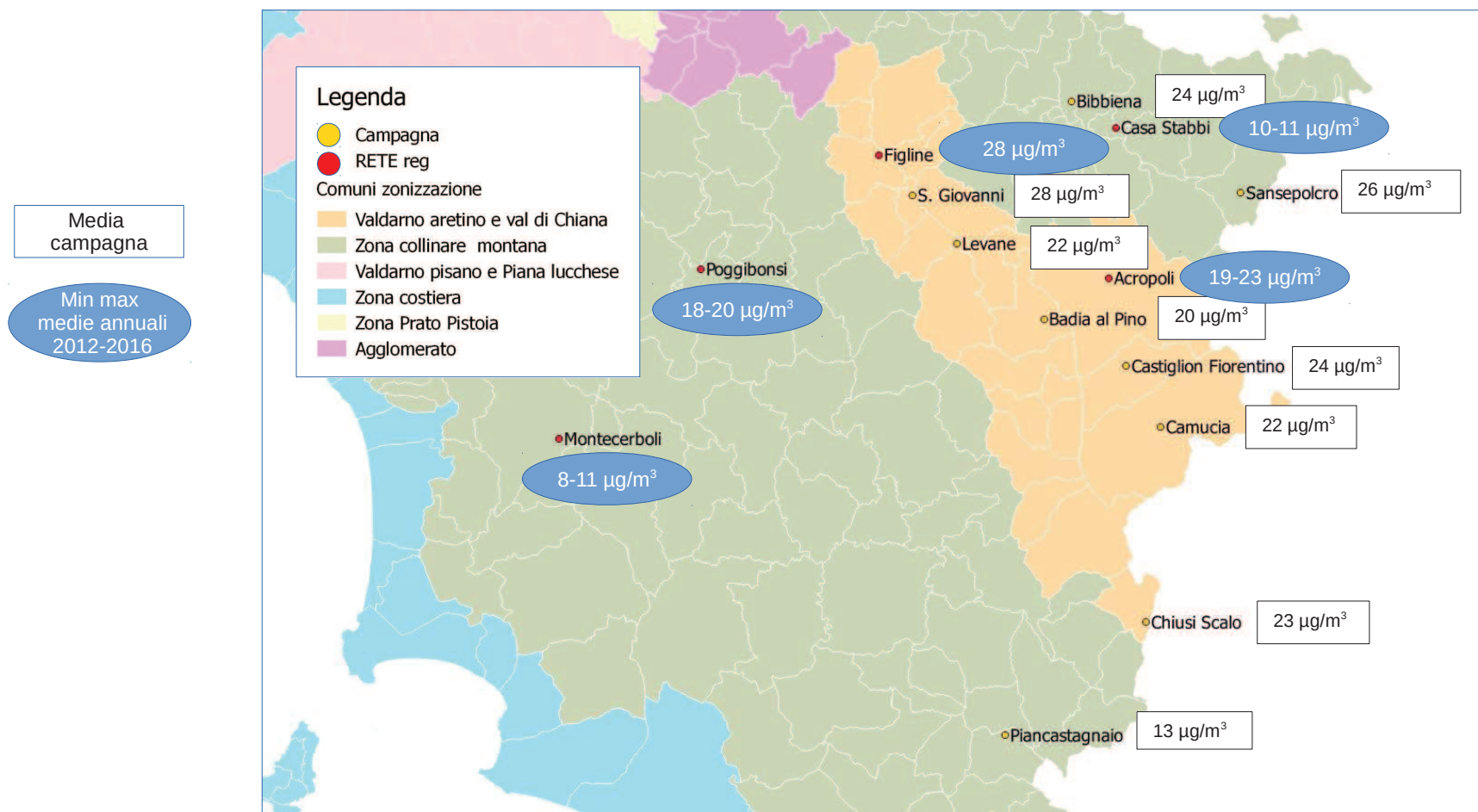


**11** postazioni per un totale di **660** giorni di campionamento



I siti oggetto di monitoraggio di PM10 sono solo **postazioni di fondo**, da cui si può stimare l'esposizione della popolazione e per le quali si può stimare una rappresentatività spaziale del dato pari ad alcuni km<sup>2</sup>.

I siti sono distinti tra siti in cui sono state effettuate le campagne indicative e stazioni di monitoraggio della rete regionale.

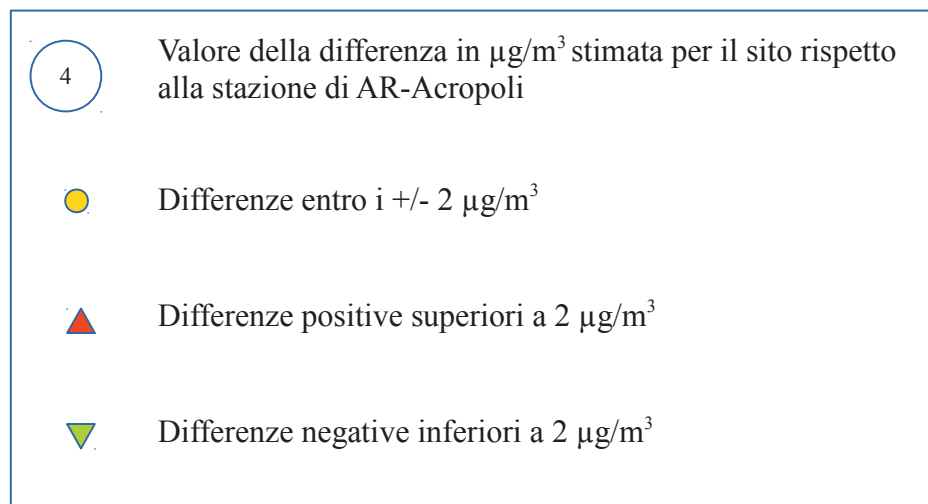


**Valori di riferimento per la media annuale di PM10:**  
**Limite D.Lgs 155/2010 media annua – 40 µg/m<sup>3</sup>**  
**Valore di riferimento per OMS – 20 µg/m<sup>3</sup>**



Per poter confrontare i dati relativi ad anni diversi e a periodi di campionamento diversi, si è adottato il criterio di valutare le differenze medie di ciascuna campagna rispetto ad una delle stazioni di rete regionale presa a riferimento. La stazione selezionata è quella urbana fondo di Arezzo, AR-Acropoli, della zona del Valdarno aretino e Val di Chiana.

Per rendere più completa l'analisi della variazione spaziale delle concentrazioni le differenze medie rispetto alla stazione di AR-Acropoli sono state calcolate anche per le altre stazioni di fondo della rete regionale. In questo caso sono stati considerati tutti i giorni disponibili dal 2014 al 2016.

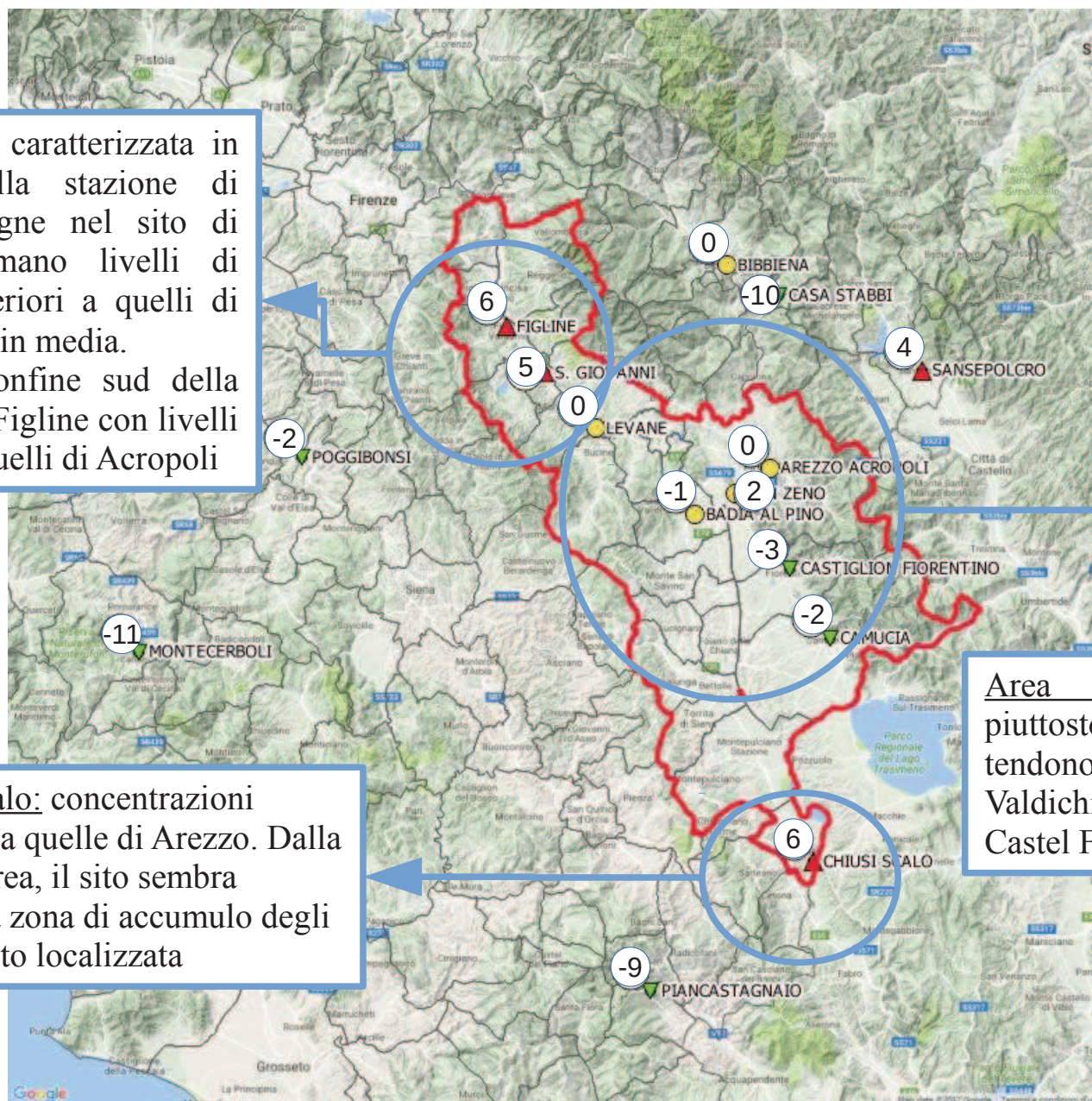


Le differenze sono riportate in mappa con la seguente legenda:

- per differenze entro i  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in più o in meno i livelli vengono considerati equivalenti;
- le differenze superiori o inferiori sono contrassegnati rispettivamente da una freccia rossa orientata verso l'alto e verde orientata verso il basso
- a fianco del simbolo è riportato il valore in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  calcolato per la differenza.

## Analisi spaziale delle differenze – Zona Valdarno aretino e Valdichiana

Area del Valdarno: caratterizzata in rete regionale dalla stazione di Figline. Le campagne nel sito di S.Giovanni confermano livelli di concentrazione superiori a quelli di Acropoli di  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in media. Levane segna il confine sud della rappresentatività di Figline con livelli che tendono verso quelli di Acropoli



Sito di Chiusi Scalo: concentrazioni rilevate superiori a quelle di Arezzo. Dalla morfologia dell'area, il sito sembra rappresentare una zona di accumulo degli inquinanti piuttosto localizzata

Area di Arezzo: livelli piuttosto omogenei che tendono a diminuire nella Valdichiana (campagne di Castel Fiorentino e Camucia)



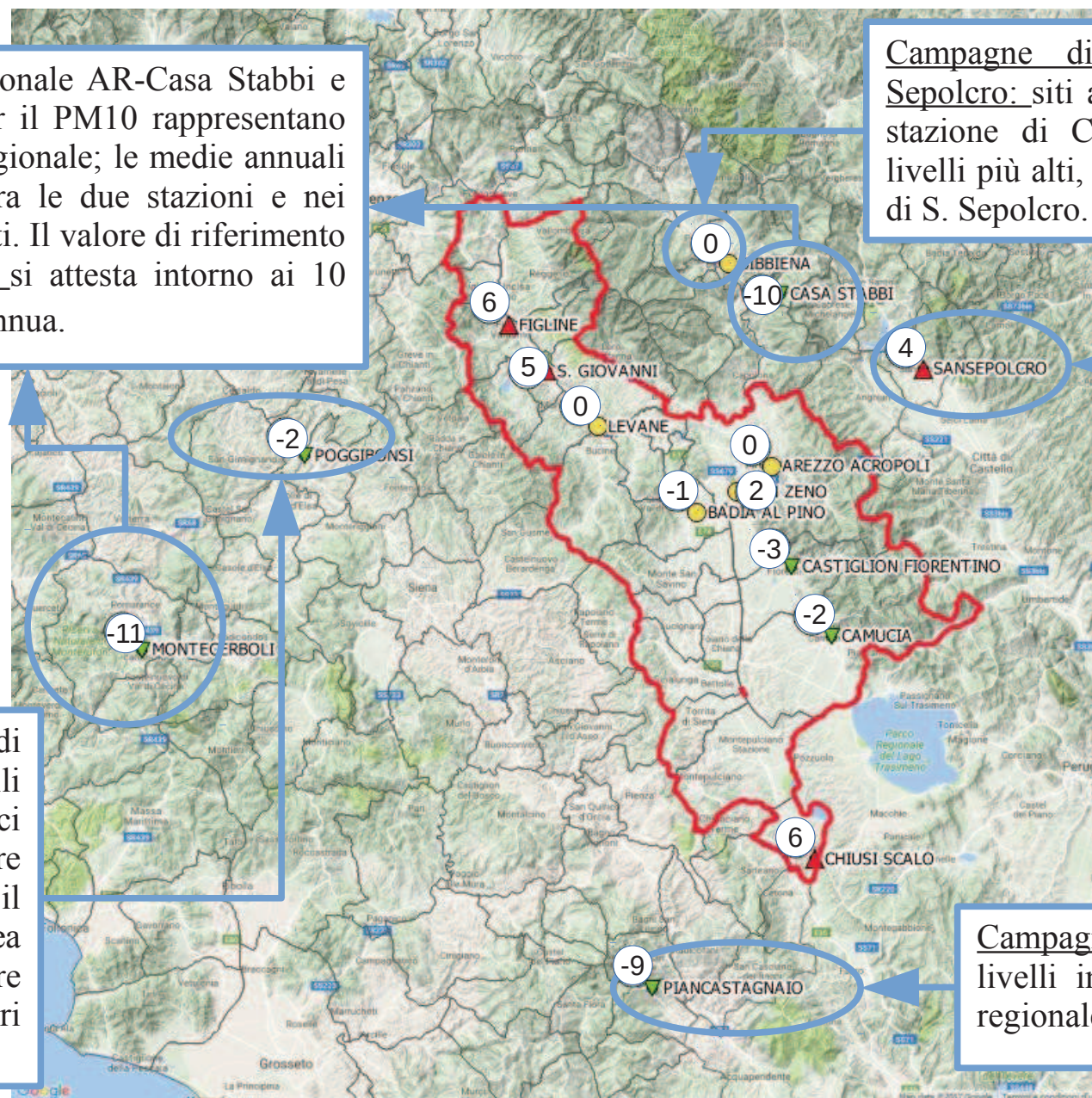
## Analisi spaziale delle differenze – Zona Collinare Montana

Stazioni di rete regionale AR-Casa Stabbi e PI-Montecerboli: per il PM<sub>10</sub> rappresentano entrambi il fondo regionale; le medie annuali sono molto simili tra le due stazioni e nei diversi anni analizzati. Il valore di riferimento del fondo regionale si attesta intorno ai 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  come media annua.

Campagne di Bibbiena e San Sepolcro: siti a poca distanza dalla stazione di Casa Stabbi ma con livelli più alti, specialmente nel sito di S. Sepolcro.

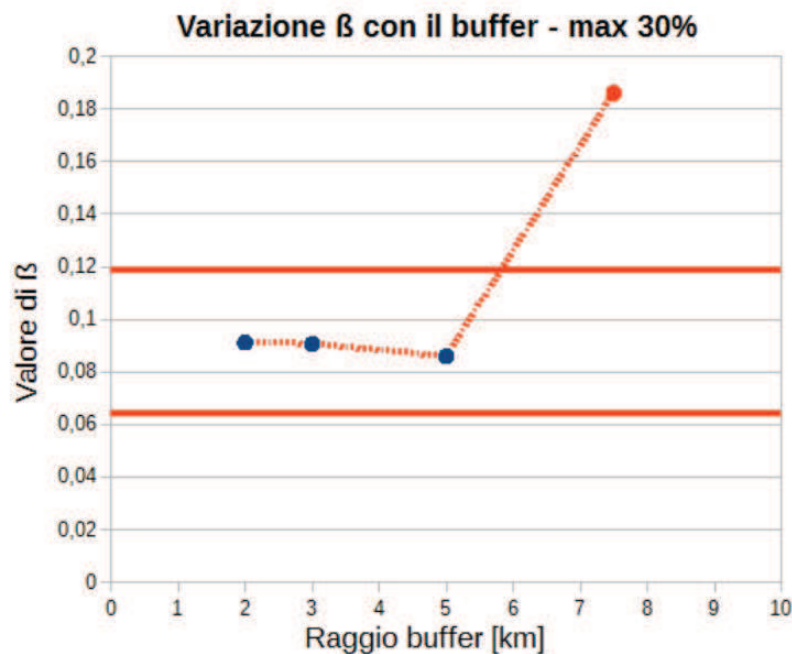
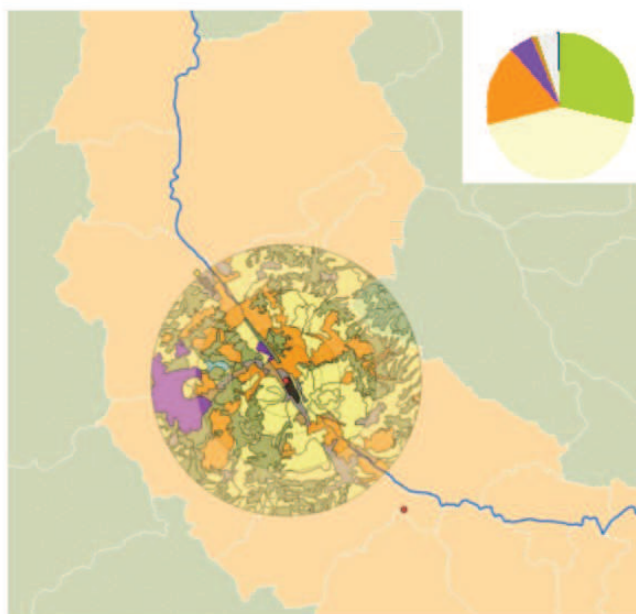
Stazione urbana fondo di rete regionale: ai livelli di fondo regionale tipici della zona collinare montana si aggiunge il contributo dell'area urbana con un valore della media annua pari nel 2016 a 18  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Campagna di Piancastagnaio: livelli in linea con il fondo regionale





Stimando la **rappresentatività spaziale delle stazioni e dei siti** in cui sono state svolte le campagne di misura, è possibile estendere l'analisi spaziale, effettuata in maniera puntuale, attribuendo i valori misurati alle aree di rappresentatività.



La rappresentatività è stimata attraverso il **metodo dell'indice  $\beta$** ; questo indice sintetizza il livello di pressioni del territorio nell'intorno di un sito e lo mette in relazione con i dati di PM misurati nel sito stesso.

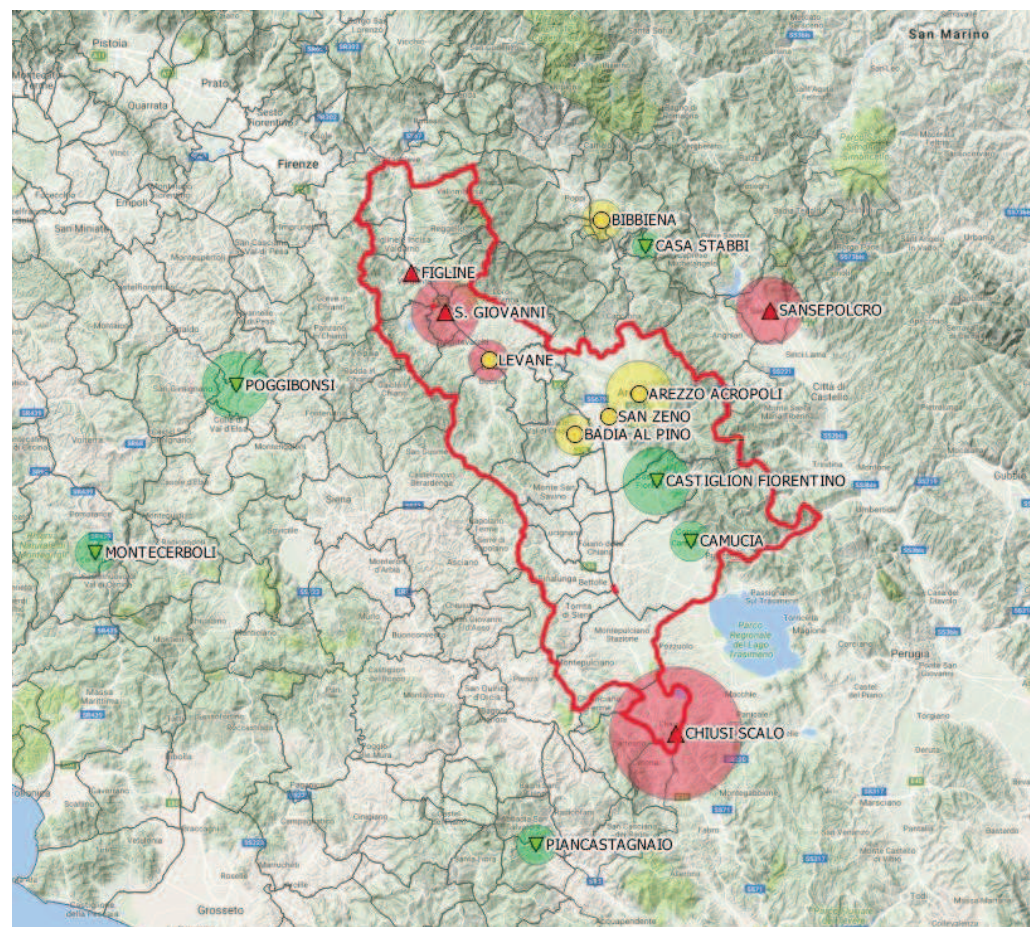
$$\beta = \log \left[ 1 + \frac{\sum_i a_i \cdot n_{RCLi}}{\sum_i n_{RCLi}} \right]$$

dove  $n_{RCLi}$  sono le aree occupate dalle diverse classi di uso del suolo nel buffer e  $a_i$  sono i relativi coefficienti di peso attribuiti alle classi di uso del suolo in base al rispettivo impatto emissivo.

Con questo metodo si assume che una stazione di fondo sia rappresentativa almeno di un'area circolare di 2 km di raggio. **Per la stima della rappresentatività l'indice  $\beta$  viene calcolato su buffer di raggio crescente centrati sul sito di misura. Il sito è considerato rappresentativo dell'area di buffer fino a che il  $\beta$  calcolato non differisce dal  $\beta$  iniziale (buffer di raggio 2 km) più del 30%. (vedi atti)**

Con le aree circolari stimate, la mappa delle differenze rispetto alla stazione di AR-Acropoli può essere ridisegnata attribuendo ad ogni sito di misura una superficie secondo i risultati riportati in tabella.

Sito	Raggio area rappresentatività
S. Sepolcro	5 km
Bibbiena	3 km
Badia al Pino	3 km
Levane	3 km
S. Giovanni	5 km
Piancastagnaio	3 km
Chiusi Scalo	10 km
Camucia	3 km
Castiglion Fiorentino	5 km
SI-Poggibonsi	5 km
AR-Casa Stabbi	2 km
AR-Acropoli	5 km
PI-Montecerboli	3 km



La mappa risultante conferma le considerazioni fatte osservando i valori puntuali migliorando la potenzialità descrittiva del dato e restituendo una prima stima della copertura territoriale delle misure.

Per le 13 postazioni considerate (la rappresentatività non è stata stimata per la stazione di Figline e per il sito di AR-S.Zeno), l'area di rappresentatività media risulta essere di 4 km di raggio.

In un'area complessiva di circa 10.000 km<sup>2</sup> (100 km x 100 km) supponendo i 15 punti di monitoraggio uniformemente distribuiti, per coprire l'intero territorio sarebbe necessario un raggio di rappresentatività pari a 14 km per stazione.

Ne consegue che, pur con un denso lavoro puntuale di monitoraggio, alcune aree rimangono senza copertura.

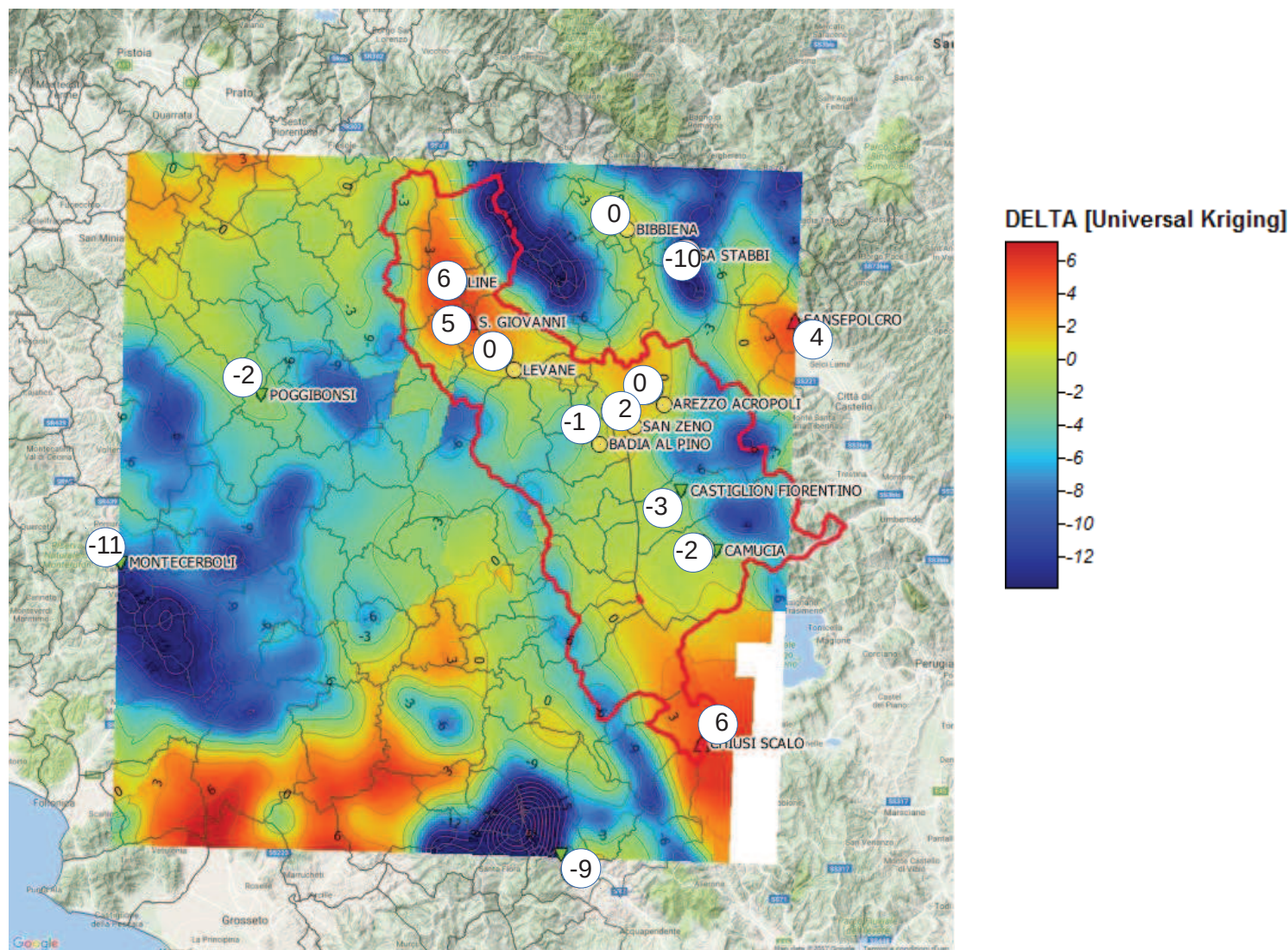
Alla luce di tutti i risultati ottenuti, per completare la descrizione dell'area sud-est della Toscana si è dunque proceduto ad una interpolazione dei dati attraverso la tecnica del **kriging universale (vedi atti)**

Con questa tecnica è possibile associare la variabile di interesse, che nel nostro caso è rappresentata dalla differenza media in concentrazione rispetto alla stazione di riferimento di AR-Acropoli, ad una variabile ad essa correlata.

La variabile covariante utilizzata è una variabile immediatamente disponibile che sicuramente ha influenza sui valori di concentrazione di PM10, ovvero la quota.



## Risultati del kriging delle differenza rispetto ad AR-Acropoli per l'area sud-est della Toscana



Trattandosi di una tecnica di interpolazione, per coprire interamente l'area di interesse è stato necessario aggiungere alcuni dati a nord; per questo motivo sono state inserite in input al kriging le 3 stazioni di fondo dell'Agglomerato di Firenze calcolando le loro differenze medie (2014-2016) rispetto alla stazione di AR-Acropolis.

## Stazioni di rete regionale – andamenti degli indicatori negli anni 2013-2016

Medie annuali:  
(limite 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

	2013	2014	2015	2016
Acropoli		21	23	19
Poggibonsi	18	18	20	18
Montecerboli	10	8	11	10
Casa Stabbi		11	11	10
Figline				28*

\* efficienza <90% serie non valida

Situazione di piena conformità del valore limite sulla media annua, anche nella stazione di FI-FIline che è quella che risulta più critica ed è stata installata nel 2016.

Si può inoltre osservare che le medie annue sono abbastanza stazionarie negli anni considerati.

**Valori di riferimento per la media annuale di PM10:**

**Limite D.Lgs 155/2010 media annua – 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

**Valore di riferimento per OMS – 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

## Stazioni di rete regionale – andamenti degli indicatori negli anni 2013-2016

N superamenti:

(limite 35 superamenti anno della soglia di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  come media giornaliera)

	2013	2014	2015	2016
Acropoli		9	19	8
Poggibonsi	1	1	0	0
Montecerboli	0	0	0	0
Casa Stabbi		4	0	1
Figline				24*

\* efficienza <90% serie non valida

Valori degli indicatori annuali che per tutte le stazioni risultano pienamente conformi ai limiti di legge contenuti nel D.Lgs 155/2010, ma superiori nel caso di Fi-Figline e anche di AR-Acropoli, ai valori di riferimento dell'OMS.

**Valori di riferimento per il superamento della media giornaliera di PM10:**  
**Limite D.Lgs 155/2010 non più di 35 superamenti/anno della soglia giornaliera**

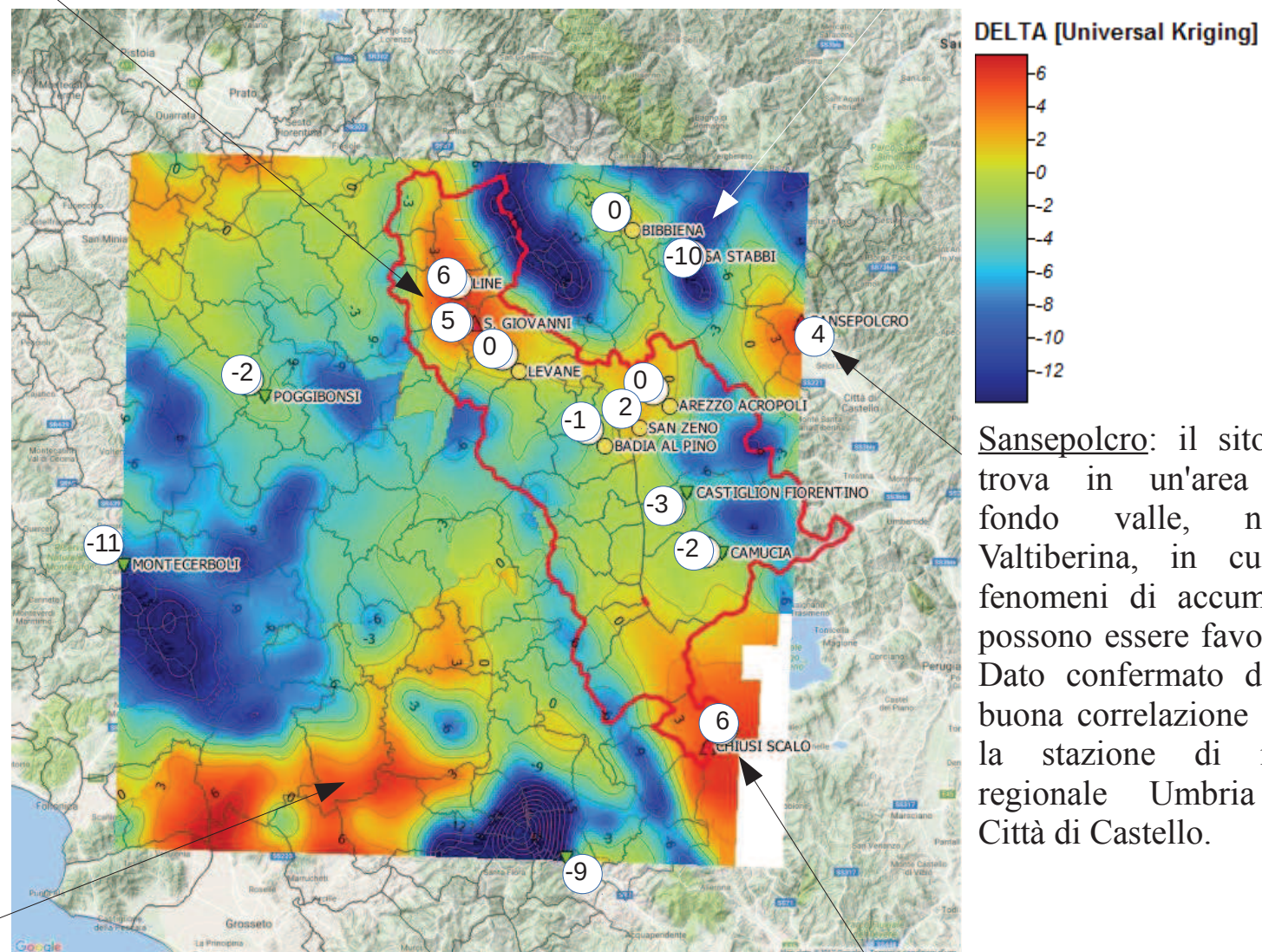
**Soglia giornaliera –  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$**

**Valore di riferimento per OMS – non più di 3 superamenti anno della soglia giornaliera**



Area del Valdarno: la postazione di S. Giovanni conferma la criticità di questa area; la mappa ottenuta con la tecnica del kriging delimita l'area interessata dai livelli più elevati, grazie anche ai risultati ottenuti a pochi chilometri di distanza nel sito di Levane

L'associazione con la variabile **quota** nel kriging “spiega” la differenza tra i dati della stazione di AR-Casa Stabbi e i dati dei siti pur vicini di Bibbiena e S. Sepolcro



Sansepolcro: il sito si trova in un'area di fondo valle, nella Valtiberina, in cui i fenomeni di accumulo possono essere favoriti. Dato confermato dalla buona correlazione con la stazione di rete regionale Umbria a Città di Castello.

In questa ampia area tra PI-Montecerboli e Piancastagnaio non si dispone di misure, per cui l'incertezza della stima è massima e l'interpolazione è prevalentemente basata sulla correlazione con la quota.

Chiusi Scalo: anche per questo sito si può ipotizzare una componente legata alla morfologia dell'area che favorisce l'accumulo degli inquinanti, in alcune condizioni e periodi dell'anno, innalzando i livelli medi.

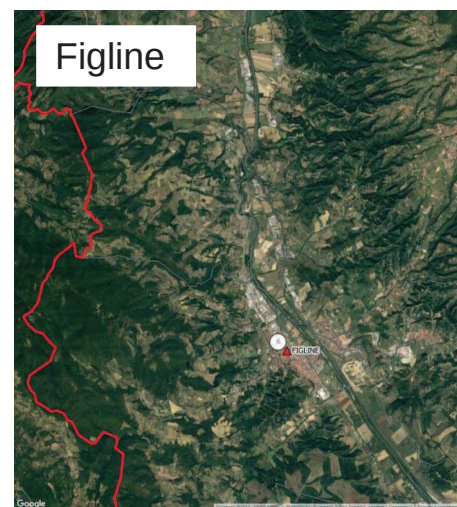
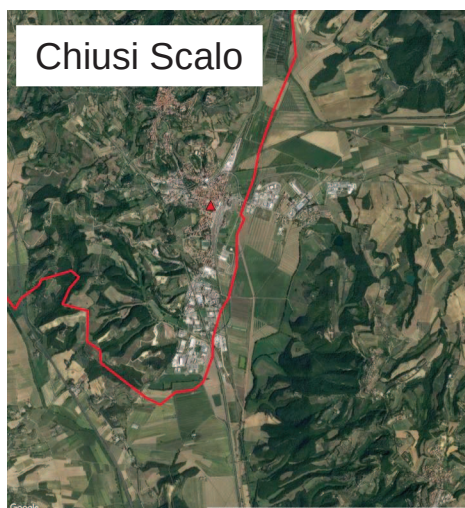
# Conclusioni

- **Esposizione non omogenea rispetto alla stazione urbana fondo di AR Acropoli.** La zona del Valdarno aretino risulta caratterizzata da una generale conformità ai valori limite per il PM10 (D.Lgs 155/2010) e la stazione di AR-Acropoli rappresentativa per la maggior parte del territorio; fa eccezione l'area del Valdarno, presidiata dalla stazione di rete regionale di FI-Figline, in cui livelli medi annuali sono significativamente più alti. Altra possibile area di criticità è messa in evidenza dalla campagna di Chiusi Scalo in cui sono stati rilevati livelli superiori a quelli di AR-Acropoli e addirittura paragonabili a quelli di Figline. Trattandosi in questo caso di una campagna indicativa, potrebbero essere necessari ulteriori approfondimenti sperimentali.
- **Esposizione non omogenea nella zona Collinare Montana:** la campagna di Piancastagnaio risulta in linea con i livelli di fondo regionali, mentre nel sito di S.Sepolcro sono riscontrati livelli superiori non solo al fondo regionale, ma anche a quelli della stazione di AR-Acropoli. Tale risultato è probabilmente attribuibile alla morfologia del sito collocato in un'area valliva.
- Rispetto ai valori di riferimento dell'OMS sulla media annuale ( $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) si ha invece una situazione di conformità soltanto per l'area della mappa con livelli equivalenti o inferiori a quelli di AR-Acropoli che nel 2016 ha registrato una media di  $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .



## ... in particolare

Un risultato importante è dato dal fatto che anche la zona collinare montana, pur essendo mediamente caratterizzata da basse pressioni e bassi valori di fondo per il PM10, presenta aree di fondovalle in cui l'accumulo degli inquinanti può essere favorito e che quindi, in base al grado di antropizzazione possono risultare critiche e costituiscono, dal punto di vista del monitoraggio, potenziali aree di superamento





Grazie per l'attenzione

[www.arpat.toscana.it/temi-ambientali/aria/monitoraggio/report/](http://www.arpat.toscana.it/temi-ambientali/aria/monitoraggio/report/)

AIDII- 34° Congresso nazionale di igiene industriale e ambientale – Ortona