ARPAT
Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana

CONSORZIO LaMMA

Regione Toscana



Rappresentatività spaziale delle stazioni della rete di monitoraggio di qualità dell'aria toscana

ARPAT
Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
INSIEME PER UN FUTURO SOSTENIBILE

CONSORZIO LaMMA

Contributo di ARPAT e LAMMA al gruppo di lavoro regionale gestito dalla Regione Toscana sulla rappresentatività spaziale delle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria della rete regionale.

Rapporto redatto da

ARPAT:
Chiara Collaveri
Bianca Patrizia Andreini
Settore Centro Regionale Tutela Qualità dell'Aria

Franco Giovannini
Antongiulio Barbaro
Settore Modellistica Previsionale

LAMMA:
Caterina Busillo
Francesca Calastrini
Francesca Guarnieri

Si ringraziano:
Ciancarella L., Righini G., Vitali L., Piersanti A., Cremona G., Cionni I., Zanini G.
ENEA – Unità Tecnica Modelli, Metodi e Tecnologie per le Valutazioni Ambientali - Laboratorio Qualità dell'Aria - Centro Ricerche "E. Clementel", Bologna

Marzo 2015

SOMMARIO

1 INTRODUZIONE 4

2 METODI APPLICATI 7

2.1 METODO DI STIMA BASATO SU FATTORI OGGETTIVI (INDICE ß) 7
2.2 LA RAPPRESENTATIVITÀ SPAZIALE ATTRAVERSO L'APPROCCIO MODELLISTICO 11
2.2.1 IL METODO ADOTTATO 11
2.2.2 LA BASE DATI UTILIZZATA 12
2.2.3 LA RETE DI MONITORAGGIO REGIONALE 13
2.2.4 RISULTATI 14

3 ALTRI ELEMENTI DI VALUTAZIONE 21

3.1 DATI DI QUALITÀ DELL'ARIA (PM_{10}, NO_2 E O_3) 21
3.1.1 PARTICOLATO PM_{10} 21
3.1.2 BIOSSIDO DI AZOTO 33
3.1.3 OZONO 40
3.2 INDICI DI PRESSIONE DA INVENTARIO DELLE SORGENTI DI EMISSIONE (PM_{10}) 42
3.3 CONCENTRAZIONI MEDIE STIMATE DA MODELLO 45
3.3.1 LE CONCENTRAZIONI MEDIE DI PM_{10} 46
3.3.2 LE CONCENTRAZIONI MEDIE DI NO_2 54
3.3.3 LE CONCENTRAZIONI MEDIE DI O_3 59

4 RISULTATI 64

4.1 RAPPRESENTATIVITÀ SPAZIALE PER PM_{10} 64
4.1.1 INTEGRAZIONE DEL METODO 2 E DEL METODO 3 64
4.1.2 CRITERI DI ATTRIBUZIONE TERRITORIALE DELLE STAZIONI 100
4.2 RAPPRESENTATIVITÀ SPAZIALE PER NO_2 134
4.2.1 RISULTATI OTTENUTI APPLICANDO IL METODO 3 134
4.2.2 RAPPRESENTATIVITÀ PER ZONA 142
4.3 RAPPRESENTATIVITÀ SPAZIALE PER O_3 145
4.3.1 RISULTATI OTTENUTI APPLICANDO IL METODO 3 145
4.3.2 RAPPRESENTATIVITÀ PER ZONA 151
4.3.3 APPLICAZIONE DEI RISULTATI PER SERVIZIO OPERATIVO 154

5 CONCLUSIONI 155

5.1 CONCLUSIONI RIGUARDO ALLA RAPPRESENTATIVITÀ DEL PM_{10} 155
5.2 CONCLUSIONI RIGUARDO ALLA RAPPRESENTATIVITÀ DI NO_2 166
5.3 CONCLUSIONI RIGUARDO ALLA RAPPRESENTATIVITÀ DI O_3 170

6 BIBLIOGRAFIA 173

1 INTRODUZIONE

La Regione Toscana nel 2014 ha costituito un “tavolo tecnico”, cui hanno partecipato ARPAT e LaMMA, sul tema della rappresentatività territoriale dei dati ottenuti attraverso le misure di qualità dell’aria [20], [21]. Gli obiettivi del tavolo tecnico possono riassumersi da un lato nello sviluppo e nell’applicazione di metodi e tecniche corrispondenti allo stato dell’arte per valutare e definire le aree del territorio regionale nelle quali considerare rappresentative le misure ottenute con la rete regionale di rilevamento della qualità dell’aria; dall’altro, sulla base dei risultati ottenuti da tali applicazioni, nell’individuazione delle cosiddette “aree di superamento” o “situazioni a rischio di superamento” dei limiti di qualità dell’aria, come definite dal D.Lgs. 155/2010 e nella L.R. 9/2010. Tale individuazione è necessaria in quanto è in corso l’iter procedurale di definizione ed approvazione del Piano Regionale per la qualità dell’aria ambiente (PRQA), che richiede l’aggiornamento dei Comuni tenuti alla predisposizione dei Piani di Azione Comunale (PAC), anche tenuto conto della D.G.R. 1025/2010 e della necessità di superare l’individuazione provvisoria effettuata dalla D.G.R. 22/2011.

Una prima valutazione delle possibili metodiche da adottare per conseguire l’individuazione delle aree di rappresentatività delle stazioni era stata già condotta nel 2011 [18].

Il sostanziale completamento della rete regionale di rilevamento della qualità dell’aria, le ulteriori riflessioni e documenti tecnici messi a disposizione da ENEA [2,13,14] e soprattutto la positiva conclusione del progetto MOSIT [17] hanno rappresentato gli elementi fondamentali di novità mediante i quali approcciare il tema della rappresentatività spaziale.

La rappresentatività spaziale delle stazioni di monitoraggio della qualità dell’aria è comunemente definita in letteratura sulla base della variazione temporale dei livelli di concentrazione nell’intorno del sito in esame [12].

La conoscenza di questo parametro è utile per la valutazione dei siti di misura nell’installazione di una nuova rete di monitoraggio, di una ricollocazione di stazioni, o nella riorganizzazione di reti già esistenti.

Un importante ambito di applicabilità riguarda la valutazione dell’esposizione della popolazione alle sostanze inquinanti misurate dalle stazioni di monitoraggio: infatti i dati misurati, essendo puntuali, devono essere correttamente interpretati e attribuiti ad aree omogenee nell’intorno del sito di misura.

La rappresentatività spaziale può variare notevolmente al variare dell'inquinante, in quanto le concentrazioni dipendono da numerosi fattori, quali le emissioni, il trasporto, la dispersione e le trasformazioni chimiche.

Sebbene il tema inerente alla rappresentatività spaziale sia rilevante, in ambito europeo non è stata ancora individuata una metodologia di riferimento e l'argomento è attualmente oggetto di approfondimento. In questo contesto ENEA, per conto del Ministero dell'Ambiente, ha realizzato uno studio volto ad esaminare diversi approcci metodologici, rappresentativi dello stato dell'arte della ricerca scientifica. In particolare sono stati analizzati quattro metodi: il primo si basa su fattori oggettivi [2], il secondo su dati emissivi spazializzati [10], il terzo sul confronto di livelli di concentrazione nell'intorno del sito utilizzando stime modellistiche [13], il quarto sull'utilizzo delle back-trajectories [14].

Il tavolo tecnico coordinato dalla Regione Toscana, di cui questo lavoro rappresenta una sintesi, ha portato allo sviluppo e all'applicazione di due metodi per la stima della rappresentatività spaziale sulla base dei rapporti ENEA sopra menzionati. Sono stati presi in esame tre inquinanti, NO2, PM10, O3, che attualmente presentano valori di concentrazione critici:

- un metodo di tipo empirico - statistico sviluppato da ARPAT (di seguito definito Metodo 2), basato su fattori oggettivi a partire dall'analisi della copertura del territorio intorno alle stazioni di monitoraggio, con lo sviluppo di uno specifico indicatore statistico (beta) che collega la copertura del territorio con la concentrazione di inquinanti in atmosfera, limitatamente al particolato PM10 [1,2,3,6,7];

- un metodo elaborato da LAMMA (di seguito definito Metodo 3), basato sul confronto di livelli di concentrazione nell'intorno del sito di misura, utilizzando stime modellistiche ottenute dal sistema integrato WRF-CAMx. L'applicazione modellistica, a 2 Km di risoluzione, è relativa all'anno 2007 per lo scenario emissivo IRSE 2007 e prende in esame gli inquinanti NO2, PM10 e O3 [13,15].

Contestualmente allo sviluppo dei due metodi è stata prodotta da ARPAT un'analisi dei dati di qualità dell'aria misurati sul territorio regionale per gli inquinanti presi in esame, con approfondimenti specifici sul particolato PM10 [3,4]. E' stata effettuata anche una valutazione delle pressioni basate su IRSE 2007 derivanti da PM10 [18].

Inoltre, LaMMa ha fornito un contributo relativo alla stima delle concentrazioni medie di PM10, NO2 e O3 ottenute dall'applicazione del sistema modellistico WRF-CAMx all'anno 2007. Le concentrazioni stimate da modello, infatti, possono essere considerate un valido supporto per integrare il quadro conoscitivo ottenuto dalle misure delle stazioni di monitoraggio.

Questo documento, che riporta lo stato dell'arte delle conoscenze utilizzando gli strumenti disponibili all'anno 2013, ha lo scopo di fare sintesi tra i due metodi di valutazione della rappresentatività spaziale delle stazioni e di valutarne i risultati alla luce di altri importanti elementi, quali i livelli di concentrazione misurati, le pressioni, le stime di concentrazione ottenute da modello.

Il lavoro è articolato in una sintesi delle metodologie applicate nei metodi 2 e 3 (capitolo 2), una sintesi degli elementi conoscitivi aggiuntivi, quali i livelli di concentrazione di particolato PM10, biossido di azoto e ozono in toscana dal 2007 al 2013, le pressioni per il solo PM10, le concentrazioni stimate per NO2, PM10, O3 (capitolo 3). Inoltre, il capitolo 3 riporta l'identificazione delle postazioni che a qualsiasi titolo hanno presentato superamenti dei valori limite definiti dal D.Lgs. 155/10. Il capitolo 4 riporta i risultati ottenuti per i tre inquinanti in esame; in particolare per il PM10 viene proposta una "combinazione" dei due metodi con relative valutazioni per l'identificazione del territorio rappresentato da ciascuna stazione di rete regionale.

Il documento si conclude con la stima della copertura del territorio rappresentato dalla rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria allo stato attuale delle conoscenze.

2 METODI APPLICATI

In questo capitolo è presentata una sintesi dei metodi utilizzati per la stima della rappresentatività spaziale; il metodo statistico adottato da ARPAT (Metodo 2) è stato applicato al PM_{10}, mentre il metodo basato sulle stime modellistiche adottato da LaMMA (Metodo 3) è stato utilizzato per gli inquinanti PM_{10}, NO_2 e O_3.

Entrambe i metodi sono applicabili alla valutazione della rappresentatività spaziale delle stazioni di fondo.

In questo capitolo si fa riferimento alle 24 stazioni di fondo della rete regionale toscana che, nella revisione approvata dal MATTM a luglio 2014, è costituita da 35 stazioni delle quali 10 sono classificate come stazioni di traffico, 1 industriale e 24 di fondo.

In particolare, 6 stazioni, di cui 4 di fondo, sono state collocate nella postazione definitiva nel corso degli ultimi anni. La stazione di Signa-via Roma è stata spostata in un sito più idoneo ad una stazione classificata fondo e dal gennaio 2014 sono iniziate le misure nella nuova locazione: le stime e le valutazioni relative all'applicazione dei due metodi si riferiscono al nuovo sito. La collocazione della stazione di fondo di Lucca è stata modificata nel corso del 2014 da Lu-D'Acquisto a Lu-San Concordio: il metodo 3 è stato applicato alla posizione relativa a Lu-D'Acquisto e non alla definitiva, distante circa 2 Km, per cui saranno utilizzati unicamente i risultati del metodo 2.

2.1 Metodo di stima basato su fattori oggettivi (indice ß)

ARPAT nell'ambito del gruppo di lavoro sulla rappresentatività delle stazioni della rete regionale di PM10 ha applicato il metodo proposto da ENEA basato su fattori oggettivi [1,2].

Per valutare la rappresentatività spaziale delle stazioni della rete regionale si fa riferimento al calcolo dell'indice ß su aree circolari concentriche di raggio crescente. La variabilità di ß è assunta proporzionale alla variabilità delle concentrazioni da un buffer all'altro. La stazione è considerata rappresentativa entro un determinato raggio dal sito di monitoraggio, se l'indice calcolato per quel raggio non differisce più del 20% rispetto all'indice calcolato per un raggio di 2 km.

I coefficienti di uso del suolo necessari per il calcolo di ß erano stati stimati per le diverse zone sulla base delle emissioni da Inventario IRSE 2007 utilizzati per una prima elaborazione, successivamente il calcolo è stato ulteriormente sviluppato grazie alla collaborazione diretta di ENEA.

Le stime iniziali dei coefficienti sono infatti state ottimizzate attraverso il codice statistico R. Sono state utilizzate un maggior numero di stazioni (includendo quelle di traffico) e per incrementare ulteriormente il dataset alcune zone sono state accorpate. Sui dati forniti da ARPAT, ENEA ha eseguito l'ottimizzazione e fornito i risultati che successivamente sono stati valutati in maniera congiunta.

Per valutare se l'ottimizzazione ha prodotto un buon risultato è stato necessario verificare:

- l'allineamento ottenuto (R^2)
- quali coefficienti sono cambiati attraverso l'ottimizzazione statistica, di quale entità e se ciò è considerato plausibile
- la successione lungo la retta delle stazioni per tipologia di classificazione, che approssimativamente deve riprodurre l'ordine: rurali, periferiche, urbane fondo, urbane traffico

Secondo questi parametri di controllo, l'ottimizzazione ha fornito risultati molto buoni per la zona collinare montana. I risultati per le due zone dei Valdarno (Valdarno pisano e Piana lucchese accorpata con la zona del Valdarno aretino e Val di Chiana) sono da considerarsi buoni e utilizzabili per le finalità di calcolo relative alla stima della rappresentatività spaziale. Per quanto riguarda infine l'agglomerato, accorpato con la zona Prato Pistoia, sono emerse problematiche legate alla presenza nel dataset della stazione anomala di Montale e delle stazioni di traffico dell'agglomerato. Infatti le 4 stazioni fiorentine di Mosse, Gramsci, Bassi e Boboli, essendo collocate nel medesimo centro urbano e nell'arco di pochi km l'una dall'altra, hanno distribuzioni molto simili di uso del suolo con medie annuali di PM10 molto diverse (trattandosi di 2 stazioni di fondo e 2 di traffico).

Per l'agglomerato di Firenze e per la zona Prato Pistoia, pur avendo scelto di utilizzare i coefficienti non ottimizzati, il calcolo è stato effettuato anche con i coefficienti ottimizzati come termine di confronto.

Il lavoro ha riguardato le sole stazioni di fondo di PM10 di rete regionale.

I risultati dell'indice ß , considerando una soglia del 30%, forniscono i raggi R relativi ai buffer di rappresentatività, riepilogati in Tabella 2.1-1:

Zona	Stazione	Tipo	R (km)
Agglomerato	Fi-Boboli	UF	5
	Fi-Bassi	UF	5
	Scandicci	UF	10
	Signa	UF	3
Valdarno pisano e Piana lucchese	PI-Passi	UF	2
	PI-S.Croce Coop	PF	10
	LU-S.Concordio	UF	5
	LU-Capannori	UF	10
Zona costiera	GR-URSS	UF	3
	Parco VIII Marzo	UF	3
	Cotone	UI	3
	Cappiello	UF	7,5
	La Pira	UF	3
	Viareggio	UF	3
	Colombarotto	UF	7,5
Zona collinare montana	Casa Stabbi	RF	2
	Montecerboli	RF	3
	Poggibonsi	UF	5
Zona Prato Pistoia	PT-Signorelli	UF	3
	PO-Roma	UF	3
	Centro Piana	-	5
Zona del valdarno aretino e Val di Chiana	Ar-Acropoli	UF	5

Tabella 2.1-1. Riepilogo dei risultati dell'applicazione del ß

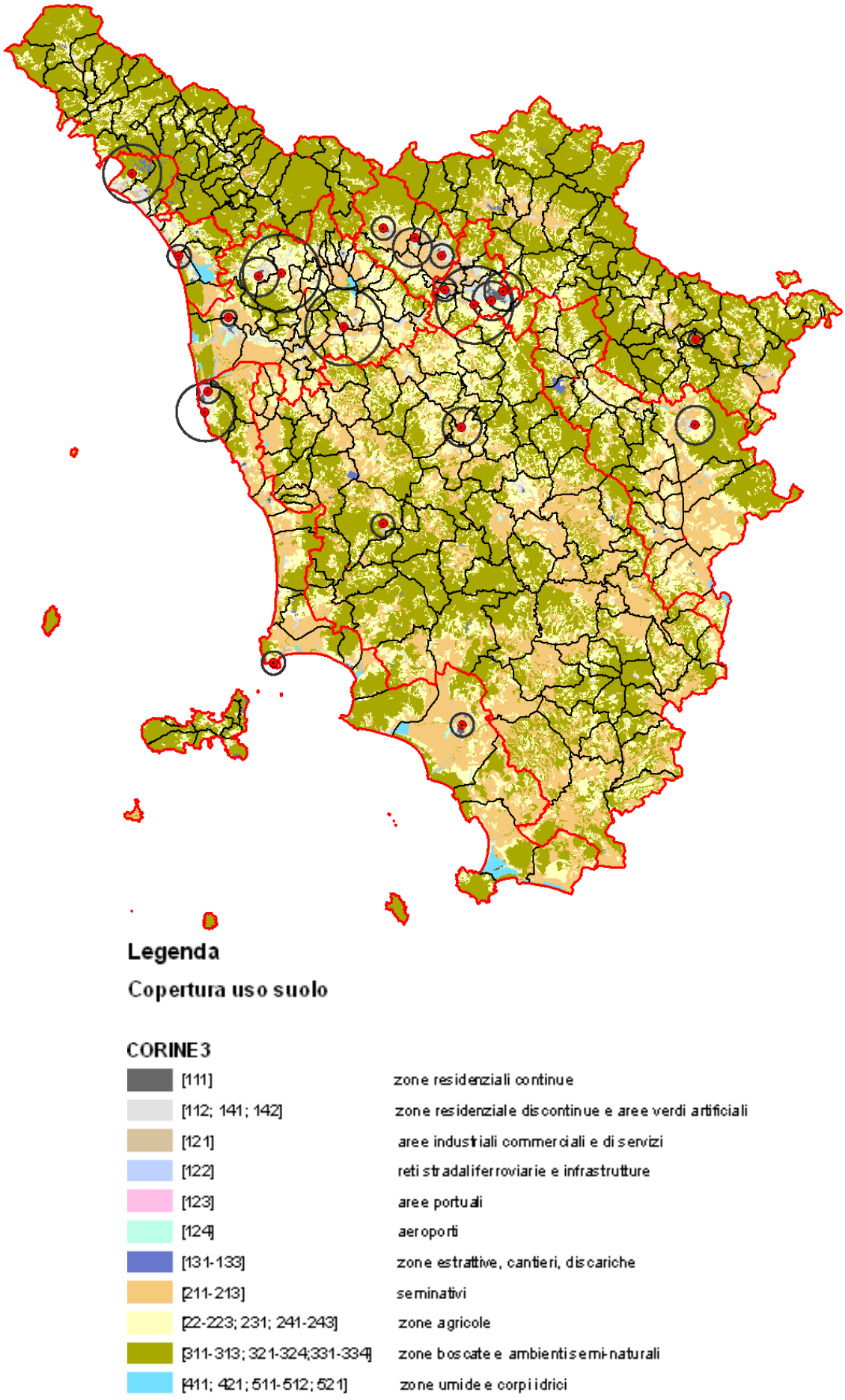


Figura 2.1-1. Mappa di riepilogo dei buffer ottenuti con il metodo ß

2.2 La rappresentatività spaziale attraverso l'approccio modellistico

Nello studio finalizzato alla determinazione della rappresentatività spaziale dei siti di misura, è stata presentata una prima applicazione al territorio della regione Toscana di un metodo basato sull'uso di stime di concentrazione [13].

Come base dati sono state utilizzate le stime dei campi di concentrazione elaborati dal sistema di modelli WRF-CAMx, sulla base delle emissioni dell'inventario regionale IRSE, per l'anno di riferimento 2007 [16,17].

Come siti di misura sono state considerate le 24 stazioni della rete regionale di monitoraggio, classificate come fondo, sia rurali/periferiche che urbane. Gli inquinanti presi in esame sono il biossido di azoto, il PM10, l'ozono.

Allo scopo sono state sviluppati alcuni algoritmi di calcolo, sulla base di funzioni numeriche proposte in letteratura, e adottate a livello sia nazionale che internazionale. In particolare, in questo studio sono stati analizzati i risultati variando alcuni valori-soglia, determinanti nell'applicazione di questo metodo.

La rappresentatività spaziale può variare, oltre che in funzione dell'inquinante, anche in base alla statistica temporale utilizzata: in questo studio, attenendosi alle statistiche utilizzate in ambito normativo per i diversi inquinanti, sono state analizzate le serie storiche su base giornaliera per il biossido di azoto e il PM10 e le serie dei valori massimi giornalieri della media mobile su 8 ore per l'ozono, relativamente all'intero anno e al semestre aprile-settembre.

Per ciascun inquinante sono poi state elaborate mappe georeferite, con cui si evidenziano le aree di rappresentatività delle stazioni di monitoraggio in esame.

Per una completa visione del lavoro, in particolare dei risultati e delle mappe elaborate, si rimanda al documento: "La rappresentatività spaziale delle reti di monitoraggio attraverso l'analisi dei campi di concentrazione stimati dal sistema modellistico WRF-CAMx" [15].

2.2.1 Il metodo adottato

In linea con l'approccio metodologico proposto da ENEA [13], per la valutazione dell'area di rappresentatività di un determinato sito si fa riferimento alla seguente definizione: "un punto di misura è rappresentativo di un'area più vasta quando è maggiore del 90% la probabilità che nel tempo la differenza tra il valore misurato nel sito e quello misurato nell'area sia minore di una certa soglia" [11].

In pratica, supponendo di dividere l'area di interesse con un grigliato regolare, per ogni sito s individuato dalle coordinate (x_s, y_s), viene considerata la serie temporale dei valori di concentrazione di un dato inquinante, di lunghezza T. Per ogni cella del dominio di calcolo di coordinate (x, y) e per ogni istante temporale *i,* viene calcolato un indice di frequenza fi, nel seguente modo:

$$f_i = \begin{cases} 1, & se \dfrac{|Conc(x_s, y_s, t_i) - Conc(x, y, t_i)|}{Conc(x_s, y_s, t_i)} \le soglia \\ 0, & se \dfrac{|Conc(x_s, y_s, t_i) - Conc(x, y, t_i)|}{Conc(x_s, y_s, t_i)} > soglia \end{cases}$$

Per valutare la rappresentatività spaziale del sito in esame si sommano le frequenze ottenute per ogni istante temporale:

$$R_s(x, y) = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^{T} f_i \ .$$

Se $R_s(x, y)$ è superiore a 0.9 allora il sito *s* è rappresentativo per la cella (x, y).

La scelta della soglia per f_i è determinante: in questo lavoro ne verranno esaminate tre, pari a 0.2; 0.25; 0.3.

2.2.2 La base dati utilizzata

In linea di principio, il metodo preso in esame dovrebbe essere applicato ad un sito nel cui intorno sono state effettuate numerose misure, per un periodo sufficientemente lungo. In pratica si tratta di un procedimento molto oneroso, per cui la sua applicabilità è molto limitata.

Tuttavia, se in luogo dei dati misurati si utilizzano le stime modellistiche dei livelli di concentrazione, questo metodo risulta invece attuabile.

La base dati utilizzata in questo lavoro è costituita dalle stime di concentrazione dei principali inquinanti, ottenute dal sistema di modelli WRF-CAMx, applicato al territorio della regione Toscana.

Il sistema di modelli, sviluppato dal Consorzio LaMMA su incarico della Regione Toscana, si basa sul modello prognostico WRF, che fornisce l'input meteorologico, e sul modello CAMx, per la simulazione della chimica e del trasporto degli inquinanti in atmosfera. Le emissioni sono fornite dall'inventario regionale IRSE, attraverso una specifica interfaccia, mentre sul territorio esterno alla regione le emissioni, come anche le condizioni iniziali e al contorno, sono ottenute dal modello nazionale MINNI, fornite da ENEA. Il dominio di calcolo copre l'intera regione Toscana con un grigliato di

110x124 celle, ad una risoluzione di 2 Km: il periodo temporale corrisponde all'anno 2007, con passo orario [15].

Attualmente è disponibile la simulazione relativa all'input emissivo IRSE aggiornato al 2007, ma a breve saranno disponibili l'anno 2010 (IRSE 2010, anno 2010) e l'anno 2007 a fronte dei nuovi fattori emissivi introdotti nell'ultimo aggiornamento dell'inventario regionale (IRSE 2010, anno 2007).

Dato che la rappresentatività spaziale può variare notevolmente al variare dell'inquinante, sono stati presi in esame tre inquinanti, NO_2, PM_{10}, O_3, che attualmente presentano valori di concentrazione critici.

Un altro fattore da prendere in considerazione è la statistica temporale da utilizzare: serie storiche su base oraria, su base giornaliera o valori massimi giornalieri della media mobile su 8 ore. In questo studio, attenendosi anche alle statistiche utilizzate in ambito normativo per i diversi inquinanti, sono state analizzate le serie storiche su base giornaliera per NO_2 e PM_{10} e le serie dei valori massimi giornalieri della media mobile su 8 ore per l'ozono. Per quest'ultimo inquinante, oltre alle serie sul periodo temporale di un anno, sono state considerate anche le serie relative al semestre aprile-settembre, periodo critico per l'ozono.

Il metodo è stato applicato variando la soglia della funzione f_i: in pratica sono state applicate tre soglie pari a 0.2; 0.25; 0.3.

2.2.3 La rete di monitoraggio regionale

Nel presente studio, tra le stazioni di rete regionale, sono state prese in esame solo le 24 stazioni di fondo, sia rurali/periferiche che urbane, mentre le stazioni di traffico o industriali non sono state considerate in quanto la variabilità spaziale è maggiore della risoluzione spaziale delle stime modellistiche. Infatti bisogna tenere presente che il metodo adottato è applicabile nel caso in cui la variabilità del sito in esame non sia superiore a quella dell'output modellistico.

Delle 24 centraline di fondo 5 sono rurali, 2 periferiche, 17 urbane: in 23 di queste è misurato il biossido di azoto, in 21 PM_{10} e in 10 l'ozono. Nella tabella, per ciascuna stazione, sono riportate le coordinate, la tipologia, la zona, gli inquinanti misurati.

ID	STAZIONE	TIPO	ZONA	x_utm	y_utm	INQUINANTE
1	AR-Casa Stabbi	rurale	fondo	733892	4838110	PM10, NO2, O3
2	AR-Acropoli	urbana	fondo	733640	4815960	PM10, NO2, O3
3	FI-Bassi	urbana	fondo	683990	4850610	PM10, NO2
4	FI-Boboli	urbana	fondo	680952	4848140	PM10
5	Fi-Settignano	rurale	fondo	686911	4850970	NO2, O3
6	FI-Scandicci	urbana	fondo	676454	4847110	PM10, NO2
7	FI-Signa	urbana	fondo	668776	4851040	PM10, NO2, O3
8	GR-Maremma	rurale	fondo	671622	4726428	NO2, O3
9	GR-URSS	urbana	fondo	673276	4738310	PM10, NO2
10	Li-Cappiello	urbana	fondo	606741	4819300	PM10, NO2
11	LI-La Pira	urbana	fondo	607533	4824660	PM10, NO2
12	LI-Piombino	urbana	fondo	624377	4754390	PM10, NO2
13	LU-Capannori	urbana	fondo	626441	4855290	PM10, NO2
14	Lu-Carignano	rurale	fondo	616716	4858240	NO2, O3
15	LU-D'Acquisto	urbana	fondo	622324	4855420	PM10, NO2
16	LU-Viareggio	urbana	fondo	599909	4859670	PM10, NO2
17	MS-Colombarotto	urbana	fondo	587781	4881070	PM10, NO2
18	Pi-Montecerboli	periferica	fondo	652796	4790390	PM10, NO2, O3
19	PI-Passi	urbana	fondo	612792	4843710	PM10, NO2, O3
20	PI-S.Croce Coop	periferica	fondo	642650	4841440	PM10, NO2, O3
21	PO-Roma	urbana	fondo	668005	4859760	PM10, NO2
22	PT-Montale	rurale	fondo	661057	4864410	PM10, NO2, O3
23	PT-Signorelli	urbana	fondo	652831	4866960	PM10, NO2
24	SI-Poggibonsi	urbana	fondo	673173	4815450	PM10, NO2

Tabella 2.2-1. Tabella delle stazioni di fondo della rete regionale.

2.2.4 Risultati

Applicando le funzioni descritte nel § 2.2.1, implementate con il codice MATLAB®, per un dato sito di misura, è stata calcolata per ogni cella del dominio la funzione $R_s(x,y)$, ossia il valore compreso tra 0 e 1 che indica se tale cella è rappresentata dal sito in esame. La rappresentatività spaziale di un sito si considera estesa alle celle del dominio in cui il valore di $R_s(x,y)$, supera 0.9. Come abbiamo visto, tale rappresentatività può variare al variare dell'inquinante, della statistica considerata, del periodo temporale (es. un anno, una stagione, etc.).

In questo lavoro sono stati presi in esame tre inquinanti; per NO_2 e PM_{10} come statistica di riferimento è stata utilizzata la media giornaliera, per un anno, mentre per l'ozono è stata utilizzata la statistica relativa al massimo giornaliero della media mobile su 8 ore, per un anno e per il semestre aprile-settembre.

Per la determinazione della funzione rappresentatività sono state individuate tre diverse soglie, pari a 0.2 ; 0.25 ; 0.3, quindi in totale sono stati analizzati 12 casi.

Per gli inquinanti NO_2 e PM_{10} sono state prese in esame rispettivamente 22 e 21 stazioni della rete regionale, mentre per l'ozono 10 stazioni.

I risultati per i tre inquinanti sono esaminati nei seguenti paragrafi, sebbene tutte le mappe elaborate non siano state riportate per motivi di sintesi [15].

La rappresentatività spaziale per NO2

La rappresentatività spaziale per i siti di misura di NO_2 è molto bassa, aumenta all'aumentare della soglia ed è più alta nelle stazioni rurali o periferiche.

Le stazioni che rappresentano aree relativamente più ampie sono Pisa-Montecerboli, Pistoia-Montale, Pisa-S.Croce, Arezzo-Casastabbi, Grosseto-Maremma, mentre Lucca-Carignano e Firenze –Settignano sono rappresentative di un'area molto limitata, anche al crescere della soglia.

In generale le stazioni urbane sono rappresentative di aree ancora minori. Fanno eccezione la stazione di Firenze-Bassi, Prato-Roma, Livorno-La Pira, Lucca-Capannori, e in misura minore, Firenze-Signa. La rappresentatività di 8 stazioni (2-Arezzo-Acropoli, 9-Grosseto-URSS, 10-Livorno-Cappiello, 12-Livorno-Piombino, 16-Lucca-Viareggio, 19-Pisa-Passi, 23-Pistoia-Signorelli e 24-Siena-Poggibonsi) è inferiore alla risoluzione del modello e quindi non deducibile attraverso questa specifica applicazione del metodo.

La rappresentatività spaziale per PM10

Lo stesso approccio adottato per il biossido di azoto è stato utilizzato per analizzare i risultati della rappresentatività spaziale delle stazioni di misura di PM_{10}: sono state prese in considerazione 21 stazioni di fondo della rete che misurano questo inquinante e sono state considerate le stesse tre soglie.

La rappresentatività spaziale per questo inquinante è decisamente maggiore rispetto al caso del biossido di azoto. In particolare le stazioni rurali/periferiche di Arezzo-Casastabbi, Pisa-Montecerboli, Pisa-S.Croce mostrano delle aree molto estese, ben delineate anche con la soglia più bassa, pari a 0.2. La stazione Pistoia-Montale invece è in controtendenza rispetto alla buona rappresentatività mostrata per le concentrazioni di NO_2, ha una variabilità spaziale molto alta, anche all'aumentare della soglia. Da notare che, in conseguenza all'introduzione di nuovi fattori emissivi nell'ambito dell'ultimo aggiornamento dell'inventario IRSE, si hanno maggiori emissioni primarie di PM_{10}. E' possibile quindi ipotizzare differenze anche sostanziali nelle mappe di rappresentatività spaziale utilizzando le simulazioni ottenute dal sistema di modelli WRF-CAMx con i valori di emissione aggiornati.

Anche le stazioni urbane mostrano una discreta rappresentatività spaziale, ad eccezione dei siti Grosseto-URSS, Livorno-Piombino, Lucca-Viareggio, Pistoia-Signorelli e Siena-Poggibonsi. Per quest'ultime, come per Pistoia-Montale, il metodo non è utilizzabile per individuare le aree rappresentative.

In generale, i risultati ottenuti con questo metodo per la rappresentatività spaziale relativamente al PM_{10} sono buoni, in particolare per le stazioni collocate in aree rurali o periferiche, ma anche per molte stazioni urbane, a differenza di quanto mostrato per i valori di concentrazione di NO_2, caratterizzati da una variabilità spaziale più alta.

La rappresentatività spaziale per O3

La statistica utilizzata per determinare la rappresentatività spaziale dell'ozono è il valore massimo giornaliero della media mobile su 8 ore. Anche in questo caso sono state effettuate prove con le tre soglie, ma già con la soglia più bassa pari a 0.2 le aree con valori superiori a 0.9 sono estese, quindi di seguito sono riportate solo le mappe relative alla prima soglia. Le stazioni prese in considerazione sono solo le 10 in cui sono presenti i misuratori di ozono, tutte rurali o periferiche. Per ogni stazione sono riportate due mappe, relative alla rappresentatività spaziale calcolata per il periodo di un anno e per il periodo del semestre aprile-settembre.

A differenza degli inquinanti trattati nei paragrafi precedenti, per l'ozono la rappresentatività spaziale è molto estesa per tutti i siti di misura nel semestre aprile-settembre. Analizzando le mappe relative a tutto l'anno si nota che le stazioni di Arezzo-Casastabbi, Grosseto-Maremma, Pisa-Montecerboli presentano aree sempre molto estese, anche se si distinguono le aree maggiormente antropizzate caratterizzate da valori molto bassi. Le stazioni di Firenze–Settignano, Firenze-Signa, Lucca-Carignano e Pistoia-Montale invece mostrano aree estese solo nel semestre caldo, mentre se si considera tutto l'anno le aree sono molto più circoscritte.

Sintesi dei risultati

Vengono qui presentati i risultati ottenuti applicando una specifica soglia per gli inquinanti PM_{10}, NO_2 e O_3.

Per gli inquinanti NO_2 e PM_{10} sono state prese in esame rispettivamente 22 e 21 stazioni della rete regionale; come statistica di riferimento è stata utilizzata la media giornaliera per un anno, come soglia per la funzione rappresentatività il valore 0.3. Per PM_{10} la percentuale minima è pari al 90%, mentre per NO_2 è pari al 85%.

Come abbiamo visto, il metodo adottato non è applicabile ad un certo numero di stazioni, caratterizzate da una variabilità spaziale molto alta. Per queste stazioni le aree rappresentative si riducono a 2 o 3 celle del reticolo di calcolo, per cui sono state

escluse dalla successiva elaborazione. Le stazioni per cui il metodo non risulta applicabile sono sei per PM_{10} (9-Grosseto-URSS, 12-Livorno-Piombino, 16-Lucca-Viareggio, 22-Pistoia-Montale, 23-Pistoia-Signorelli e 24-Siena-Poggibonsi) e 8 per NO_2 (2-Arezzo-Acropoli, 9-Grosseto-URSS, 10-Livorno-Cappiello, 12-Livorno-Piombino, 16-Lucca-Viareggio, 19-Pisa-Passi, 23-Pistoia-Signorelli e 24-Siena-Poggibonsi).

Per quanto riguarda le altre stazioni, dato che le aree rappresentate sono in media poco estese e le sovrapposizioni non significative, è stata riportata una unica mappa, per ciascuno degli inquinanti. In Figura 2.2.1 è riportata la mappa della rappresentatività spaziale di 15 stazioni di PM_{10}: le stazioni rurali/periferiche di 1-Arezzo-Casastabbi, 18-Pisa-Montecerboli, 20-Pisa-S.Croce e le stazioni urbane 2-Arezzo-Acropoli, 3- Firenze-Bassi, 4-Firenze-Boboli, 6-Firenze-Scandicci, 7-Firenze-Signa, 10-Livorno-Cappiello, 11-Livorno-LaPira, 13-Lucca-Capannori, 15-Lucca-D'acquisto, 17-Massa-Colombarotto, 19-Pisa-Passi, 21-Prato-Roma.

Nota: la stazione 15-Lucca-D'acquisto, alla quale è stato applicato il presente metodo, è stata riposizionata ad una distanza di alcuni chilometri, presso San Concordio, per cui di seguito questa postazione non sarà più menzionata, in quanto sarebbe necessario ripetere lo studio considerando le nuove coordinate geografiche.

In fig. 2.2.2 è riportata la mappa della rappresentatività spaziale di 14 stazioni di NO2: le stazioni rurali/periferiche di 1-Arezzo-Casastabbi, 5-Firenze–Settignano, 8-Grosseto-Maremma, 18-Pisa-Montecerboli, 20-Pisa-S.Croce, 22-Pistoia-Montale e le stazioni urbane 3-Firenze-Bassi, 6-Firenze-Scandicci, 7-Firenze-Signa, 11-Livorno-LaPira, 13-Lucca-Capannori, 14-Lucca-Carignano, 17-Massa-Colombarotto, 21-Prato-Roma.

Il metodo adottato per la determinazione della rappresentatività spaziale delle 10 stazioni di monitoraggio dell'ozono è stato applicato utilizzando come statistica di riferimento il massimo giornaliero della media mobile su 8 ore, per il semestre aprile-settembre. Per la determinazione della funzione rappresentatività è stata utilizzata la soglia pari a 0.20, mentre la percentuale minima scelta è pari al 95%.

Nella mappa in fig. 2.2.3 è riportata la rappresentatività spaziale ottenuta dalla sovrapposizione delle mappe precedenti, che mostra come l'insieme delle 10 stazioni della rete regionale siano sufficienti a garantire una completa copertura della regione Toscana.

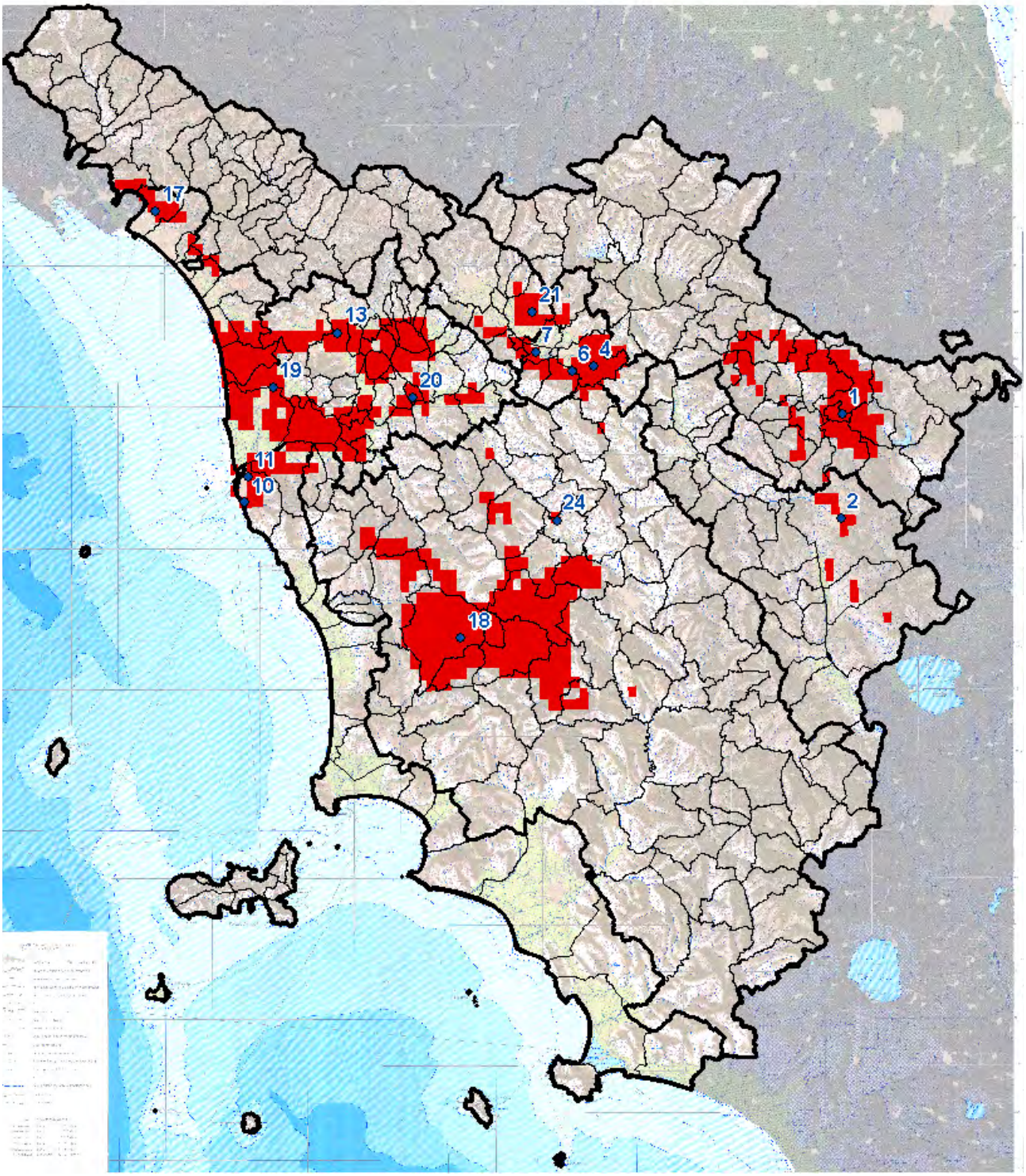


Figura 2.2-1. Mappa della rappresentatività spaziale del PM10 relativa alla sovrapposizione di tutte le aree coperte da 15 delle stazioni della rete di monitoraggio regionale .

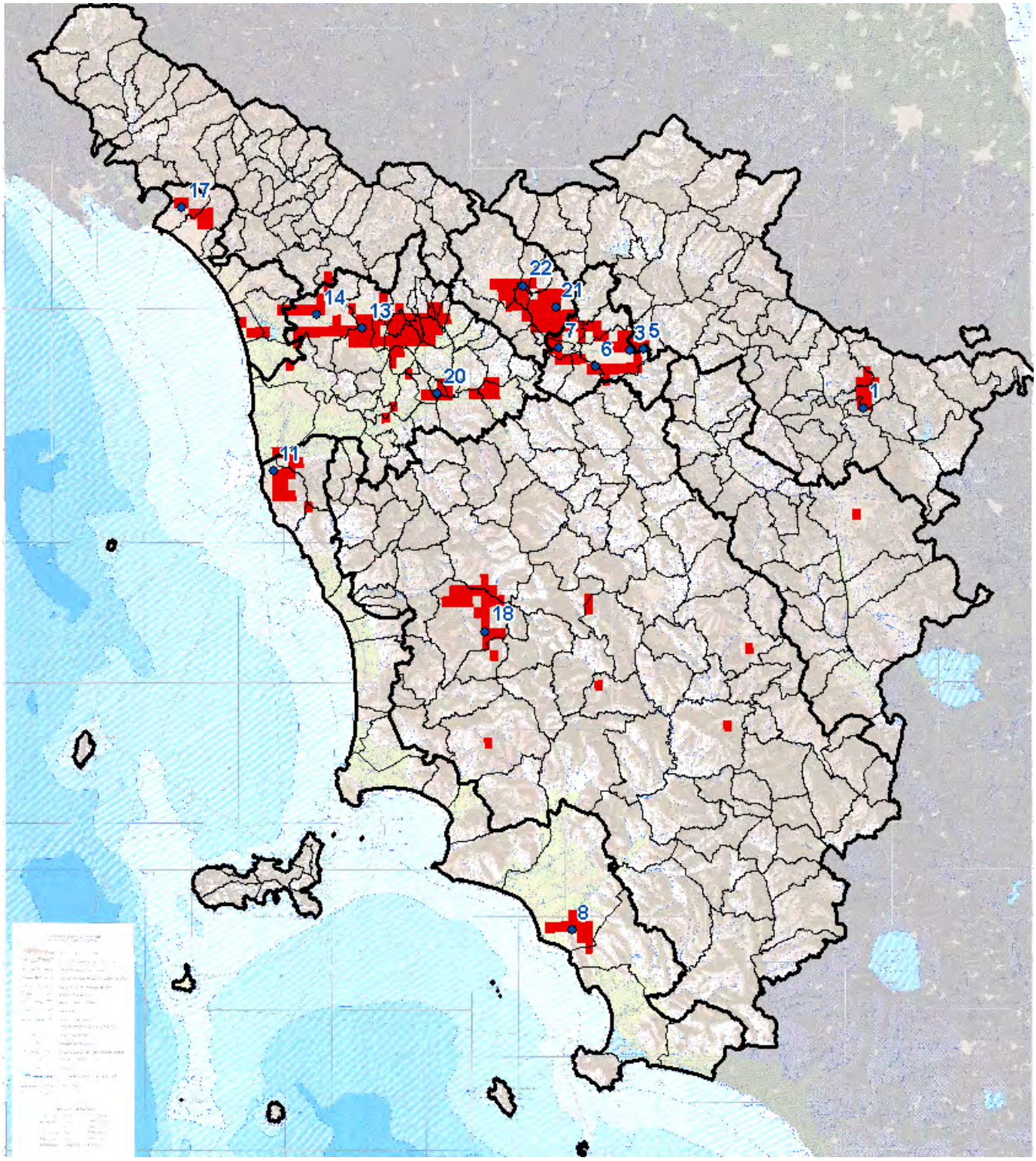


Figura 2.2-2. Mappa della rappresentatività spaziale di NO2 relativa alla sovrapposizione di tutte le aree coperte da 14 delle stazioni della rete di monitoraggio regionale.

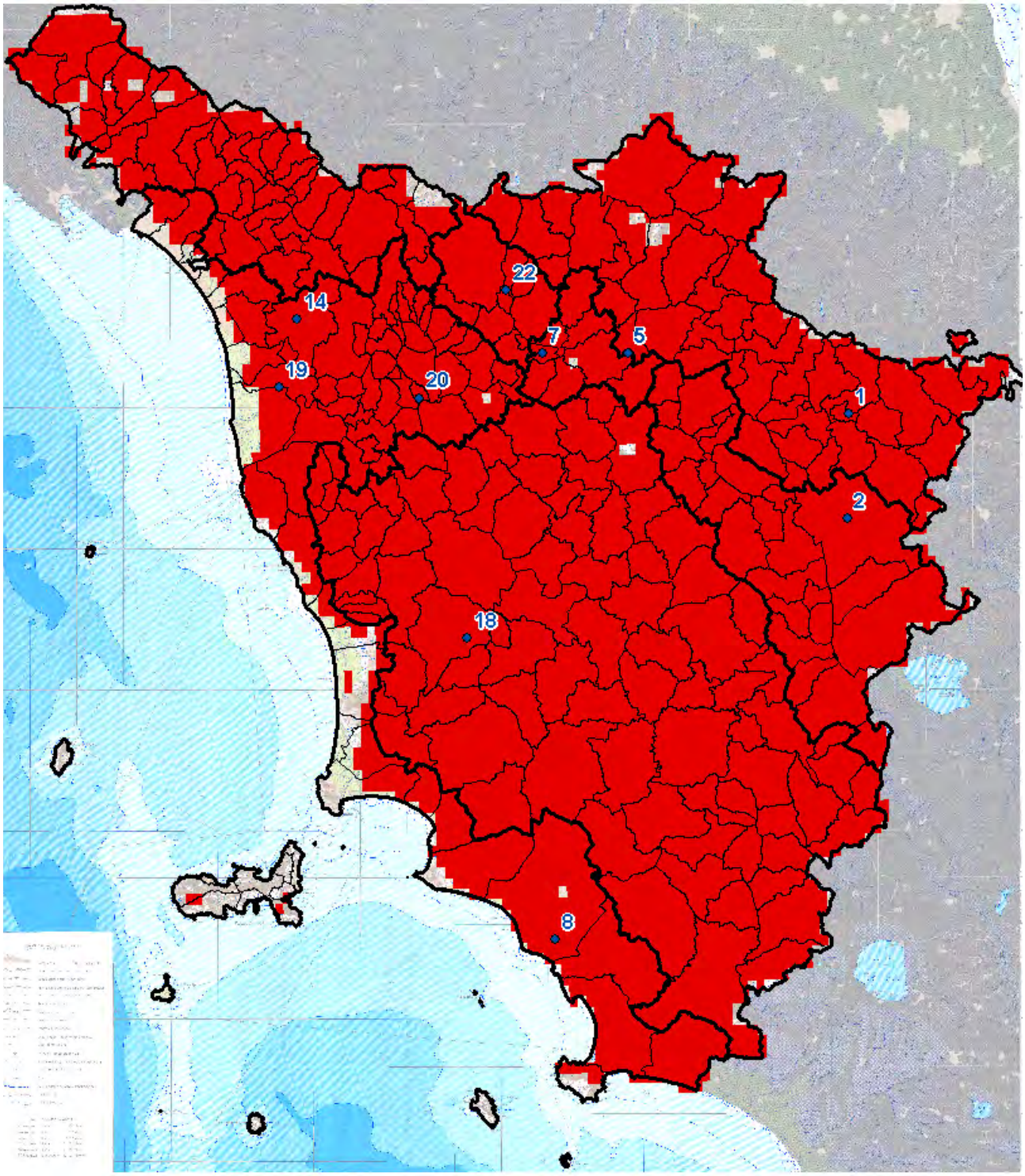


Figura 2.2-3. Mappa della rappresentatività spaziale dell'ozono relativa alla sovrapposizione di tutte le aree coperte dalle 10 stazioni della rete di monitoraggio regionale.

3 ALTRI ELEMENTI DI VALUTAZIONE

3.1 Dati di qualità dell'aria (PM_{10}, NO_2 e O_3)

Nel paragrafo si riportano gli andamenti degli indicatori di qualità dell'aria per particolato PM_{10} , biossido di azoto e ozono almeno degli ultimi cinque anni sia nella rete regionale sia nelle reti provinciali attive e nelle campagne indicative effettuate con mezzi mobili.

I dati relativi alle stazioni provinciali e ai mezzi mobili, anche se non sono relativi ad un quinquennio forniscono comunque indicazioni sullo stato di qualità dell'aria delle zone monitorate.

Tutti i dati esposti di seguito, pur essendo presenti anche in altri documenti, sono riportati per fornire un quadro organico da cui estrarre le informazioni necessarie alla definizione delle aree critiche, come previsto dalla DGRT 1025/2010.

3.1.1 Particolato PM_{10}

Le successive tabelle riportano gli indicatori relativi al particolato PM_{10} misurato in ciascuna zona sia nelle stazioni di rete regionale che in quelle provinciali, nonché nelle eventuali campagne effettuate con mezzi mobili, solo per quegli analizzatori che abbiano superato il rendimento annuo del 90% come previsto dal D.Lgs 155/10.

Nel Rapporto ARPAT [3] sono stati riportati tutti i dati rilevati tramite stazioni fisse (provinciali e regionali) e tramite le campagne con i mezzi mobili effettuate con i mezzi di Pisa, Lucca, Prato, Livorno, Grosseto, Siena e Arezzo su vari comuni del territorio delle relative province nel periodo 2007-2011.

Per gli scopi di questo paragrafo sono state prese in considerazione solo le campagne con mezzi mobili con una copertura di almeno il 90% dell'anno di riferimento.

Si rinvia al documento suddetto per il dettaglio di tutte le campagne considerate per l'indicatore media. L'indicatore numero di superamenti, relativo al periodo del monitoraggio nelle campagne con mezzi mobili, non è stato riportato in quanto sensibilmente dipendente dal periodo in cui la campagna si è svolta e quindi non confrontabile con i limiti annuali.

Lo studio suddetto ha permesso anche di valutare il valore di fondo di zona, assunto pari alla media annuale minima registrata nel quinquennio nelle stazioni fisse di fondo. Per fondo di zona si considera un livello di fondo con una quota aggiuntiva, rispetto al fondo regionale di PM_{10}, che rappresenta un contributo specifico della combinazione di tutte le fonti di una zona e concorre a determinare un livello di base di PM_{10} da considerarsi come il livello minimo raggiungibile per la zona su base annuale. In questo senso la scelta di valore di

fondo come valore minimo misurato nell'ultimo quinquennio è coerente con la definizione. Il valore di fondo è naturalmente suscettibile di variazioni, per modifiche sostanziali delle condizioni di emissione, ma è ipotizzabile che variazioni significative siano osservabili soltanto a lungo termine.

Di seguito è riportata la mappa con i livelli di fondo stimati per ogni zona, pari alla media annuale minima registrata nell'ultimo quinquennio nella zona.

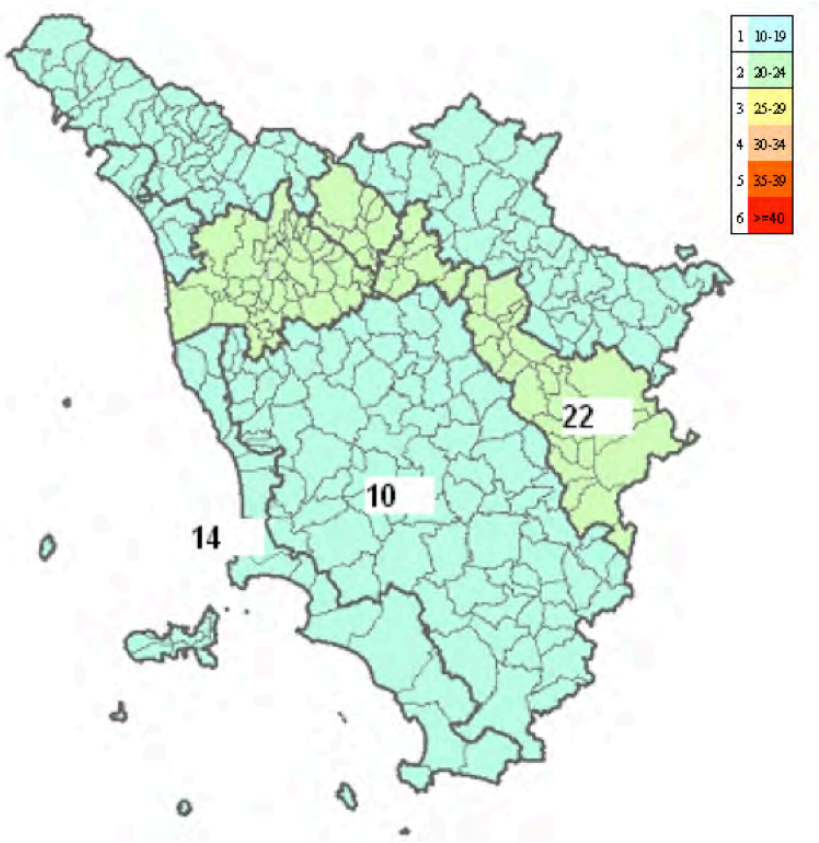


Figura 3.1-1. Livelli medi di fondo di PM10 [µg/m³] stimati nelle diverse zone

3.1.1.1 Stazioni fisse di rete regionale e provinciale e mezzi mobili

Di seguito sono riportati gli andamenti temporali dal 2007 al 2013 degli indicatori di PM_{10}:

- N° superamenti media giornaliera di 50 µg/m^3
- Medie annuali.

I commenti rispetto ai dati rilevati nelle stazioni di rete regionale sono riportati nella Relazione annuale sullo stato della qualità dell'aria nella regione toscana anno 2013 [4], pertanto di seguito si riportano solo alcune considerazioni sintetiche sulle stazioni che evidenziano superamenti.

Sono evidenziati in rosso i superamenti del valore limite. Sono evidenziate in grassetto le stazioni di fondo della rete regionale che nel quinquennio 2009 – 2013 hanno riportato almeno un superamento del limite relativo al numero di superamenti della media giornaliera di 50 µg/m^3.

Nelle tabelle seguenti sono riportati anche i valori degli indicatori relativi alle stazioni provinciali mantenute attive dal 2011 in poi e a quelle stazioni di rete regionale da ricollocare per renderle conformi ai requisiti del D.Lgs 155/10. Due stazioni provinciali sono costituite da mezzi mobili mantenuti fissi in una postazione per l'intero anno (Lucca – Fornoli e Grosseto-Follonica).

Stazioni di rete regionale (superamenti della media giornaliera 50 µg/m^3 V.L. 35 gg/anno)									
Zona	Stazione	Tipo	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Agglomerato Firenze	FI-Boboli	UF	25	19	13	10	17	7	18
	FI-Bassi	UF	37	33	23	13	19	11	17
	FI-Scandicci	**UF**	**76**	**49**	**48**	**38**	**37**	**23**	**22**
	FI-Gramsci	UT	76	98	88	65	55	46	38
	FI-Mosse	UT	37	88	*	66	59	69	46
Zona Prato Pistoia	**PO-Roma UF**	**UF**	**57**	**29**	**27**	**30**	**43**	**43**	**35**
	PO-Ferrucci	UT	26	41	51	45	50	44	37
	PT-Montale	**RF**	**82**	**70**	*	*	**65**	**63**	**45**
	PT-Signorelli	UF	-	-	-	19	25	22	28
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	**LU-Capannori**	**UF**	**61**	**40**	**35**	**38**	**57**	**36**	**30**
	LU-Micheletto	UT	50	41	50	48	65	54	41
	PI-S. Croce Coop	**PF**	**42**	**35**	**32**	**33**	**47**	**33**	**27**
	PI-Passi	UF	-	-	-	13	28	17	22
	PI-Borghetto	UT	45	36	31	31	44	35	31
Zona costiera	GR-URSS	UF	0	3	4	0	0	0	0
	GR-Sonnino	UT	31	29	17	29	2	5	
	LI-Carducci	UT	47	40	20	11	7	4	1
	Li-Cotone	PI	42	29	21	27	14	6	8
	MS-Colombarotto	UF	-	18	5	2	2	3	9
	LU-Viareggio	**UF**	**63**	**59**	**27**	**9**	**37**	**15**	**21**
Zona Collinare e montana	AR-Casa Stabbi	RF	0	1	0	0	0	1	*
	PI-Montecerboli	PF	3	1	0	0	0	1	0
	SI-Poggibonsi	UF	-	-	-	-	20	0	1
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	AR- Repubblica	UT	23	17	15	20	34	29	26

Figura 3.1-2. Numero di superamenti media giornaliera per le stazioni di rete regionale.

* efficienza minore del 90%
** 90,4 ° percentile delle medie giornaliere
- parametro non attivo

Stazioni provinciali (superamenti della media giornaliera 50 µg/m^3 V.L. 35 gg/anno)									
Comune	Stazione	Tipo	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Porcari	LU-Porcari	PF	63	42	41	41	54	37	27
Bagni di Lucca	LU-Fornoli (MM Fisso)	UF					54	50	45
Pontedera	PI-Pontedera	UT	66	34	16	25	27	9	19
Follonica	GR-Follonica (MM fisso)	UF					0		22**
Greve in Chianti	Greve	RI		12	*	*	*	3	
Incisa in Val d'Arno	Incisa	UF			5	18	48	45	
Pontassieve	FI-Pontassieve	UF	-	-	23	19	20	20	*

Figura 3.1-3. numero di superamenti media giornaliera per le stazioni provinciali

* efficienza minore del 90%
** 90,4 ° percentile delle medie giornaliere
- parametro non attivo

Stazioni da ricollocare (superamenti della media giornaliera 50 µg/m^3 V.L. 35 gg/anno)									
Comune	Stazione	Tipo	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Firenze	FI-Signa- Roma	UF	*	120	85	64	*	46	30
Livorno	LI-Gobetti	UI	7	10	1	0	2	0	3
Piombino	LI-Giardini	UT	-	-	-	-	-	-	44
Massa	MS-Galvani	UT	-	36	25	20	9	8	7
Siena	SI-due ponti	UT	13	5	*	*	35	34	25

Figura 3.1-4 . Numero di superamenti media giornaliera per le stazioni da ricollocare

* efficienza minore del 90%
** 90,4 ° percentile delle medie giornaliere
- parametro non attivo

Stazioni di rete regionale (medie annuali V.L. 40 µg/m^3)									
Zona	Stazione	Tipo	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Agglomerato Firenze	FI-Boboli	UF	26	25	25	23	26	23	20
	FI-Bassi	UF	34	29	27	22	24	23	20
	FI-Scandicci	UF	39	35	35	33	29	27	24
	FI-Gramsci	UT	41	44	43	38	38	36	34
	FI-Mosse	UT	32	42	*	39	38	39	30
Zona Prato Pistoia	PO-Roma UF	UF	34	26	25	31	30	30	27
	PO-Ferrucci	UT	25	32	34	33	35	31	30
	PT-Montale	RF	42	39	*	*	34	34	29
	PT-Signorelli	UF	-	-	-	26	25	24	23
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	LU-Capannori	UF	*31*	29	27	27	31	26	24
	LU-Micheletto	UT	34	31	33	31	33	33	29
	PI-S. Croce Coop	PF	30	29	29	30	31	28	27
	PI-Passi	UF	-	-	-	25	26	25	23
	PI-Borghetto	UT	31	29	32	29	29	28	26
Zona costiera	GR-URSS	UF	17	22	23	18	19	19	17
	GR-Sonnino	UT	35	35	35	37	29	30	-
	LI-Carducci	UT	36	35	32	27	28	27	23
	Li-Cotone	PI	32	31	29	27	27	25	23
	MS-Colombarotto	UF	-	26	24	22	24	24	24
	LU-Viareggio	UF	38	35	31	26	30	28	27
Zona Collinare e montana	AR-Casa Stabbi	RF	12	12	11	10	13	13	*
	PI-Montecerboli	PF	17	15	15	13	15	14	10
	SI-Poggibonsi	UF	-	-	-	-	29	22	18
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	Ar- Repubblica	UT	33	32	30	27	28	28	27

Figura 3.1-5. Medie annuali per le stazioni di rete regionale

* efficienza minore del 90%
** 90,4 ° percentile delle medie giornaliere
- parametro non attivog

Stazioni provinciali (medie annuali V.L. 40 µg/m^3)									
Comune	Stazione	Tipo	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Porcari	LU-Porcari	PF	34	30	29	28	31	26	24
Bagni di Lucca	LU-Fornoli (MM Fisso)	UF					29	28	27
Pontedera	PI-Pontedera	UT	37	31	30	30	28	25	23
Follonica	GR-Follonica (MM fisso)	UF					18		15
Greve in Chianti	Greve	RI		24				20	
Incisa in Val d'Arno	Incisa	UF			21	23	32	33	
Pontassieve	FI-Pontassieve	UF	-				20	20	

Figura 3.1-6. Medie annuali per le stazioni provinciali.

* efficienza minore del 90%
** 90,4 ° percentile delle medie giornaliere
- parametro non attivo

Stazioni da ricollocare (medie annuali V.L. 40 µg/m^3)									
Comune	Stazione	Tipo	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Firenze	FI-Signa- Roma	UF	*	48	41	36	*	30	30
Livorno	LI-Gobetti	UI	28	26	22	19	21	19	19
Piombino	LI-Giardini	UT	-	-	-	-	-	-	36
Massa	MS-Galvani	UT	31	32	29	27	25	25	24
Siena	SI-due ponti	UT	27	20	*	*	33	34	30

Figura 3.1-7. Medie annuali per le stazioni da ricollocare

* efficienza minore del 90%
** 90,4 ° percentile delle medie giornaliere
- parametro non attivo

A seguito della riorganizzazione della rete nel 2011 alcune stazioni di rete provinciale sono state dismesse. Nel rapporto ARPAT [3] sono riportati tutti i valori degli indicatori relativi al PM_{10} rilevati dal 2007 fino alla chiusura delle centraline. Di seguito si riporta un estratto di quei dati e in particolare i valori degli indicatori delle stazioni che dal 2009 in poi hanno evidenziato un superamento dei limiti.

Stazioni provinciali dismesse (superamenti della media giornaliera 50 µg/m^3 V.L. 35 gg/anno)							
Comune	Stazione	Tipo	2007	2008	2009	2010	2011
Calenzano	Calenzano	PF			64	52	
Campi Bisenzio	Campi Bisenzio	PF	NV	42	49	45	
Pistoia	PT-Zamenhof	UT	61	51	57	41	
Prato	PO-Strozzi	UT	52	28	28	36	
Lucca	Lu-Carducci	UT	131	121	92	98	
Pisa	Pi-Oratoio	PI	46	40	45	29	
Cascina	Cascina	UT	55	93	82	50	
Cascina	Cascina-Navacchio	UT	66	72	49	31	
Lari	Lari (Perignano)	PI	24	21	14	43	
Montopoli	S.Romano	UI	43	60	38	28	
Montecatini	Montecatini Merlini	UF	61	59	46	30	
Massa	MS-Frassina	PT	227	211	166	161	*
Carrara	Ms-Carriona	UT	78	73	62	57	30
Poggibonsi	SI-L.go Campidoglio	UT			89		
Arezzo	AR- Fiorentina	UT	55	44	36	26	

Figura 3.1-8. Numero superamenti per le stazioni dismesse

* efficienza minore del 90%
** 90,4 ° percentile delle medie giornaliere
- parametro non attivo

Stazioni provinciali dismesse (media annuale V.L. 40 µg/m^3)							
Comune	Stazione	Tipo	2007	2008	2009	2010	2011
Calenzano	Calenzano	PF			37	35	
Campi Bisenzio	Campi Bisenzio	PF	*	32	34	32	
Pistoia	PT-Zamenhof	UT	35	34	35	31	
Prato	PO-Strozzi	UT	35	27	28	32	
Lucca	Lu-Carducci	UT	51	48	44	44	
Pisa	Pi-Oratoio	PI	35	34	36	32	
Cascina	Cascina	UT	36	43	40	35	
Cascina	Cascina-Navacchio	UT	40	39	36	30	
Lari	Lari (Perignano)	PI	28	26	28	31	
Montopoli	S.Romano	UI	32	36	33	29	
Montecatini	Montecatini Merlini	UF	37	35	33	28	
Massa	MS-Frassina	PT	72	66	55	51	*
Carrara	Ms-Carriona	UT	39	36	35	37	32
Poggibonsi	SI-L.go Campidoglio	UT			44		
Arezzo	AR- Fiorentina	UT	31	33	30	27	

Figura 3.1-9. Media annuali per le stazioni dismesse

* efficienza minore del 90%
** 90,4 ° percentile delle medie giornaliere
- parametro non attivo

L'analisi del numero di superamenti del valore giornaliero di 50 µg/m^3 dell'ultimo quinquennio nella rete regionale evidenzia che il valore limite di 35 è superato da:

- 5 stazioni urbane traffico:

-Zona Agglomerato: FI-Gramsci, FI- Mosse

-Zona Prato-Pistoia: PO-Ferrucci,

-Zona Valdarno pisano e Piana lucchese: PI-Borghetto, LU-Micheletto

- 6 stazioni urbane fondo:

-Zona Agglomerato: FI-Scandicci,

-Zona Prato-Pistoia: PO-Roma, PT-Montale,

-Zona Valdarno pisano e Piana lucchese : LU-Capannori, PI-S.Croce,

-Zona costiera: LU-Viareggio

Nelle stazioni di traffico di PI-Borghetto e nelle stazioni di fondo di FI-Scandicci, PI-S.Croce e LU-Viareggio si osserva il rispetto del limite nel 2012 e 2013, tuttavia dall'osservazione dei dati nella serie storiche 2007-2013 si osserva un alternanza di rispetto e superamento, molto probabilmente dipendete dalle condizioni meteo locali. Non è quindi

possibile concludere che vi sia un effettivo miglioramento rispetto al numero di superamenti per queste stazioni.

Pertanto ai sensi dell'art.13 comma 2 della L.R.9 /10 che prevede che ARPAT indichi le situazioni a rischio di superamento delle soglie di allarme e dei valori limite fissi dal D.Lgs 155/10, in base alle Linee guida definite dalla regione toscana nell'Allegato 5 alla DGRT 1025/10, le stazioni di rete regionale di fondo in cui permane il rischio di superamento del limite giornaliero sono le sei stazioni sopra indicate.

Per la valutazione della rappresentatività delle postazioni individuate a rischio di superamento secondo le Linee guida suddette si rinvia a quanto riportato nei prossimi capitoli.

L'analisi dei dati delle stazioni provinciali e delle stazioni di rete regionale da ricollocare in postazione conforme al D.Lgs 155/10 fornisce informazioni aggiuntive a quanto sopra riportato sulla base delle stazioni regionali.

I dati rilevati nelle stazioni provinciali evidenziano superamenti del valore limite giornaliero nelle seguenti stazioni di fondo:

- *Zona valdarno pisano-Piana Lucchese*: Lucca -Porcari
- *Zona collinare montana*: Lucca Fornoli
- *Zona Valdarno aretino*: Firenze-Incisa

I dati rilevati nelle stazioni oggetto di spostamento dal 2014 evidenziano superamenti del valore limite giornaliero nelle seguenti stazioni:

- *Agglomerato:* stazione di fondo di Signa- Via Roma
- *Zona Costiera*; stazione di traffico di Piombino (LI-Giardini)

La stazione di Porcari [5], è situata in un' area ben rappresentata dalla stazione di rete regionale di LU-Capannori come di seguito evidenziato.

E' interessante evidenziare l'elevato numero di superamenti per tre anni consecutivi nella postazione di fondo di LU-Fornoli, posta nella Zona collinare-montana e al momento non rappresentata da alcuna stazione di rete regionale.

In base alla tabella 3.1.8 le zone in cui sono stati rilevati superamenti del valore limite giornaliero dal 2009 al 2010 sono le seguenti in stazioni non più attive:

- *Agglomerato*: Calenzano e Campi Bisenzio- 2 stazioni di fondo
- *Zona Prato-Pistoia*: 2 postazioni di traffico , Prato e Pistoia, e una postazione di fondo, Montecatini
- *Zona Valdarno Pisano e Piana Lucchese* : tre postazioni di traffico-1 a Lucca e 2 a Cascina; 3 postazioni di tipo industriale- Pisa, Lari, Montopoli
- *Zona Costiera*: 2 postazioni di traffico- 1 a Massa e 1 a Carrara

- *Zona Valdarno aretino:* 1 postazione di traffico , Arezzo

- *Zona Collinare montana: 1 postazione di traffico:* Poggibonsi

La sintesi dei monitoraggi in stazioni fisse evidenzia che negli ultimi cinque anni sono stati rilevati sporadici superamenti del valore limite relativo alla media annuale, solo in alcune stazioni dismesse dal 2011. Si osserva il rispetto del limite sia nelle stazioni di traffico che in quelle di fondo in particolare negli ultimi quattro anni.

Mentre per quanto riguarda le situazioni di superamento del valore limite giornaliero, si osservano superamenti nelle seguenti postazioni:

- *Agglomerato:* postazioni di traffico e di fondo

- *Zona Prato-Pistoia*: postazioni di traffico e di fondo

- *Zona Valdarno Pisano e Pian Lucchese*: postazioni di traffico e di fondo

- *Zona Costiera* : postazioni di traffico e di fondo (città di Massa, Carrara, Viareggio, Piombino)

- *Zona Collinare-Montana* : Lucca-Fornoli, postazione di fondo, Poggibonsi- postazione di traffico

- *Zona Valdarno aretino*: Arezzo, postazione di traffico

3.1.1.2 PM 10 intorno alla stazione di Montale

Nel rapporto di ARPAT [6] è stata valutata l'estensione territoriale dei livelli di concentrazione di PM10 rilevati dalla stazione di Montale attraverso specifiche attività analitiche e sono state acquisite indicazioni sulla variabilità indotta dalla componente orografica e meteorologica. Durante lo studio condotto prevalentemente nel 2013 sono state effettuate 6 campagne indicative per il campionamento di PM10 ai sensi del D.Lgs 155/10 per un totale di 24 periodi di campionamento di 15 giorni ciascuno. Le sei postazioni sono state identificate nelle province di Pistoia e Prato anche con il contributo dell'applicazione dell'indice ß, utilizzato per la valutazione della rappresentatività delle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria. I risultati delle 24 campagne di monitoraggio effettuate confermano le ipotesi dedotte da informazioni emerse dagli studi analizzati e dalle elaborazioni dei dati di qualità dell'aria e di emissione disponibili antecedentemente alla realizzazione delle campagne di campionamento.

I dati di concentrazione di PM10 rilevati presso i siti delle campagne di monitoraggio con caratteristiche morfologiche ed emissive simili presentano andamenti analoghi a quelli della stazione di Montale mentre i siti di monitoraggio delle campagne e delle stazioni di fondo della zona che si trovano in siti con caratteristiche morfologiche diverse presentano dati di

concentrazione di PM10 generalmente inferiori, pur presentando, in alcuni casi, condizioni peggiori in termini emissivi (es PT-Signorelli e PO-Roma).

In base ai risultati delle campagne la stazione di Montale non risulta essere un'anomalia di livello strettamente locale; i valori monitorati dalla stazione risultano essere rappresentativi di tutta l'area pianeggiante compresa tra le aree urbane di Prato e Pistoia. La classificazione ad essa attribuita di stazione di monitoraggio di tipo fondo sembra, quindi, corretta; la stazione di Montale, pur presentando risultati anomali rispetto a quelli che generalmente possono essere riscontrati in una stazione di fondo di tipo rurale, sembra realmente rappresentare i livelli di qualità dell'aria nelle aree rurali della zona Prato - Pistoia.

Nella Figura 3.1-10 i siti fissi di Montale, Pistoia Signorelli e Prato Roma sono contrassegnati con un simbolo rosso, mentre i siti di campionamento sono contrassegnati in blu. In istogramma sono riportati i valori delle differenze medie per le stazioni e per le campagne, in rosa gli scarti positivi, in verde quelli negativi. Come è possibile notare, le differenze positive aumentano scendendo verso la linea del baricentro, per tornare leggermente a diminuire nel sito di Quarrata. Il sito di Montale via Vignolini, insieme alle stazioni di Prato e Pistoia, segna invece una fascia di livello più basso che circonda la piana sul lato nord.

Pertanto le postazioni di :

- Agliana Don Milani (5)
- Agliana S.Michele (6)
- Prato Casale (7)
- Quarrata Vignole (8)
- Pistoia Bottegone (9)

presentano mediamente livelli di concentrazione di PM 10 giornalieri più elevati rispetto a quelli rilevati negli stessi periodi nella stazione di Montale.



Figura 3.1-10. Differenze medie osservate rispetto alla stazione di Montale nel periodo delle campagne

3.1.1.3 Conclusioni del rapporto Valdichiana- Valdarno aretino

Valdichiana

Nell'ambito dello studio di valutazione della rappresentatività della stazione di Arezzo rispetto alla Valdichiana sono state effettuate alcune campagne indicative riassunte nel rapporto ARPAT [7].

Il contesto di aria ambiente messo in rilievo dalle due campagne di misurazione indicative (Castiglion Fiorentino e Camucia – Cortona) effettuate nella Valdichiana con l'autolaboratorio è caratterizzato dalla piena conformità ai valori limite fissati a tutela della salute umana per tutti i parametri misurati, e in particolare per i valori media di PM10; si rileva inoltre una sostanziale continuità dei contesti dell'aria ambiente riferiti alle zone di fondo urbano.

Per entrambi i siti di misura è stato applicato il metodo ß per valutare la rappresentatività attesa. L'analisi ha messo in evidenza la somiglianza nel valore dell'indice β tra le due postazioni (es.: buffer 5 Km: Castiglion Fiorentino = 0,030 – Camucia Cortona = 0,032), riconducibile sostanzialmente all'uniformità dell'uso del suolo nell'area. La postazione di Arezzo Acropoli, che rappresenta il sito di riferimento dello studio, si colloca su valori di ß più alti per il maggior peso delle sorgenti di emissione presenti nell'area urbana (es.: buffer 5 Km = 0,056).

I dati di PM10 delle misurazioni indicative forniscono una prima base di informazioni sui livelli medi di materiale particolato PM10, i quali risultano praticamente simili a quelli registrati dalla stazione fissa di rete regionale di Arezzo – Acropoli; questa assimilazione è da ritenersi cautelativa per quanto riguarda l'area della Valdichiana, in particolare per quanto riguarda i livelli massimi, perché l'area urbana di Arezzo e la relative zone di fondo è contraddistinta da sorgenti di emissione più significative. Effettivamente, nei giorni caratterizzati dall'incremento rilevante dei livelli di concentrazione, in entrambe le postazioni di misurazione della Valdichiana sono stati registrati valori medi giornalieri di PM10 sempre inferiori a quelli della stazione fissa di Arezzo – Acropoli (mediamente -21 %). Se pertanto gli indicatori di materiale particolato PM10 sono conformi ai relativi valori limite nella stazione di Arezzo Acropoli (la popolazione di Arezzo è circa 100.000 abitanti su una superficie comunale di 386,25 km^2 e urbana di 15,135 km^2) è fondato ritenere che siano rispettati, a maggior ragione, anche nell'area della Valdichiana.

È interessante notare, come più dettagliatamente esposto nel rapporto conclusivo, che gli esiti delle misure risultano coerenti con la rappresentatività stimata attraverso il metodo 3 per la stazione di Arezzo Acropoli.

Valdarno aretino

Nell'ambito del medesimo studio è stata effettuata un'analisi statistica dei dati storici con priorità per le stazioni di rete regionale (P.za Repubblica ed Acropoli ad Arezzo) e provinciale (Incisa e Pontassieve – Provincia di Firenze) , integrate dai dati delle stazioni della rete di misurazione della qualità dell'aria di Santa Barbara, gestita da ENEL (stazioni di Castelnuovo dei Sabbioni, Parco di Cavriglia, Montevarchi, San Giovanni Valdarno e Figline Valdarno – tutte in Provincia di Arezzo ad esclusione dell'ultima ubicata nella Provincia di Firenze). I dati di PM 10 forniti da Enel Produzione UBT - SB - Centrale di Santa Barbara sono relativi agli anni 2009-2014

Per ogni anno di osservazione sono stati analizzati gli indicatori calcolati sui dati registrati da ciascuna stazione di misurazione presente nell'area del Valdarno prendendo a riferimento l'area urbana di Arezzo.

Le correlazioni tra i dati delle diverse stazioni, effettuata a coppie, sono state valutate attraverso la combinazione di 3 indici statistici: l'indice di correlazione di Pearson, l'indice di concordanza di Lin, ed il coefficiente di correlazione tra differenza e media [8].

Ottima la correlazione dei parametri statistici (Pearson = 0,83 – Lin = 0,83 ; riferimento = 1. Differenza-Media = 0,02 Riferimento = più vicino a 0) registrata nel biennio 2013-2014 fra la stazione di San Giovanni Valdarno (stazione urbana-traffico appartenente alla rete ENEL Santa Barbara – Cavriglia) e quella di rete regionale di Arezzo – Acropoli; si evidenzia tuttavia, che la coerenza si riferisce solo all'ultimo biennio, e che precedentemente, la correlazione era significativa con la stazione di P.za Repubblica, stazione influenzata dalle emissioni del traffico autoveicolare e pertanto caratterizzata da livelli di concentrazione più elevati.

La base di dati iniziale raccolta al fine delle conclusioni presentate sopra fornisce le prime indicazioni sulle correlazioni dei livelli medi di PM10 del Valdarno. Lo studio evidenzia tuttavia la necessità di ampliare le serie di dati con ulteriori misurazioni negli stessi siti fissi per poter concludere che la zona del Valdarno aretino possa essere adeguatamente rappresentata dalla stazione di Arezzo Acropoli.

3.1.2 Biossido di Azoto

In un recente documento predisposto da ARPAT [9] per il tavolo di lavoro "rappresentatività" sono stati analizzati i dati relativi ai livelli di concentrazione di NO_2 rilevati negli anni 2007-2013 in Regione Toscana nel corso dei monitoraggi effettuati tramite le reti fisse di misura, rete regionale e reti locali, e nel corso delle campagne di monitoraggio effettuate con autolaboratorio. I dati di seguito riportati sono estratti dalla Relazione annuale sullo stato della qualità dell'aria nella regione toscana anno 2013 e dalle relazioni sui monitoraggi effettuati con stazioni provinciali o mezzi mobili disponibili sul sito ARPAT: www.arpat.toscana.it.

Nello specifico, le elaborazioni effettuate hanno lo scopo di verificare il rispetto dei limiti normativi sia relativamente al numero di superamenti della media oraria di 200 $\mu g/m^3$ (18 superamenti massimi consentiti) sia relativamente alla media annuale (40 $\mu g/m^3$).

Le analisi vengono effettuate ponendo l'attenzione, in particolare, alla tipologia di stazione e di sito di monitoraggio e alla zona all'interno della quale è stato effettuato il monitoraggio.

Fatta eccezione per le campagne di monitoraggio effettuate con mezzo mobile, nel caso delle stazioni fisse il confronto con i limiti normativi è stato effettuato solo per gli anni nei quali è stato registrato un numero di dati validi superiore al 90%.

Zona	Nome stazione	Tipo	N° superamenti massima media oraria di 200 µg/m^3						
			V.L. = 18 superamenti						
			2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Agglomerato Firenze	FI-Bassi	UF	0	0	0	2	0	0	0
	FI-Scandicci	UF	1	0	5	0	0	0	0
	FI-Settignano	RF	0	0	0	0	0	0	0
	FI-Gramsci	UT	7	27	30	88	13	22	0
	FI-Mosse	UT	2	3	-	11	1	0	0
Zona Prato Pistoia	PO-Roma	UF	2	0	0	1	2	0	0
	PO-Ferrucci	UT	-	-	7	0	-	-	1
	PT-Montale	RF	0	0	0	0	0	0	0
	PT-Signorelli	UF	0	0	0	0	0	0	0
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	LU-Carignano	RF	-	-	-	-	-	0	0
	LU-Capannori	UF	0	0	0	0	0	0	0
	LU-Micheletto	UT	*	*	*	0	0	°	0
	PI-S. Croce Coop	PF	0	0	0	0	0	0	0
	PI-Passi	UF	0	0	0	0	0	0	0
	PI-Borghetto	UT	0	0	0	0	0	0	0
Zona costiera	GR-URSS	UF	0	0	0	0	0	0	0
	GR-Maremma	RF	-	-	-	0	0	0	0
	GR-Sonnino	UT	1	0	0	0	1	1	NA
	LI-Cappiello	UF	0	0	-	-	-	0	0
	LI-Carducci	UT	5	0	2	0	0	7	1
	LI-Cotone	PI	0	0	0	0	0	0	0
	MS-Colombarotto	UF	-	0	0	1	0	-	0
	LU-Viareggio	UF	14	9	0	0	0	0	0
Zona Collinare e montana	AR-Casa Stabbi	RF	0	0	0	0	0	0	0
	PI-Montecerboli	PF	-	-	-	-	-	-	0
	SI-Poggibonsi	UF	-	-	-	-	0	0	0
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	AR-Acropoli	UF	0	0	0	0	0	0	0
	AR-Repubblica	UT	0	0	0	0	1	0	0

Figura 3.1-11. Superamenti della massima media oraria nelle stazioni di rete regionale.

*efficienza minore del 90%
- parametro non attivo

Come evidenziato dalla tabella precedente il limite sul numero di superamenti della massima media oraria di 200 µg/m^3 è stato superato nel quinquennio 2009-2013 solo nella stazione urbana traffico di FI-Gramsci.

Zona	Nome stazione	Tipo	Media annuale V.L. = 40 µg/m^3						
			2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Agglomerato Firenze	FI-Bassi	UF	46	50	45	34	38	30	23
	FI-Scandicci	UF	44	40	38	34	33	33	29
	FI-Settignano	RF	16	16	16	13	13	14	10
	FI-Gramsci	UT	83	92	98	102	103	82	62
	FI-Mosse	UT	67	68	-	87	67	67	59
Zona Prato Pistoia	PO-Roma	UF	36	36	33	30	32	36	33
	PO-Ferrucci	UT	*	*	45	48	*	*	27
	PT-Montale	RF	24	21	24	26	20	17	18
	PT-Signorelli	UF	23	27	30	26	26	25	25
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	LU-Carignano	RF	-	-	-	-	*	14	13
	LU-Capannori	UF	47	41	43	32	35	38	27
	LU-Micheletto	UT	*	*	*	35	35	*	30
	PI-S. Croce Coop	PF	29	25	29	29	25	28	28
	PI-Passi	UF	22	21	20	19	21	21	20
	PI-Borghetto	UT	40	36	39	39	43	37	36
Zona costiera	GR-URSS	UF	16	21	22	20	19	20	20
	GR-Maremma	RF	0	-	-	5	3	5	5
	GR-Sonnino	UT	43	43	44	54	47	40	
	LI-Cappiello	UF	24	21	*	-	*	26	29
	LI-Carducci	UT	49	53	56	44	48	60	50
	LI-Cotone	PI	23	24	24	19	18	17	16
	MS-Colombarotto	UF	-	21	27	34	24	*	20
	LU-Viareggio	UF	60	50	37	32	32	38	26
Zona Collinare e montana	AR-Casa Stabbi	RF	6	7	7	6	5	5	3
	PI-Montecerboli	PF	-	-	-	-	-	*	5
	SI-Poggibonsi	UF	-	-	-	-	21	19	20
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	AR-Acropoli	UF	20	24	22	22	25	24	20
	AR-Repubblica	UT	46	50	46	45	48	44	39

Figura 3.1-12. Superamenti della massima media oraria nelle stazioni di rete regionale

*efficienza minore del 90%
- parametro non attivo

Zona	Nome stazione	Tipo	Media annuale V.L. = 40 µg/m^3						
			2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Agglomerato	FI-Incisa	RI	NA	NA	*	33	33	22	NA
	FI-Greve	RI	20	17	*	15	16	13	*
	FI-Pontassieve	UF	NA	NA	15	18	16	14	12
	FI-Signa-Roma	UF	30	27	32	32	*	27	26
	FI-Campi-Bisenzio	UF	40	38	23	29	NA	NA	NA
	FI-Montelupo-Via-Asia	UF	31	30	37	*	*	NA	NA
	FI-Novoli	UF	47	*	NA	NA	NA	NA	NA
	FI-Calenzano-Giovanni	UF	35	34	*	*	NA	NA	NA
	FI-Empoli-Ridolfi	UT	59	69	59	59	NA	NA	NA
Collinare-montana	SI-Largo-Campidoglio	UT	45	51	*	NA	NA	NA	NA
	SI-Due-Ponti	UT	31	45	*	29	38	31	31
Costiera	LI-Maurogordato	PF	11	9	7	8	7	7	NA
	LI-Rossa	PI	20	19	19	16	18	17	NA
	LI-Veneto	PI	15	16	12	12	13	14	NA
	MS-Via-Frassina	PT	*	32	40	38	*	NA	NA
	LI-Costituzione	UF	21	20	20	15	19	20	NA
	LI-Poggio San Rocco	UF	NA	8	7	7	*	11	13
	MS-Galvani	UF	*	27	28	31	27	24	20
	LI-Gobetti	UI	27	27	23	25	29	26	23
	LI-Mazzini	UT	49	61	*	*	*	37	NA
	LI-Giardini-Pubblici	UT	43	44	47	43	27	35	33
	MS-Carriona	UT	*	31	*	30	29	NA	NA
Valdarno Pisano-Piana Lucchese	LU-Porcari	PF	42	44	43	34	33	32	*
	PI-Oratoio	PI	21	22	23	19	NA	NA	NA
	PI-Fazio	UT	43	39	37	36	NA	NA	NA
	PI-Navacchio	UT	28	26	27	27	NA	NA	NA
	PI-Pontedera	UT	38	38	35	35	34	32	35
	PI-Cascina	UT	39	41	43	40	NA	NA	NA
Prato-Pistoia	PO-Papa-Giovanni	PF	31	27	23	22	NA	NA	NA
	PT-Mont-Via-Adua	PT	31	31	37	35	*	NA	NA
	PO-San-Paolo	UF	*	36	*	*	NA	NA	NA
	PT-Mont-Via-Merlini	UF	31	28	30	29	*	NA	NA
	PO-Strozzi	UT	*	43	*	41	NA	NA	NA
	PO-Montalese	UT	*	*	41	*	NA	NA	NA
	PT-Zamenhof	UT	31	31	39	39	*	NA	NA
Valdarno aretino-Valdichiana	AR-Via-Fiorentina	UT	40	37	38	39	NA	NA	NA

Figura 3.1-13. Reti locali: medie annuali dei livelli di concentrazione (ug/m3)

*efficienza minore del 90%
- parametro non attivo

Zona	Nome stazione	Tipo	N° superamenti massima media oraria di 200 mg/m^3						
			V.L. = 18 superamenti						
			2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Agglomerato	FI-Incisa	RI	NA	NA	*	0	0	0	NA
	FI-Greve	RI	0	0	*	0	0	0	*
	FI-Pontassieve	UF	NA	NA	0	0	0	0	0
	FI-Signa-Roma	UF	0	0	0	0	*	0	0
	FI-Campi-Bisenzio	UF	1	0	0	0	NA	NA	NA
	FI-Montelupo-Via-Asia	UF	0	0	0	*	*	NA	NA
	FI-Novoli	UF	0	*	NA	NA	NA	NA	NA
	FI-Calenzano-Giovanni	UF	0	0	*	*	NA	NA	NA
	FI-Empoli-Ridolfi	UT	0	0	0	0	NA	NA	NA
Collinare-montana	SI-Largo-Campidoglio	UT	3	15	*	NA	NA	NA	NA
	SI-Due-Ponti	UT	3	35	*	0	2	0	0
Costiera	LI-Maurogordato	PF	0	0	0	0	0	0	NA
	LI-Rossa	PI	0	0	0	0	0	0	NA
	LI-Veneto	PI	0	0	0	0	0	0	NA
	MS-Via-Frassina	PT	*	0	0	0	*	NA	NA
	LI-Costituzione	UF	0	0	0	0	0	0	NA
	LI-Poggio San Rocco	UF	NA	0	0	0	*	0	0
	MS-Galvani	UF	*	0	0	0	0	0	0
	LI-Gobetti	UI	0	0	0	0	0	0	0
	LI-Mazzini	UT	0	2	*	*	*	0	NA
	LI-Giardini-Pubblici	UT	0	0	0	0	0	0	0
	MS-Carriona	UT	*	0	*	0	0	NA	NA
Valdarno Pisano-Piana Lucchese	LU-Porcari	PF	0	0	0	0	0	0	NA
	PI-Oratoio	PI	0	0	0	0	NA	NA	NA
Valdarno Pisano-Piana Lucchese	PI-Fazio	UT	0	0	0	0	NA	NA	NA
	PI-Navacchio	UT	0	0	0	0	NA	NA	NA
	PI-Pontedera	UT	0	0	0	0	0	0	1
	PI-Cascina	UT	0	0	0	0	NA	NA	NA
Prato-Pistoia	PO-Papa-Giovanni	PF	3	0	4	0	NA	NA	NA
	PT-Mont-Via-Adua	PT	0	0	0	0	NA	NA	NA
	PO-San-Paolo	UF	*	0	*	*	NA	NA	NA
	PT-Mont-Via-Merlini	UF	0	0	0	0	*	NA	NA
	PO-Strozzi	UT	*	3	*	4	NA	NA	NA
	PO-Montalese	UT	*	*	0	*	NA	NA	NA
	PT-Zamenhof	UT	0	0	0	0	*	NA	NA
Valdarno aretino-Valdichiana	AR-Via-Fiorentina	UT	0	0	1	1	NA	NA	NA

Figura 3.1-14. Reti locali: superamenti annuali della massima media oraria (200 ug/m3) V.L. 18 superamenti

*efficienza minore del 90%
- parametro non attivo

Sono stati analizzati i dati di 196 postazioni delle quali 67 sono di tipo “traffico” (34% del totale), 29 di tipo “industriale” (15% del totale) e 86 di tipo “fondo” (44% del totale).

Dai risultati delle analisi effettuate si può osservare che, mentre il limite relativo alla media annuale (40 µg/m^3) viene superato anche nelle stazioni di tipo “fondo”, il limite relativo alla soglia di 18 superamenti del livello medio di concentrazione oraria di 200 µg/m^3 viene rispettato in tutte le stazioni di fondo. Solo nelle stazioni di tipo “traffico” si osserva il superamento del limite.

In particolare, per quanto riguarda il superamento della soglia di 200 µg/m^3 negli ultimi sette anni di monitoraggio sono due le stazioni, una di rete regionale e una di rete locale, presso le quali non è stato rispettato: FI-Gramsci (negli anni 2008, 2010, 2012) e SI-Due Ponti (nell’anno 2008). Considerando solo il quinquennio (2009-2013), il superamento del limite si registra solo presso la stazione urbana traffico di rete regionale di FI-Gramsci la quale è collocata all’interno dell’Agglomerato, così come definito nella DGRT 1025/10.

Per quanto riguarda, invece, il limite sulla media annuale, negli ultimi sette anni sono stati rilevati 72 superamenti registrati presso 26 postazioni di cui 7 di tipologia “fondo” e 19 di tipologia “traffico”. Nell’ultimo quinquennio 2009-2013, invece, per quanto riguarda la rete regionale il limite relativo alla media annuale viene superato in 1 stazione di tipo “fondo” e in 6 stazioni di “traffico”, per le reti locali il superamento è stato registrato in 1 stazione di tipo “fondo” e in 7 stazioni di “traffico” mentre nel caso delle campagne “indicative” con mezzo mobile in due postazioni di tipo “traffico”.

Numero	Rete	Zona (numero postazioni)	Tipo	Comune	Nome postazione
7	Rete regionale	Agglomerato (2)	UT	Firenze	FI-Gramsci,FI-Mosse
		Costiera (1)	UT	Livorno	LI-Carducci
		Valdarno pisano e Piana lucchese (2)	UT, UF	Pisa, Capannori	PI-Borghetto,LU-Capannori
		Prato-Pistoia (1)	UT	Prato	PO-Ferrucci
		Valdichiana e Vadarno aretino (1)	UT	Arezzo	AR-Repubblica
8	Reti locali	Agglomerato (1)	UT	Empoli	FI-Empoli-Ridolfi
		Costiera (3)	PT, UT, UT	Carrara,Grosseto, Piombino	MS-Via-Frassina,GR-Sonnino LI-Giardini-Pubblici
		Valdarno pisano e Piana lucchese (2)	UT,PF	Cascina,Porcari	PI-Cascina,LU-Porcari
		Prato-Pistoia (2)	UT	Prato,Montemurlo	PO-Strozzi,PO-Montalese
2	Mezzi mobili	Collinare-Montana (2)	UT	Poggibonsi,Siena	Poggibonsi,Siena
17	TOTALE	**15** postazioni di tipologia **TRAFFICO**, **2** di tipologia **FONDO**			

Tabella 3.1-1. Localizzazione dei superamenti del limite sulla media annuale, anni 2009-2013

Come si può osservare dalla Tabella 3.1-1 , negli ultimi cinque anni è stato rilevato il superamento limite della media annua in due postazioni di tipo “fondo” entrambe collocate nella zona Valdarno Pisano e Piana Lucchese; nel caso delle postazioni di tipo “traffico”, invece, le stazioni presso cui è stato registrato il superamento del limite sono collocate in tutte le zone e nell’Agglomerato.

Si può, infine, osservare che presso le postazioni di tipologia “traffico” (fisse o mobili) che negli ultimi cinque anni non hanno registrato il superamento del limite relativo alla media annuale, nella maggior parte dei casi, sono stati, comunque, rilevati livelli di concentrazione media annua di poco inferiori al limite dei 40 µg/m3.

In base alla definizione riportata nel DLgs 155/2010, allegato III, le stazioni di misurazione di tipo “traffico” sono stazioni ubicate in posizione tale che il livello di inquinamento viene influenzato prevalentemente da emissioni da traffico provenienti da strade limitrofe con intensità di traffico medio alta. Per sua stessa definizione, quindi, i dati rilevati presso una stazione di traffico sono rappresentativi di un’area molto circoscritta nell’intorno della stazione stessa e descrivono lo stato della qualità dell’aria relativizzandolo strettamente alla tipologia e alle caratteristiche emissive della fonte “traffico” e alle caratteristiche geometriche del luogo in cui è collocata la centralina; tali caratteristiche influenzano i livelli di concentrazione nell’intorno della stazione in quanto tali condizioni incidono sulle modalità di diffusione e trasporto locale degli inquinanti emessi nell’intorno della stazione. L’estensione delle caratteristiche dei livelli di concentrazione registrati presso una stazione di traffico a zone più ampie o a zone anche molto distanti dal sito della centralina presa a riferimento è, quindi, un’operazione molto complessa e prevede la valutazione contemporanea di più fattori determinanti i livelli di concentrazione.

3.1.3 Ozono

Le tabelle seguenti mostrano la valutazione dei livelli di ozono misurati nella rete regionale toscana attiva fino al 2013 rispetto ai valori obiettivo e alle soglie definite nel D.Lgs. 155/10.

Zona	Comune	Nome stazione	Tipo	Valore obiettivo per la protezione della salute umana numero di superamenti/anno della soglia di 120 µg/m3 V.O. = 25 come media di 3 anni							
				2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Media 2011-2013
Agglomerato di Firenze	Firenze	FI-Settignano	S	80	42	54	30	40	59	31	43
Zona pianure interne	Montale	PT-Montale	R	34	55	68	56	51	34	15	33
	Arezzo	AR-Acropoli	S	24	17	8	8	*	56	17	37**
Zona pianure costiere	Lucca	LU-Carignano	S	71	26	16	29	46	34	49	43
	S.Croce sull'Arno	PI-S. Croce Coop	S	-	-	-	-	*	3	6	5**
	Pisa	PI-Passi	S	16	19	7	9	12	5	32	16
	Grosseto	GR-Maremma	R	*	5	5	25	9	41	29	26
Zona collinare montana	Chitignano	AR-Casa Stabbi	RF	21	24	7	2	53	64	7	41
	Pomarance	PI-Montecerboli	S	44	16	25	45	36	76	51	54

Tabella 3.1-2 Confronto con il valore obiettivo per la protezione della salute umana. Elaborazioni relative alle stazioni di rete regionale ozono anno 2011-2013

* efficienza inferiore al 90 %
**elaborato solo come media del 2012 e 2013, valore valido.

La Tabella 3.1-2 indica che per l'indicatore relativo al valore obiettivo per la protezione della salute umana - massimo 25 superamenti del valore di 120 µg/m^3 relativo alla massima giornaliera su 8 ore, calcolata come media degli ultimi 3 anni – si conferma la criticità evidenziata negli anni precedenti, con 7 stazioni su 9 presso le quali il limite non è rispettato. In particolare nelle zone interne della Toscana l'indicatore non viene rispettato nelle stazioni di Firenze, Pistoia, Grosseto, Arezzo e Lucca.

In Tabella 3.1-3 è riportata la valutazione rispetto all'AOT40 (somma della differenza tra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m^3 e 80 µg/m^3 in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori di un'ora rilevati ogni giorno tra le 8.00 e le 20.00, ora dell'Europa centrale).

Relativamente al valore obiettivo per la protezione della vegetazione - AOT40 calcolato da maggio/luglio come media degli ultimi 5 anni - il 75% delle stazioni supera il parametro di 18.000 µg/m^{3}h che si conferma anche esso difficoltoso da rispettare. In particolare il parametro non è rispettato in nessuna delle stazioni di monitoraggio dell'ozono appartenenti alle zone dell'Agglomerato di Firenze, della Zona delle pianure interne, mentre nella Zona collinare e montana è rispettato in una stazione su due.

Zona	Comune	Nome stazione	Tipo	Valore obiettivo per la protezione della vegetazione AOT40 V.O. 18.000 µg/m³ h come media su 4 anni							
				2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Media 2009-2013
Agglomerato di Firenze	Firenze	FI-Settignano	S	33764	21988	26070	21333	20524	30139	16625	**22938**
Zona pianure interne	Montale	PT-Montale	R	24699	25358	31983	30317	26219	22747	15494	**25352**
	Arezzo	AR-Acropoli	S	14922	18133	13697	15080	-	28086	16143	**18252***
Zona pianure costiere	Lucca	LU-Carignano	S	27027	20366	21862	20940	25024	21342	21769	**22187**
	S.Croce sull'Arno	PI-S. Croce Coop	S	-	-	-	-	-	6718	9945	**
	Pisa	PI-Passi	S	12840	16371	16664	13742	15802	11380	21766	**15871**
	Grosseto	GR-Maremma	R	-	11208	13095	21851	13273	26503	21548	**19254**
Zona collinare montana	Chitignano	AR-Casa Stabbi	RF	15537	23223	15861	6495	25241	28904	12420	**17784**
	Pomarance	PI-Montecerboli	S	24491	20024	21802	25744	24011	41433	28865	**28371**

Tabella 3.1-3.Confronto con il valore obiettivo per la protezione della vegetazione. Elaborazioni relative alle stazioni di rete regionale ozono anno 2011-2013.

* calcolato come media su 4 anni, valido
** non disponibili 3 su 5 anni, non valido

Per quanto riguarda il numero di superamenti dei valori obiettivo per la tutela della salute umana: per la stazione di FI-Settignano si riscontra costantemente un numero di superamenti maggiore di 25;

- nella stazione di PT-Montale solo nell'ultimo anno il numero dei superamenti è inferiore a 25;
- le stazioni di LU-Carignano, di Pi-Montecerboli e di GR-Maremma seppur con andamento altalenante negli anni, negli ultimi anni hanno presentato un costante superamento del limite;
- per le stazioni di AR-Acropoli, di e di AR-Casa Stabbi e PI- S.Croce Coop si riscontra il rispetto del limite nel 2013;
- presso la stazione di PI-Passi per il primo anno è stato registrato un numero di superamenti superiore a 25.

I valori registrati nel 2013 sono meno critici degli anni precedenti, ma data la caratteristica dipendenza di questo inquinante dalle condizioni meteorologiche dei mesi più caldi, in particolare dalla temperatura, la criticità dei valori registrati presso un sito di misura può essere considerata molto variabile di anno in anno (come testimonia il fatto che la normativa prevede una media su più anni degli indicatori).

3.2 Indici di pressione da inventario delle sorgenti di emissione (PM 10)

Il documento trasmesso con nota ARPAT prot. 2012/0006659 del 27/01/12 ha portato alla individuazione di 35 comuni, ripartiti nelle zone o agglomerati definiti con la DGRT n. 1025/10, che risultano critici in base alle caratteristiche del territorio e alle pressioni sulla matrice aria ad esso afferenti, con particolare riferimento al PM10. Per il dettaglio del metodo si rinvia direttamente al documento.

Gli indici utilizzati per l'individuazione dei Comuni critici sono basati sulle principali tipologie di pressione che insistono su un territorio: emissioni di PM10, basate su IRSE 2007 derivanti dal grado di urbanizzazione, dalla popolazione, dalle attività agricole e industriali.

In Figura 3.2-1 sono riportati i Comuni che, secondo i criteri stabiliti in base alle medie regionali di tali indici, sono classificati come critici. I 35 Comuni critici risultanti sono rappresentati sui confini della zonizzazione del territorio. Come si può notare, i comuni critici si concentrano nelle zone maggiormente antropizzate (piana fiorentina – agglomerato e zona Prato Pistoia) e industrializzate (zona costiera, zona Pisa Lucca), mentre nella zona collinare montana ne sono presenti solamente 2 su 170 e nella zona del Valdarno aretino e Val di Chiana risulta critico il solo comune di Arezzo.

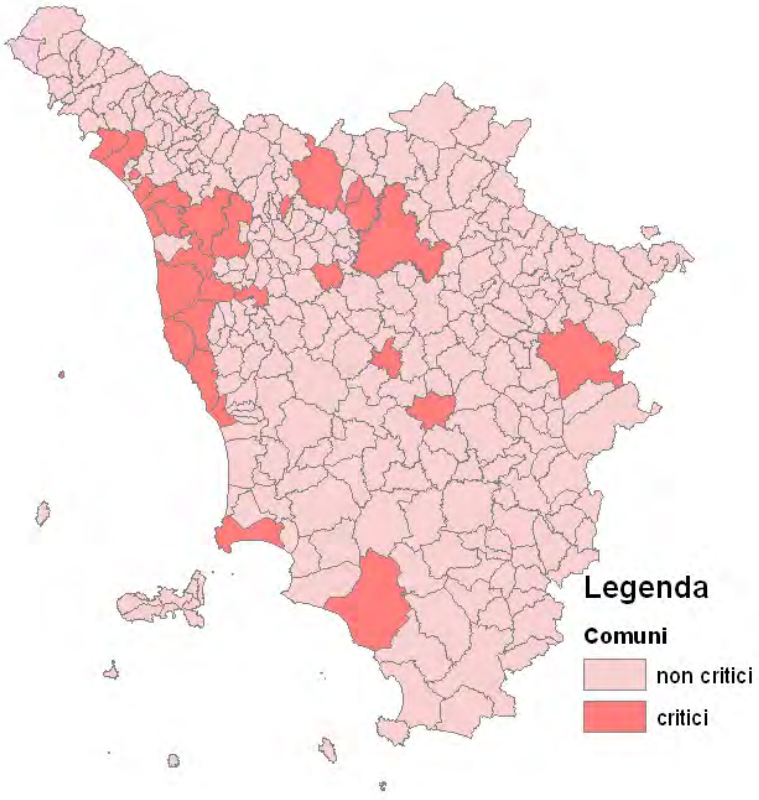


Figura 3.2-1. Comuni critici per PM 10

Nella seguente Tabella 3.2-1 sono riunite le informazioni derivanti dal monitoraggio del PM 10 di cui al punto 3.1.1 dal 2009 al 2013 e le informazioni derivanti dall'analisi delle pressioni e dell'uso del suolo riportate sopra. La tabella è stata redatta associando il valore di superamento di un qualsiasi limite (media o numero di superamenti annui) al comune in cui il monitoraggio è stato effettuato, pertanto non sono qui comprese valutazioni rispetto all'estensione territoriale conseguente alla valutazione della rappresentatività delle stazioni. Per le campagne è stato riportato quanto risulta dal punto 3.1.1.2.

I comuni elencati in tabella sono in totale 43 di cui 3 appartenenti alla zona collinare montana, 12 alla zona costiera, 6 alla zona Prato Pistoia, 12 alla zona Valdarno pisano e Piana lucchese, 2 alla zona del Valdarno aretino e Val di Chiana, 8 all'Agglomerato. Tutti i 14 comuni della Delibera 22/2010 (evidenziati in rosso) e tutti i comuni dell'Allegato 4 alla Delibera 1025/2010, sono compresi nell'elenco riportato in tabella (evidenziati in grassetto nero). Sono presenti 13 comuni non ricompresi negli elenchi suddetti appartenenti alle cinque zone della regione.

Comune	Pressioni (indici superiori a soglia critica)	Valori critici da monitoraggio		
		Stazioni RR	Stazioni RP	Campagne
Z. Collinare-Montana				
Siena	x			
Poggibonsi	x		x (UT)	
Bagni di Lucca (loc. Fornoli)			x (UF)	
Zona Costiera				
Camaiore	x			
Carrara	x		x (UT)	
Cecina	x			
Collesalvetti	x			
Grosseto	x			
Livorno	x			
Massa	x		x (UT)	
Massarosa	x			
Pietrasanta	x			
Piombino	x		x (UT)	
Rosignano Marittimo	x			
Viareggio	x	x		
Z. Prato-Pistoia				
Prato	x	x	x(UT)	x
Montale		x		x
Agliana	x			x
Montemurlo	x			
Quarrata				x
Pistoia	x		x(UT)	x
Valdarno Pisano-Piana Lucchese				
Capannori	x	x		
Cascina	x		x (UT)	
Empoli	x			
Lucca	x		x (UT)	
Montecatini-Terme	x		x (UF)	
Pisa	x	x (UT)	x (UI)	
Pontedera	x		x (UT)	
San Giuliano Terme	x			
Lari			x (PI)	
Montopoli			x (UI)	
S. Croce sull'Arno		x		
Porcari			x (UF)	
Z. Valdarno aretino e Valdichiana				
Arezzo	x		x (UT)	
Incisa in Val d'Arno			x (UF)	
Agglomerato				
Bagno a Ripoli	x			
Calenzano	x		x (UF)	
Campi Bisenzio	x		x (UF)	
Firenze	x	x		
Lastra a Signa	x			
Scandicci	x	x		
Sesto Fiorentino	x			
Signa	x		X(UF)	

Tabella 3.2-1. Comuni critici e comuni con dati di monitoraggio che evidenziano superamenti dei limiti per il PM10.

3.3 Concentrazioni medie stimate da modello

In questo paragrafo sono riportate e commentate le mappe relative alla stima delle concentrazioni medie di PM_{10}, NO_2 e O_3 ottenute dall'applicazione del sistema modellistico WRF-CAMx all'anno 2007.

Le concentrazioni stimate da modello possono essere considerate un valido supporto per integrare il quadro conoscitivo ottenuto dalle misure delle stazioni di monitoraggio, in quanto forniscono informazioni su tutto il territorio regionale, anche in zone in cui non sono presenti stazioni, evidenziando le aree in cui sono previsti i livelli più alti degli inquinanti e quindi con maggiori criticità.

Si deve sottolineare che le stime ottenute dal sistema di modelli sono state sottoposte ad un processo di validazione utilizzando un ampio data-set di misure fornite da stazioni ARPAT. Inoltre tali stime, confrontate con quanto ottenuto dal modello di riferimento nazionale MINNI, sono coerenti, sia nella buona capacità di riprodurre l'andamento di alcuni inquinanti come NO_2 e O_3, sia nei limiti nel simularne altri come il PM_{10}, limiti peraltro comuni in ambito modellistico a livello internazionale. In particolare, le stime di PM_{10} sono affette da una sistematica sottostima.

Inoltre va ricordato che la risoluzione spaziale della applicazione modellistica considerata (2 Km), come del resto le incertezze legate all'inventario delle emissioni IRSE, non permettono di effettuare valutazioni di maggior dettaglio rispetto ad alcuni Km.

Pur segnalando i limiti dell'approccio modellistico, si è ritenuto opportuno introdurre le stime delle concentrazioni medie come ulteriori layers informativi, in modo da completare il quadro conoscitivo.

Di seguito, per ciascun inquinante, si propongono le mappe delle concentrazioni medie sia su base annuale che semestrale (aprile-settembre, ottobre-marzo) e le tabelle con gli indicatori statistici (skill) calcolati per le sole stazioni di fondo della rete di monitoraggio regionale prese in esame nello studio sulla rappresentatività spaziale (metodo M3, §2.2), escludendo dal computo quelle con una presenza di dati inferiore al 75%.

Inoltre in tabella 3.3.1 sono riportati gli indicatori utilizzati.

Per una visione completa delle analisi e delle elaborazioni effettuate sui risultati ottenuti dall'applicazione della catena di modelli all'anno 2007 si rimanda al report "il sistema di modelli WRF-CAMx" [17].

NOME	FORMULA	NOTE
MEDIA OSSERVAZIONI	$\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} X_i$	
MEDIA MODELLO	$\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} Y_i$	
STANDARD DEVIATION OSSERVAZIONI	$\sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(X_i - \overline{X})^2}$	
STANDARD DEVIATION MODELLO	$\sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(Y_i - \overline{Y})^2}$	
FRACTIONAL BIAS *(FB)*	$\frac{\sum_{i=1}^{N}(Y_i - X_i)}{\sum_{i=1}^{N}\frac{(Y_i + X_i)}{2}}$	Valori fra -2 e +2 Valore ottimo=0
FRACTIONAL ERROR *(FE)*	$\frac{\sum_{i=1}^{N}\lvert Y_i - X_i\rvert}{\sum_{i=1}^{N}\frac{(Y_i + X_i)}{2}}$	Valori fra 0 e 2 Valore ottimo 0
ROOT MEAN SQUARE ERROR *(RMSE)*	$\sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(Y_i - X_i)^2}$	Valore ottimo = 0
NORMALIZED MEAN SQUARE ERROR *(NMSE)*	$\frac{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(Y_i - X_i)^2}{\overline{XY}}$	Valori tra 0 e inf. Valore ottimo = 0
BIAS	$\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(Y_i - X_i)$	Valore ottimo = 0
CORRELATION *(CORR)*	$\frac{\sum_{i=1}^{N}(X_i - \overline{X})(Y_i - \overline{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N}(X_i - \overline{X})^2}\sqrt{\sum_{i=1}^{N}(Y_i - \overline{Y})^2}}$	Valori tra -1 e 1 Valore ottimo = 1
INDEX OF AGREEMENT di WILLMOTT *(IOA)*	$1 - \frac{\sum_{i=1}^{N}(Y_i - X_i)^2}{\sum_{i=1}^{N}\left(\lvert X_i - \overline{X}\rvert + \lvert Y_i - \overline{X}\rvert\right)^2}$	Valori fra 0 e 1 Valore ottimo =1

N = numero osservazioni presenti

X_i = dati osservati $\quad\quad$ $\overline{X}$ = media dei dati osservati

Y_i = dati simulati $\quad\quad$ $\overline{Y}$ = media dei dati simulati

Tabella 3.3.1- Tabella relativa al calcolo degli skill utilizzati per la valutazione del modello

3.3.1 Le concentrazioni medie di PM10

Nelle figure successive sono riportate le medie stagionali per il semestre caldo, aprile-settembre (Figura 3.3-3), per il periodo freddo, ottobre-marzo (Figura 3.3-2) e per l'intero anno (Figura 3.3-1). Confrontando i risultati dei due semestri, si evidenzia come le concentrazioni di PM_{10} siano maggiori in inverno nelle aree più densamente abitate della Toscana, in accordo con il quadro emissivo e meteorologico: infatti nei mesi invernali l'aumento delle

concentrazioni degli inquinanti è imputabile sia all'aumento delle emissioni che a fattori meteorologici favorevoli all'accumulo delle sostanze inquinanti in atmosfera.

Per valutare i risultati ottenuti dalla simulazione modellistica, le stime di concentrazione di PM_{10} sono state confrontate con i dati misurati nelle stazioni di monitoraggio della rete regionale riportate nella Tabella 2.2-1. Gli indicatori statistici riportati nella Tabella 3.3-1 (semestre caldo, in alto; semestre freddo, al centro; intero anno, in basso) danno modo di effettuare una analisi di dettaglio. In particolare si segnala un indice di correlazione discreto per il periodo freddo e per l'intero anno, decisamente scarso per il periodo estivo. Tuttavia si evidenzia una generalizzata sottostima, mediamente dell'ordine del 50%, risultato peraltro comune a sistemi modellistici nazionali e internazionali.

Pur essendo affette da una sistematica sottostima, le mappe delle concentrazioni medie forniscono comunque informazioni aggiuntive riguardo alla distribuzione spaziale di questo inquinante. La sovrapposizione della concentrazione media annua (media superiore a 9 µg/m³) a layer informativi relativi all'orografia, al grafo stradale e alla topografia (Figura 3.3-4) evidenzia come questo inquinante raggiunga livelli maggiori nelle principali aree urbane e nelle aree più antropizzate, ma anche lungo le tratte autostradali. Anche l'orografia incide sulla distribuzione spaziale del PM_{10}: possono essere raggiunti livelli di inquinamento significativi ad esempio in alcune aree vallive o in bacini pianeggianti circondati da aree collinari-montane caratterizzati da condizioni meteorologiche predisponenti l'accumulo delle sostanze emesse, soprattutto nel periodo invernale.

Nella Figura 3.3-5 la mappa della concentrazione media annua (media superiore a 15 µg/m³) è sovrapposta alla mappa delle pressioni effettuata su base comunale (§ 3.2): in questo caso troviamo una buona corrispondenza nelle aree interne (bacino Firenze-Prato-Pistoia, area Lucchese-Pisana) sebbene in alcuni casi livelli significativi di PM_{10} interessino anche comuni limitrofi a quelli caratterizzati da pressioni importanti. Da notare che sulla costa non sempre ad aree caratterizzate da pressioni significative corrispondono alti livelli di concentrazione, questo in virtù delle condizioni meteorologiche favorevoli alla dispersione degli inquinanti emessi.

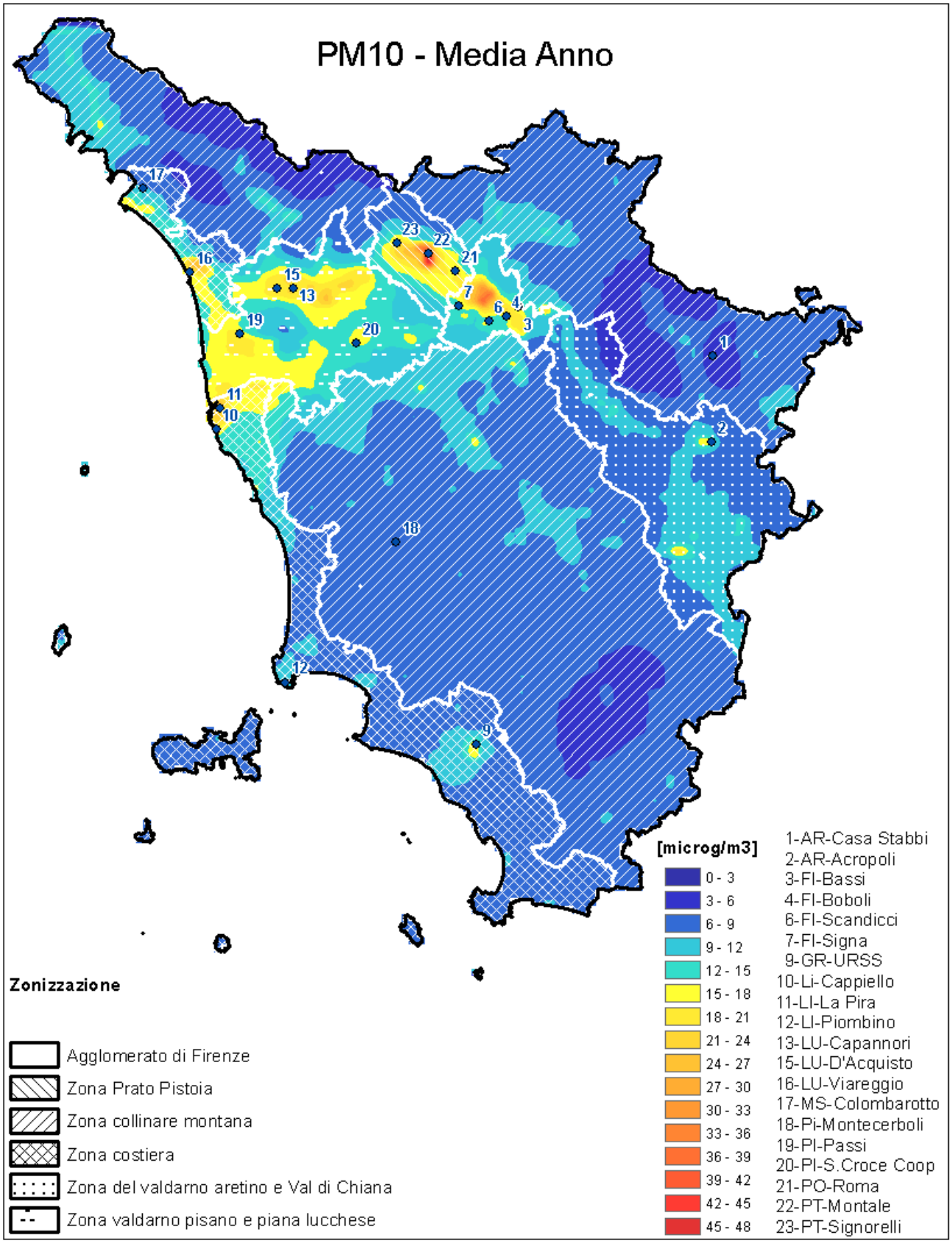


Figura 3.3-1 Mappa relativa alla concentrazione di PM10 stimata da modello WRF-CAMx, espressa come media annuale 2007 (microg/m3).

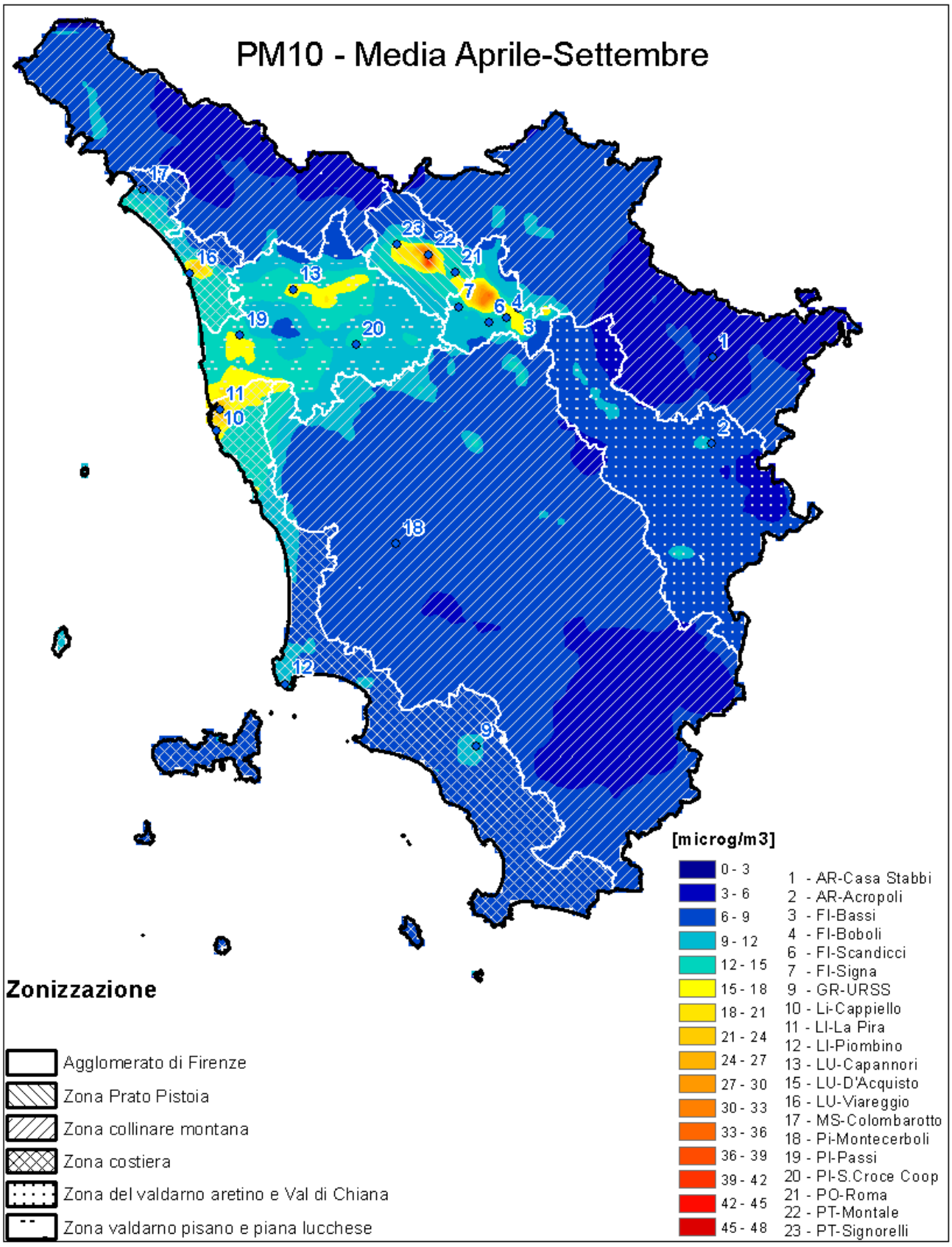


Figura 3.3-2. Mappa relativa alla concentrazione di PM10 stimata da modello WRF-CAMx, espressa come media sul semestre estivo Aprile/Settembre 2007 (microg/m3).

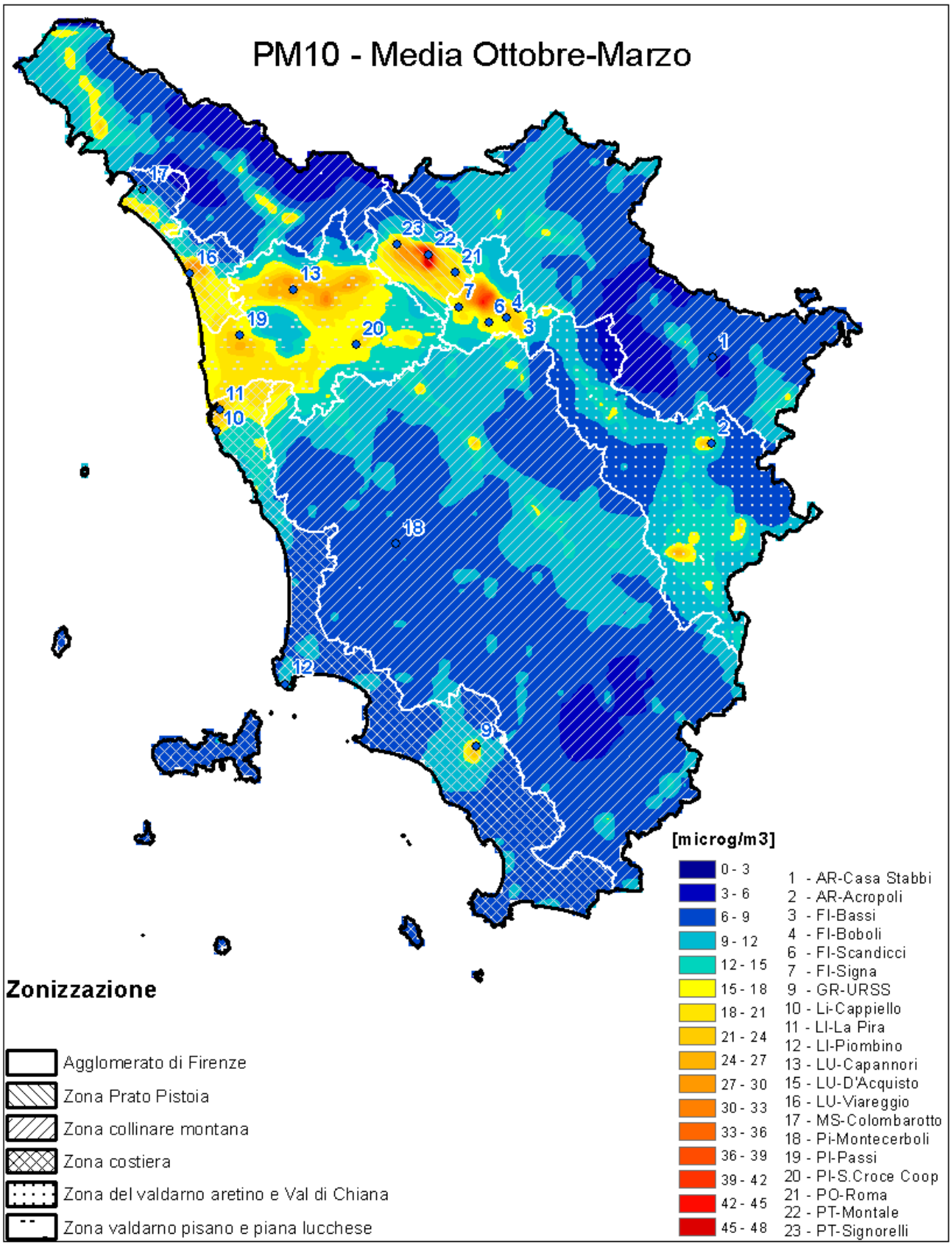


Figura 3.3-3 Mappa relativa alla concentrazione di PM10 stimata da modello WRF-CAMx, espressa come media sul semestre invernale Ottobre/Marzo 2007 (microg/m3).

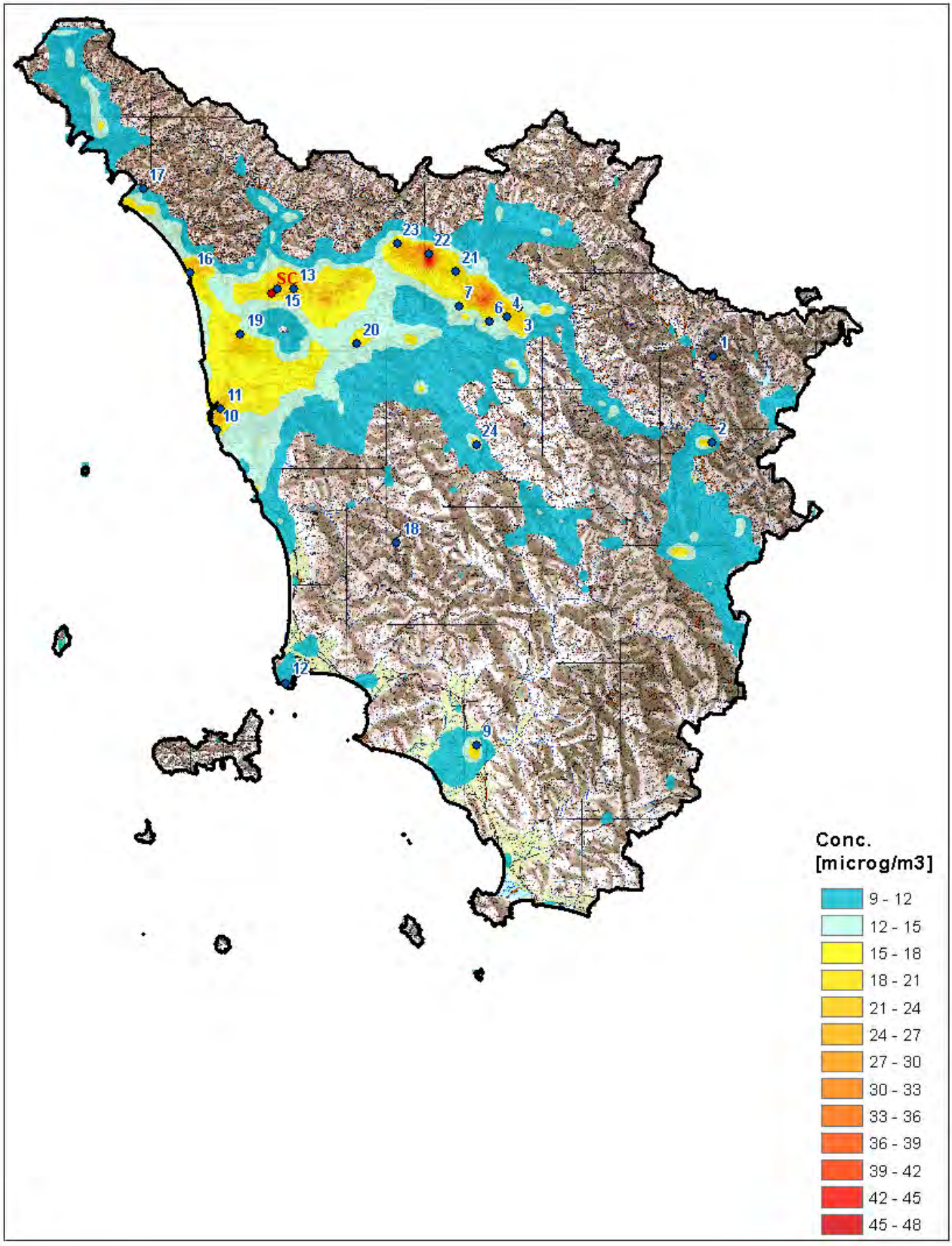


Figura 3.3-4 Mappa dell'orografia e concentrazioni di PM10 del modello

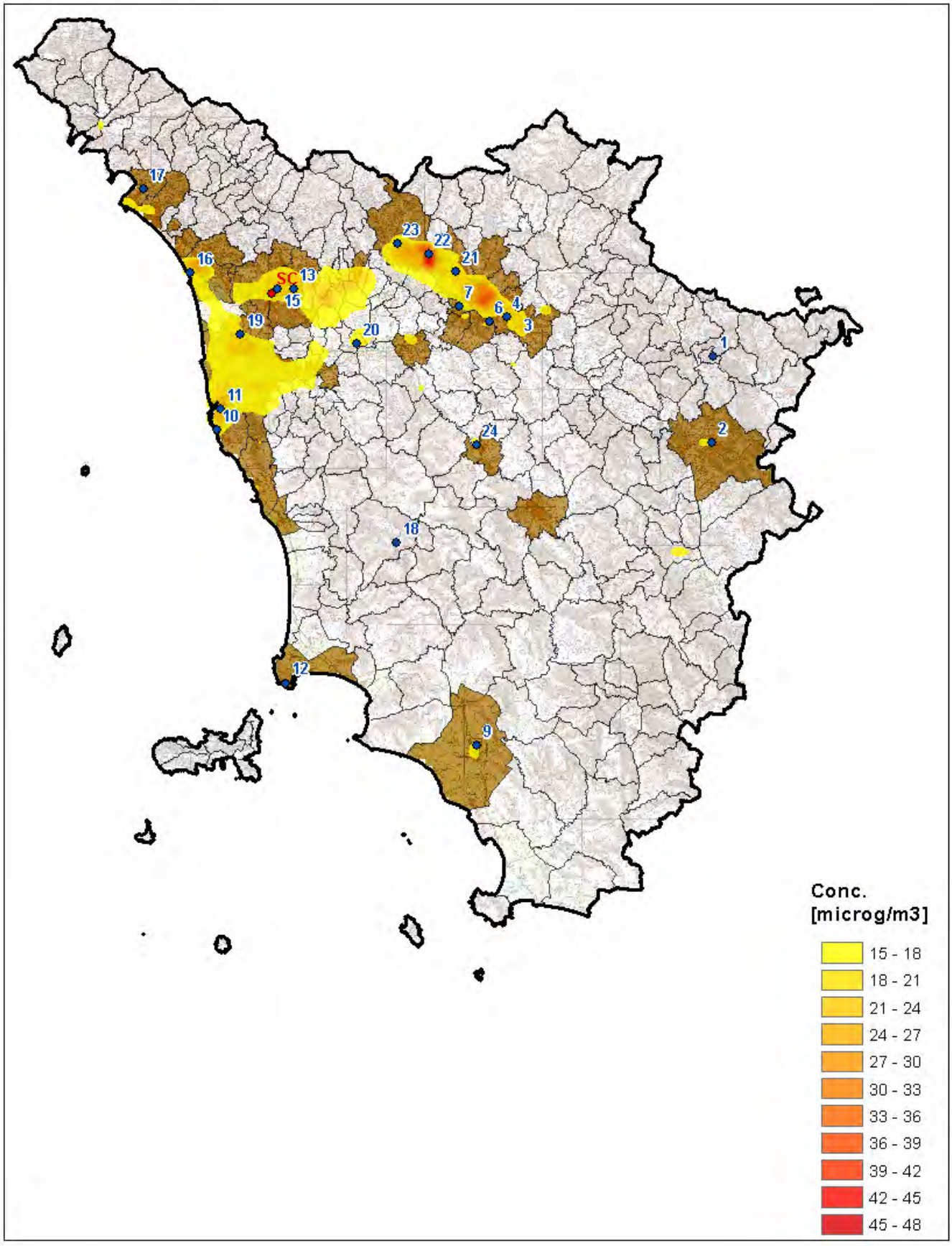


Figura 3.3-5 Mappa delle pressioni con topografia e concentrazioni di PM10 del modello

PM10 - SKILL GIORN. (APR/SETT)														
ID	NOME STAZIONE	DATI PRESENTI STAZIONE (%)	DATI PRESENTI MODELLO (%)	MEDIA STAZIONE	MEDIA MODELLO	STANDARD DEVIATION STAZIONE	STANDARD DEVIATION MODELLO	FB	FE	RMSE	NMSE	BIAS	CORR	IOA
3	FI-BASSI-PM10	99	100	31.04	12.82	10.11	5.41	-0.83	0.85	21.30	1.14	-18.21	0.09	0.40
4	FI-BOBOLI-PM10	95	100	22.70	12.31	9.25	4.12	-0.59	0.63	13.66	0.66	-10.32	0.29	0.49
7	FI-SCANDICCI-BUOZZI-PM10	96	100	34.81	11.45	11.27	4.09	-1.01	1.01	25.80	1.66	-23.32	0.24	0.39
9	GR-VIA-URSS-PM10	92	100	17.23	11.37	6.47	4.13	-0.42	0.52	9.25	0.44	-6.00	0.17	0.44
13	LU-CAPANNORI-PM10	93	100	17.98	15.55	5.54	6.03	-0.15	0.36	7.74	0.22	-2.52	0.20	0.50
16	LU-2VIAREGGIO-PM10	97	100	33.58	16.17	9.95	5.38	-0.69	0.70	19.76	0.72	-17.20	0.31	0.44
18	PI-MONTECERBOLI-BIS-PM10	98	100	19.65	7.02	8.09	3.16	-0.94	0.95	15.02	1.63	-12.61	0.17	0.41
20	PI-SANTA-CROCE-COOP-PM10	99	100	24.47	13.62	8.59	5.08	-0.57	0.62	14.04	0.59	-10.85	0.23	0.47
21	PO-ROMA-PM10	69	100	23.54	14.52	10.04	5.85	-0.48	0.58	13.74	0.56	-9.04	0.24	0.48
22	PT-MONTALE-PM10	97	100	30.98	9.30	9.94	4.25	-1.07	1.07	23.51	1.89	-21.54	0.33	0.40
	MEDIA SULLE STAZIONI			***25.60***	***12.41***	***8.93***	***4.75***	***-0.68***	***0.73***	***16.38***	***0.95***	***-13.16***	***0.23***	***0.44***

PM10 - SKILL GIORN. (OTT/MAR)														
ID	NOME STAZIONE	DATI PRESENTI STAZIONE (%)	DATI PRESENTI MODELLO (%)	MEDIA STAZIONE	MEDIA MODELLO	STANDARD DEVIATION STAZIONE	STANDARD DEVIATION MODELLO	FB	FE	RMSE	NMSE	BIAS	CORR	IOA
3	FI-BASSI-PM10	96	100	36.62	15.48	21.29	8.30	-0.80	0.83	28.85	1.45	-20.97	0.37	0.49
4	FI-BOBOLI-PM10	96	100	30.13	17.49	16.51	6.86	-0.54	0.59	19.24	0.71	-12.85	0.51	0.54
7	FI-SCANDICCI-BUOZZI-PM10	97	100	43.65	17.43	23.03	6.24	-0.86	0.87	33.24	1.46	-26.30	0.54	0.50
9	GR-VIA-URSS-PM10	91	100	17.39	15.88	7.33	6.08	-0.10	0.35	7.33	0.20	-1.67	0.45	0.66
13	LU-CAPANNORI-PM10	98	100	43.40	25.55	22.06	10.96	-0.52	0.57	26.81	0.65	-17.98	0.44	0.56
16	LU-2VIAREGGIO-PM10	98	100	42.58	25.84	16.30	9.25	-0.49	0.52	22.66	0.47	-16.85	0.40	0.54
18	PI-MONTECERBOLI-BIS-PM10	98	100	15.13	8.96	7.27	3.98	-0.51	0.59	9.92	0.73	-6.09	0.13	0.44
20	PI-SANTA-CROCE-COOP-PM10	97	100	36.65	20.96	19.08	9.34	-0.55	0.59	22.37	0.66	-15.72	0.56	0.58
21	PO-ROMA-PM10	90	100	41.93	21.27	28.94	10.52	-0.66	0.71	32.60	1.20	-20.88	0.53	0.55
22	PT-MONTALE-PM10	96	100	52.97	12.02	34.48	7.78	-1.27	1.27	52.80	4.40	-41.27	0.31	0.45
	MEDIA SULLE STAZIONI			***36.05***	***18.09***	***19.63***	***7.93***	***-0.63***	***0.69***	***25.58***	***1.19***	***-18.06***	***0.42***	***0.53***

PM10 - SKILL GIORN. (GEN/DIC)														
ID	NOME STAZIONE	DATI PRESENTI STAZIONE (%)	DATI PRESENTI MODELLO (%)	MEDIA STAZIONE	MEDIA MODELLO	STANDARD DEVIATION STAZIONE	STANDARD DEVIATION MODELLO	FB	FE	RMSE	NMSE	BIAS	CORR	IOA
3	FI-BASSI-PM10	97	100	33.76	14.14	16.75	7.11	-0.82	0.84	25.25	1.33	-19.55	0.32	0.45
4	FI-BOBOLI-PM10	95	100	26.51	14.87	13.90	6.18	-0.56	0.61	16.68	0.71	-11.59	0.51	0.54
7	FI-SCANDICCI-BUOZZI-PM10	96	100	39.19	14.40	18.66	6.03	-0.92	0.93	29.75	1.56	-24.81	0.51	0.46
9	GR-VIA-URSS-PM10	91	100	17.24	13.60	6.91	5.62	-0.25	0.43	8.36	0.30	-3.86	0.31	0.55
13	LU-CAPANNORI-PM10	95	100	30.86	20.50	20.59	10.18	-0.40	0.51	19.88	0.62	-10.38	0.57	0.62
16	LU-2VIAREGGIO-PM10	98	100	38.11	20.95	14.26	8.94	-0.58	0.60	21.26	0.57	-17.02	0.48	0.53
18	PI-MONTECERBOLI-BIS-PM10	98	100	17.33	7.98	8.03	3.72	-0.74	0.78	12.74	1.17	-9.37	0.06	0.41
20	PI-SANTA-CROCE-COOP-PM10	98	100	30.38	17.25	15.90	8.30	-0.56	0.61	18.61	0.66	-13.24	0.57	0.57
21	PO-ROMA-PM10	80	100	33.78	17.86	24.47	9.39	-0.60	0.67	26.05	1.11	-15.67	0.55	0.55
22	PT-MONTALE-PM10	96	100	41.91	10.64	27.55	6.36	-1.19	1.19	40.67	3.70	-31.27	0.35	0.43
	MEDIA SULLE STAZIONI			***30.91***	***15.22***	***16.70***	***7.18***	***-0.66***	***0.72***	***21.93***	***1.17***	***-15.68***	***0.42***	***0.51***

Tabella 3.3-1 Skill relativi ai dati giornalieri di PM_{10}, valutati per le stazioni della rete regionale, relativi ai periodi Aprile/Settembre (in alto), Ottobre/Marzo (al centro) e tutto l'anno 2007 (in basso).

3.3.2 Le concentrazioni medie di NO2

Per quanto riguarda la concentrazione di NO_2, in Figura 3.3-6, Figura 3.3-7 e Figura 3.3-8 sono riportate rispettivamente la media annua, la media del periodo estivo e quella del periodo invernale.

Anche in questo caso, come per il PM_{10}, i valori maggiori sono raggiunti nel semestre freddo, nelle aree più densamente abitate o caratterizzate da attività industriali: tali risultati sono in parte imputabili all'aumento dei fattori emissivi, in parte alla minore diffusività atmosferica nel periodo invernale.

Dal confronto tra i risultati del modello e le misure delle stazioni di monitoraggio otteniamo risultati migliori, con valori delle stime in alcuni casi molto vicini ai dati misurati, come si può notare da alcuni indicatori statistici come BIAS e RMSE (Tabella 3.3-2). In media le concentrazioni di questo inquinante sono sottostimate di circa il 20%, ma in alcuni casi, come per le stazioni di Pisa S.Croce, Pisa Passi e Prato Roma, i valori stimati sono inferiori di qualche punto percentuale. Anche in questo caso il fattore correlazione è discreto su base annua e durante l'inverno, scarso nel periodo estivo.

In generale, i risultati per questo inquinante sono buoni, in linea con quanto ottenuto da modelli utilizzati in ambito nazionale e internazionale.

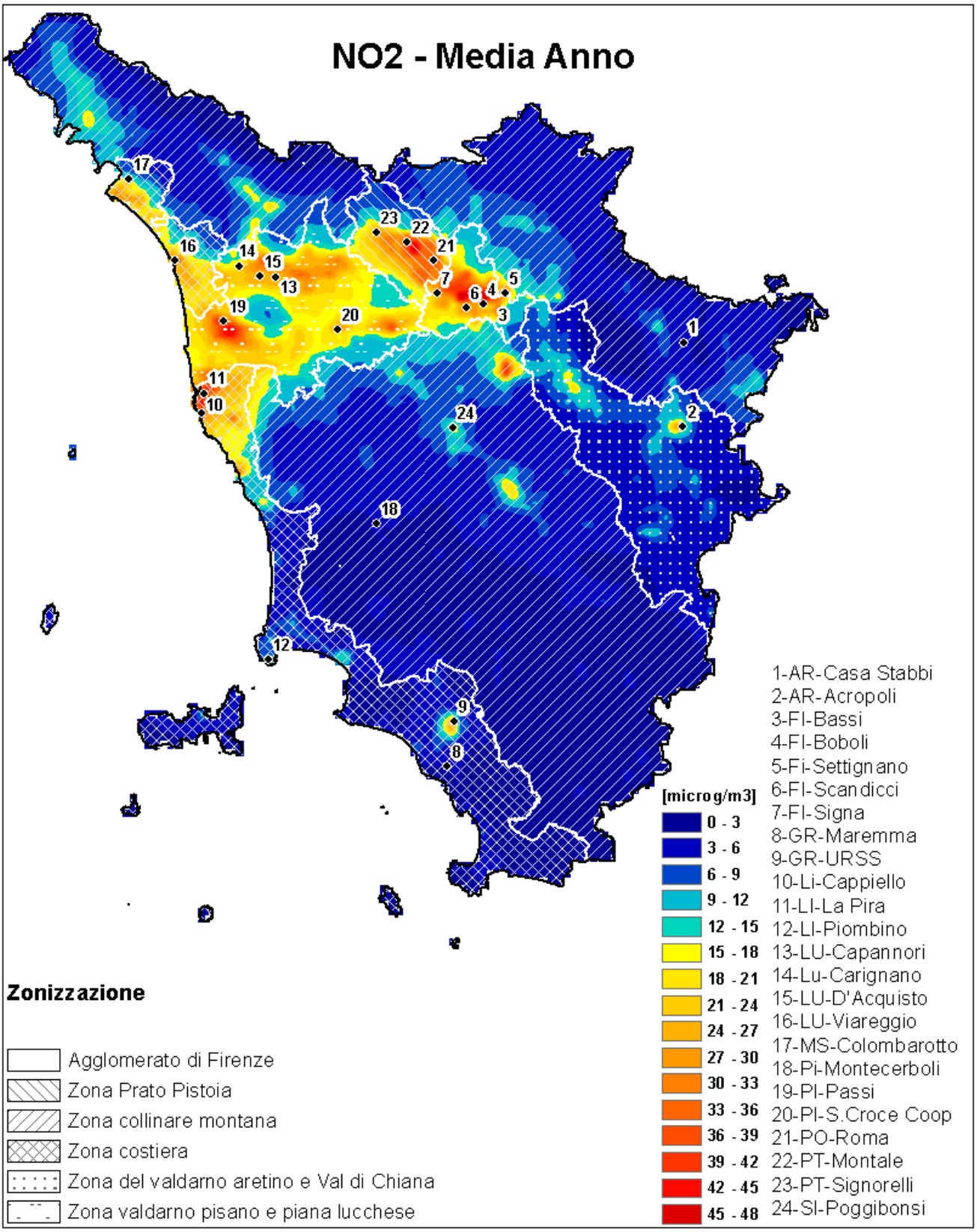


Figura 3.3-6 Mappa relativa alla concentrazione di NO2 stimata da modello WRF-CAMx, espressa come media annuale 2007 (microg/m3).

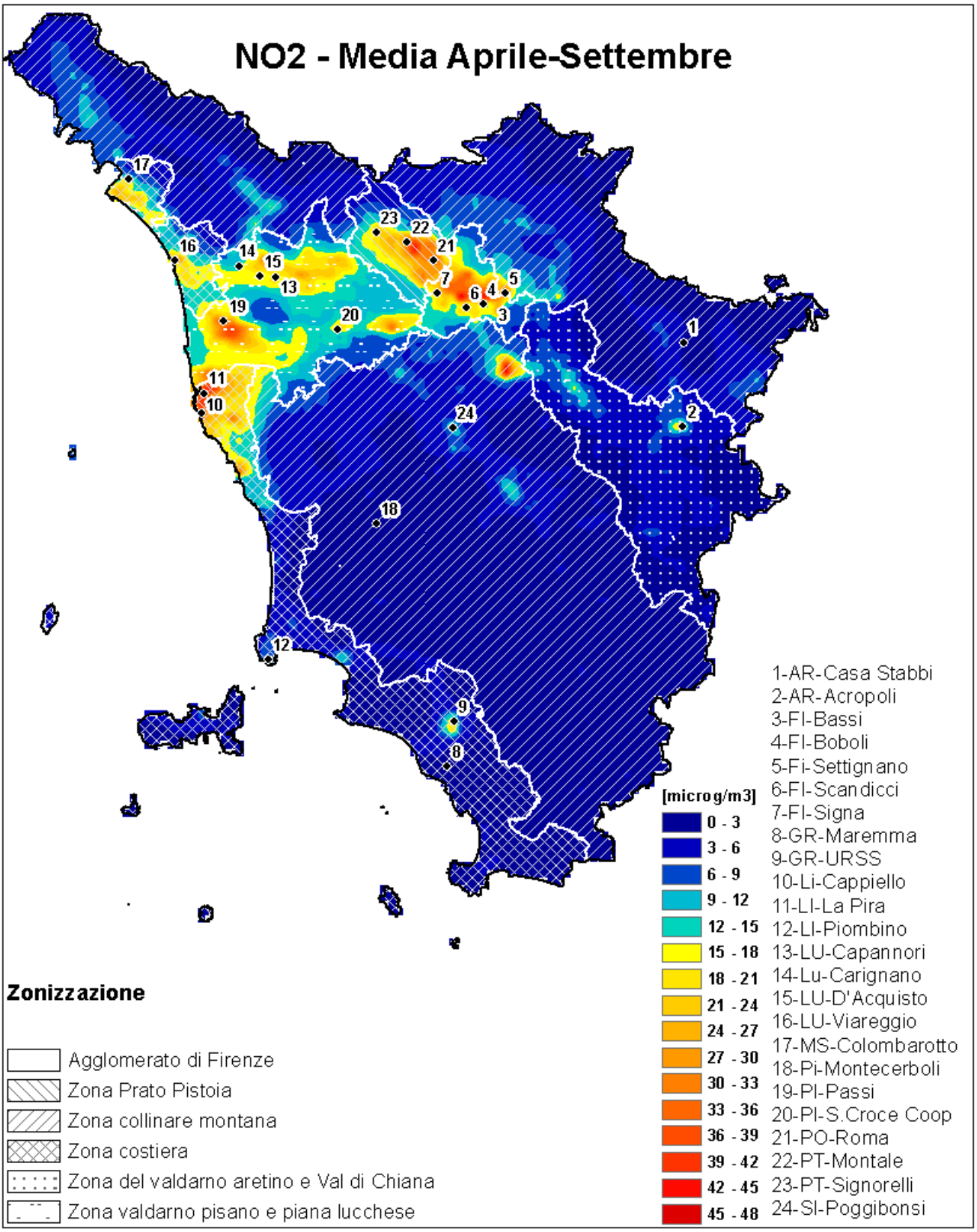


Figura 3.3-7 Mappa relativa alla concentrazione di NO2 stimata da modello WRF-CAMx, espressa come media sul semestre estivo Aprile/Settembre 2007 (microg/m3).

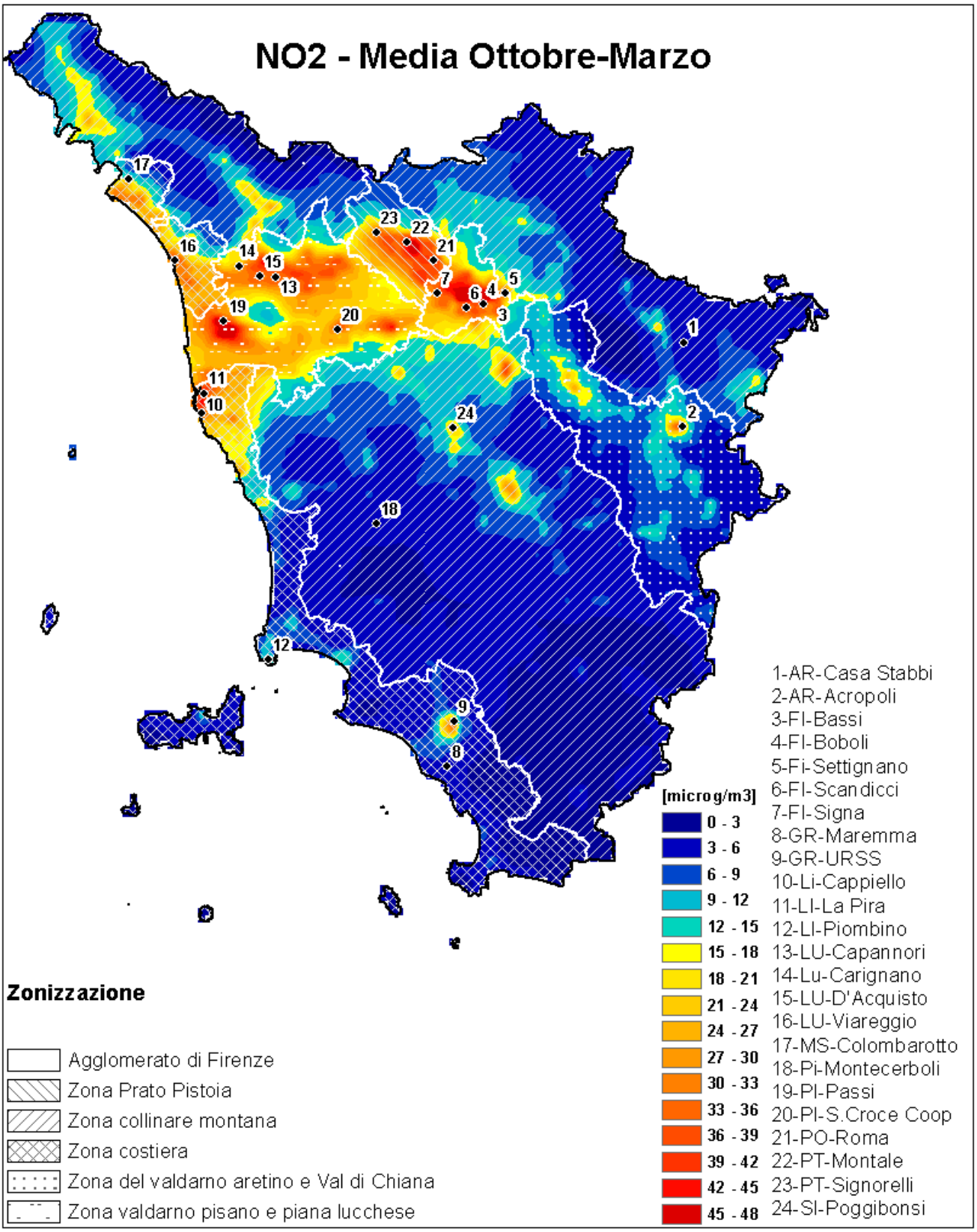


Figura 3.3-8 Mappa relativa alla concentrazione di NO2 stimata da modello WRF-CAMx, espressa come media sul semestre invernale Ottobre/Marzo 2007 (microg/m3).

NO2 - SKILL ORARI (APR/SETT)														
ID	NOME STAZIONE	DATI PRESENTI STAZIONE (%)	DATI PRESENTI MODELLO (%)	MEDIA STAZIONE	MEDIA MODELLO	STANDARD DEVIATION STAZIONE	STANDARD DEVIATION MODELLO	FB	FE	RMSE	NMSE	BIAS	CORR	IOA
1	AR-CASA-STABBI-NO2	80	100	5.24	3.22	2.17	3.10	-0.44	0.78	4.18	1.00	-1.91	0.03	0.37
2	AR-VIA-ACROPOLI-NO2	93	100	12.78	9.29	8.84	9.27	-0.31	0.77	11.95	1.19	-3.40	0.20	0.49
3	FI-BASSI-NO2	96	100	38.35	31.18	23.74	26.78	-0.20	0.67	30.59	0.78	-7.00	0.31	0.60
4	FI-BOBOLI-NO2	94	100	21.80	16.64	16.12	14.78	-0.26	0.69	18.57	0.95	-5.08	0.33	0.59
6	FI-SCANDICCI-BUOZZI-NO2	96	100	34.86	17.90	25.39	15.83	-0.64	0.82	28.81	1.33	-16.98	0.44	0.59
9	GR-VIA-URSS-NO2	87	100	12.95	11.47	10.54	9.84	-0.13	0.70	12.40	1.04	-1.56	0.27	0.54
10	LI-PIAZZA-CAPPIELLO-NO2	94	100	23.57	34.50	17.94	26.53	0.39	0.78	32.29	1.27	11.30	0.12	0.39
13	LU-CAPANNORI-NO2	81	100	43.56	18.11	15.36	13.98	-0.83	0.89	31.28	1.25	-25.54	0.25	0.43
16	LU-2VIAREGGIO-NO2	86	100	45.16	16.97	32.10	13.81	-0.90	0.97	39.98	2.06	-27.95	0.46	0.53
19	PI-PASSI-NO2	97	100	14.04	17.91	12.81	16.47	0.24	0.77	18.56	1.37	3.83	0.25	0.49
20	PI-SANTA-CROCE-COOP-NO2	95	100	20.63	19.33	13.04	15.47	-0.05	0.61	16.32	0.66	-1.00	0.36	0.61
21	PO-ROMA-NO2	59	100	20.51	33.51	17.86	27.92	0.51	0.86	33.34	1.57	13.94	0.18	0.41
22	PT-MONTALE-NO2	92	100	20.61	11.66	13.90	12.26	-0.55	0.88	19.48	1.58	-8.95	0.13	0.47
23	PT-SIGNORELLI-NO2	96	100	14.73	21.77	12.43	17.60	0.37	0.79	21.08	1.41	6.64	0.15	0.41
	MEDIA SULLE STAZIONI			***23.49***	***18.82***	***15.87***	***15.97***	***-0.20***	***0.78***	***22.77***	***1.25***	***-4.55***	***0.25***	***0.49***

NO2 - SKILL ORARI (OTT/MAR)														
ID	NOME STAZIONE	DATI PRESENTI STAZIONE (%)	DATI PRESENTI MODELLO (%)	MEDIA STAZIONE	MEDIA MODELLO	STANDARD DEVIATION STAZIONE	STANDARD DEVIATION MODELLO	FB	FE	RMSE	NMSE	BIAS	CORR	IOA
1	AR-CASA-STABBI-NO2	91	100	6.01	4.43	2.73	4.17	-0.30	0.72	4.86	0.89	-1.58	0.16	0.43
2	AR-VIA-ACROPOLI-NO2	95	100	27.48	15.79	18.97	13.79	-0.52	0.72	22.43	1.13	-11.28	0.33	0.57
3	FI-BASSI-NO2	96	100	54.23	36.47	28.56	22.46	-0.38	0.56	33.14	0.55	-17.16	0.40	0.60
4	FI-BOBOLI-NO2	93	100	36.65	33.62	23.43	20.86	-0.07	0.54	25.55	0.52	-2.56	0.35	0.61
6	FI-SCANDICCI-BUOZZI-NO2	94	100	54.43	34.66	35.74	21.84	-0.44	0.67	38.65	0.79	-19.54	0.41	0.58
9	GR-VIA-URSS-NO2	81	100	19.99	15.73	17.51	12.55	-0.25	0.66	17.36	0.97	-4.51	0.42	0.61
10	LI-PIAZZA-CAPPIELLO-NO2	94	100	25.37	36.82	17.43	23.11	0.38	0.62	25.93	0.71	12.07	0.39	0.58
13	LU-CAPANNORI-NO2	85	100	51.33	34.15	19.29	20.71	-0.42	0.55	27.73	0.45	-17.84	0.44	0.58
16	LU-2VIAREGGIO-NO2	92	100	74.08	30.72	39.65	18.65	-0.81	0.83	53.72	1.23	-42.54	0.57	0.55
19	PI-PASSI-NO2	96	100	30.56	28.59	21.14	18.11	-0.06	0.54	20.92	0.50	-1.76	0.44	0.67
20	PI-SANTA-CROCE-COOP-NO2	96	100	38.33	36.79	21.60	20.71	-0.02	0.39	19.52	0.26	-0.74	0.57	0.76
21	PO-ROMA-NO2	91	100	46.28	38.80	28.88	23.07	-0.16	0.52	30.09	0.49	-6.69	0.38	0.63
22	PT-MONTALE-NO2	95	100	26.63	15.18	16.60	15.16	-0.54	0.79	21.82	1.17	-11.39	0.32	0.57
23	PT-SIGNORELLI-NO2	96	100	30.51	31.32	19.35	19.96	0.03	0.51	21.27	0.47	1.05	0.42	0.65
	MEDIA SULLE STAZIONI			***37.28***	***28.08***	***22.21***	***18.23***	***-0.25***	***0.62***	***25.93***	***0.72***	***-8.89***	***0.40***	***0.60***

NO2 - SKILL ORARI (GEN/DIC)														
ID	NOME STAZIONE	DATI PRESENTI STAZIONE (%)	DATI PRESENTI MODELLO (%)	MEDIA STAZIONE	MEDIA MODELLO	STANDARD DEVIATION STAZIONE	STANDARD DEVIATION MODELLO	FB	FE	RMSE	NMSE	BIAS	CORR	IOA
1	AR-CASA-STABBI-NO2	85	100	5.64	3.82	2.51	3.74	-0.36	0.75	4.55	0.94	-1.74	0.14	0.42
2	AR-VIA-ACROPOLI-NO2	94	100	20.14	12.51	16.53	12.24	-0.45	0.74	17.98	1.25	-7.34	0.38	0.60
3	FI-BASSI-NO2	96	100	46.22	33.80	27.41	24.90	-0.30	0.61	31.88	0.64	-12.04	0.37	0.62
4	FI-BOBOLI-NO2	93	100	29.12	25.06	21.39	20.02	-0.14	0.59	22.29	0.67	-3.84	0.44	0.67
6	FI-SCANDICCI-BUOZZI-NO2	95	100	44.50	26.21	32.44	20.85	-0.52	0.73	34.02	0.99	-18.24	0.49	0.63
9	GR-VIA-URSS-NO2	84	100	16.32	13.58	14.74	11.40	-0.20	0.68	14.98	1.03	-2.97	0.39	0.61
10	LI-PIAZZA-CAPPIELLO-NO2	94	100	24.46	35.65	17.71	24.93	0.39	0.70	29.32	0.97	11.68	0.24	0.48
13	LU-CAPANNORI-NO2	83	100	47.52	26.07	17.90	19.34	-0.59	0.69	29.52	0.71	-21.62	0.42	0.54
16	LU-2VIAREGGIO-NO2	89	100	60.00	23.79	38.96	17.97	-0.84	0.88	47.53	1.53	-35.43	0.60	0.57
19	PI-PASSI-NO2	97	100	22.17	23.20	19.27	18.14	0.05	0.62	19.75	0.76	1.08	0.45	0.67
20	PI-SANTA-CROCE-COOP-NO2	96	100	29.40	27.99	19.89	20.35	-0.03	0.47	17.98	0.39	-0.87	0.60	0.78
21	PO-ROMA-NO2	75	100	36.08	36.13	28.09	25.25	0.04	0.62	31.41	0.73	1.47	0.31	0.59
22	PT-MONTALE-NO2	93	100	23.64	13.41	15.61	13.91	-0.55	0.83	20.69	1.34	-10.18	0.26	0.54
23	PT-SIGNORELLI-NO2	96	100	22.55	26.50	18.05	19.48	0.16	0.61	21.18	0.75	3.87	0.39	0.63
	MEDIA SULLE STAZIONI			***30.55***	***23.41***	***20.75***	***18.04***	***-0.24***	***0.68***	***24.51***	***0.91***	***-6.87***	***0.39***	***0.60***

Tabella 3.3-2 Skill relativi ai dati orari di NO_2 , valutati per le stazioni della rete regionale, relativi ai periodi Aprile/Settembre (in alto), Ottobre/Marzo (al centro) e tutto l'anno 2007 (in basso).

3.3.3 Le concentrazioni medie di O3

Di seguito sono riportate le mappe delle concentrazioni medie di ozono, calcolate però sulla base del valore massimo della media mobile su 8h secondo il D.Lgs. 155/2010. In Figura 3.3-9, Figura 3.3-10 e Figura 3.3-11, sono riportate rispettivamente la media annua, la media del periodo estivo e quella del periodo invernale.

L'ozono presenta in generale dei valori molto più uniformi sul territorio; si evidenzia una marcata variazione stagionale con valori compresi tra 90-120 µg/m3 nel semestre estivo e 50-80 µg/m3 nel semestre freddo. Nel periodo caldo i valori maggiori sono raggiunti sulla costa, nel periodo freddo i valori più bassi si trovano nelle aree più antropizzate; la mappa della concentrazione media annua evidenzia queste due tendenze.

Gli indicatori statistici, riportati in tabella 3.3.1, sono stati calcolati sulla base dei valori orari. Il confronto stime-misure evidenzia risultati molto buoni, soprattutto nel periodo estivo; in questo caso i valori stimati, affetti da una leggera sovrastima, differiscono dalle misure per pochi punti percentuali. Nel periodo invernale il modello sovrastima i valori di questo inquinante in modo importante, apportando un peggioramento agli indicatori calcolati su base annua, che tuttavia rimangono buoni.

Si può concludere che le stime di ozono sono ben riprodotte dalla catena modellistica, soprattutto nel semestre aprile-settembre, periodo di maggior interesse in quanto maggiormente critico.

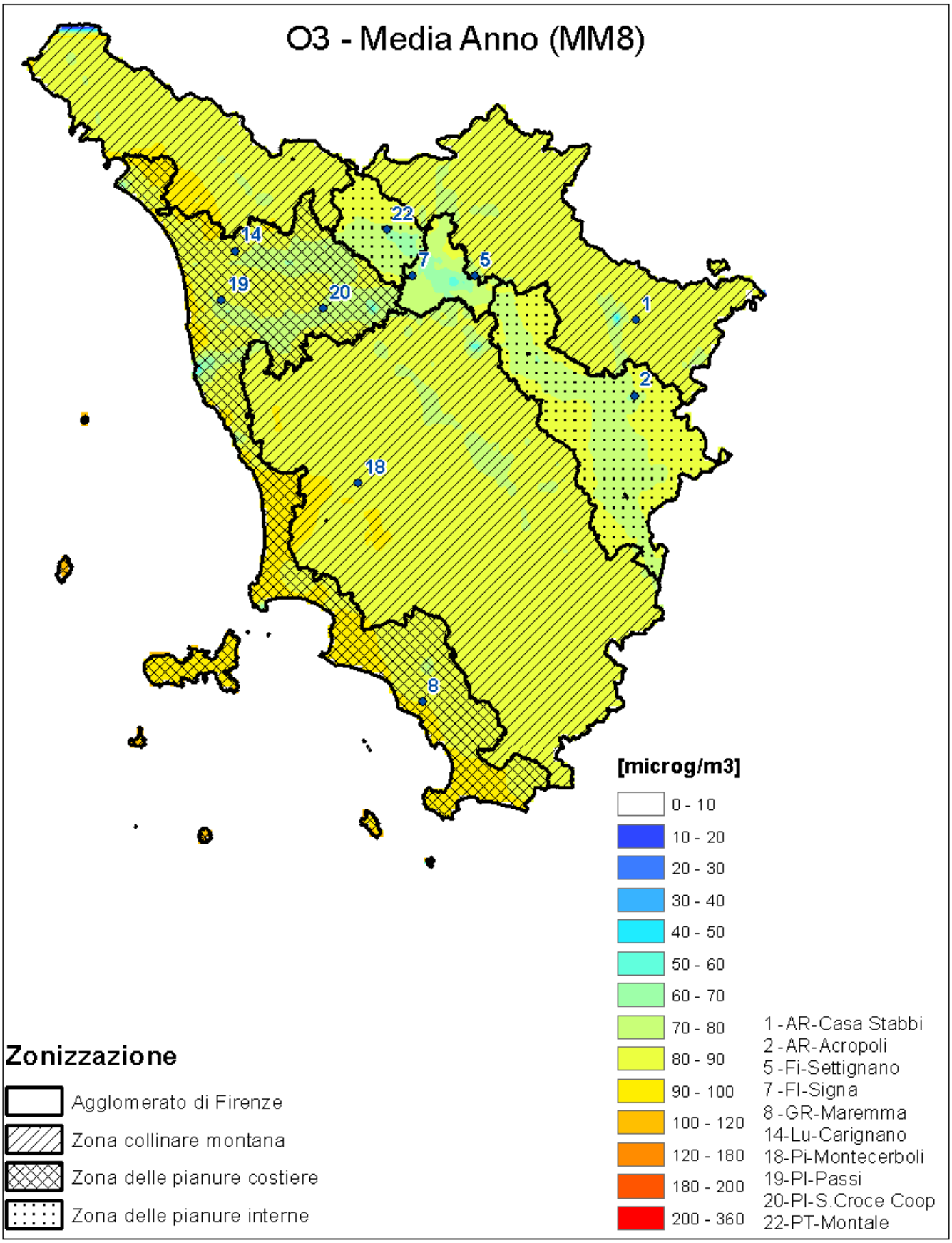


Figura 3.3-9 Mappa relativa alla concentrazione di O3 (calcolata come massimo della media mobile su 8h secondo il D.Lgs. 155/2010) stimata da modello WRF-CAMx, espressa come media annuale 2007 (microg/m3).

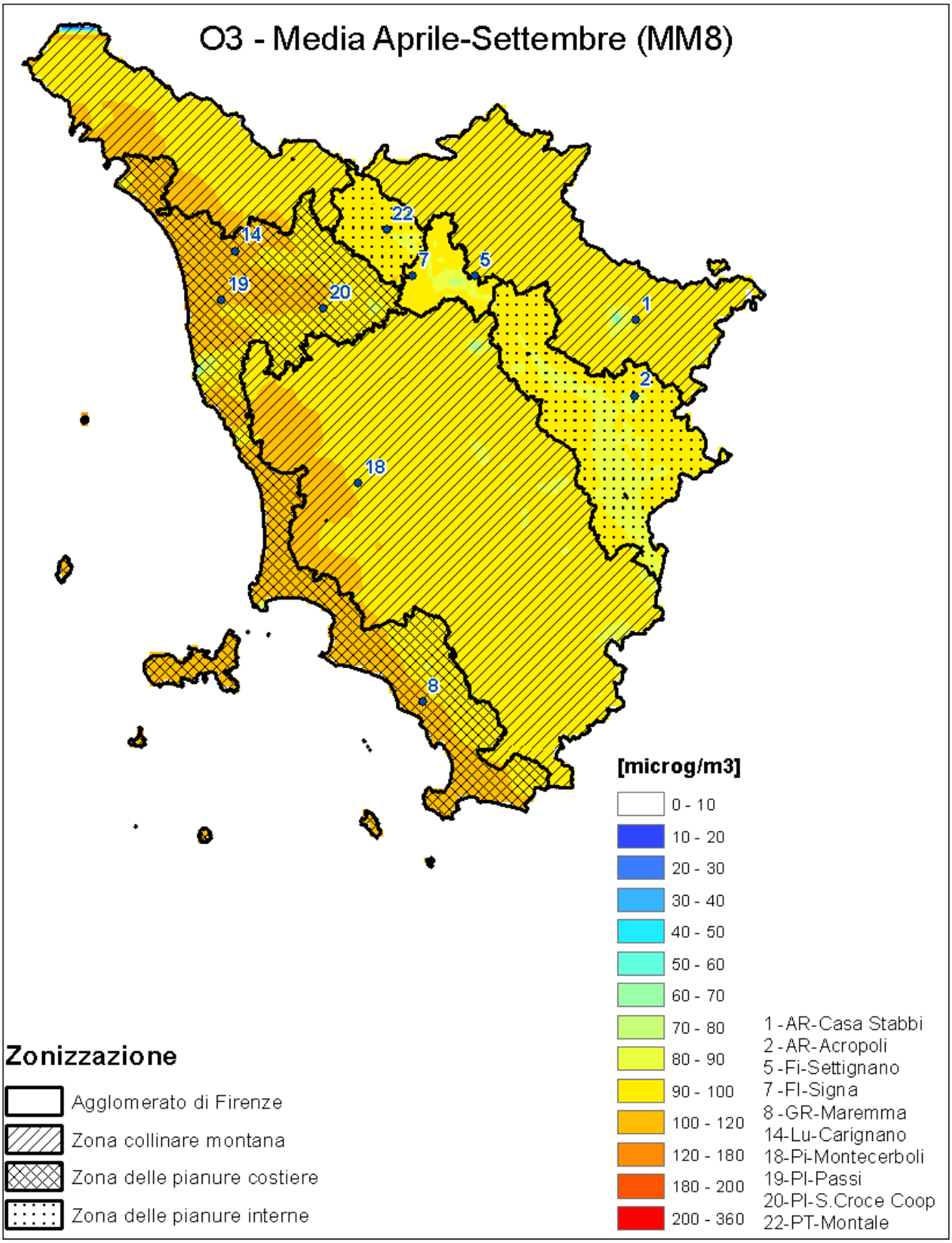


Figura 3.3-10 Mappa relativa alla concentrazione di O3 stimata da modello WRF-CAMx, espressa come media sul semestre estivo Aprile/Settembre 2007 (microg/m3).

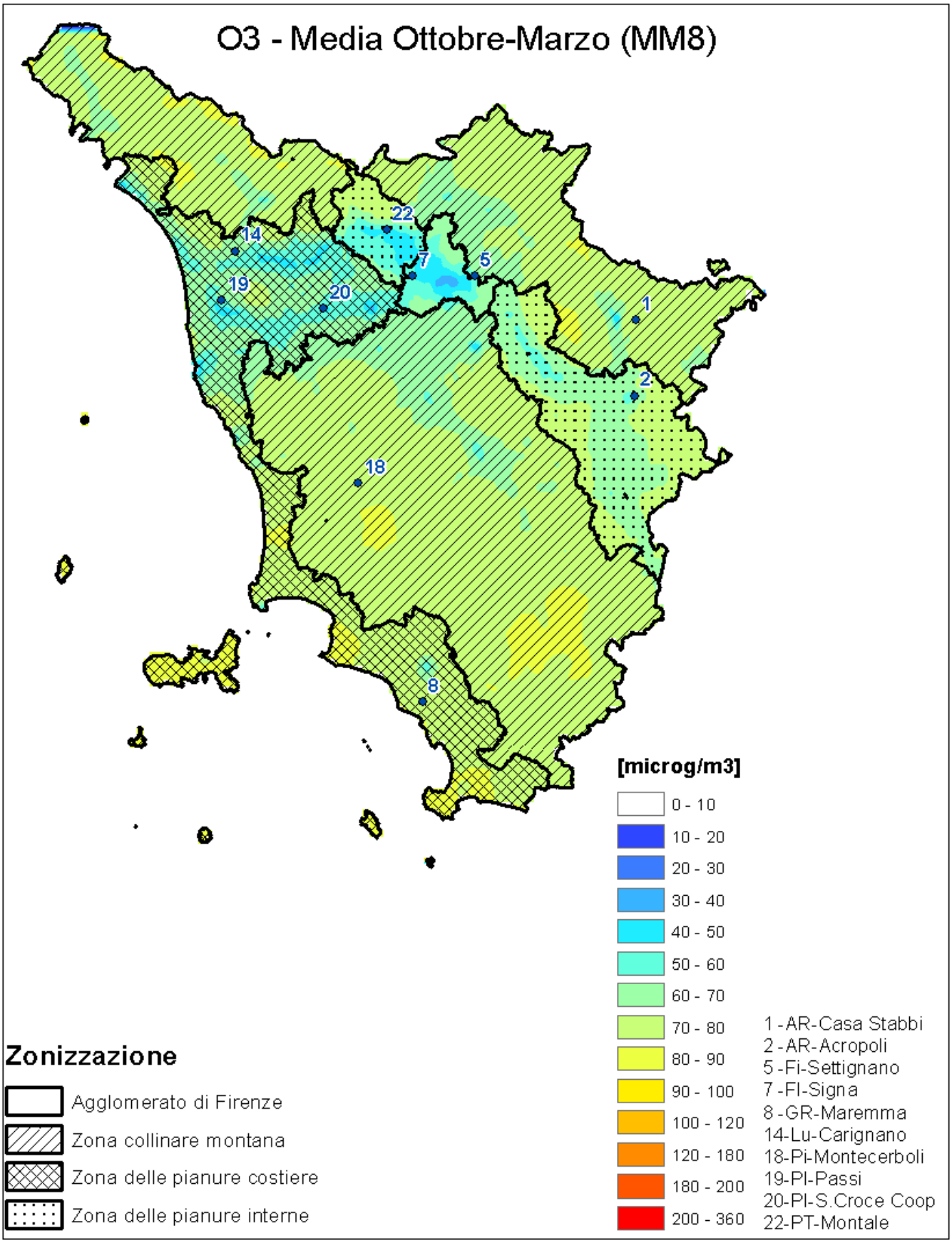


Figura 3.3-11 Mappa relativa alla concentrazione di O3 (calcolata come massimo della media mobile su 8h secondo il D.Lgs. 155/2010) stimata da modello WRF-CAMx, espressa come media sul semestre invernale Ottobre/Marzo 2007 (microg/m3).

O3 - SKILL GIORN. (APR/SETT)														
ID	NOME STAZIONE	DATI PRESENTI STAZIONE (%)	DATI PRESENTI MODELLO (%)	MEDIA STAZIONE	MEDIA MODELLO	STANDARD DEVIATION STAZIONE	STANDARD DEVIATION MODELLO	FB	FE	RMSE	NMSE	BIAS	CORR	IOA
1	AR-CASA-STABBI-O3	96	100	81.11	84.42	16.17	11.19	0.04	0.18	18.12	0.05	3.15	0.19	0.49
2	AR-VIA-ACROPOLI-O3	100	100	67.38	76.36	18.12	12.66	0.12	0.22	19.88	0.08	8.98	0.38	0.58
4	FI-BOBOLI-O3	100	100	70.89	70.84	18.33	14.91	0.00	0.20	18.65	0.07	-0.05	0.39	0.62
6	FI-SCANDICCI-BUOZZI-O3	100	100	62.46	70.05	15.43	15.51	0.11	0.22	18.35	0.08	7.60	0.42	0.62
9	GR-VIA-URSS-O3	92	100	82.30	76.00	23.70	14.16	-0.08	0.30	27.84	0.12	-6.36	0.04	0.36
10	LI-PIAZZA-CAPPIELLO-O3	99	100	83.68	72.08	15.80	16.64	-0.15	0.24	24.51	0.10	-11.59	0.11	0.44
16	LU-2VIAREGGIO-O3	45	100	69.67	86.86	15.87	13.97	0.24	0.29	27.54	0.13	18.43	0.06	0.39
19	PI-PASSI-O3	99	100	60.41	80.11	14.31	14.56	0.28	0.32	26.32	0.14	19.68	0.27	0.46
18	PI-MONTECERBOLI-BIS-O3	98	100	87.54	87.89	18.57	11.80	0.01	0.17	18.66	0.05	0.44	0.31	0.54
21	PO-ROMA-O3	86	100	68.95	58.44	22.93	15.66	-0.16	0.28	23.21	0.14	-10.32	0.47	0.64
22	PT-MONTALE-O3	97	100	67.03	78.92	19.11	12.68	0.16	0.24	22.11	0.09	12.00	0.37	0.55
	MEDIA SULLE STAZIONI			***72.86***	***76.54***	***18.03***	***13.98***	***0.05***	***0.24***	***22.29***	***0.10***	***3.81***	***0.27***	***0.52***

O3 - SKILL GIORN. (OTT/MAR)														
ID	NOME STAZIONE	DATI PRESENTI STAZIONE (%)	DATI PRESENTI MODELLO (%)	MEDIA STAZIONE	MEDIA MODELLO	STANDARD DEVIATION STAZIONE	STANDARD DEVIATION MODELLO	FB	FE	RMSE	NMSE	BIAS	CORR	IOA
1	AR-CASA-STABBI-O3	94	99	60.73	70.89	14.55	11.86	0.14	0.19	14.57	0.05	9.00	0.64	0.73
2	AR-VIA-ACROPOLI-O3	100	99	29.83	56.36	18.29	17.07	0.62	0.63	30.98	0.58	26.50	0.59	0.57
4	FI-BOBOLI-O3	96	99	28.55	36.65	22.21	15.84	0.22	0.46	18.56	0.34	7.04	0.64	0.75
6	FI-SCANDICCI-BUOZZI-O3	96	99	27.34	35.54	17.77	15.81	0.23	0.43	16.73	0.30	6.96	0.59	0.74
9	GR-VIA-URSS-O3	95	99	49.34	55.47	23.24	14.61	0.11	0.36	22.51	0.19	5.93	0.42	0.60
10	LI-PIAZZA-CAPPIELLO-O3	98	99	48.07	41.35	18.74	17.49	-0.14	0.30	17.02	0.15	-6.37	0.62	0.77
16	LU-2VIAREGGIO-O3	49	99	41.16	44.69	21.17	18.79	0.17	0.31	17.53	0.15	7.68	0.67	0.80
19	PI-PASSI-O3	98	99	30.51	44.64	17.22	17.79	0.37	0.44	20.06	0.30	13.88	0.66	0.71
18	PI-MONTECERBOLI-BIS-O3	100	99	57.54	69.99	14.45	12.87	0.19	0.21	16.49	0.07	11.90	0.66	0.70
21	PO-ROMA-O3	100	99	34.62	34.13	24.14	18.63	-0.02	0.39	17.93	0.27	-0.56	0.68	0.81
22	PT-MONTALE-O3	97	99	26.76	57.17	19.18	19.20	0.72	0.73	33.94	0.77	29.66	0.63	0.57
	MEDIA SULLE STAZIONI			***39.50***	***49.72***	***19.18***	***16.36***	***0.24***	***0.40***	***20.57***	***0.29***	***10.15***	***0.62***	***0.70***

O3 - SKILL GIORN. (GEN/DIC)														
ID	NOME STAZIONE	DATI PRESENTI STAZIONE (%)	DATI PRESENTI MODELLO (%)	MEDIA STAZIONE	MEDIA MODELLO	STANDARD DEVIATION STAZIONE	STANDARD DEVIATION MODELLO	FB	FE	RMSE	NMSE	BIAS	CORR	IOA
1	AR-CASA-STABBI-O3	95	99	71.17	77.73	18.38	13.54	0.08	0.18	16.47	0.05	6.03	0.57	0.71
2	AR-VIA-ACROPOLI-O3	100	99	48.57	66.47	26.25	18.12	0.31	0.37	25.98	0.21	17.66	0.69	0.71
4	FI-BOBOLI-O3	98	99	50.24	53.94	29.36	23.40	0.07	0.27	18.61	0.13	3.40	0.78	0.87
6	FI-SCANDICCI-BUOZZI-O3	98	99	45.37	52.99	24.21	23.78	0.15	0.28	17.58	0.13	7.29	0.78	0.86
9	GR-VIA-URSS-O3	94	99	65.55	65.85	28.72	17.76	0.00	0.32	25.30	0.15	-0.18	0.49	0.65
10	LI-PIAZZA-CAPPIELLO-O3	99	99	65.99	56.88	24.92	22.93	-0.15	0.26	21.15	0.12	-9.02	0.68	0.80
16	LU-2VIAREGGIO-O3	48	99	54.98	66.01	23.38	25.34	0.21	0.30	22.95	0.14	12.90	0.70	0.77
19	PI-PASSI-O3	99	99	45.60	62.57	21.75	24.12	0.31	0.36	23.44	0.19	16.81	0.75	0.76
18	PI-MONTECERBOLI-BIS-O3	99	99	72.57	79.04	22.34	15.39	0.08	0.19	17.61	0.05	6.18	0.67	0.77
21	PO-ROMA-O3	93	99	50.43	46.42	29.05	21.14	-0.11	0.33	20.58	0.19	-5.14	0.73	0.82
22	PT-MONTALE-O3	97	99	46.86	68.16	27.87	19.85	0.36	0.42	28.61	0.26	20.78	0.71	0.71
	MEDIA SULLE STAZIONI			***56.12***	***63.28***	***25.11***	***20.49***	***0.12***	***0.30***	***21.66***	***0.15***	***6.97***	***0.69***	***0.77***

Tabella 3.3-3 Skill relativi al massimo giornaliero calcolato sulla media mobile a 8 ore di O_3 (calcolata secondo il D.Lgs. 155/2010) , valutati per le stazioni della rete regionale, relativi ai periodi Aprile/Settembre (in alto), Ottobre/Marzo (al centro) e tutto l'anno 2007 (in basso)

4 RISULTATI

4.1 Rappresentatività spaziale per PM10

I risultati della rappresentatività ottenuti applicando il metodo 2 ed il metodo 3 sono parte di documenti già trasmessi alla Regione. Di seguito vengono presentati i risultati relativi all'integrazione dei due metodi.

Per combinare i risultati del metodo 2 e del metodo 3 al fine di ricondurre la rappresentatività delle stazioni ai confini amministrativi, è stato necessario in primo luogo sovrapporre le aree individuate attraverso il ß e le concentrazioni da modello. Per ciascuna delle due aree sono stati individuati i comuni interessati e sono state calcolate le relative coperture definite come percentuale (%) di superficie comunale ricadente all'interno dell'area di rappresentatività stessa.

I risultati ottenuti sono esposti in maniera qualitativa nel paragrafo 4.1.1, attraverso il commento delle aree risultanti su mappa e l'esame della sovrapposizione in relazione ai confini comunali, la topografia, l'uso del suolo ed i confini della zonizzazione. Le stazioni sono esaminate singolarmente all'interno di sezioni organizzate per zona in modo da permettere anche valutazioni comparative. All'inizio di ciascuna sezione è riportata una tabella che riassume gli elementi quantitativi relativi ai risultati dei singoli metodi e contiene l'elenco dei comuni toccati dall'area di rappresentatività di almeno una delle stazioni della zona, con relative coperture secondo il metodo 2 e secondo il metodo 3.

Nel paragrafo 4.1.2 si passa quindi dall'esame qualitativo alla individuazione dei comuni che possono essere rappresentati da ogni singola stazione attraverso l'applicazione di soglie e criteri appositamente individuati.

Sono stati inoltre identificati alcuni criteri di selezione per risolvere la quasi totalità dei comuni che, ad una prima stima, risultavano attribuibili a più di una stazione.

Infine, nelle conclusioni del documento i risultati ottenuti dalla combinazione dei due metodi sono analizzati in maniera critica e vengono proposti, a livello qualitativo, alcuni ulteriori elementi di valutazione che possono essere considerati dal decisore finale sulla base della conoscenza del territorio o di ragioni di opportunità.

4.1.1 Integrazione del Metodo2 e del Metodo3

Le mappe presentate in questa sezione sono ottenute attraverso la sovrapposizione di più strati informativi. I livelli principali sono costituiti dalle aree di rappresentatività ottenute con i due metodi. Per il metodo ß si tratta sempre di aree circolari centrate,

ad eccezione di Montale, sulla stazione. Per il metodo 3 l'area è rappresentata in rosso con pixel di 2km. La superficie regionale è riprodotta da un layer topografico, che mette in evidenza la struttura delle aree abitate e le principali vie di comunicazione, e da un layer di uso del suolo in cui le classi Corine Land Cover sono aggregate secondo la metodologia utilizzata per il calcolo dell'indice ß. A livello amministrativo sono riportati i confini comunali e, in rosso, i confini della zonizzazione ex D.Lgs 155/2010.

Le mappe così composte permettono di effettuare una valutazione dei risultati ottenuti secondo 3 principali punti di vista:

- accordo o disaccordo nella risposta dei due metodi nell'attribuire ampia o scarsa rappresentatività ad una stazione;
- valutazione del grado di sovrapposizione delle aree individuate;
- valutazione e confronto del tipo di area rappresentata secondo ciascuno dei due metodi (es. area urbana, residenziale, naturale ecc).

Zona Costiera

Per la zona costiera sono state esaminate le 6 stazioni di fondo di rete regionale di MS-Colombarotto, Lu-Viareggio, LI-Cappiello, LI-ParcoVIII Marzo e Gr-URSS.

In tabella 4.1.1.1 sono riportate per ciascuna stazione le percentuali di area comunale coperte dall'area di rappresentatività stimata con ciascuno dei due metodi. Nei casi in cui il metodo 3 non ha fornito risultati è riportato "n.d".

Comune/Stazione	*MS-Colombarotto*		*LU-Viareggio*		*LI-LaPira*		*LI-Cappiello*		*LI-Parco VIIIMarzo*		*GR-URSS*	
	M2	**M3**	**M2**	**M3**	**M2**	**M3**	**M2**	**M3**	**M2**	**M3**	**M2**	**M3**
Collesalvetti				n.d.	3%	24%	2%	4%		n.d.		n.d.
Livorno				n.d.	22%	29%	88%	19%		n.d.		n.d.
Pisa				n.d.	<1%	2%				n.d.		n.d.
Camaiore			7%	n.d.						n.d.		n.d.
Massarosa			4%	n.d.						n.d.		n.d.
Viareggio			34%	n.d.						n.d.		n.d.
Carrara	98%	45%		n.d.						n.d.		n.d.
Fosdinovo		33%		n.d.						n.d.		n.d.
Massa	53%	9%		n.d.						n.d.		n.d.
Montignoso		24%		n.d.						n.d.		n.d.
Pietrasanta		34%		n.d.						n.d.		n.d.
Seravezza		10%		n.d.						n.d.		n.d.
Stazzema		2%		n.d.						n.d.		n.d.
Piombino				n.d.					11%	n.d.		n.d.
Grosseto				n.d.						n.d	6%	n.d

Tabella 4.1.1-1. Comuni interessati e % di superficie comunale coperta dall'area di rappresentatività M2-M3.

MS-Colombarotto:

La stazione di Colombarotto è classificata come urbana fondo ed è situata nel comune di Carrara in un'area confinante con un parcheggio attigua ad un edificio comunale ad una quota s.l.m di 98 m.

In figura 4.1.1.2 è riportata la mappa della stazione. Sono visibili le aree coperte dal metodo 3 (in rosso) e dal metodo 2 (buffer circolare intorno alla stazione), sovrapposte ad un livello topografico ed uno di uso del suolo. Il perimetro rosso traccia i confini della zonizzazione.



Figura 4.1.1-1. Vista stazione di Colombarotto

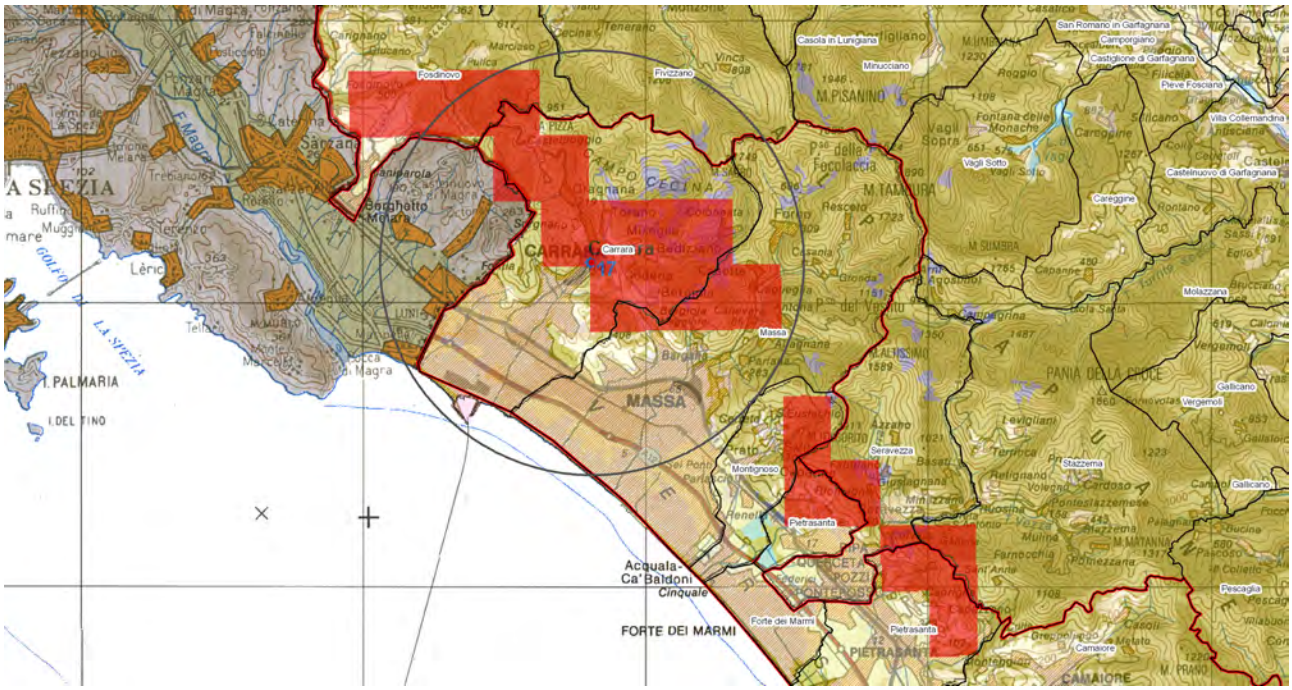


Figura 4.1.1-2. Mappa delle aree di rappresentatività MS-Colombarotto

Per la stazione di MS Colombarotto i due metodi forniscono risultati coerenti anche se l'area del metodo 3, differentemente dal buffer circolare, si allunga sull'asse nord-ovest/sud-est seguendo la linea della costa e raggiungendo, oltre a Massa,Carrara e Fosdinovo, i comuni di Montignoso e Pietrasanta.

Nell'area individuata dal ß, che interessa in maniera prevalente i comuni di Massa e Carrara, l'uso del suolo ha un'importante componente naturale; verso sud ovest rispetto al sito continua ad estendersi la città con aree residenziali discontinue ed aree industriali e commerciali, mentre ad est è presente la maggior quota di aree naturali ed un contributo tipico della zona del marmo, quello delle aree estrattive.

LU-Viareggio:

La stazione è situata nel comune di Viareggio. Sono riportate di seguito la foto della stazione (Figura 4.1.1.3) e la mappa con le aree di rappresentatività stimate attraverso i due metodi (Figura 4.1.1.4).

L'area di rappresentatività della stazione di Viareggio è stata stimata con il solo metodo 2.



Figura 4.1.1-3. Vista stazione di Viareggio

La stazione di Viareggio, secondo i risultati di ß, ha associata un'area di superamento di raggio 3 km, strettamente limitata al centro urbano che, tra aree residenziali continue e discontinue, copre il 41% dell'area rappresentata, ed ai dintorni più prossimi.

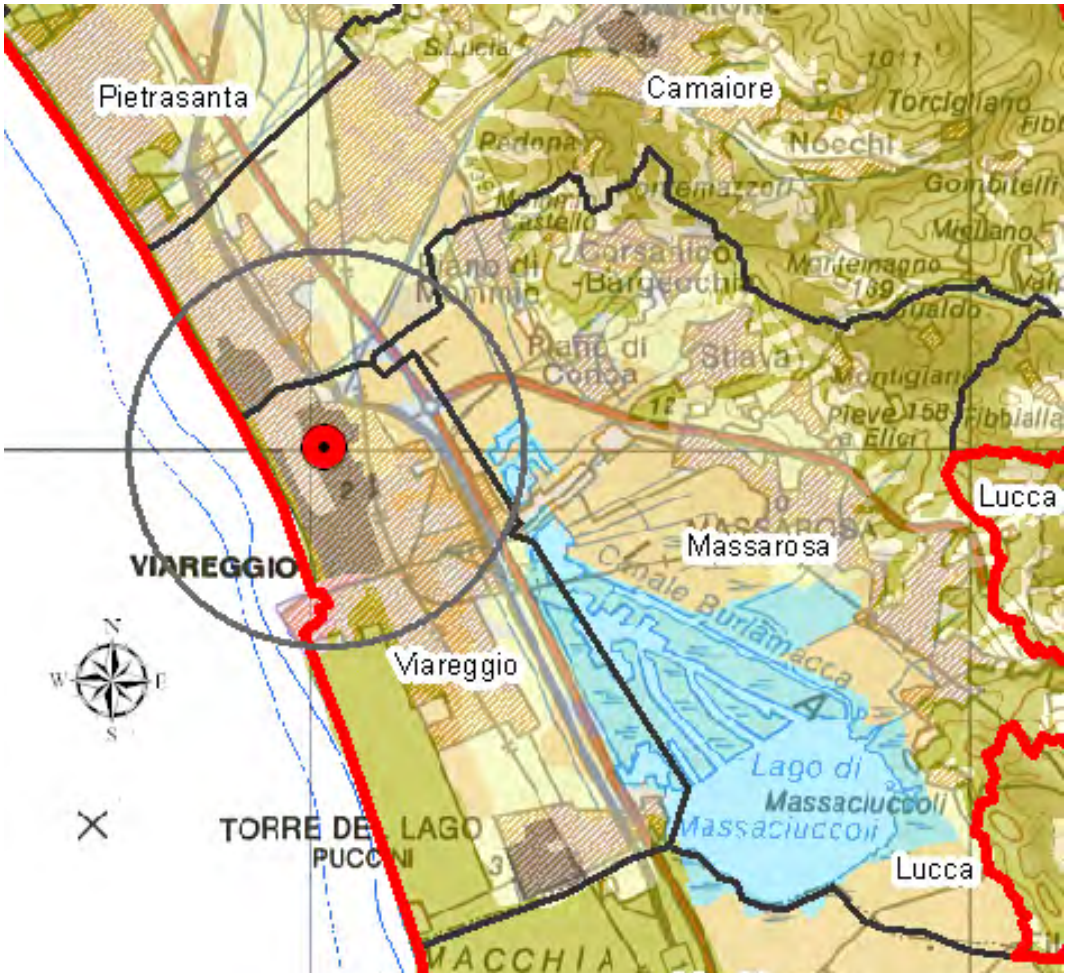


Figura 4.1.1-4. Mappa aree di rappresentatività della stazione di Viareggio

LI-La Pira:

La stazione urbana a nord di Livorno è stata ricollocata nella posizione definitiva per la rete regionale a settembre 2014 in via La Pira. Di seguito sono riportate la foto della stazione (Figura 4.1.1.5) e la mappa con le aree di rappresentatività stimate attraverso i due metodi (Figura 4.1.1.6).



Figura 4.1.1-5. Vista stazione di Livorno La Pira

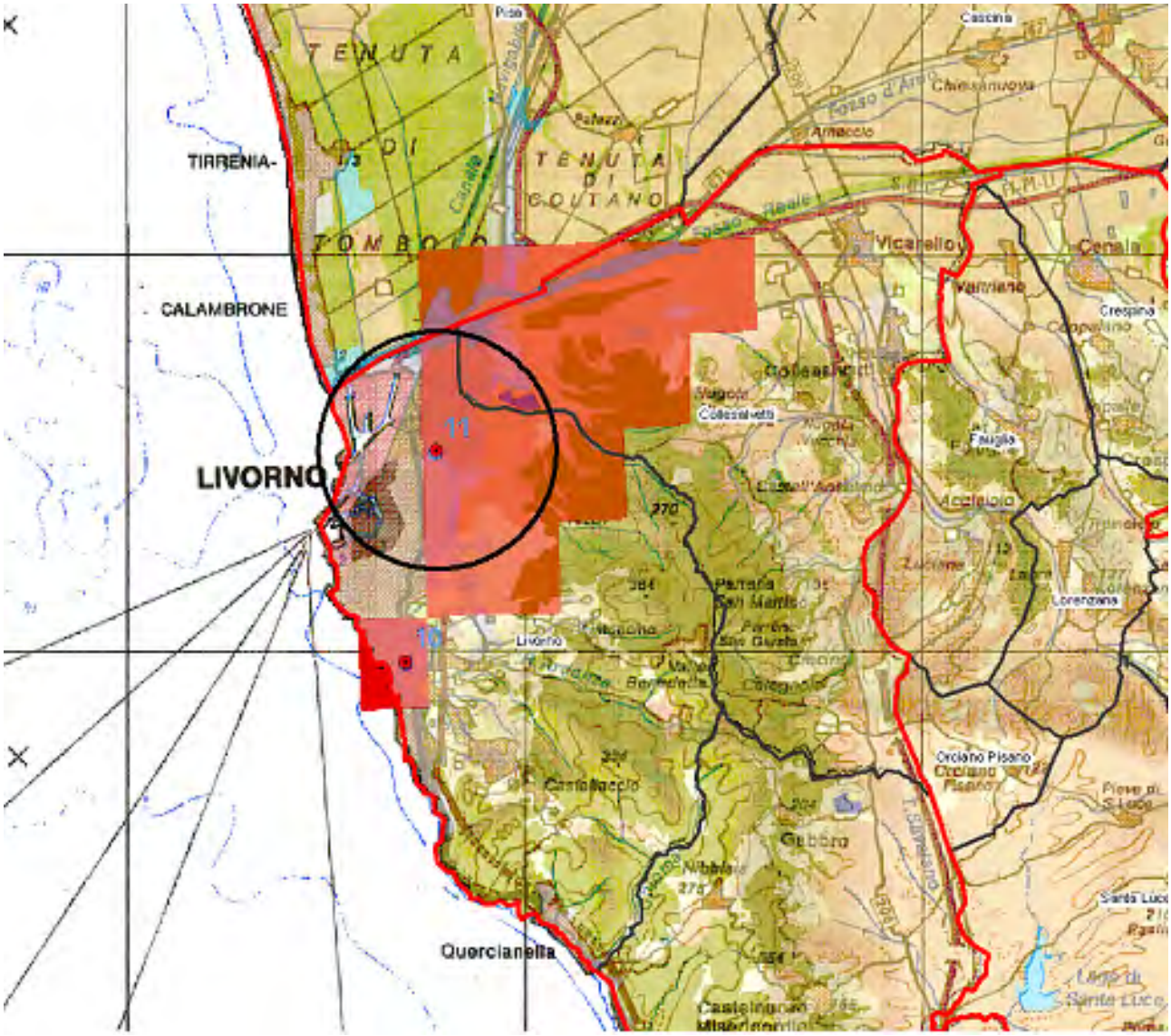


Figura 4.1.1-6. Mappa di rappresentatività stazione di Livorno La Pira

La stazione di Livorno La Pira è situata nella zona nord della città proprio al confine tra area urbana ed industriale. Entrambi i metodi restituiscono una discreta rappresentatività in un'area piuttosto localizzata nell'intorno della stazione.

Il metodo 2 dà come risultato un buffer di raggio di 3 km nel quale il contributo di uso del suolo è quasi esclusivamente di tipo urbano e industriale comprensivo dell'area portuale. La stazione di La Pira risulta in questo senso maggiormente orientata a rappresentare le principali pressioni della città, differenziandosi come apparirà più chiaro in seguito dall'altra stazione urbana fondo della città, LI-Cappiello.

Il metodo 3 comprende per intero il semicerchio a est del buffer ß. L'area individuata dal metodo 3 si estende inoltre verso l'interno nel confinante comune di Collesalvetti coprendo l'area occupata dalla raffineria. Da questo risultato, e dall'integrazione con le considerazioni del metodo 2, si può concludere che la stazione, coerentemente con lo scopo del suo posizionamento, risulta essere idonea a rappresentare l'area con le maggiori pressioni di tipo industriale della città di Livorno.

LI-Cappiello:

La stazione di Cappiello è collocata in un'area residenziale nella zona sud della città di Livorno. Di seguito sono riportate la foto della stazione (Figura 4.1.1.7) e la mappa con le aree di rappresentatività stimate attraverso i due metodi (Figura. 4.1.1.8).



Figura 4.1.1-7. Vista stazione di Cappiello

La zona in cui è collocata la stazione è costituita prevalentemente da tessuto residenziale discontinuo e da una quota di zone agricole. Secondo il metodo 3, la stazione rappresenta prevalentemente l'area sud di Livorno con contributi discontinui meno significativi al confine con Pisa e con Collesalvetti. Confrontando questo risultato con quanto ottenuto, sempre con il metodo 3, per la stazione di La Pira si può osservare una suddivisione della città tra le due stazioni che rappresentano, pur con qualche sovrapposizione, l'area nord, dove si concentrano le maggiori pressioni, e quella sud di tipo residenziale.

Il metodo 2 attribuisce alla stazione di Cappiello una rappresentatività molto ampia (buffer di raggio 7,5 km) che va ad includere totalmente la superficie comunale e quindi anche l'area già rappresentata da La Pira.

Ciò si verifica in quanto all'inclusione nel buffer del tessuto urbano continuo della città di Livorno, dell'area industriale e del porto, corrispondono ad est della città ingressi di aree boschive, i cui contributi compensano nel ß quelli urbani e industriali. Se ne ricava che, mentre la stazione di La Pira (che anche secondo il metodo 2 ha una rappresentatività limitata all'area nord della città) risulta maggiormente orientata a rappresentare le principali pressioni della città, la stazione di Cappiello risente di un fondo in cui tali pressioni sono bilanciate da contributi "extraurbani", a minore impatto

emissivo. Quest'ultima conclusione risulta particolarmente interessante dal momento che appare coerente con i risultati del metodo 3.

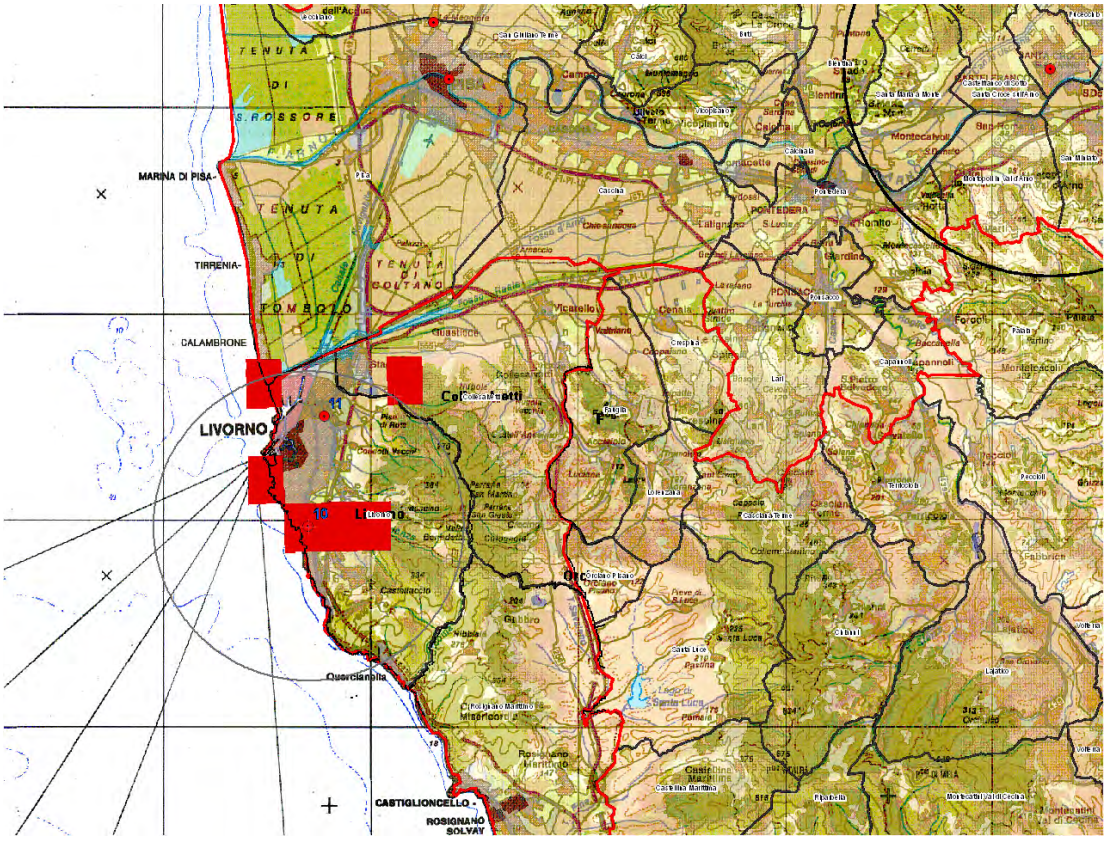


Figura 4.1.1-8. Mappa aree di rappresentatività LI-Cappiello

LI-Parco VIII Marzo:

La stazione di Parco VIII Marzo si trova nel comune di Piombino ed è stata ricollocata nella posizione definitiva, selezionata per la rete regionale, durante il 2014. Di seguito è riportata la mappa con le aree di rappresentatività stimate attraverso i due metodi (Figura 4.1.1.10).



Figura 4.1.1-9. Vista stazione LI-Parco VIII Marzo

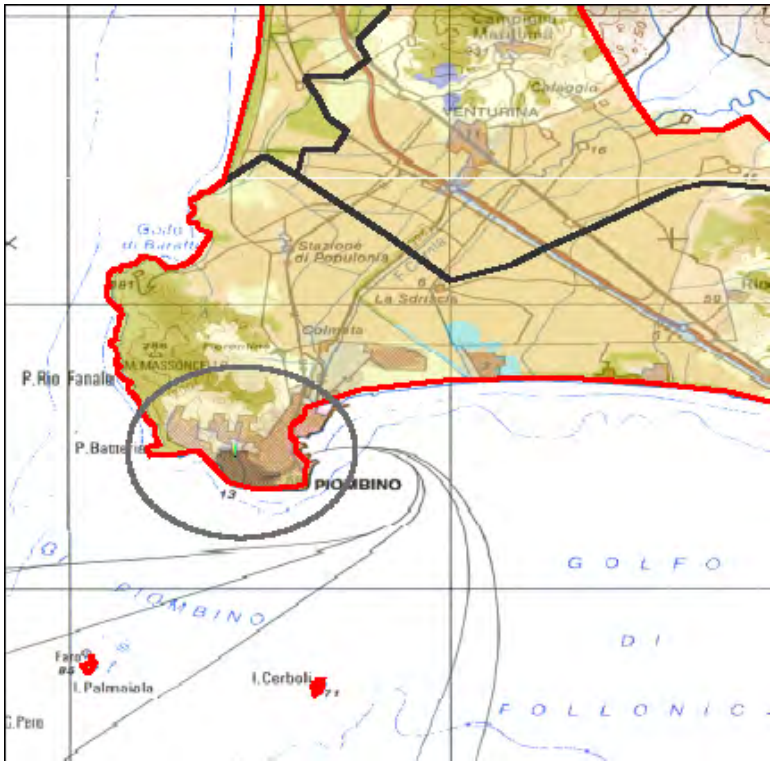


Figura 4.1.1-10. Mappa aree di rappresentatività LI-Parco VIII Marzo

La stazione urbana fondo di Piombino, Parco VIII marzo, ha un'area di rappresentatività risultante dall'applicazione del solo metodo 2. La stazione risulta rappresentativa esclusivamente dell'area urbana del comune che la ospita, in un buffer intorno al sito di raggio 3 km. Le frazioni di uso del suolo maggiormente presenti in quest'area sono le aree residenziali continue e discontinue, l'area industriale, quasi interamente compresa nel buffer, ed il porto.

GR-URSS:

La stazione di di URSS è collocata nel comune di Grosseto in area urbana di fondo. Di seguito sono riportate la foto della stazione (Figura 4.1.1.11) e la mappa con le aree di rappresentatività stimate attraverso i due metodi (Figura 4.1.1.12).

Per la stazione di GR URSS si ha soltanto il risultato del metodo 2. La distribuzione dell'uso del suolo nell'intorno della stazione è molto simile in un raggio di 2 e 3 km; a 5 km di distanza, la quota urbana diminuisce drasticamente, sostituita da aree dedicate a seminativi che, per la zona costiera, non contribuiscono all'indice ß. Ne consegue pertanto che l'area di rappresentatività della stazione sia contenuta entro il raggio di 3 km, in cui è compreso l'intero centro urbano di Grosseto.



Figura 4.1.1-11. Vista stazione di GR-URSS

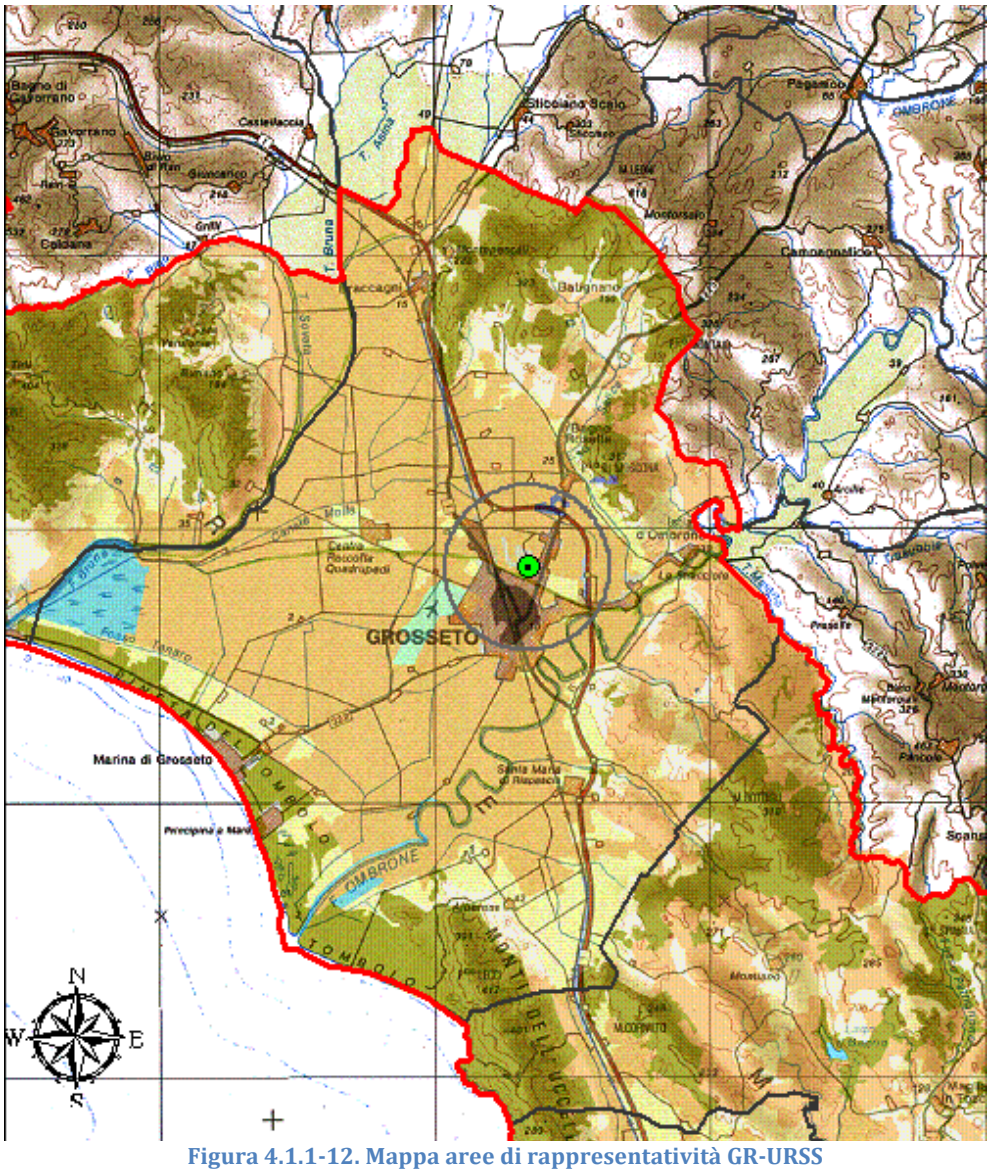


Figura 4.1.1-12. Mappa aree di rappresentatività GR-URSS

Zona collinare montana

Per la zona collinare montana sono state esaminate le 3 stazioni di fondo di rete regionale di Pi-Montecerboli, SI-Poggibonsi, AR-Casa Stabbi.

In tabella 4.1.1.2 sono riportate per ciascuna stazione le percentuali di area comunale coperte dall'area di rappresentatività stimata con ciascuno dei due metodi. Nei casi in cui il metodo 3 non ha fornito risultati è riportato "n.d."

Comune / Stazione	*PI-Montecerboli*		*AR-CasaStabbi*		*SI-Poggibonsi*	
	M2	**M3**	**M2**	**M3**	**M2**	**M3**
Anghiari				9%		n.d
Barberino Val D'Elsa					25%	n.d
Bibbiena				46%		n.d
Caprese Michelangelo			1%	66%		n.d
Casole d'Elsa		94%				n.d
Castel Focognao				28%		n.d
Castel San Niccolo'				29%		n.d
Castellina in Chianti		2%				n.d
Castelnuovo di Val di Cecina	2%	94%				n.d
Chianni		26%				n.d
Chitignano			<1%	100%		n.d
Chiusdino		73%				n.d
Chiusi della Verna			3%	63%		n.d
Colle di Val d'Elsa		35%			5%	n.d
Gambassi Terme		10				n.d
Lajatico		39				n.d
Montecatini Val di Cecina		23%				n.d
Montemignaio				46%		n.d
Monteriggioni		56%				n.d
Monteverdi Marittimo		4%				n.d
Monticiano		18%				n.d
Montieri		4%				n.d
Murlo		3%				n.d
Ortignano Raggiolo				11%		n.d
Pieve Santo Stefano				5%		n.d
Poggibonsi					67%	n.d
Pomarance	12%	95%				n.d
Poppi				33%		n.d
Pratovecchio				42%		n.d
Radicondoli		90%				n.d
San Gimignano		22%			8%	n.d
Sovicille		6%				n.d
Stia				19%		n.d
Subbiano			57%	51%		n.d
Talla				20%		n.d
Volterra		17%				n.d.

Tabella 4.1.1-2. Comuni interessati e % di superficie comunale coperta dall'area di rappresentatività M2-M3

PI-Montecerboli:

La stazione di Montecerboli è collocata in area geotermica in una zona aperta ed è classificata come periferica fondo. La quota s.l.m. è di 353 m. Di seguito sono riportate la foto della stazione (Figura 4.1.1.13) e la mappa con le aree di rappresentatività stimate attraverso i due metodi (Figura 4.1.1.14).



Figura 4.1.1-13. Vista stazione di Montecerboli

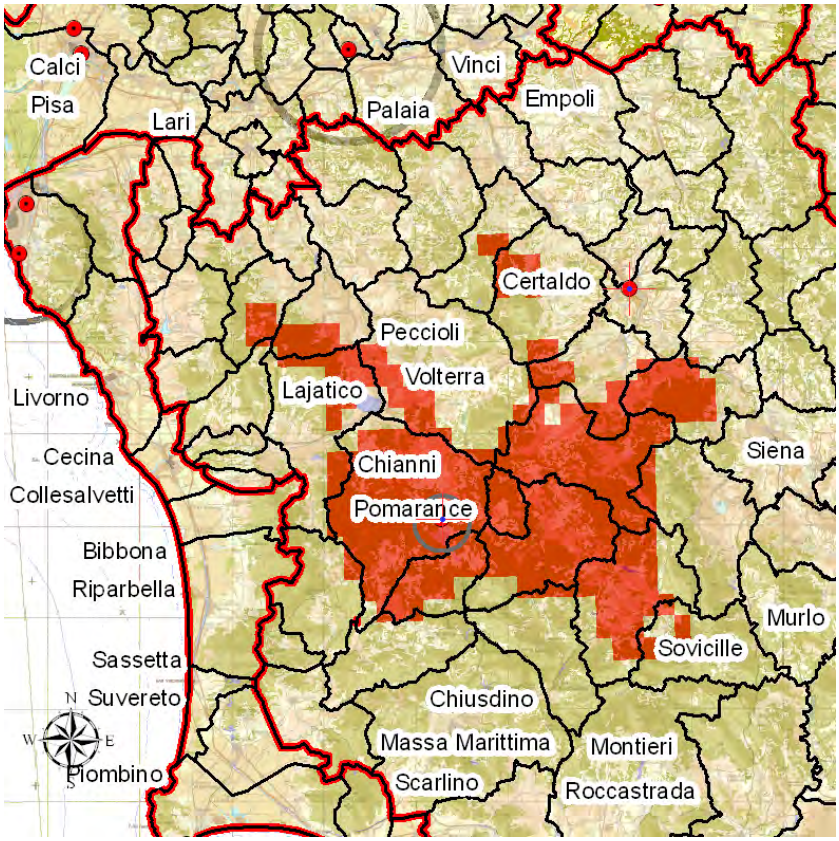


Figura 4.1.1-14. Mappa aree di rappresentatività Montecerboli

Sulla stazione di Montecerboli il metodo 2 restituisce un'area di rappresentatività molto ridotta e ciò appare dubbio, anche in considerazione del fatto che la stazione è di tipo periferica. L'uso del suolo nelle immediate vicinanze della stazione, è prevalentemente naturale; il fatto che il buffer iniziale, di raggio 2 km, sia per una buona metà occupato da suolo di tipo boschivo fa sì che il valore dell'indice risulti particolarmente basso e, di conseguenza, l'intervallo di accettabilità per la sua variazione molto ristretto. Perciò già oltre i 3 km la variazione di ß risulta non accettabile. L'alta percentuale di aree naturali nel buffer iniziale suggerisce, come meglio illustrato di seguito nel caso della stazione di Ar-Casa Stabbi, una interpretazione diversa e più ampia della rappresentatività delle stazioni posizionate in aree rurali o molto periferiche.

I dubbi sui risultati dell'indice ß per la stazione di Montecerboli sono confermati dall'applicazione del metodo 3, secondo il quale l'area di rappresentatività risulta molto estesa coerentemente con quanto atteso per il tipo di classificazione e collocazione della stazione. L'area stimata con il metodo 3 interessa il territorio di 13 comuni, tutti appartenenti alla zona collinare montana, alcuni dei quali risultano completamente coperti.

SI-Poggibonsi:

La stazione è ubicata nel comune di Poggibonsi in area urbana ad una quota di 105 m s.l.m. Di seguito sono riportate la foto della stazione (Figura 4.1.1.15) e la mappa con le aree di rappresentatività stimate attraverso i due metodi (Figura 4.1.1.16).



Figura 4.1.1-15. Vista stazione di Poggibonsi

Per la stazione di Poggibonsi l'area di rappresentatività è ricavata dal solo metodo 2, in quanto si tratta di uno dei casi per cui il metodo 3 non fornisce un risultato.

Attorno al sito della stazione di Poggibonsi la distribuzione dell'uso del suolo è piuttosto uniforme e comprende sostanzialmente le classi: zone residenziali discontinue, aree industriali/commerciali e di servizio, seminatavi, zone agricole, zone boscate. Ne risulta una rappresentatività spaziale piuttosto ampia e pari ad un raggio di 5 km. Come accade per molte delle stazioni urbane, la stazione cessa di essere rappresentativa quando il contributo "urbano" dato dalle zone residenziali, che in genere ha il maggiore potenziale emissivo ed è totalmente incluso nel buffer iniziale dei 2 km, diminuisce come peso percentuale con l'entrata nel raggio di rappresentatività di classi di uso del suolo a potenziale emissivo minore.

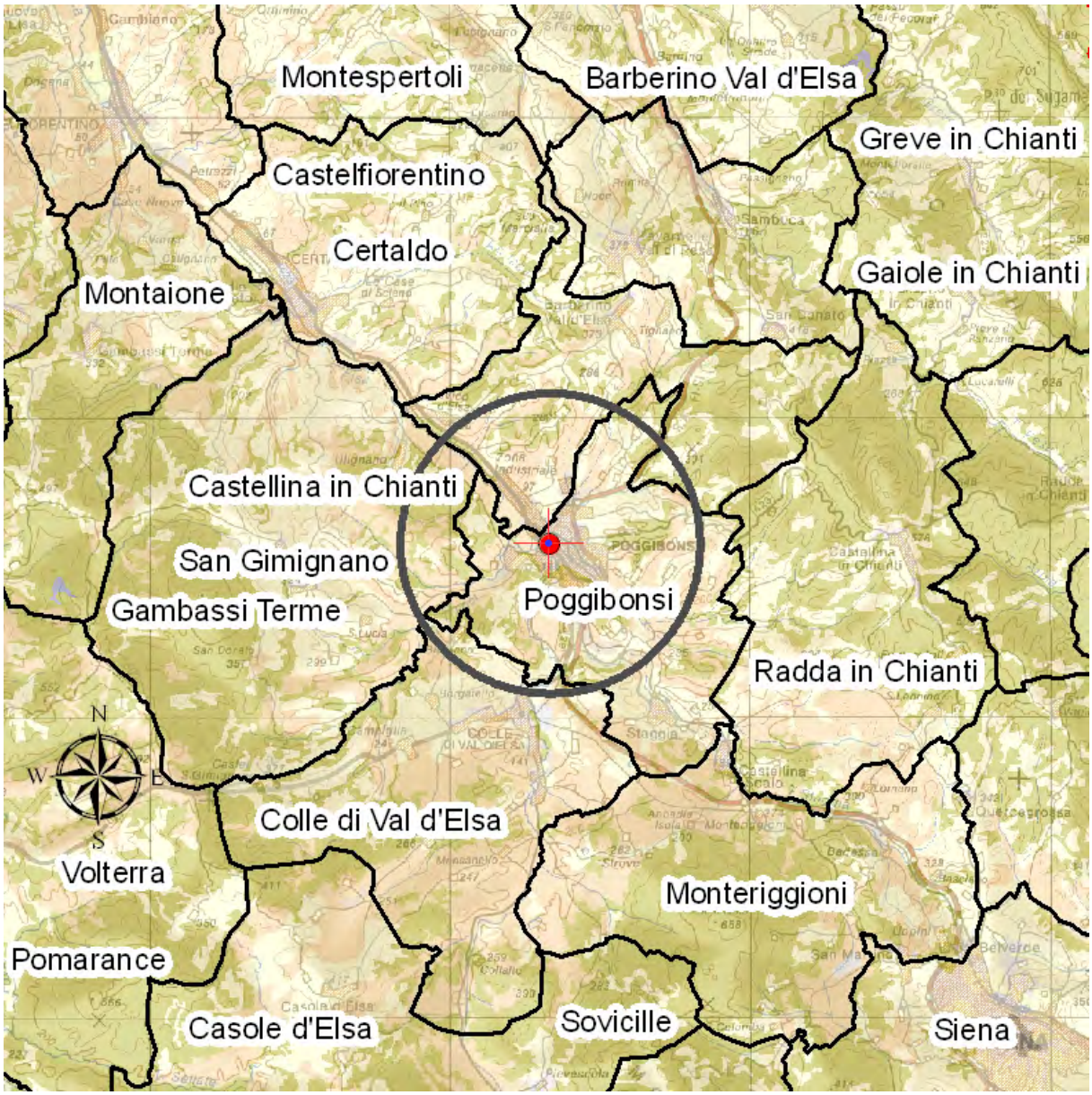


Figura 4.1.1-16. Mappa aree di rappresentatività Poggibonsi

Ar-Casa Stabbi:

La stazione di Arezzo Casa Stabbi è la stazione rurale fondo che nella rete regionale costituisce il riferimento per la misura del fondo regionale. È posizionata nel comune di Chitignano nelle vicinanze del centro studi faunistici ad una quota di 650 m slm. Di seguito sono riportate la foto della stazione (Figura 4.1.1.17) e la mappa con le aree di rappresentatività stimate attraverso i due metodi (Figura 4.1.1.18).



Figura 4.1.1-17. Vista stazione di Casa Stabbi

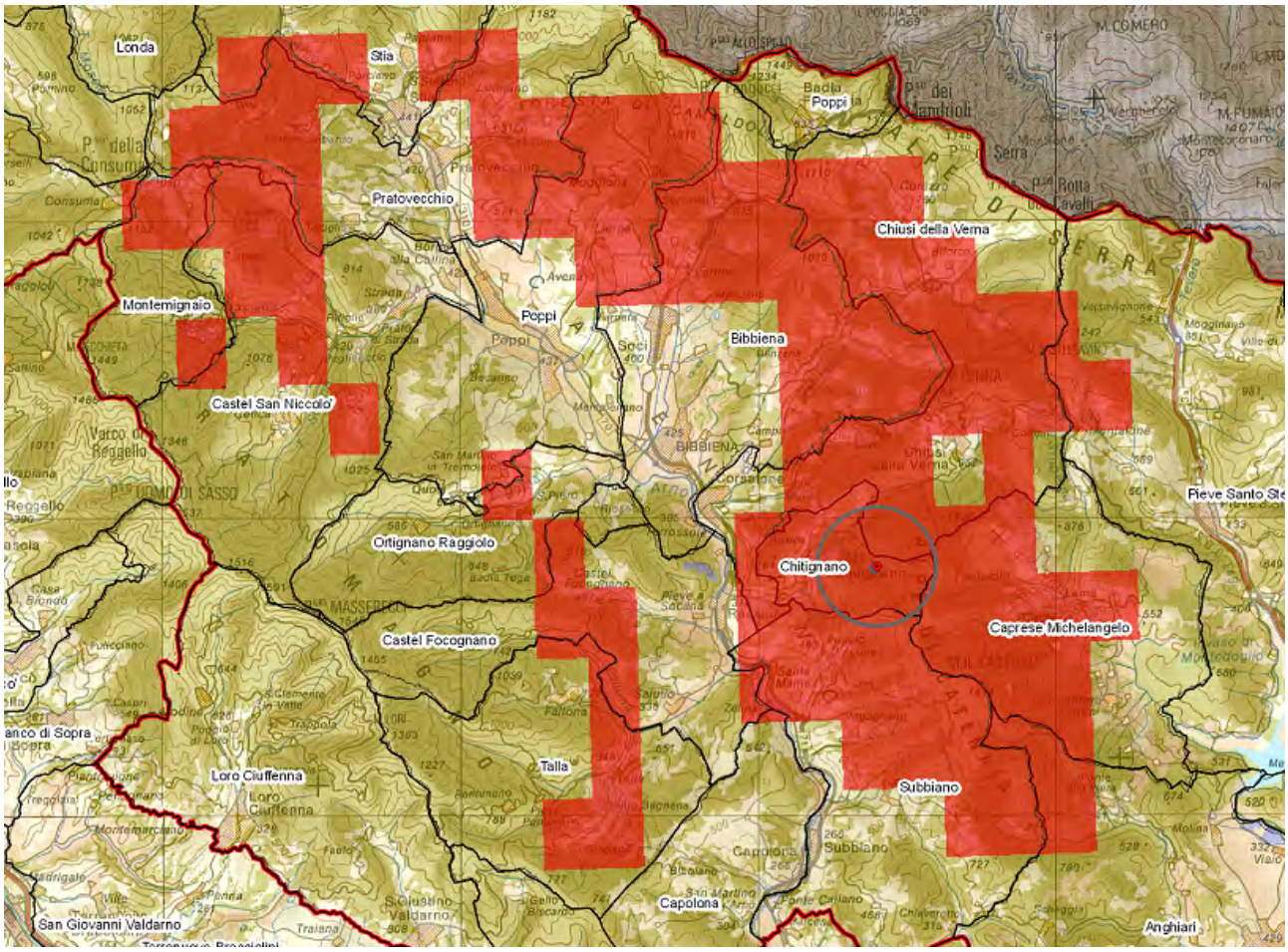


Figura 4.1.1-18. Mappa aree di rappresentatività Casa Stabbi

La rappresentatività della stazione di Casa Stabbi, con il metodo 2, non va oltre i 2 km del buffer iniziale. L'uso del suolo nell'intorno della stazione infatti è quasi completamente di tipo boschivo, con una piccola percentuale di area urbana discontinua (2%). Il valore di ß è molto basso e, di conseguenza, il range di accettabilità di ß calcolato in % è piuttosto ristretto. Di conseguenza la rappresentatività risultante è la minima prevista per il metodo. Questa scarsa rappresentatività di una stazione rurale fondo adibita a rappresentare il fondo regionale merita di essere interpretata in maniera più ampia. La stazione di Casa Stabbi è infatti l'unico caso di tutta la rete regionale per cui, nel buffer dei 2 km, è presente quasi unicamente una tipologia di uso del suolo (come detto l'area nel raggio di 2km dalla stazione è per il 96% boschiva). Il dato della stazione di Casa Stabbi può dunque essere ragionevolmente riferito a quella tipologia di uso del suolo su tutto il territorio regionale. Il fatto che la stazione, pur rurale di fondo, non risulti rappresentativa su un raggio più ampio dipende proprio dal metodo applicato che, prevedendo l'analisi di buffer concentrici, non è idoneo ad individuare aree di rappresentatività discontinue. Questa interpretazione conferisce invece alla stazione un'ampia rappresentatività su aree discontinue e non concentriche come occorrerebbe per il metodo ß; tale risultato conferma inoltre l'individuazione della stazione come rappresentativa del valore di fondo regionale.

Il fatto che il metodo 2 fornisca un risultato molto parziale per la stazione di Casa Stabbi è confermato dal metodo 3 che, al contrario, attribuisce alla stazione un'ampia area di rappresentatività che copre quasi per intero l'area appenninica ad est del valdarno superiore. Confrontando la mappa della rappresentatività individuata con il metodo 3 e l'uso del suolo si ha una chiara corrispondenza della componente boschiva-seminaturale con l'area coperta dalla stazione. Tale corrispondenza risulta chiaramente visibile nei comuni di Poppi, Bibbiena e Pratovecchio, di cui vengono evitate dal metodo 3 le aree abitate.

Zona Valdarno pisano e Piana lucchese

Per la zona del valdarno pisano e piana lucchese sono state esaminate le 4 stazioni di fondo di rete regionale di Pi-Passi, Pi-S.Croce, Lu-Capannori e Lu-S.Concordio.

In tabella 4.1.1.3 sono riportate per ciascuna stazione le percentuali di area comunale coperta dall'area di rappresentatività stimata con ciascuno dei due metodi. Nei casi in cui il metodo 3 non ha fornito risultati è riportato "n.d."

Comune / Stazione	*PI-Passi*		*PI-S.Croce*		*LU-S.Concordio*		*LU-Capannori*	
	M2	**M3**	**M2**	**M3**	**M2**	**M3**	**M2**	**M3**
Altopascio		14%	1%	35%		n.d.	59%	77%
Bientina		27%	30%	55%		n.d.	11%	
Buggiano						n.d.		13%
Buti						n.d.	10%	
Calci		8%				n.d.	1%	
Calcinaia		94%		54%		n.d.		
Capannori				9%	13%	n.d.	97%	14%
Cascina		79%		97%		n.d.		
Castelfiorentino*				6%		n.d.		
Castelfranco di Sotto		25%	65%	66%		n.d.	15%	25%
CerretoGuidi			71%			n.d.		
Chiesina Uzzanese						n.d.		100%
Collesalvetti*				22%		n.d.		
Crespina*				22%		n.d.		
Empoli			4%	19%		n.d.		
Fauglia*				19%		n.d.		
Fucecchio		49%	92%	74%		n.d.		
Larciano		16%	2%			n.d.		
Lari				27%		n.d.		
Lucca		13%		6%	31%	n.d.	46%	9%
Massarosa		41%				n.d.		
Monsummano Terme				12%		n.d.		12%
Montecarlo						n.d.	99%	51%
Montecatini Terme						n.d.		11%
Montopoli in Val d'Arno			100%	33%		n.d.		
Palaia *			18%			n.d.		
Pescia						n.d.	13%	5%
Pieve a Nievole				16%		n.d.		48%
Pisa		47%		16%		n.d.		4%
Ponsacco				81%		n.d.		
Ponte Buggianese		7%	3%	54%		n.d.		48%
Pontedera		43%	13%	52%		n.d.		
Porcari				22%		n.d.	100%	96%
S.Croce sull'Arno		71%	100%	95%		n.d.		12%
S.Maria a Monte		21%	97%	31%		n.d.		
S.Miniato			70%	12%		n.d.		
San Giuliano Terme		52%		13%	<1%	n.d.		
Vecchiano*		100%		6%		n.d.		
Viareggio		55%				n.d.		
Vico Pisano		37%				n.d.		
Villa Basilica*						n.d.	5%	
Vinci				7%		n.d.		

*comuni non appartenenti alla zona

Tabella 4.1.1-3. Comuni interessati e % di superficie comunale coperta dall'area di rappresentatività M2-M3

Pi-Passi:

La stazione di Pisa Passi è situata nel comune di Pisa ad una quota di 5 m slm. È una stazione urbana di fondo situata in una zona residenziale. Di seguito sono

riportate la foto della stazione (Figura 4.1.1.19) e la mappa con le aree di rappresentatività stimate attraverso i due metodi (Figura 4.1.1.20).



Figura 4.1.1-19. Vista stazione di Pisa Passi

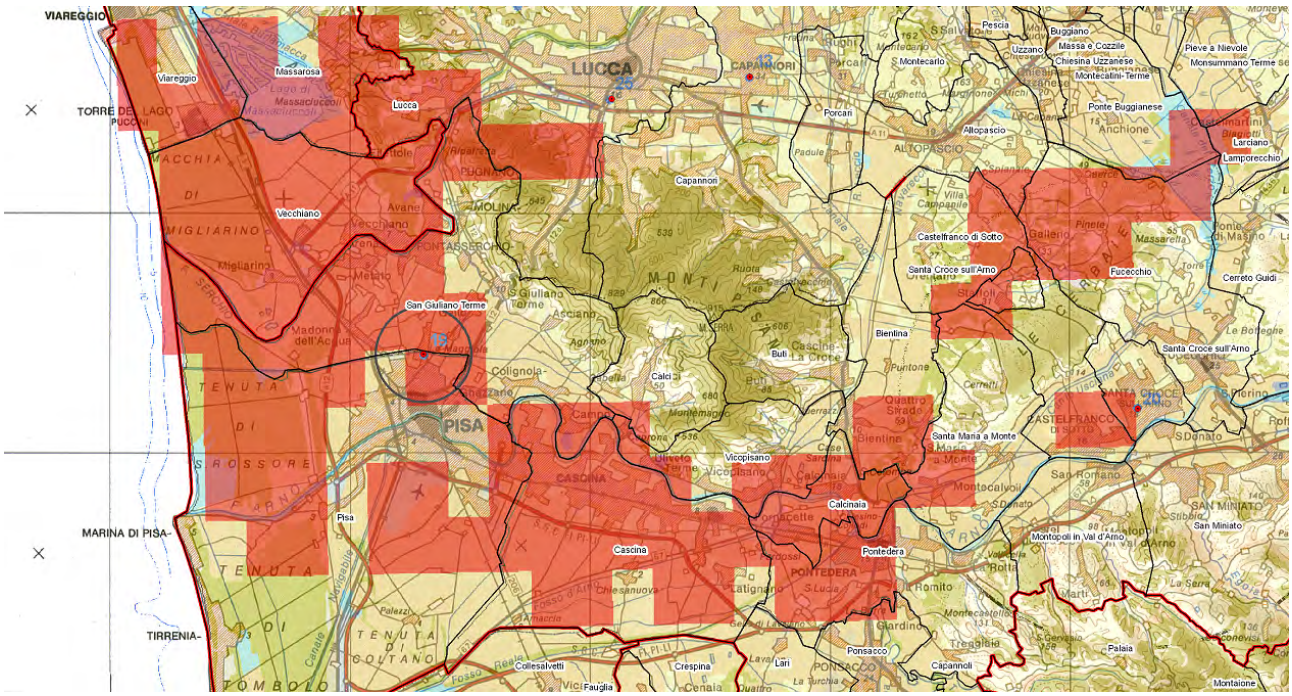


Figura 4.1.1-20. Mappa aree di rappresentatività di Pisa Passi

Riguardo all'ampiezza dell'area di rappresentatività della stazione di Pisa Passi i due metodi forniscono risultati discordanti. La rappresentatività secondo il metodo 3 risulta essere molto ampia sia verso l'interno, dove si estende lungo la linea dell'Arno fino a Santa Croce e più a nord verso Fucecchio, sia sulla costa coprendo oltre all'area nord-ovest del comune di Pisa, la quasi totalità del comune di Vecchiano e parte dei comuni di Viareggio e Massarosa che appartengono alla zona costiera. L'area di rappresentatività della stazione Pi-Passi, secondo il metodo 3, raggiunge inoltre alcune aree periferiche del comune di Lucca.

Per quanto riguarda invece il metodo ß la stazione risulta avere un raggio di rappresentatività pari a 2 km ovvero alla rappresentatività minima prevista dal metodo per una stazione di fondo. Il tipo di uso del suolo che fa cambiare drasticamente l'indice è quello che relativo al tessuto urbano continuo.

Come si può apprezzare in figura, la stazione cessa di essere rappresentativa all'ingresso del centro urbano di Pisa nel buffer. Perciò la stazione, pur essendo una stazione classificata come urbana fondo risulta, dall'applicazione del'indice ß, non rappresentativa dell'area urbana. La ridotta estensione dell'area di rappresentatività risultante è quindi diretta conseguenza dell'applicazione di buffer circolari che, come più volte sottolineato, costituisce il fattore limitante del metodo stesso. Tornando ad esaminare l'area definita con il metodo 3 si osserva come, anche in questo caso, pur risultando molto estesa, l'area individuata non comprenda il centro urbano di Pisa. Questo risultato è molto interessante in quanto dimostra che dall'integrazione dei due approcci utilizzati, che possono fornire anche risultati molto diversi in termini di aree rappresentate, è possibile ricavare informazioni interessanti sulla rappresentatività delle stazioni.

PI-S. Croce sull'Arno:

La stazione di Santa Croce è situata nei pressi di un'area commerciale ed è classificata come periferica fondo. La sua quota slm è di 16 m. Di seguito sono riportate la foto della stazione (Figura 4.1.1.21) e la mappa con le aree di rappresentatività stimate attraverso i due metodi (Figura 4.1.1.22).



Figura 4.1.1-21.Vista stazione di Pisa Santa Croce

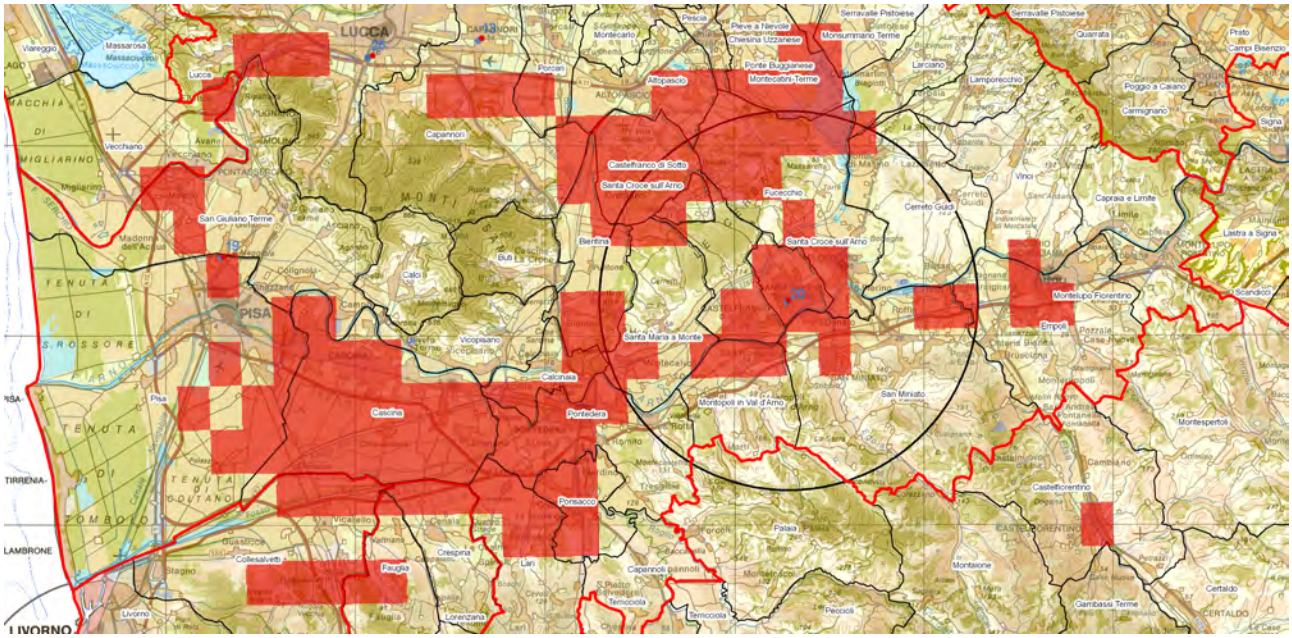


Figura 4.1.1-22. Mappa aree di rappresentatività di Pisa Santa Croce

I due metodi risultano in questo caso concordi nell'assegnare alla stazione di Santa Croce un'ampia area di rappresentatività. Secondo il metodo 2 l'area, centrata sulla stazione, si estende per un raggio di 10 km comprendendo estese porzioni dei comuni limitrofi. L'area individuata dal metodo 3 è in parte compresa in questo buffer di 10 km, ma si estende ulteriormente in maniera prevalente verso l'area pisana da un lato e la parte sud della Val di Nievole dall'altro con una residua influenza sui comuni di

Altopascio, Porcari e Capannori fino a Lucca. In generale si può osservare che nella zona Pisa Lucca, pur distinguendosi un'area pisana ed una lucchese, i livelli di PM10 risultano piuttosto uniformi e le stazioni sono rappresentative di aree estese. Nel caso del metodo 3, il modello circonda l'area dei rilievi del Monte Pisano, che dividono la piana lucchese dal valdarno, ed attribuisce alla stazione una rappresentatività su entrambi i versanti privilegiando naturalmente quello pisano.

Un risultato simile lo si può osservare anche nel caso della stazione di Passi e, simmetricamente, per le stazioni di questa zona, di area lucchese.

Lu-San Concordio:

La stazione di Lucca San Concordio è prevista in rete regionale per rappresentare la città di Lucca. La postazione individuata, in un'area attrezzata a verde pubblico di proprietà comunale, è stata ritenuta conforme alle specifiche richieste per una stazione urbana fondo secondo il D.Lgs. 155/10, è sufficientemente aperta ed ha carattere essenzialmente residenziale.

Di seguito sono riportate la foto del sito (Figura 4.1.1.23) e la mappa con le aree di rappresentatività stimate attraverso i due metodi (Figura 4.1.1.24).



Figura 4.1.1-23. Vista stazione Lucca - San Concordio



Figura 4.1.1-24. Mappe aree di rappresentatività di LU-San Concordio

Per la stazione di San Concordio è stato applicato il solo metodo 2. L'area di rappresentatività risultante, pari ad un buffer circolare di 5 km, è molto significativa e comprende l'intera area urbana della città di Lucca. Pressoché l'intero buffer individuato con il metodo 2 è coperto dalla rappresentatività risultante per la stazione di Capannori con ciascuno dei due metodi applicati. La stazione di San Concordio, secondo il metodo 2, dovrebbe rappresentare un fondo più specifico (area più piccola) del centro urbano di Lucca; al momento in cui la stazione sarà attiva sarà possibile verificare se, data l'omogeneità generale della zona, i dati di PM saranno comunque ben correlati con quelli della stazione di Capannori.

Lu-Capannori:

La stazione è collocata nel comune di Capannori in area urbana, molto vicino al confine con Lucca. La quota slm è di 10 m. Di seguito sono riportate la foto del sito (Figura 4.1.1.25) e la mappa con le aree di rappresentatività stimate attraverso i due metodi (Figura 4.1.1.26).



Figura 4.1.1-25. Vista stazione LU-Capannori

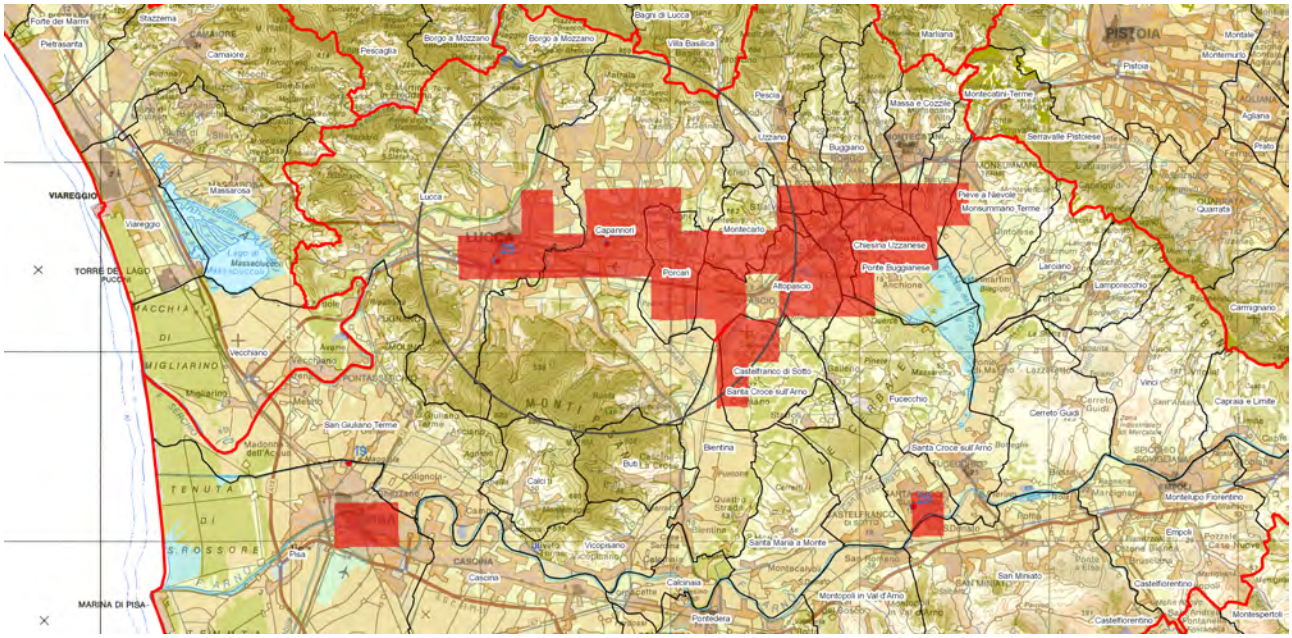


Figura 4.1.1-26. Mappa aree di rappresentatività di LU-Capannori

Anche per Capannori, come per Santa Croce, i due metodi sono concordi nell'attribuire alla stazione una considerevole area di rappresentatività. Per il metodo 2 la stazione ha la massima rappresentatività possibile, pari ad un raggio di 10 km. La

distribuzione di uso del suolo che comprende già nel buffer dei 2 km il tessuto discontinuo lungo gli assi stradali in uscita da Lucca, arriva a coprire l'intero centro urbano del capoluogo nel buffer di 10 km. L'area individuata dal metodo 3 coincide in buona parte con quella del buffer circolare ma si sviluppa longitudinalmente verso est seguendo il profilo della piana e verso ovest lungo gli assi stradali fino a Lucca. A questa si sommano porzioni discontinue di territorio, di minore entità, appartenenti all'area del Valdarno. È da notare che la stazione di Lucca San Concordio ricade nell'area di rappresentatività individuata da entrambi i metodi.

Zona Prato-Pistoia

Per la zona Prato Pistoia sono state esaminate le 3 stazioni di fondo di rete regionale di PT-Signorelli, PT-Montale, PO-Roma.

In tabella 4.1.1.4 sono riportate per ciascuna stazione le percentuali di area comunale coperte dall'area di rappresentatività stimata con ciascuno dei due metodi. Nei casi in cui il metodo 3 non ha fornito risultati è riportato "n.d".

Comune / Stazione	*PT-Montale*		*PT-Signorelli*		*PO-Roma*	
	M2	**M3**	**M2**	**M3**	**M2**	**M3**
Agliana	100%	n.d		n.d		
Calenzano		n.d		n.d		10%
Campi Bisenzio		n.d		n.d		14%
Firenze		n.d		n.d		16%
Montale	18%	n.d		n.d		
Montemurlo	22%	n.d		n.d		
Pistoia	10%	n.d	12%	n.d		
Prato	14%	n.d		n.d	29%	37%
Quarrata	39%	n.d		n.d		

Tabella 4.1.1-4. Comuni interessati e % di superficie comunale coperta dall'area di rappresentatività M2-M3

PT-Signorelli:

La stazione è una urbana fondo della città di Pistoia. La sua quota slm è di 80 m, superiore a quella delle stazioni di Montale e Prato Roma ubicate nella medesima piana. Di seguito sono riportate la foto del sito (Figura 4.1.1.27) e la mappa con le aree di rappresentatività stimate attraverso i due metodi (Figura 4.1.1.28).



Figura 4.1.1-27. Vista stazione PT-Signorelli

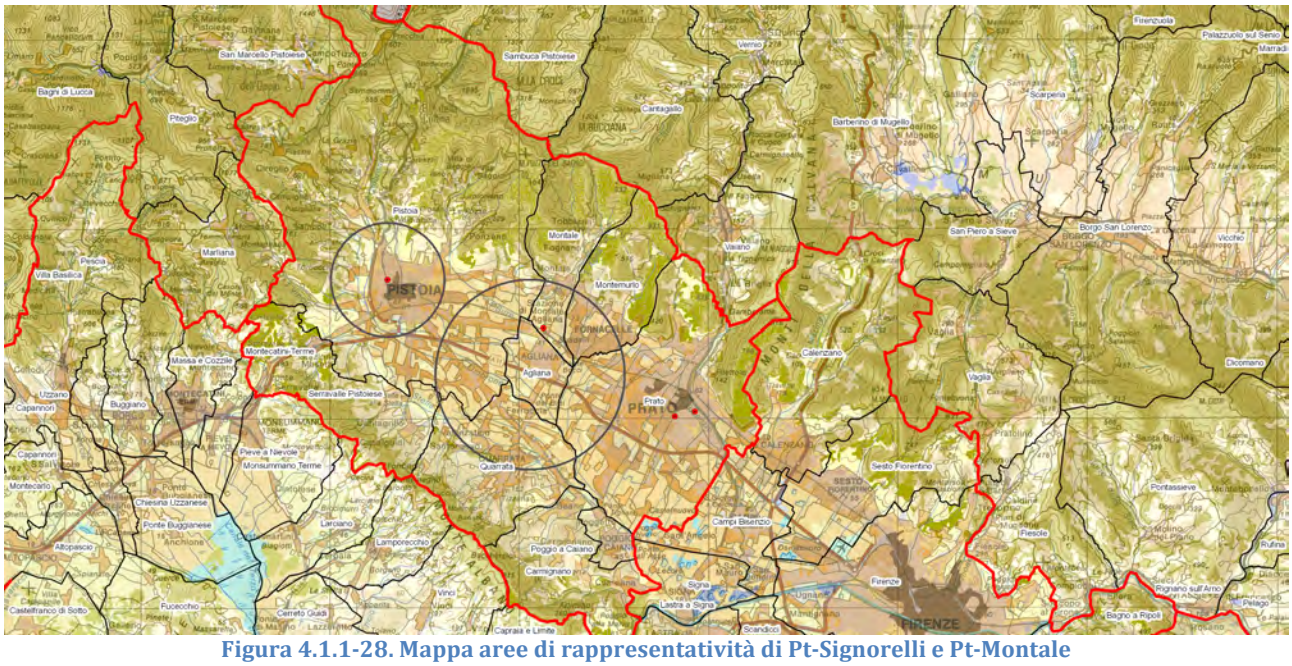


Figura 4.1.1-28. Mappa aree di rappresentatività di Pt-Signorelli e Pt-Montale

La rappresentatività della stazione di Pistoia Signorelli è stata stimata solo attraverso il metodo 2. L'indice ß decresce rapidamente per l'effetto delle aree boschive e seminaturali a monte della città che entrano progressivamente a far parte del buffer. Il raggio di rappresentatività risulta essere di 3 km ed include

completamente il centro urbano di Pistoia. Tutta l'area ricade all'interno del comune e non ha intersezioni con le aree di rappresentatività delle altre stazioni di rete regionale della zona.

PT-Montale:

La stazione di Montale è una stazione rurale fondo. I valori di PM10 misurati sono equiparabili a quelli di una stazione urbana e spesso superiori ai limiti. Per questi motivi il sito è stato oggetto di approfonditi studi, alcuni dei quali ancora in corso, sulle possibili fonti di influenza e sulla rappresentatività della stazione. Di seguito sono riportate la foto della stazione (Figura 4.1.1.29) mentre l'area di rappresentatività stimata attraverso il metodo 2 è riportata in Figura 4.1.1.28 insieme a quella di PT-Signorelli.



Figura 4.1.1-29. Vista stazione PT-Montale

Per quanto riguarda la stazione di Montale l'area di rappresentatività è stata stimata attraverso campagne di misura progettate ad hoc e l'applicazione del metodo 2 modificando il centro del buffer. Per i dettagli si rimanda allo studio specifico [6]. Il raggio di rappresentatività risulta essere di 5 km in un buffer decentrato rispetto alla stazione verso sud-sudovest di 3 km circa. Questo punto di riferimento è stato

individuato traslando dal sito di Montale verso sud-sud-ovest, lungo un'immaginaria bisettrice tra Prato e Pistoia, ad una distanza di 3 km circa dalla stazione. A questa distanza, secondo l'indice ß la stazione di Montale risulta ancora rappresentativa. Attorno al nuovo punto di riferimento l'uso del suolo risulta simmetrico e si può considerare che l'applicazione di buffer circolari riproduca abbastanza fedelmente la morfologia della piana.

Le misure effettuate hanno successivamente confermato la rappresentatività della stazione nell'area stimata con l'indice ß.

PO-Roma:

La stazione di Prato Roma è situata in area urbana. La sua quota slm è di 52 m. Di seguito sono riportate la foto del sito (fig. 4.1.1.30) e la mappa con le aree di rappresentatività stimate attraverso i due metodi (fig. 4.1.1.31).



Figura 4.1.1-30. Vista stazione PO-Roma

Per la stazione di Prato Roma entrambi i metodi restituiscono un'area di rappresentatività prevalentemente concentrata nel comune di Prato. Il metodo 2, in particolare, dà come risultato un buffer di 3 km, completamente contenuto nel territorio del comune di cui comprende l'intero centro urbano.

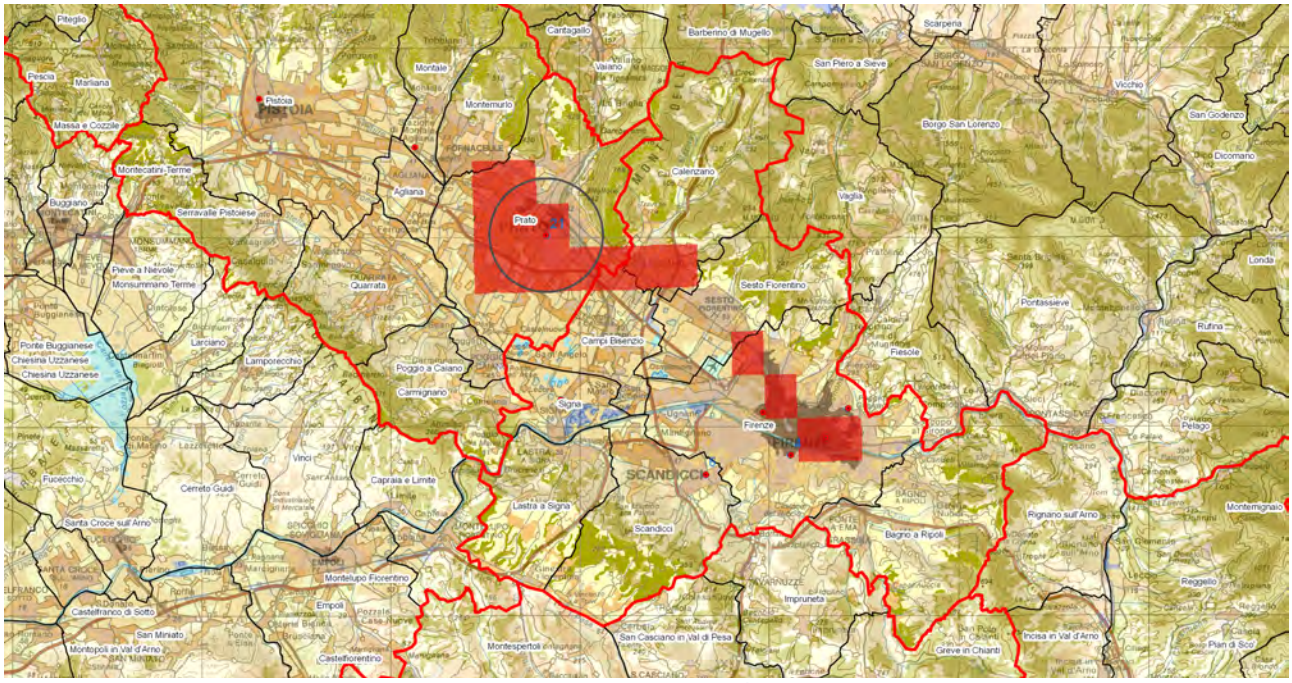


Figura 4.1.1-31. Mappa rappresentatività stazione Prato Roma

L'area definita dal metodo 3 copre la quasi totalità del buffer ß ed in più si estende in maniera continua ad est verso il comune di Calenzano. Quest'ultimo, pur facendo parte dell'Agglomerato di Firenze, risulta rappresentato anche dalla stazione di Prato Roma per una quota urbana di superficie comunale, come del resto risultano rappresentate alcune aree discontinue dello stesso centro urbano di Firenze.

Zona Agglomerato

Per l'agglomerato sono state esaminate le 4 stazioni di fondo di rete regionale di Fi-Boboli, FI-Bassi, FI-Scandicci, FI-Signa.

In tabella 4.1.1.5 sono riportate per ciascuna stazione le percentuali di area comunale coperte dall'area di rappresentatività stimata con ciascuno dei due metodi. Nei casi in cui il metodo 3 non ha fornito risultati è riportato n.d.

Comune / Stazione	*FI-Scandicci*		*FI-Bassi*		*FI-Boboli*		*FI-Signa*	
	M2	**M3**	**M2**	**M3**	**M2**	**M3**	**M2**	**M3**
Bagno a Ripoli	15%	3%	5%		5%	3%		
Calenzano	1%			5%				
Campi Bisenzio	65%						18%	7%
Carmignano*							3%	16%
Empoli*		13%						6%
Fiesole*	7%		44%	14%	1%			
Firenze	92%	16%	55%	29%	65%	33%		10%
Impruneta*	75%	16%			8%			
Lastra a Signa	64%	23%					10%	28%
Montemurlo*				13%				
Montespertoli*	1%							
Poggio a Caiano*								96%
Prato*				8%			<1%	
Quarrata*								35%
Scandicci	100%	47%			7%			23%
S. Casciano in Val di Pesa*	23%							
Sesto Fiorentino	49%		1%					
Signa	75%	64%					92%	74%

*comuni non appartenenti alla zona

Tabella 4.1.1-5. Comuni interessati e % di superficie comunale coperta dall'area di rappresentatività M2-M3

FI-Signa:

La stazione di Signa è stata riposizionata a fine 2013 nella collocazione definitiva per la rete regionale. Il sito è quello di una urbana fondo. La quota è di 41 m slm. Di seguito sono riportate la foto del sito nella nuova collocazione (Figura 4.1.1.32) e la mappa con le aree di rappresentatività stimate attraverso i due metodi (Figura 4.1.1.33).



Figura 4.1.1-32. Vista della stazione di FI-Signa

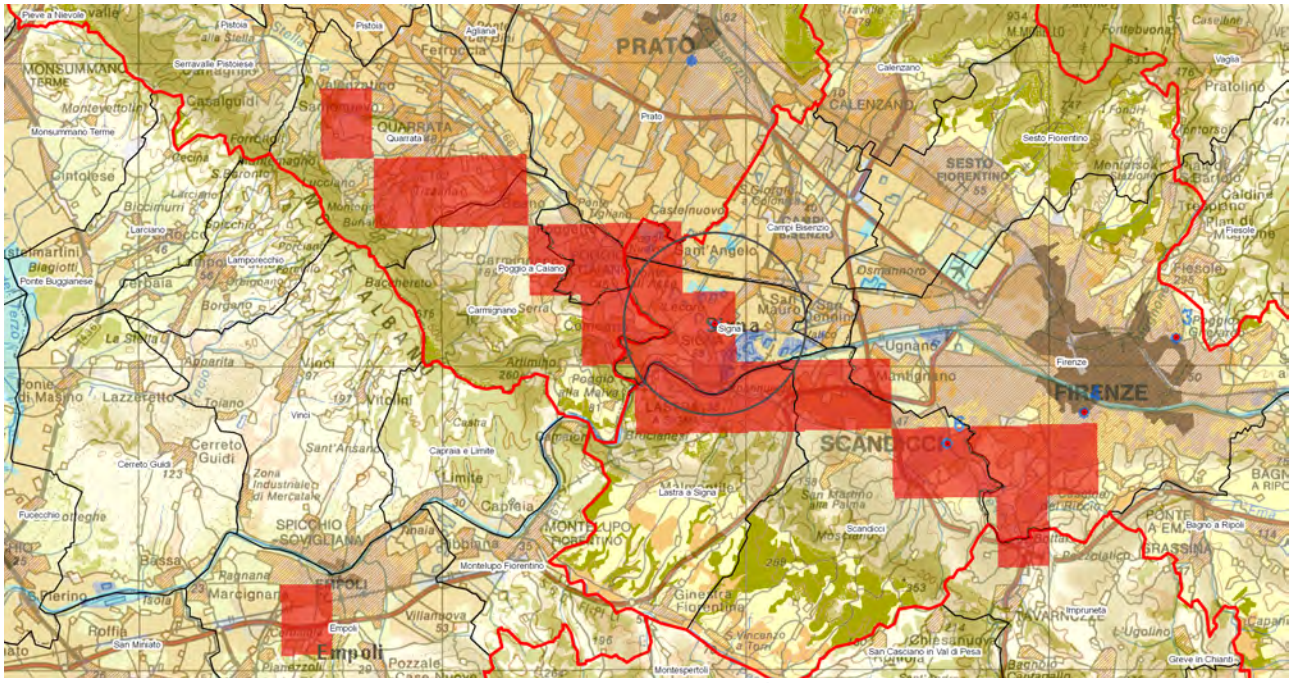


Figura 4.1.1-33. Mappa rappresentatività stazione FI-Signa

La stazione di Signa è l'unica stazione dell'agglomerato per cui i due metodi forniscono un risultato discordante. Infatti, mentre il metodo 2 attribuisce alla stazione un'area molto contenuta relativa ad un buffer di 3 km di raggio, l'area di rappresentatività individuata con il metodo 3 è piuttosto estesa e si sviluppa, come negli altri casi esaminati, lungo l'asse longitudinale della piana. L'area individuata va dal comune di Firenze al comune di Quarrata, appartenente quest'ultimo alla zona Prato-Pistoia. L'area di rappresentatività individuata con il ß è invece quasi interamente contenuta nel comune, ed include l'area urbana, una vasta porzione di territorio ad uso seminativi ed aree cantieristiche o estrattive.

FI-Scandicci:

La stazione di Scandicci, ubicata nell'omonimo comune, è situata in un'area urbana molto prossima al confine con Firenze ad una quota di 41 m slm. Di seguito sono riportate la foto del sito (F*igura 4.1.1.34*) e la mappa con le aree di rappresentatività stimate attraverso i due metodi (*Figura 4.1.1.35*).



Figura 4.1.1-34. Vista stazione FI-Scandicci

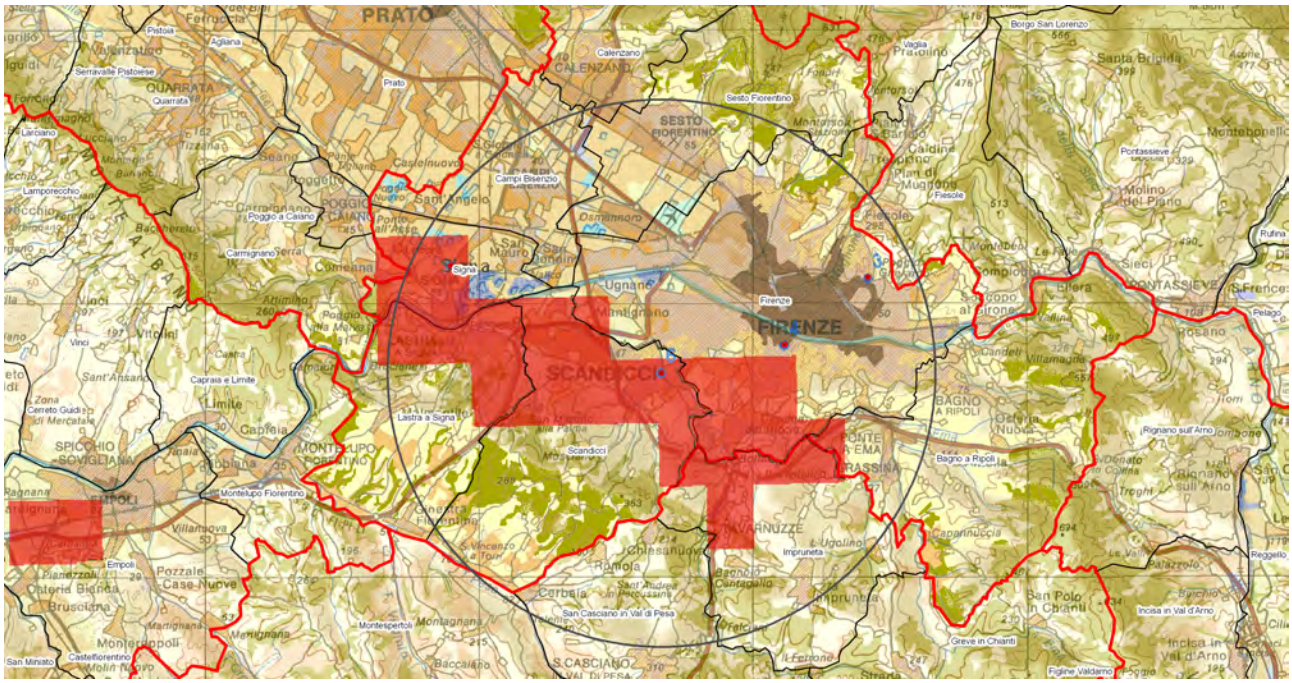


Figura 4.1.1-35. MAppa rappresentatività stazione FI-Scandicci

La rappresentatività della stazione di Scandicci risulta essere molto ampia secondo entrambi i metodi. Anche in questo caso le aree sono molto sovrapposte. La rappresentatività secondo il metodo 2, è la più ampia possibile pari ad un buffer di 10

km di raggio. In questo raggio è incluso il centro urbano di Firenze e pressoché la totalità dell'agglomerato. Come per la stazione di Bassi, data l'ampiezza del raggio di rappresentatività, parte dell'area individuata supera i confini dell'agglomerato. Premesso che occorre valutare criticamente tutte le situazioni in cui aree di rappresentatività ricadono al di fuori della zona di appartenenza di una stazione, tale valutazione è particolarmente opportuna in presenza, come in questo caso, di buffer circolari di ampio raggio.

L'area individuata dal metodo 3 anche in questo caso si sovrappone bene al buffer con la caratteristica di essere più precisa e dettagliata nella forma. In particolare il metodo 3 mostra che la rappresentatività di Scandicci ha una forma allungata, piuttosto che circolare, che si estende fino a Signa ed a toccare in maniera abbastanza marginale l'area urbana di Firenze fin nelle vicinanze della stazione di Boboli.

FI-Boboli:

La stazione di Boboli è situata all'interno dell'omonimo parco ed è stata selezionata in rete regionale per rappresentare il livello di fondo base per l'area urbana del capoluogo. La quota slm è di 75 m. Di seguito sono riportate la foto del sito (Figura 4.1.1.36) e la mappa con le aree di rappresentatività stimate attraverso i due metodi (Figura 4.1.1.37).



Figura 4.1.1-36. Vista stazione FI-Boboli

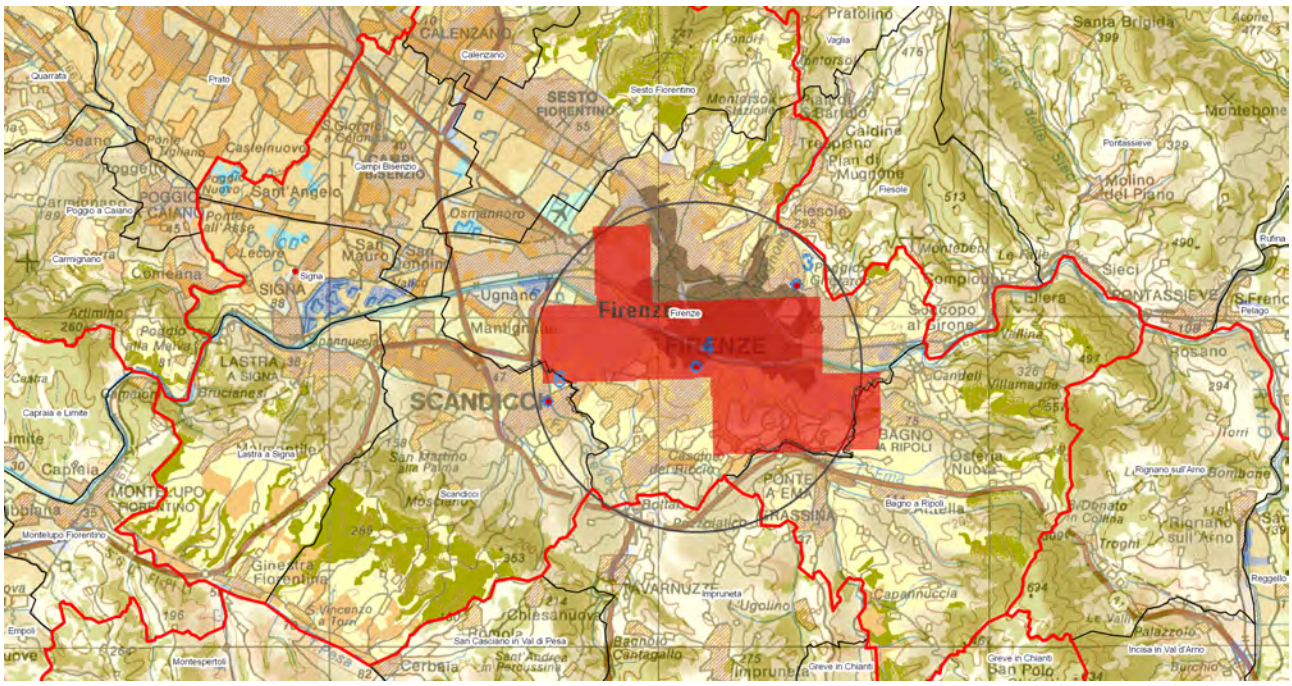


Figura 4.1.1-37. Mappa aree di rappresentatività di FI-Boboli

Con il metodo 2 la stazione di Boboli risulta avere un raggio di rappresentatività di 5 km pari a quello della vicina stazione di Bassi. L'area individuata comprende la quasi totalità del tessuto residenziale continuo e discontinuo, che anche nel buffer di 5 km resta il 44% del totale, ed una parte della zona industriale e commerciale. L'area coperta, spostata a sud ovest rispetto all'area di rappresentatività di Bassi, è con questa in gran parte sovrapponibile, in particolare per la quota che riguarda l'area residenziale.

Anche in questo caso l'area individuata dal metodo 3 è in buona parte compresa nel buffer ma, nuovamente, ha una forma che riproduce la forma dell'area urbana, escludendone la zona più a nord, e si estende fino a Scandicci ad ovest ed a Bagno a Ripoli a sud.

Come risulterà evidente anche in alcuni altri casi, l'inclusione da parte del metodo 2 di aree esterne all'agglomerato, situate in particolare nella confinante zona collinare e montana, costituisce un effetto "collaterale" dell'applicazione di buffer circolari che, come già discusso, può essere in alcuni casi un importante fattore limitante del metodo.

FI-Bassi:

La stazione di Bassi è un'altra stazione urbana fondo del comune di Firenze situata nel centro urbano. Il sito si trova all'interno di una zona residenziale e ad una quota slm di 61 m. Di seguito sono riportate la foto del sito (Figura 4.1.1.38) e la mappa con le aree di rappresentatività stimate attraverso i due metodi (Figura 4.1.1.39).



Figura 4.1.1-38. Vista stazione FI-Bassi

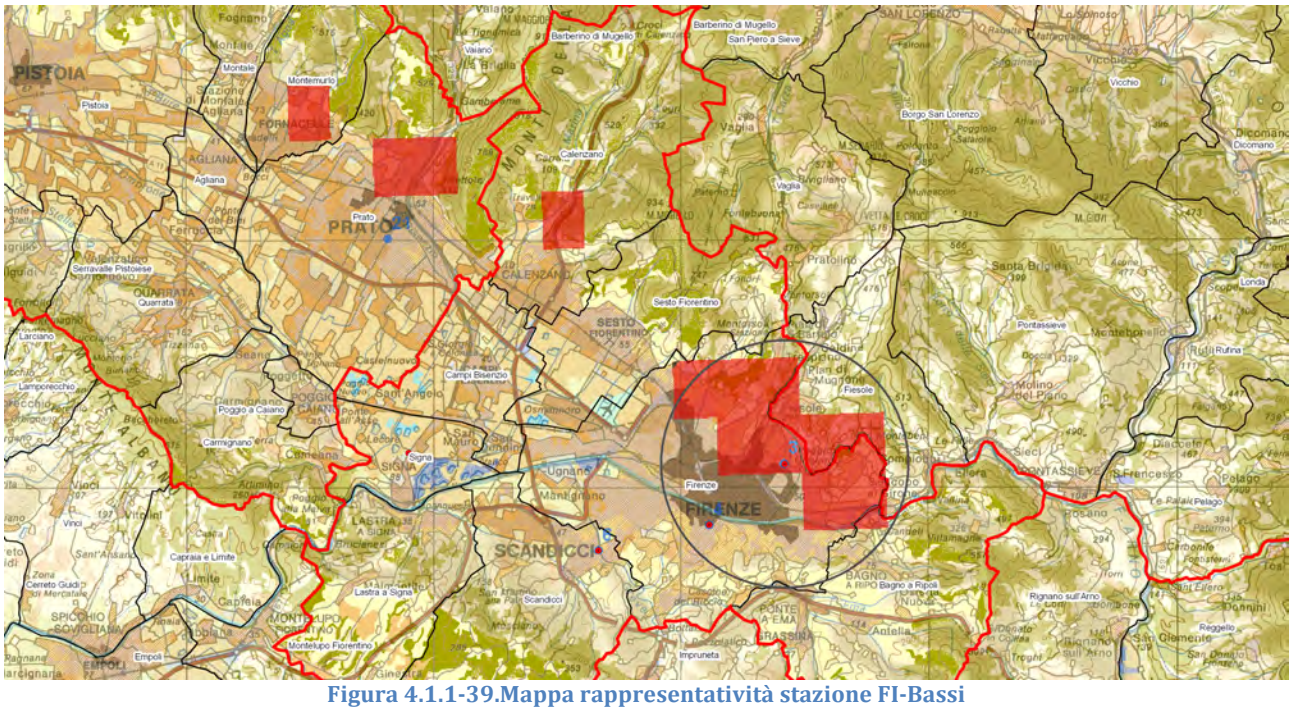


Figura 4.1.1-39.Mappa rappresentatività stazione FI-Bassi

Alla stazione di Bassi, come in generale a tutte le stazioni dell'agglomerato, è associata una buona rappresentatività, in termini di estensione, da parte di entrambi i metodi. Il metodo 2 restituisce un raggio di rappresentatività di 5 km entro il quale è

inclusa la quasi totalità del tessuto urbano continuo. L'area individuata dal metodo 3 giace per gran parte all'interno del buffer ß ma segue la forma dell'area urbana di cui copre la zona nord-est. Frazioni di aree discontinue individuate dal metodo 3 ricadono inoltre nei comuni di Calenzano, Montemurlo e Prato.

Zona Valdarno aretino e Val di Chiana

Per la zona del Valdarno aretino e Val di è stata esaminata l'unica stazione di fondo di rete regionale presente per il Pm10, Ar-Acropoli.

In tabella 4.1.1.6 sono riportate le percentuali di area comunale coperte dall'area di rappresentatività stimata con ciascuno dei due metodi. Nei casi in cui il metodo 3 non ha fornito risultati è riportato "n.d".

Comune / Stazione	***Ar-Acropoli***	
	M2	**M3**
Arezzo	20%	10%
Castiglion Fiorentino		7%
Cortona		1%

Tabella 4.1.1-6. Comuni interessati e % di superficie comunale coperta dall'area di rappresentatività M2-M3

AR-Acropoli:

La stazione di Acropoli è la stazione urbana fondo del comune di Arezzo. La misura del PM10 è attiva da metà del 2013. La quota del sito slm è di 260 m. Di seguito sono riportate la foto del sito (Figura 4.1.1.40) e la mappa con le aree di rappresentatività stimate attraverso i due metodi (Figura 4.1.1.41).



Figura 4.1.1-40. Vista della stazione AR-Acropoli

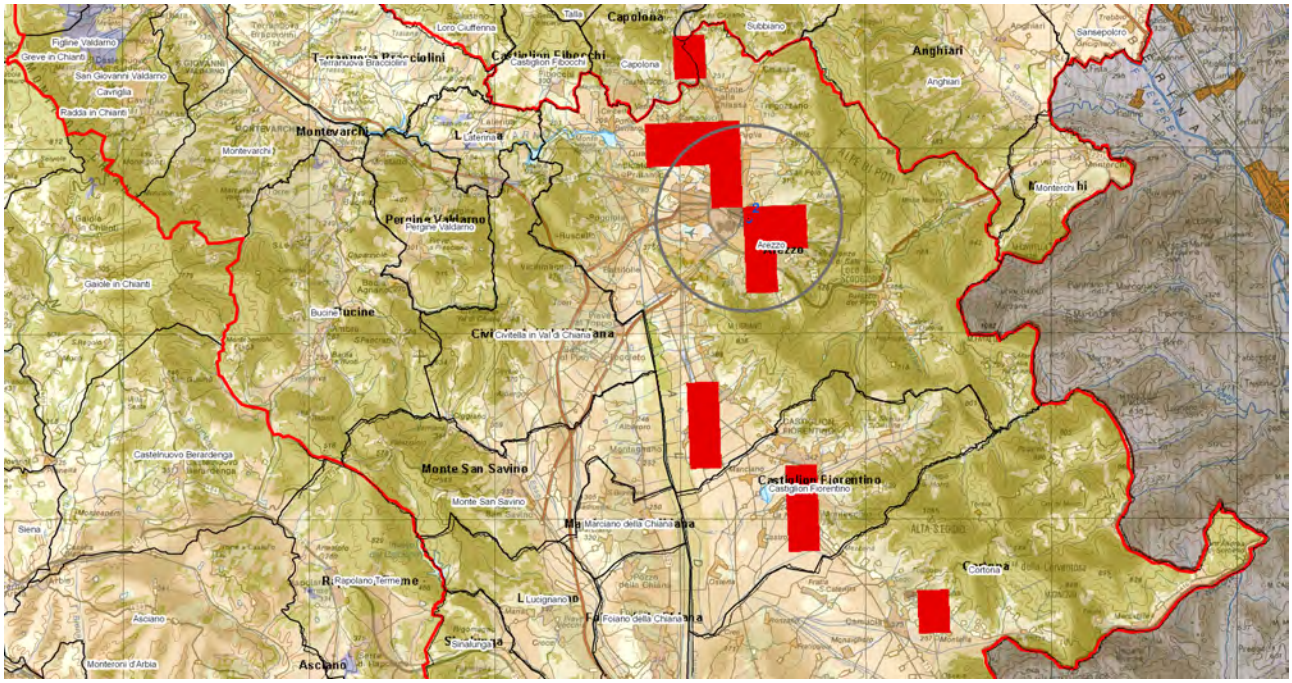


Figura 4.1.1-41. Mappa aree di rappresentatività AR-Acropoli

Entrambi i metodi attribuiscono alla stazione di Acropoli una buona rappresentatività. Mentre il metodo 2 indica un'area di raggio 5 km, che copre tutta l'area urbana ed è interamente contenuta nel comune, la rappresentatività secondo il metodo 3 si estende in parte alla Val di Chiana, a sud del comune di Arezzo

La rappresentatività della stazione di Acropoli è stata oggetto di uno studio specifico sulla zona del Valdarno Aretino e Val di Chiana, proprio in quanto unica stazione di fondo di riferimento per il PM10. Lo studio che ha previsto una parte di campagne di monitoraggio effettuate in Val di Chiana, ha fornito risultati che possono definirsi coerenti con le indicazioni emerse dai modelli.

4.1.2 Criteri di attribuzione territoriale delle stazioni

Nel precedente paragrafo è stata data una descrizione dei risultati dell'applicazione dei due metodi alle stazioni di misura. In questo paragrafo si propongono alcuni criteri di selezione per determinare se un comune può o meno essere rappresentato da una stazione. Si propone un criterio di selezione basato sulla percentuale di territorio comunale coperta dalle aree di rappresentatività di una determinata stazione, individuate dai due metodi. Come evidenziato nel precedente paragrafo e in particolare nelle Tabella 4.1.1-1/Tabella 4.1.1-6, che mostrano la percentuale di copertura comunale, i due metodi non danno sempre risultati concordi, quindi scegliere un criterio di selezione presenta un notevole grado di arbitrarietà. Sebbene i due metodi presentino limiti e difficoltà nell'applicazione pratica, è tuttavia necessario arrivare ad una sintesi che risponda a esigenze concrete. Si propone quindi un processo di individuazione dei comuni afferenti ad una determinata stazione attraverso una serie di step (da ripetere per ciascuna stazione).

1) Il primo step prevede l'individuazione di due soglie, una minima e una massima, con cui discriminare se un comune è rappresentato o meno dalla stazione in esame, sulla base del metodo M2 o M3. Si propongono due soglie, ad esempio 5% e 15%, in modo di valutare una "forbice" e non un valore assoluto. Le due soglie proposte sono sembrate, nell'applicazione pratica, adeguate in quanto non troppo restrittive e in generale concordi con le considerazioni qualitative espresse nel paragrafo precedente (condizione 1).
2) Il secondo step prevede l'individuazione dei comuni per i quali è soddisfatto il punto precedente, relativo ad una determinata soglia (minima o massima), per almeno uno dei due metodi. In questo modo si ottiene, per ogni stazione, un elenco di comuni che soddisfano questa condizione per la soglia minima, e un sottoinsieme di questo elenco per la soglia massima (condizione 2).
3) Delle 21 stazioni considerate, per 6 non è risultato applicabile il metodo M3, per cui si hanno i valori della copertura comunale solo per il metodo M2. In questo caso, per recuperare queste stazioni, lo step 2 si considera soddisfatto se si ha il superamento della soglia minima (o massima) per il solo metodo M2 (condizione 3).

I risultati dell'applicazione di questo procedimento sono riportati nella Tabella 4.1.2-1.

Nella prima colonna le stazioni in esame sono indicate dal codice identificativo (vedi Tabella 2.2-1 del § 2.2), che viene ripetuto per tutti i comuni attribuiti alla

stazione stessa (seconda colonna); nella terza colonna è riportata la percentuale di copertura del territorio comunale sulla base della rappresentatività della stazione in esame ottenuta con il metodo M2, mentre nella quarta colonna è riportata la percentuale relativa al metodo M3. Le ultime due colonne indicano se le condizioni 2 o 3 sono soddisfatte, rispettivamente per la soglia massima e per la soglia minima. In particolare nella quinta colonna è riportato il codice U>15% se la percentuale di territorio comunale relativa alla stazione in esame è maggiore della soglia 15% sulla base del metodo M2 o del metodo M3; in alternativa, se si tratta di una delle 6 stazioni a cui non si applica il metodo M3, è riportato il codice M2>15%. Analogamente nell'ultima colonna è riportato il codice U>5% o M2>5%, relativamente alla soglia minima.

Una visualizzazione grafica dei risultati espressi nella Tabella 4.1.2-1 si ottiene dalle Figura 4.1.2-1/Figura 4.1.2-21 in cui sono riportate le mappe relative alla copertura territoriale per ciascuna stazione: i comuni attribuiti alla stazione in esame sulla base della soglia del 15% sono individuati da campitura, i comuni che soddisfano solo la condizione relativa alla soglia del 5% sono caratterizzati da una copertura puntinata.

L'applicazione del procedimento proposto può portare ad associare uno stesso territorio comunale a due o più stazioni: per superare questa ambiguità e ottenere una attribuzione univoca tra aree amministrative e stazioni di rilevamento è necessario procedere introducendo ulteriori criteri di selezione che aggiungono un ulteriore grado di arbitrarietà. Nella maggior parte dei casi, tuttavia, la scelta di una stazione di riferimento si basa su considerazioni semplici e oggettive, quali la vicinanza del comune alla stazione, la concordanza dei metodi M2 e M3, la maggior copertura percentuale, etc.

I criteri proposti per risolvere le associazioni multiple sono esposti in dettaglio nella Tabella 4.1.2-2, in cui sono riportati i comuni assegnati a più di una stazione, il codice identificativo delle stazioni associate, il codice della stazione scelta. Dopo questa ulteriore selezione, si ottiene una tabella (Tabella 4.1.2-3) analoga alla precedente Tabella 4.1.2-1, ma senza le associazioni multiple. Fanno eccezione i comuni di Firenze (associato a tutte le stazioni dell'agglomerato), Livorno (le due stazioni nel territorio comunale), Lucca (stazione 13-Capannori e SC-San Concordio in attivazione), Monsummano Terme e Ponte Buggianese (equivalenza tra due stazioni, 20-Santa Croce e 13-Capannori). Calenzano, pur essendo attribuibile alla stazione di Prato (21-Prato Roma), è stato attribuito anche alla stazione 3-Bassi per zonizzazione, in quanto questo comune ricade nella zona "agglomerato urbano".

Anche in questo caso sono riportate nelle Figura 4.1.2-22/Figura 4.1.2-42 le mappe con le attribuzioni territoriali per ciascuna stazione (in colore pieno sono riportate quelle relative alla soglia 5% e in colore campito quelle relative alla soglia 15%). Inoltre, per una visione d'insieme, sono riportate la mappa della Toscana con tutte le aree comunali attribuite alle 21 stazioni in esame (Figura 4.1.2-43), le mappe delle 6 zone con le relative stazioni e comuni associati (Figura 4.1.2-44/Figura 4.1.2-49); nella rappresentazione grafica si perde l'informazione dei comuni con attribuzione multipla sopra menzionati, se le stazioni appartengono alla stessa zona, ed è quindi necessario riferirsi alla Tabella 4.1.2-3 o alle mappe delle singole stazioni.

I criteri per l'attribuzione delle aree comunali alle stazioni di misura sulla base delle tecniche di rappresentazione spaziale proposti in questo paragrafo possono essere utilizzati come traccia per applicazioni concrete in ambiti relativi alla gestione del territorio. Tuttavia è bene segnalare che utilizzando questo approccio restano casi di attribuzioni dubbie o spurie, come, ad esempio, l'associazione di comuni in zone di classificazione del territorio regionale diversi rispetto a quelle in cui si trova la stazione associata (es. Impruneta, San Casciano, Fiesole della zona collinare-montana attribuiti a stazioni dell'agglomerato urbano), o comuni isolati e distanti rispetto alla stazione attribuita (es. Larciano alla stazione 19-Pisa Passi).

La risoluzione di questi e di analoghi casi può richiedere l'introduzione e l'utilizzo di informazioni aggiuntive, quali ad esempio le caratteristiche orografiche e di urbanizzazione delle diverse aree, i fattori di pressione antropica (vedi § 3.2), le stime di concentrazione media annua ottenute da modello (vedi § 3.3).

ID STAZIONE	COMUNE	M2	M3	M2UM3 >15%	M2UM3 >5%
1	Anghiari		9%		U>5%
1	Bibbiena		46%	U>15%	U>5%
1	Caprese Michelangelo	1%	66%	U>15%	U>5%
1	Castel Focognao		28%	U>15%	U>5%
1	Castel San Niccolo'		29%	U>15%	U>5%
1	Chitignano		100%	U>15%	U>5%
1	Chiusi della Verna	3%	63%	U>15%	U>5%
1	Montemignaio		46%	U>15%	U>5%
1	Ortignano Raggiolo		11%		U>5%
1	Pieve Santo Stefano		5%		U>5%
1	Poppi		33%	U>15%	U>5%
1	Pratovecchio		42%	U>15%	U>5%
1	Stia		19%	U>15%	U>5%
1	Subbiano	57%	51%	U>15%	U>5%
1	Talla		20%	U>15%	U>5%
2	Arezzo	20%	10%	U>15%	U>5%
2	Castiglion Fiorentino		7%		U>5%
3	Bagno a Ripoli	5%			U>5%
3	Calenzano		5%		U>5%
3	Fiesole	44%	14%	U>15%	U>5%
3	Firenze	55%	29%	U>15%	U>5%
3	Montemurlo		13%		U>5%
3	Prato		8%		U>5%
4	Bagno a Ripoli	5%	3%		U>5%
4	Firenze	65%	33%	U>15%	U>5%
4	Impruneta	8%			U>5%
4	Scandicci	7%			U>5%
6	Bagno a Ripoli	15%	3%	U>15%	U>5%
6	Campi Bisenzio	65%		U>15%	U>5%
6	Empoli		13%		U>5%
6	Fiesole	7%			U>5%
6	Firenze	92%	16%	U>15%	U>5%
6	Impruneta	75%	16%	U>15%	U>5%
6	Lastra a Signa	64%	23%	U>15%	U>5%
6	S. Casciano in Val di Pesa	23%		U>15%	U>5%
6	Scandicci	100%	47%	U>15%	U>5%
6	Sesto Fiorentino	49%		U>15%	U>5%
6	Signa	75%	64%	U>15%	U>5%
7	Campi Bisenzio	18%	7%	U>15%	U>5%
7	Carmignano	3%	16%	U>15%	U>5%
7	Empoli		6%		U>5%
7	Firenze		10%		U>5%
7	Lastra a Signa	10%	28%	U>15%	U>5%
7	Poggio a Caiano		96%	U>15%	U>5%
7	Quarrata		35%	U>15%	U>5%
7	Scandicci		23%	U>15%	U>5%
7	Signa	92%	74%	U>15%	U>5%
9	Grosseto	6%	n.d.		M2 5%
10	Livorno	88%	19%	U>15%	U>5%
11	Collesalvetti	3%	24%	U>15%	U>5%
11	Livorno	22%	29%	U>15%	U>5%
12	Piombino	18%	n.d.	M2 15%	M2 5%
13	Altopascio	59%	77%	U>15%	U>5%
13	Bientina	11%			U>5%
13	Buggiano		13%		U>5%
13	Buti	10%			U>5%
13	Capannori	97%	14%	U>15%	U>5%
13	Castelfranco di Sotto	15%	25%	U>15%	U>5%
13	Chiesina Uzzanese		100%	U>15%	U>5%
13	Lucca	46%	9%	U>15%	U>5%
13	Monsummano Terme		12%		U>5%
13	Montecarlo	99%	51%	U>15%	U>5%
13	Montecatini Terme		11%		U>5%
13	Pescia	13%	5%		U>5%
13	Pieve a Nievole		48%	U>15%	U>5%
13	Ponte Buggianese		48%	U>15%	U>5%
13	Porcari	100%	96%	U>15%	U>5%
13	S.Croce sull'Arno		12%		U>5%
13	Villa Basilica	5%			U>5%
16	Camaiore	7%	n.d.		M2 5%
16	Viareggio	34%	n.d.	M2 15%	M2 5%
17	Carrara	98%	45%	U>15%	U>5%
17	Fosdinovo		33%	U>15%	U>5%
17	Massa	53%	9%	U>15%	U>5%
17	Montignoso		24%	U>15%	U>5%
17	Pietrasanta		34%	U>15%	U>5%
17	Seravezza		10%		U>5%
18	Casole d'Elsa		94%	U>15%	U>5%
18	Castelnuovo di Val di Ceci	2%	94%	U>15%	U>5%

ID STAZIONE	COMUNE	M2	M3	M2UM3 >15%	M2UM3 >5%
18	Chianni		26%	U>15%	U>5%
18	Chiusdino		73%	U>15%	U>5%
18	Colle di Val d'Elsa		35%	U>15%	U>5%
18	Gambassi Terme		10%	U>15%	U>5%
18	Lajatico		39%	U>15%	U>5%
18	Montecatini Val di Cecina		23%	U>15%	U>5%
18	Monteriggioni		56%	U>15%	U>5%
18	Monticiano		18%	U>15%	U>5%
18	Pomarance	12%	95%	U>15%	U>5%
18	Radicondoli		90%	U>15%	U>5%
18	San Gimignano		22%	U>15%	U>5%
18	Sovicille		6%		U>5%
18	Volterra		17%	U>15%	U>5%
19	Altopascio		14%		U>5%
19	Bientina		27%	U>15%	U>5%
19	Calci		8%		U>5%
19	Calcinaia		94%	U>15%	U>5%
19	Cascina		79%	U>15%	U>5%
19	Castelfranco di Sotto		25%	U>15%	U>5%
19	Fucecchio		49%	U>15%	U>5%
19	Larciano		16%	U>15%	U>5%
19	Lucca		13%		U>5%
19	Massarosa		41%	U>15%	U>5%
19	Pisa		47%	U>15%	U>5%
19	Ponte Buggianese		7%		U>5%
19	Pontedera		43%	U>15%	U>5%
19	S.Croce sull'Arno		71%	U>15%	U>5%
19	S.Maria a Monte		21%	U>15%	U>5%
19	San Giuliano Terme		52%	U>15%	U>5%
19	Vecchiano		100%	U>15%	U>5%
19	Viareggio		55%	U>15%	U>5%
19	Vico Pisano		37%	U>15%	U>5%
20	Altopascio	1%	35%	U>15%	U>5%
20	Bientina	30%	55%	U>15%	U>5%
20	Calcinaia		54%	U>15%	U>5%
20	Capannori		9%		U>5%
20	Cascina		97%	U>15%	U>5%
20	Castelfiorentino		6%		U>5%
20	Castelfranco di Sotto	65%	66%	U>15%	U>5%
20	CerretoGuidi	71%		U>15%	U>5%
20	Collesalvetti		22%	U>15%	U>5%
20	Crespina		22%	U>15%	U>5%
20	Empoli	4%	19%	U>15%	U>5%
20	Fauglia		19%	U>15%	U>5%
20	Fucecchio	92%	74%	U>15%	U>5%
20	Lari		27%	U>15%	U>5%
20	Lucca		6%		U>5%
20	Monsummano Terme		12%		U>5%
20	Montopoli in Val d'Arno	100%	33%	U>15%	U>5%
20	Palaia	18%		U>15%	U>5%
20	Pieve a Nievole		16%	U>15%	U>5%
20	Pisa		16%	U>15%	U>5%
20	Ponsacco		81%	U>15%	U>5%
20	Ponte Buggianese	3%	54%	U>15%	U>5%
20	Pontedera	13%	52%	U>15%	U>5%
20	Porcari		22%	U>15%	U>5%
20	S.Croce sull'Arno	100%	95%	U>15%	U>5%
20	S.Maria a Monte	97%	31%	U>15%	U>5%
20	S.Miniato	70%	12%	U>15%	U>5%
20	San Giuliano Terme		13%		U>5%
20	Vecchiano		6%		U>5%
20	Vinci		7%		U>5%
21	Calenzano		10%		U>5%
21	Campi Bisenzio		14%		U>5%
21	Firenze		16%	U>15%	U>5%
21	Prato	29%	37%	U>15%	U>5%
22	Agliana	100%	n.d.	M2 15%	M2 5%
22	Montale	18%	n.d.	M2 15%	M2 5%
22	Montemurlo	22%	n.d.	M2 15%	M2 5%
22	Pistoia	10%	n.d.		M2 5%
22	Prato	14%	n.d.		M2 5%
22	Quarrata	39%	n.d.	M2 15%	M2 5%
23	Pistoia	12%	n.d.		M2 5%
24	Barberino Val D'Elsa	25%	n.d.	M2>15%	M2>5%
24	Colle di Val d'Elsa	5%	n.d.		M2>5%
24	Poggibonsi	67%	n.d.	M2>15%	M2>5%
24	San Gimignano	8%	n.d.		M2>5%
SC	Capannori	13%	n.d.		M2 5%
SC	Lucca	31%	n.d.	M2 15%	M2 5%

Tabella 4.1.2-1. Elenco dei vari comuni richiamati dalle stazioni indicate con ID, con relative percentuali di copertura territoriale per i due metodi M2 e M3 e per l'unione dei due metodi per le 2 soglie.

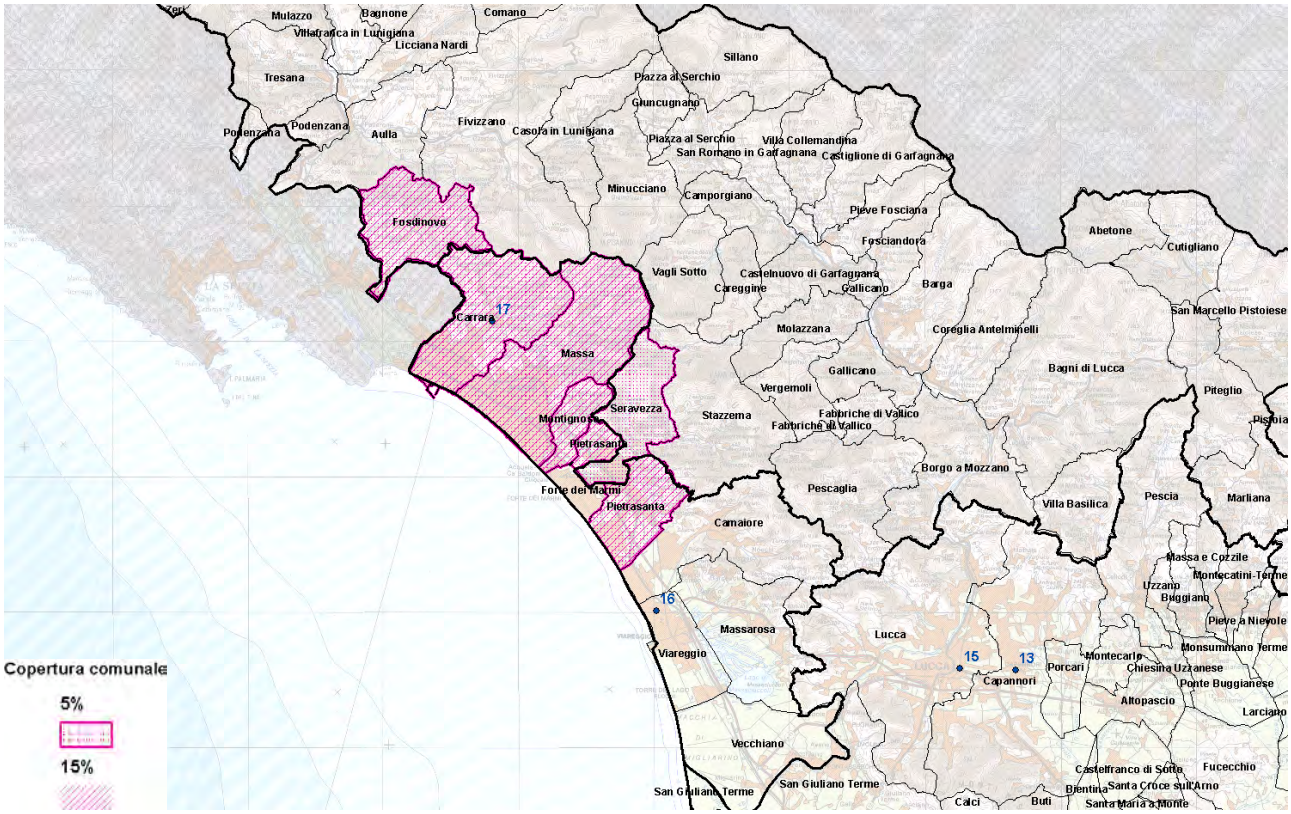


Figura 4.1.2-1. Stazione MS-Colombarotto (st. 17): comuni interessati con soglia 5% (puntinatura) e 15% (campitura)

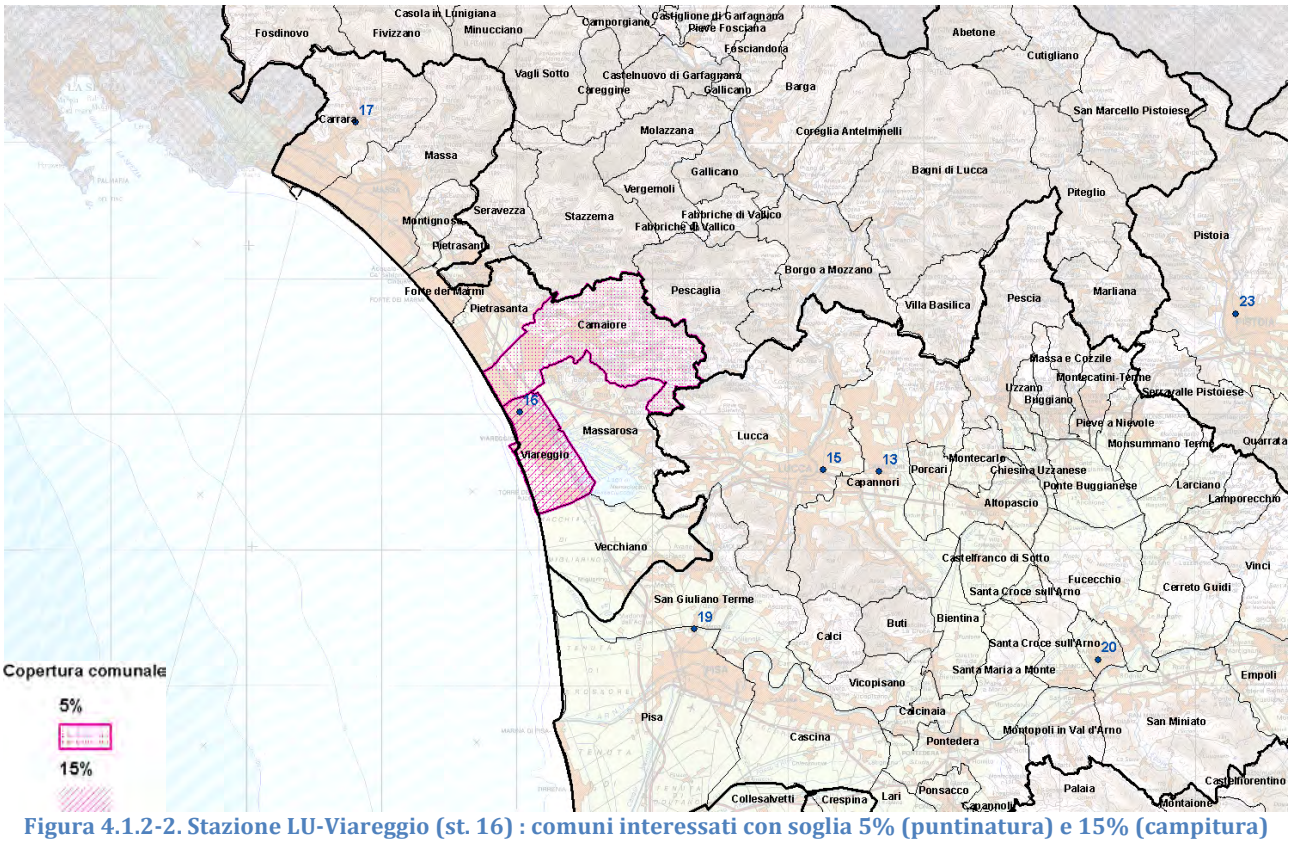


Figura 4.1.2-2. Stazione LU-Viareggio (st. 16) : comuni interessati con soglia 5% (puntinatura) e 15% (campitura)

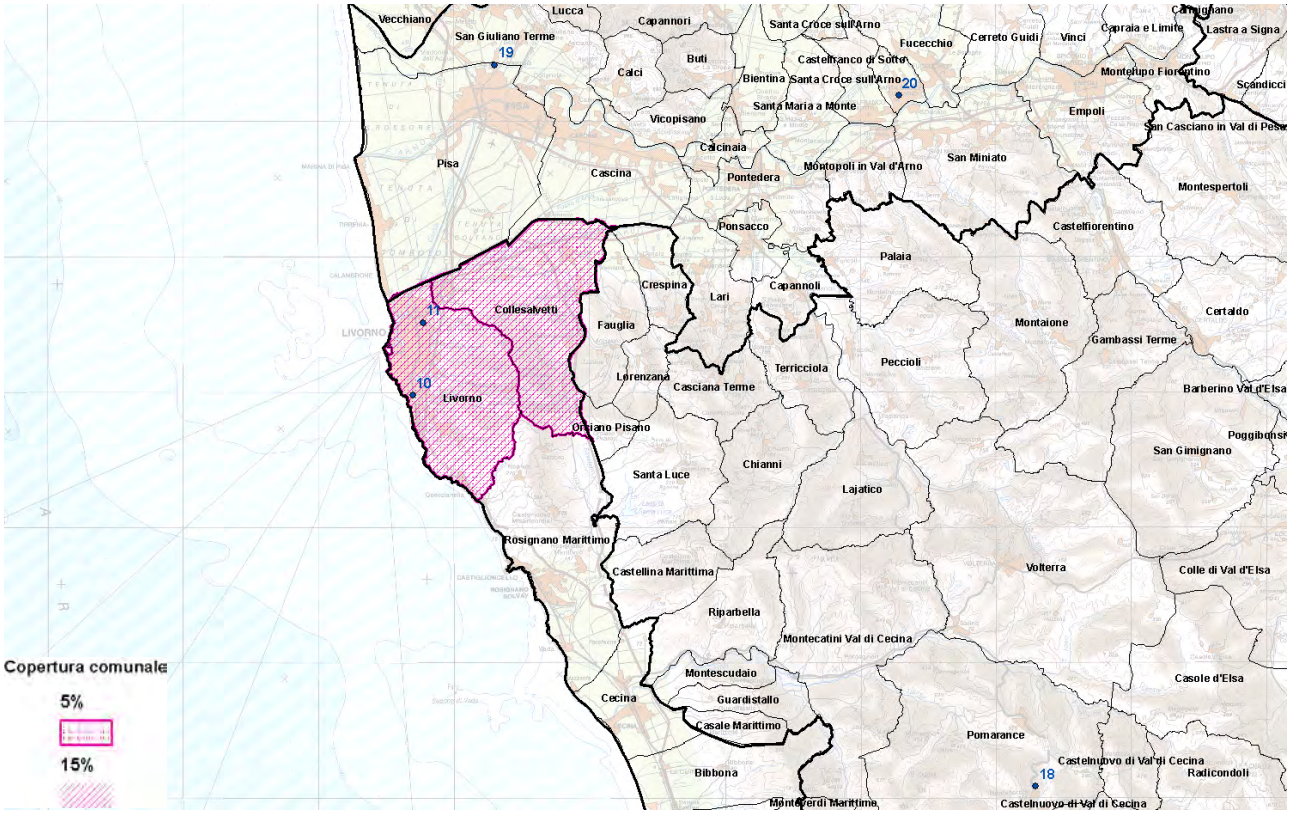


Figura 4.1.2-3. Stazione LI-La Pira (st. 11) : comuni interessati con soglia 5% (puntinatura) e 15% (campitura)

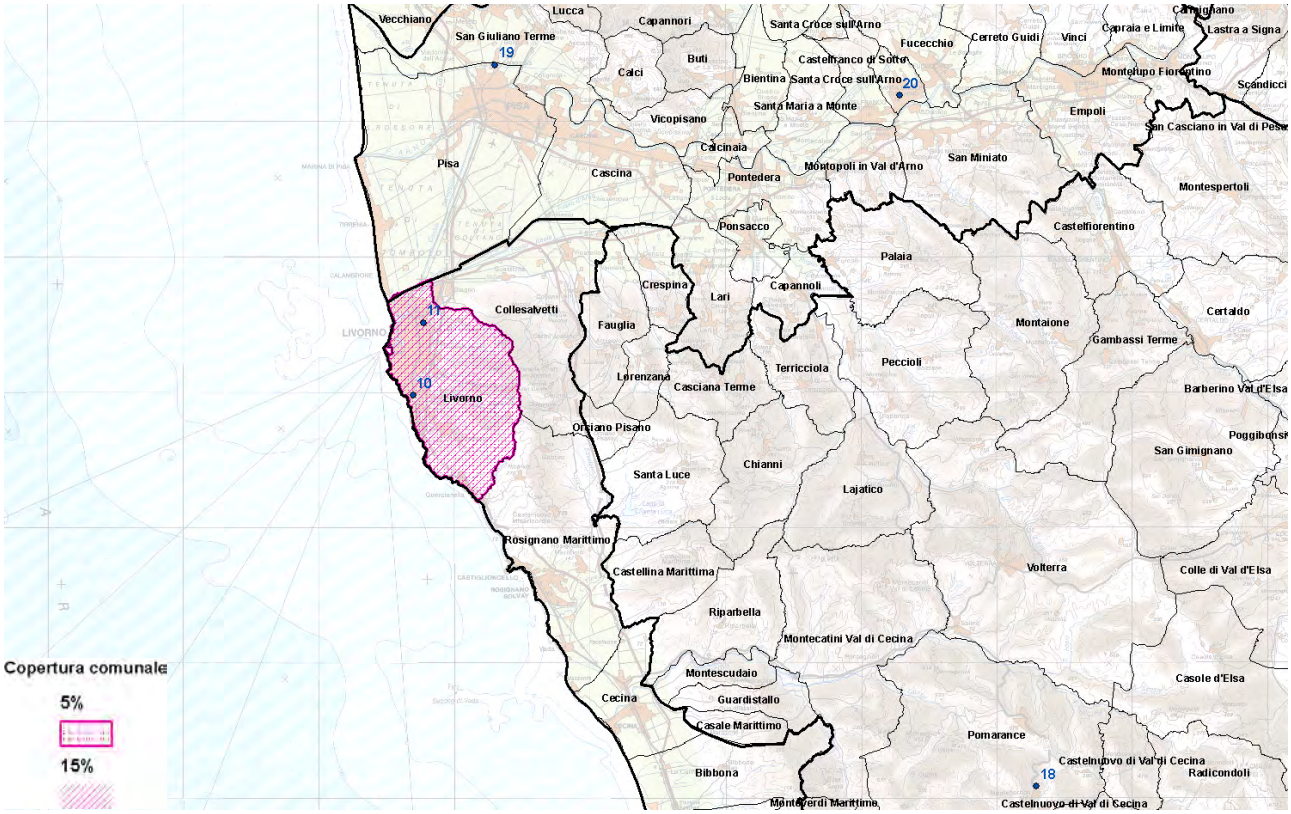


Figura 4.1.2-4. Stazione LI-Cappiello (st. 10) : comuni interessati con soglia 5% (puntinatura) e 15% (campitura)

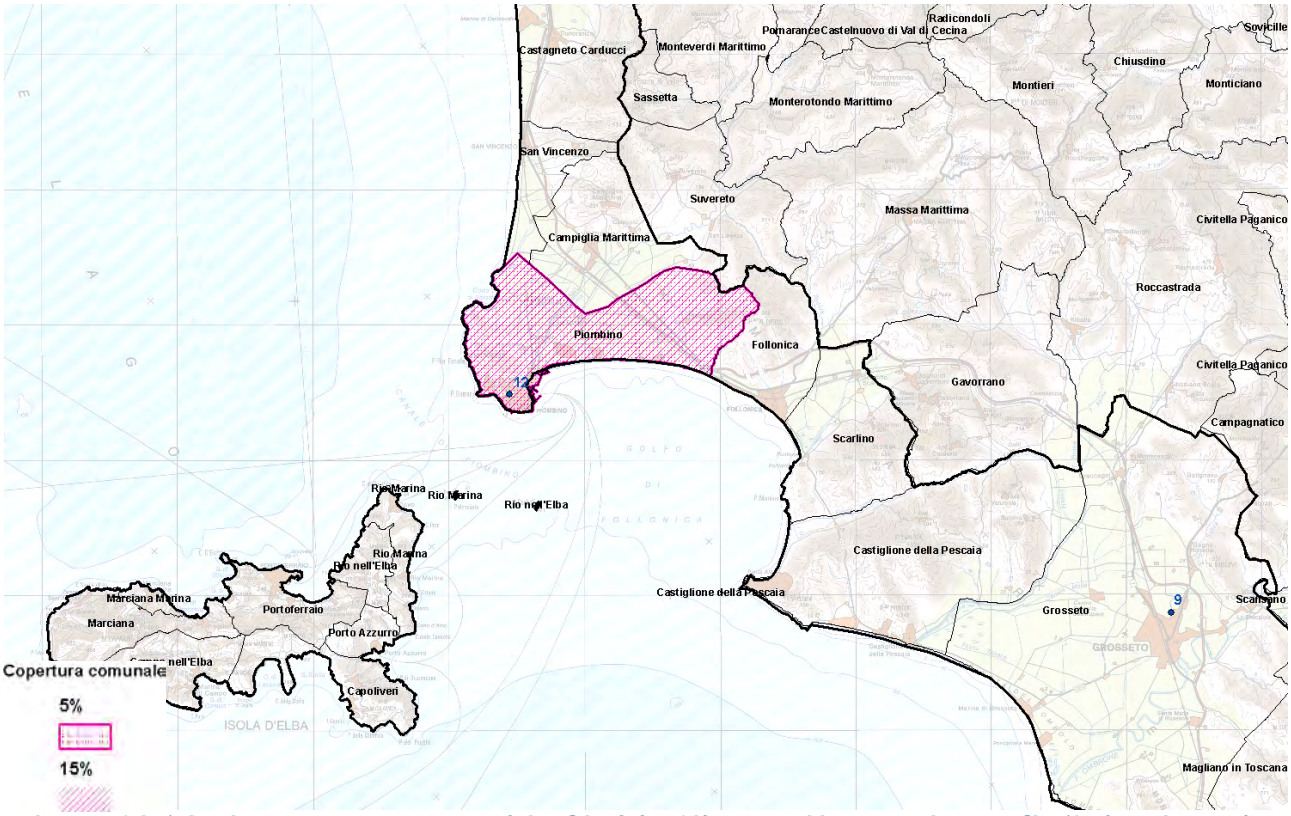


Figura 4.1.2-5. Stazione LI-Parco VIII Marzo (Piombino) (st. 12) : comuni interessati con soglia 5% (puntinatura) e 15% (campitura)

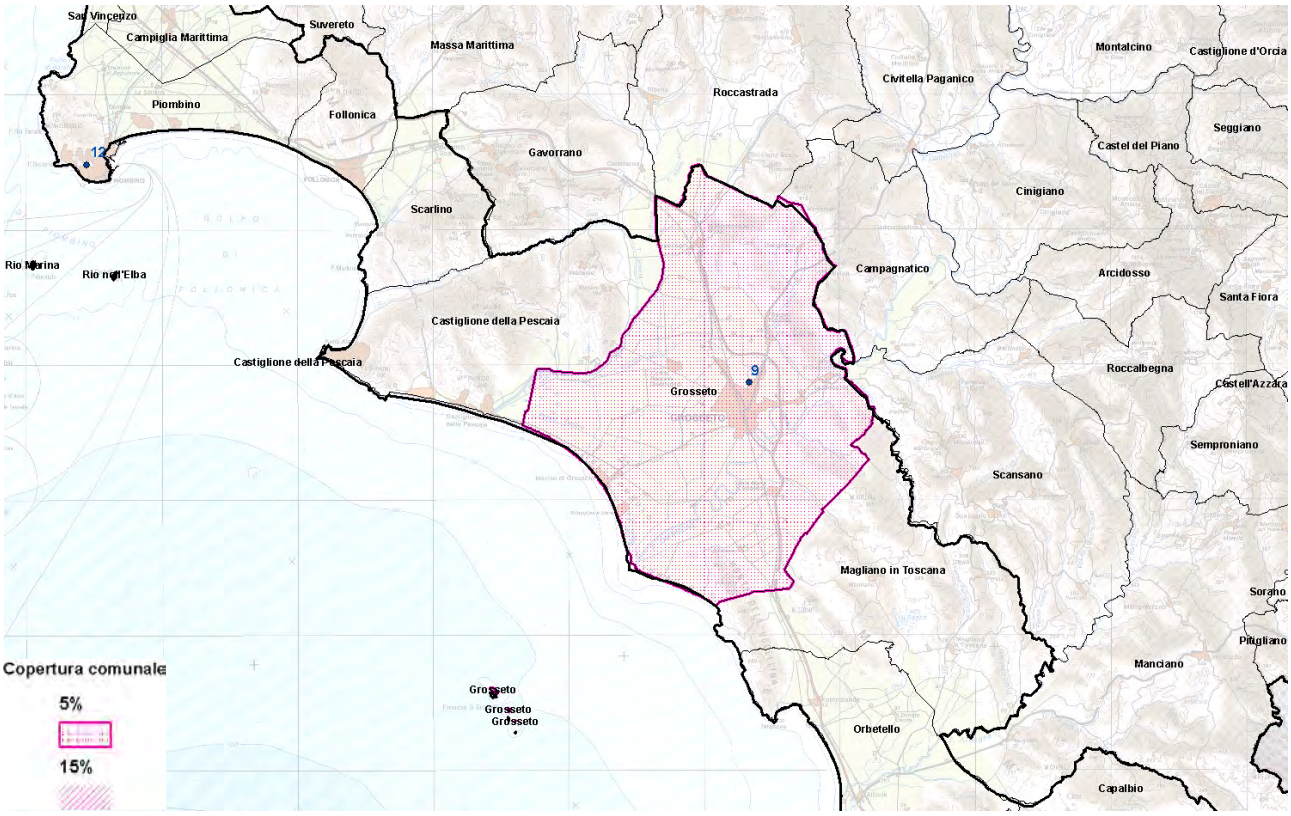


Figura 4.1.2-6. Stazione GR-URSS (st. 9) : comuni interessati con soglia 5% (puntinatura) e 15% (campitura)

Zona Collinare Montana

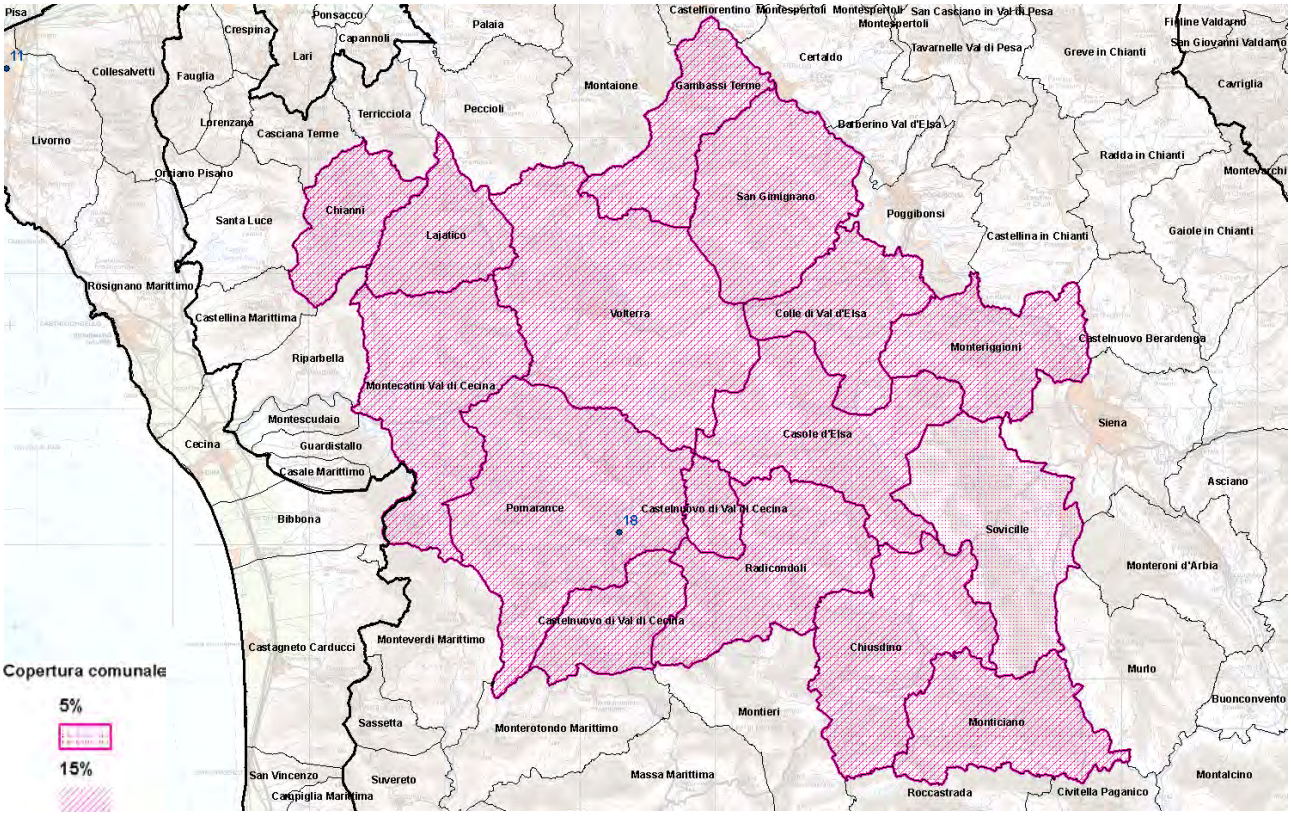


Figura 4.1.2-7. Stazione PI-Montecerboli (st. 18) : comuni interessati con soglia 5% (puntinatura) e 15% (campitura)

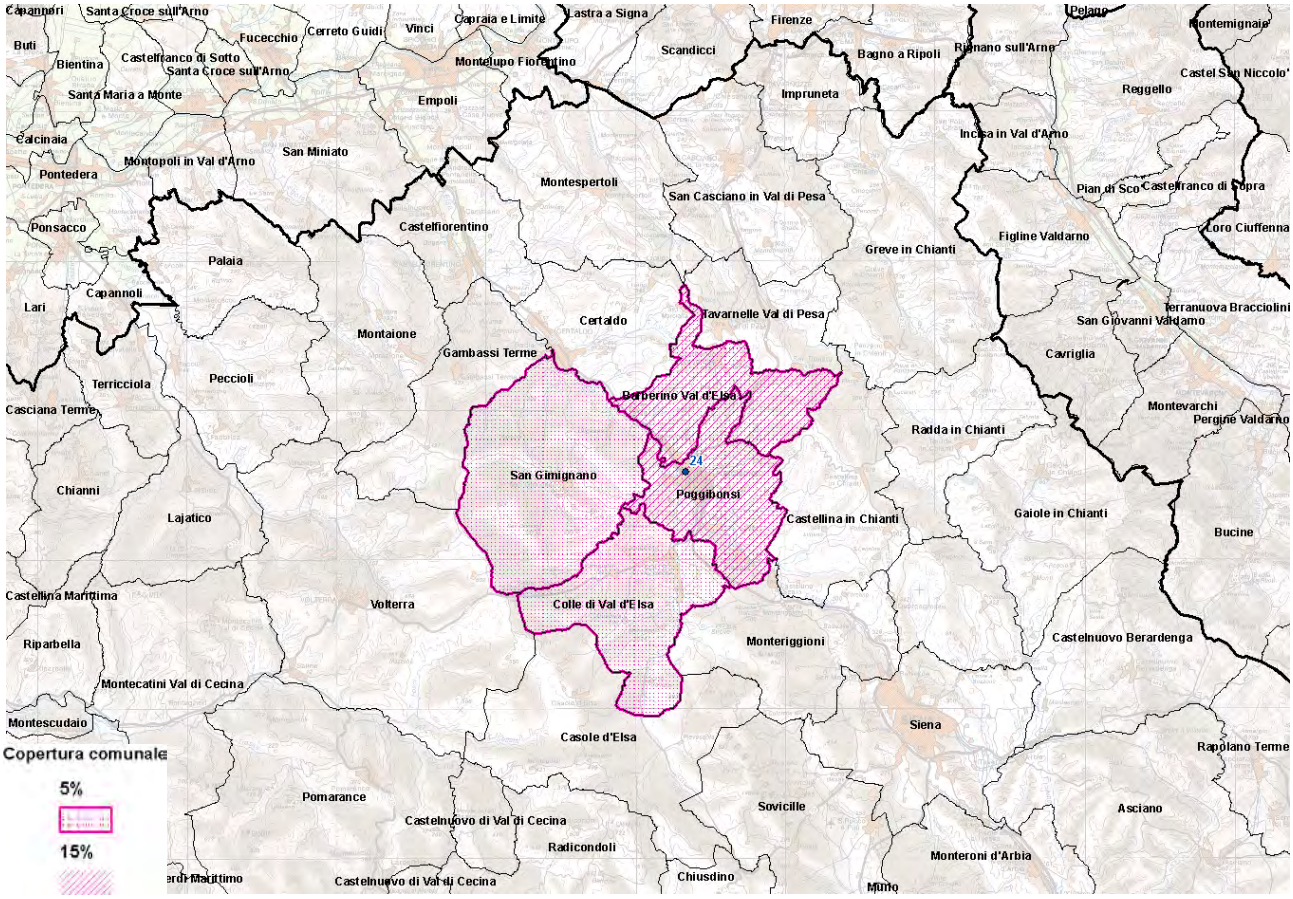


Figura 4.1.2-8. Stazione SI-Poggibonsi (st. 24) : comuni interessati con soglia 5% (puntinatura) e 15% (campitura)

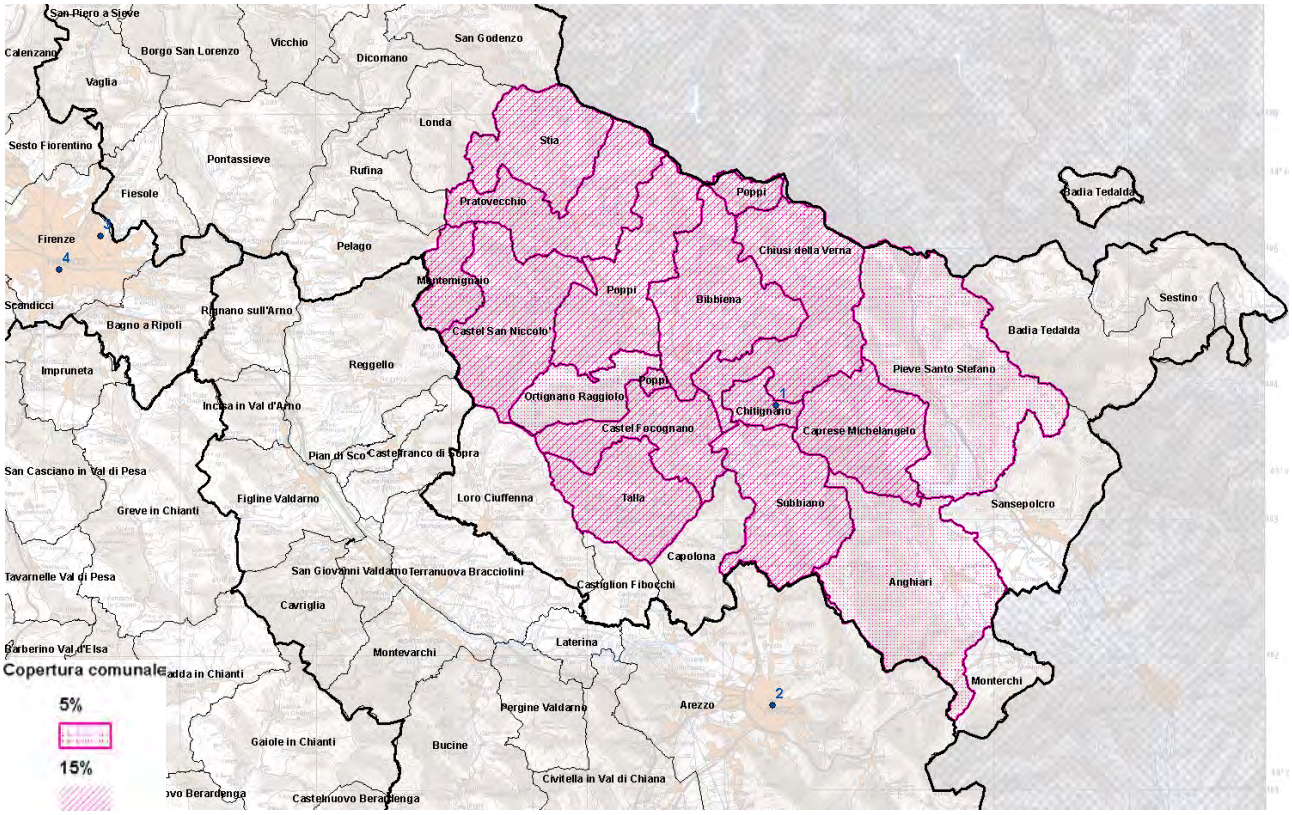


Figura 4.1.2-9. Stazione AR-Casa Stabbi (st. 1) : comuni interessati con soglia 5% (puntinatura) e 15% (campitura)

Zona Pisa-Lucca

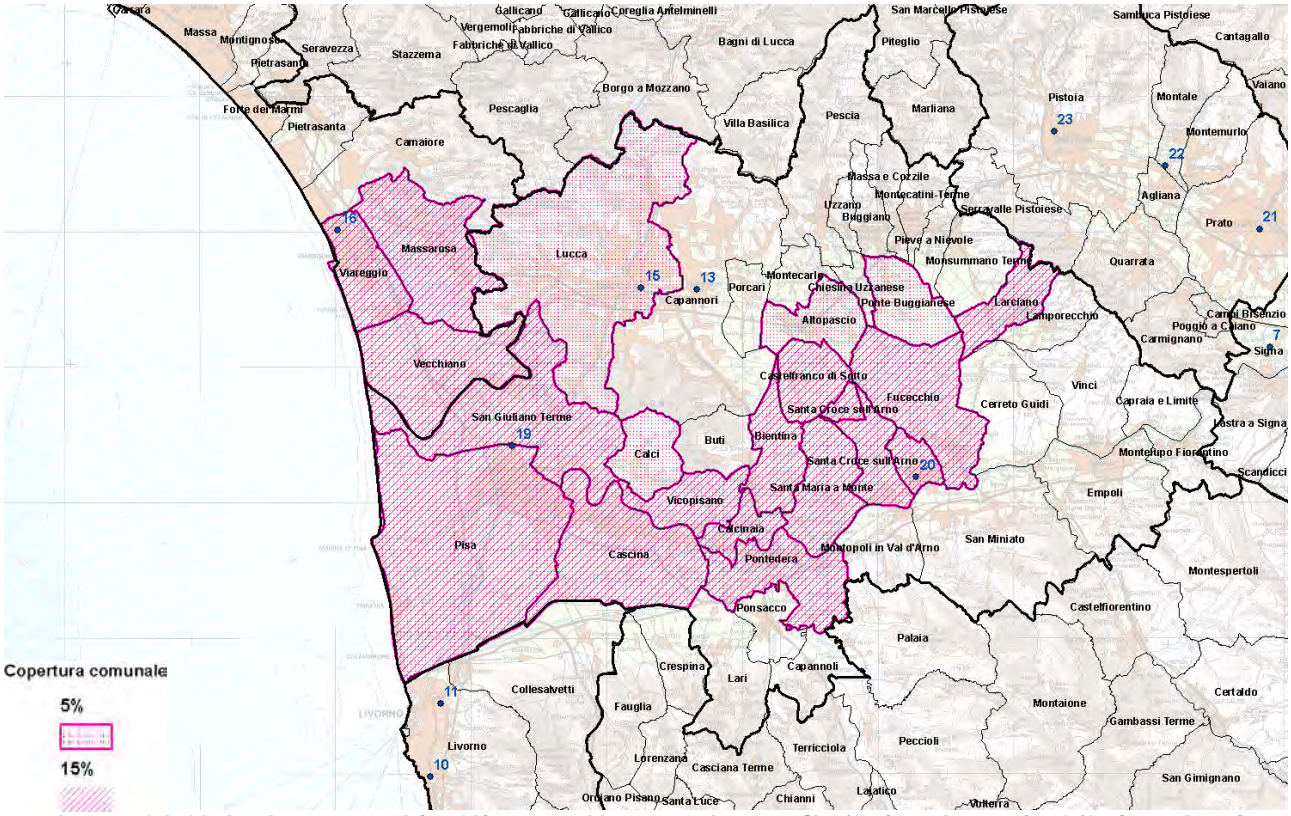


Figura 4.1.2-10. Stazione PI-Passi (st. 19) : comuni interessati con soglia 5% (puntinatura) e 15% (campitura)

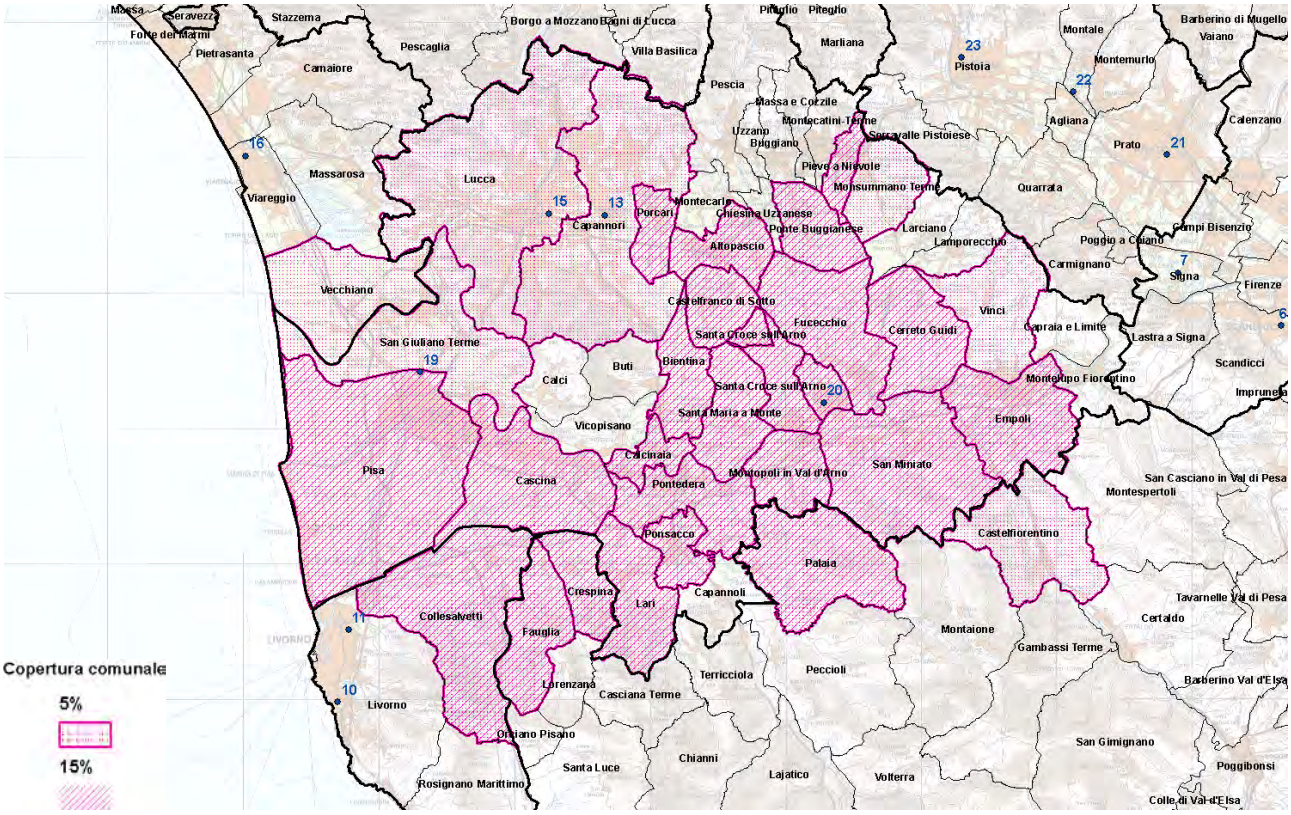


Figura 4.1.2-11. Stazione PI-Santa Croce (st. 20) : comuni interessati con soglia 5% (puntinatura) e 15% (campitura)

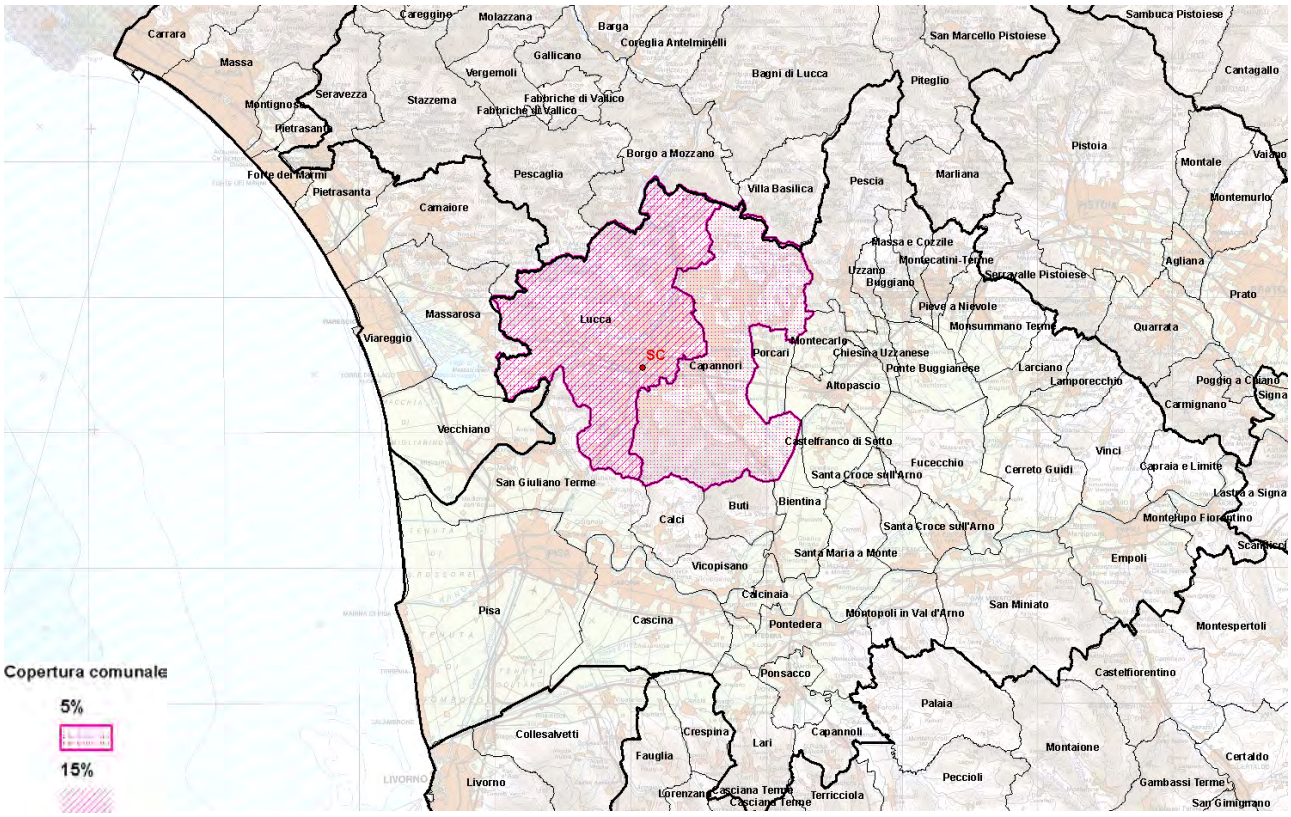


Figura 4.1.2-12. Stazione LU-San Concordio (st. SC) : comuni interessati con soglia 5% (puntinatura) e 15% (campitura)

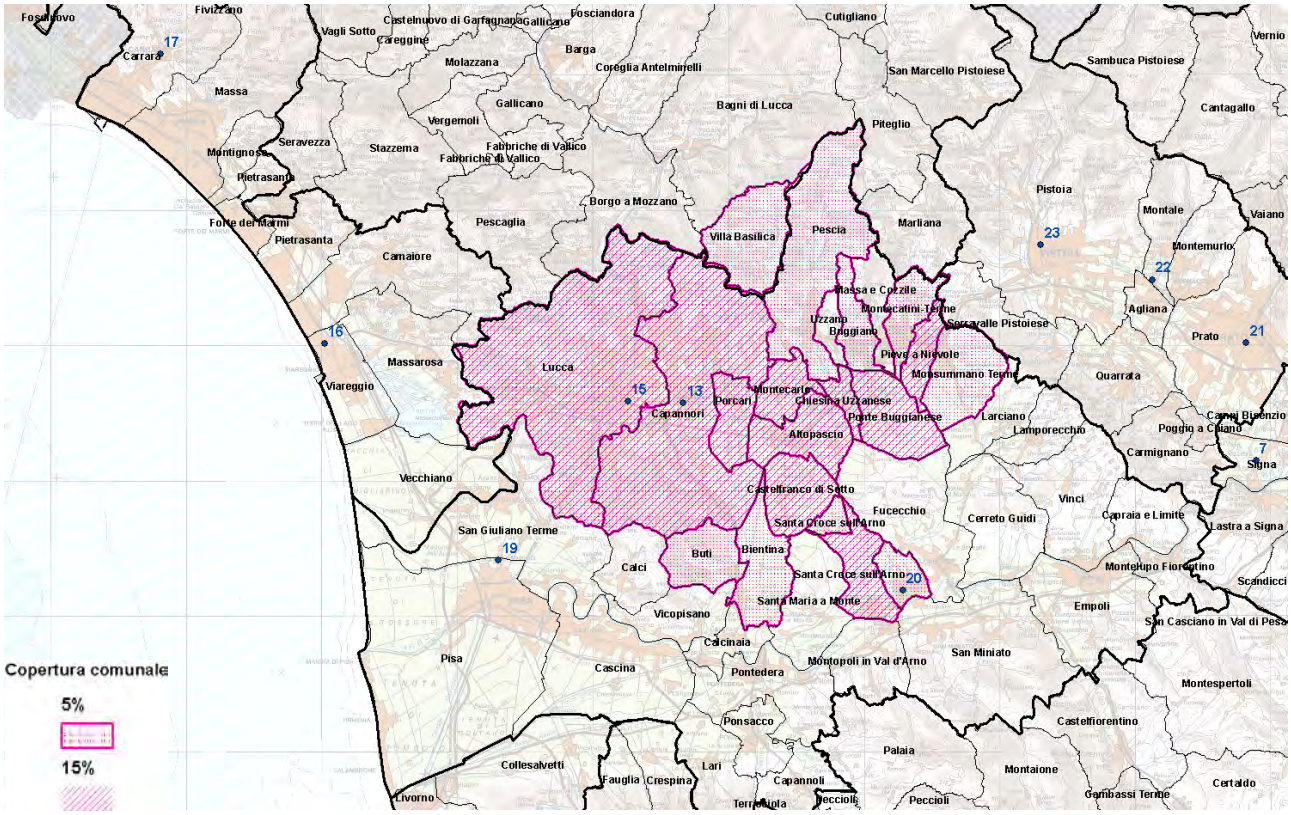


Figura 4.1.2-13. Stazione LU-Capannori (st. 13) : comuni interessati con soglia 5% (puntinatura) e 15% (campitura)

Zona Prato-Pistoia

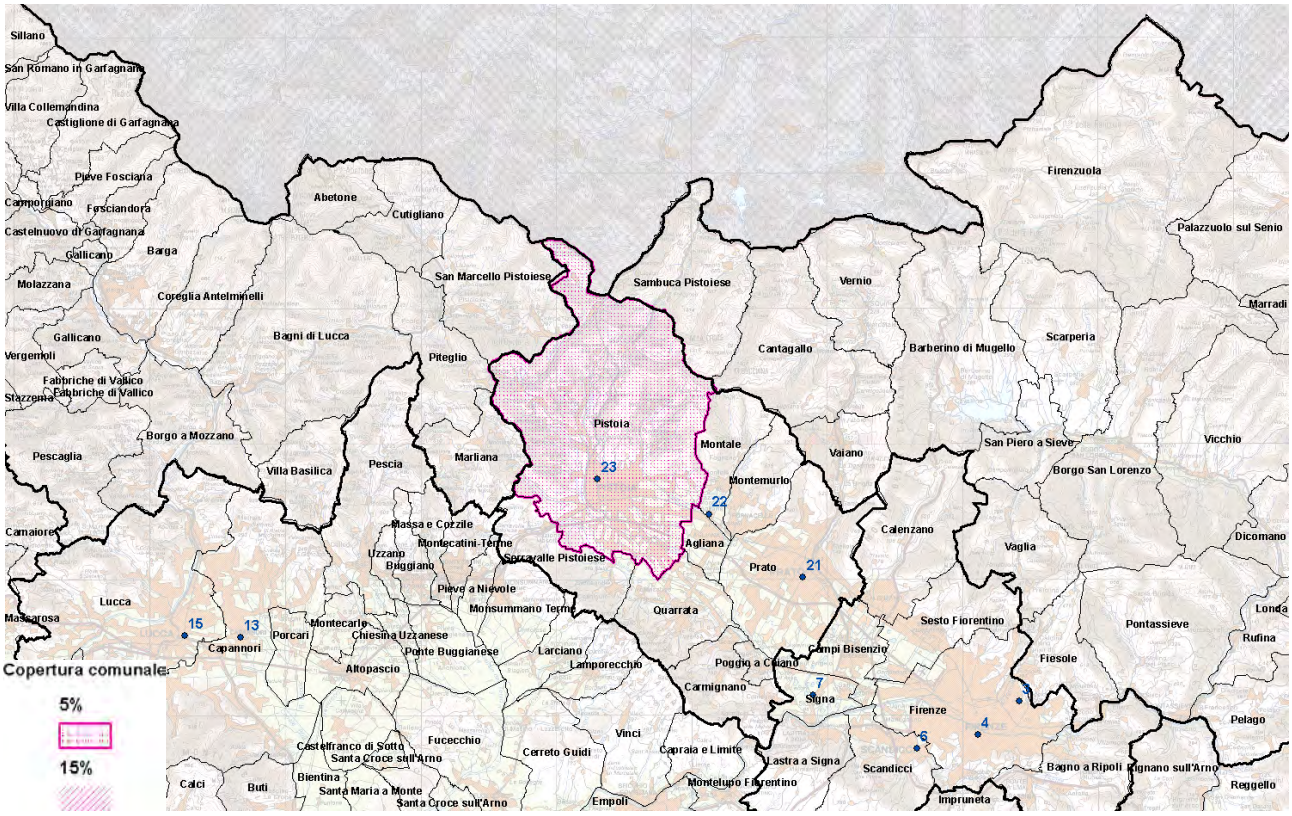


Figura 4.1.2-14. Stazione PT-Signorelli (st. 23) : comuni interessati con soglia 5% (puntinatura) e 15% (campitura)

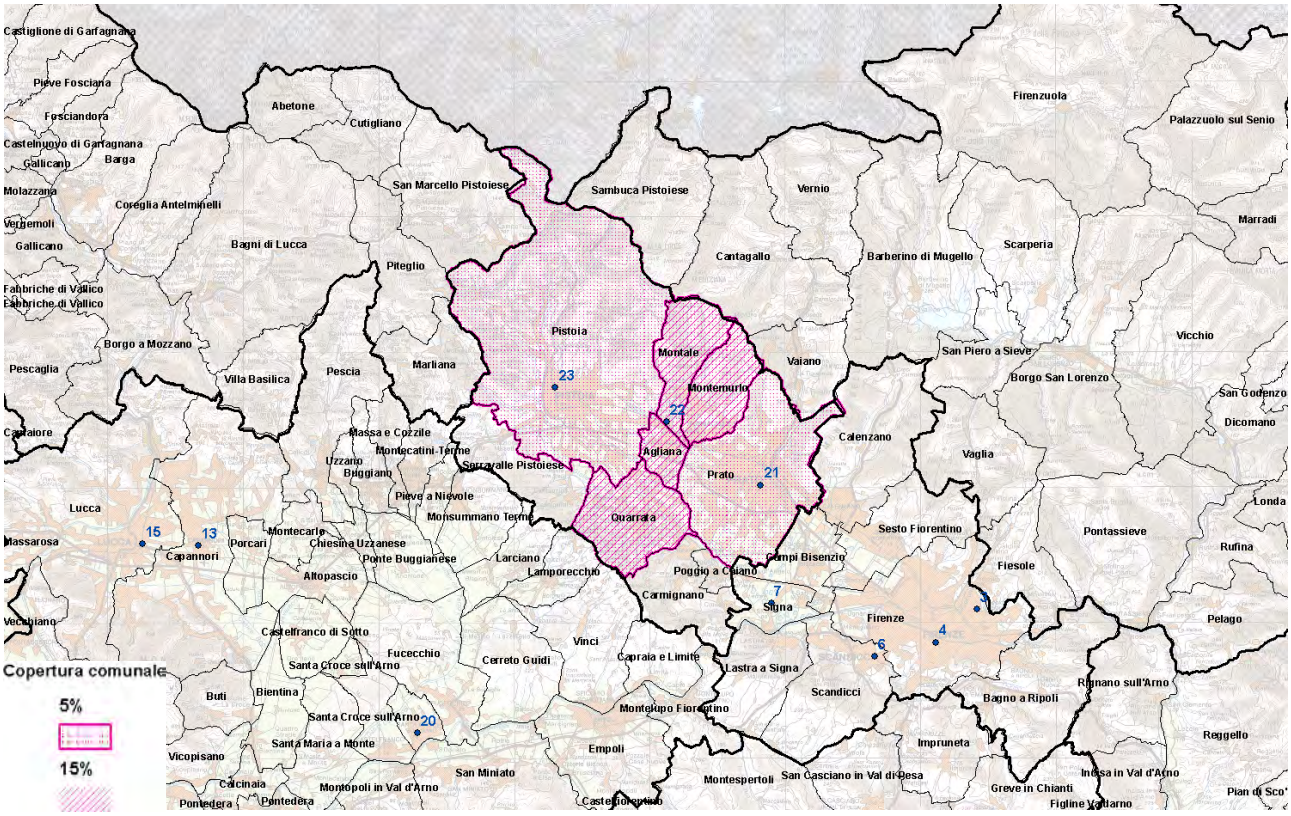


Figura 4.1.2-15.Stazione PT-Montale (st. 22) : comuni interessati con soglia 5% (puntinatura) e 15% (campitura)

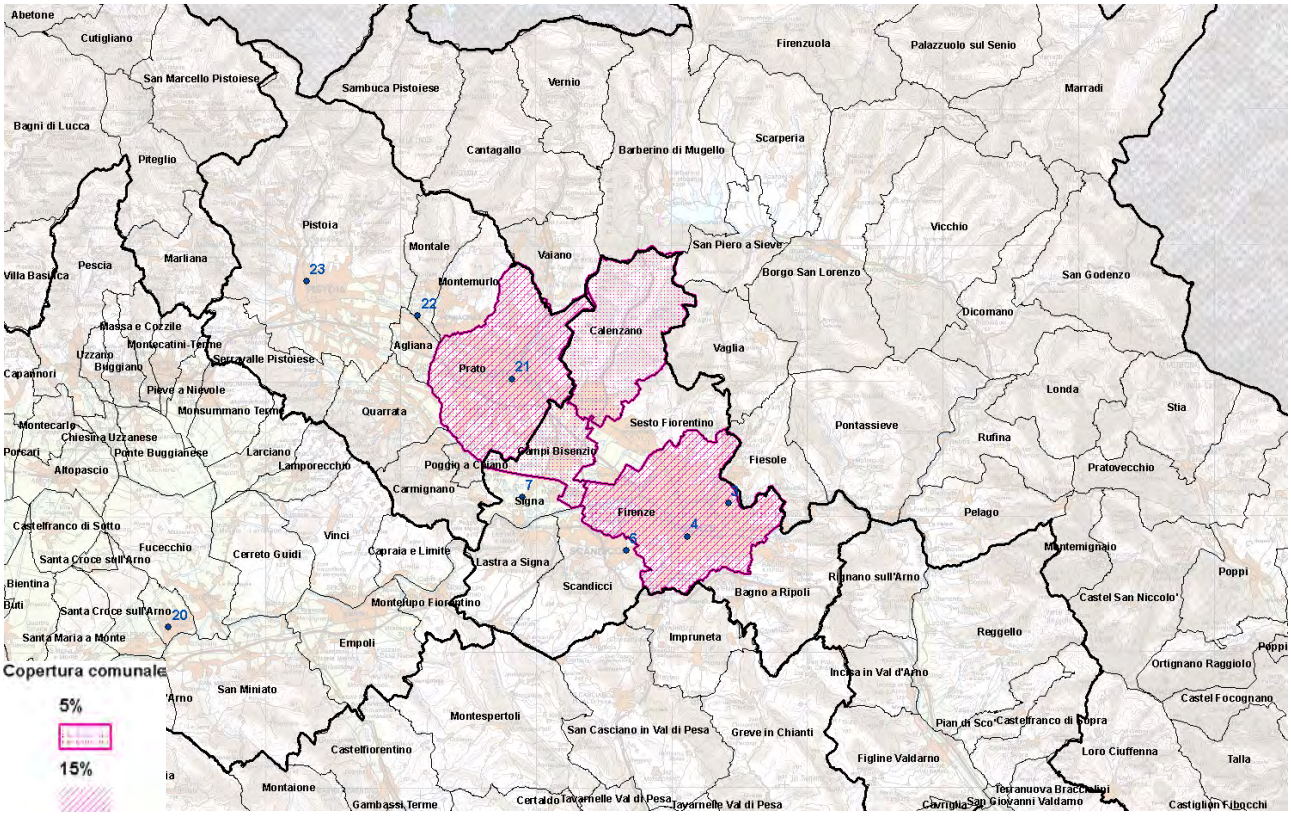


Figura 4.1.2-16. Stazione PO-Roma (st. 21) : comuni interessati con soglia 5% (puntinatura) e 15% (campitura)

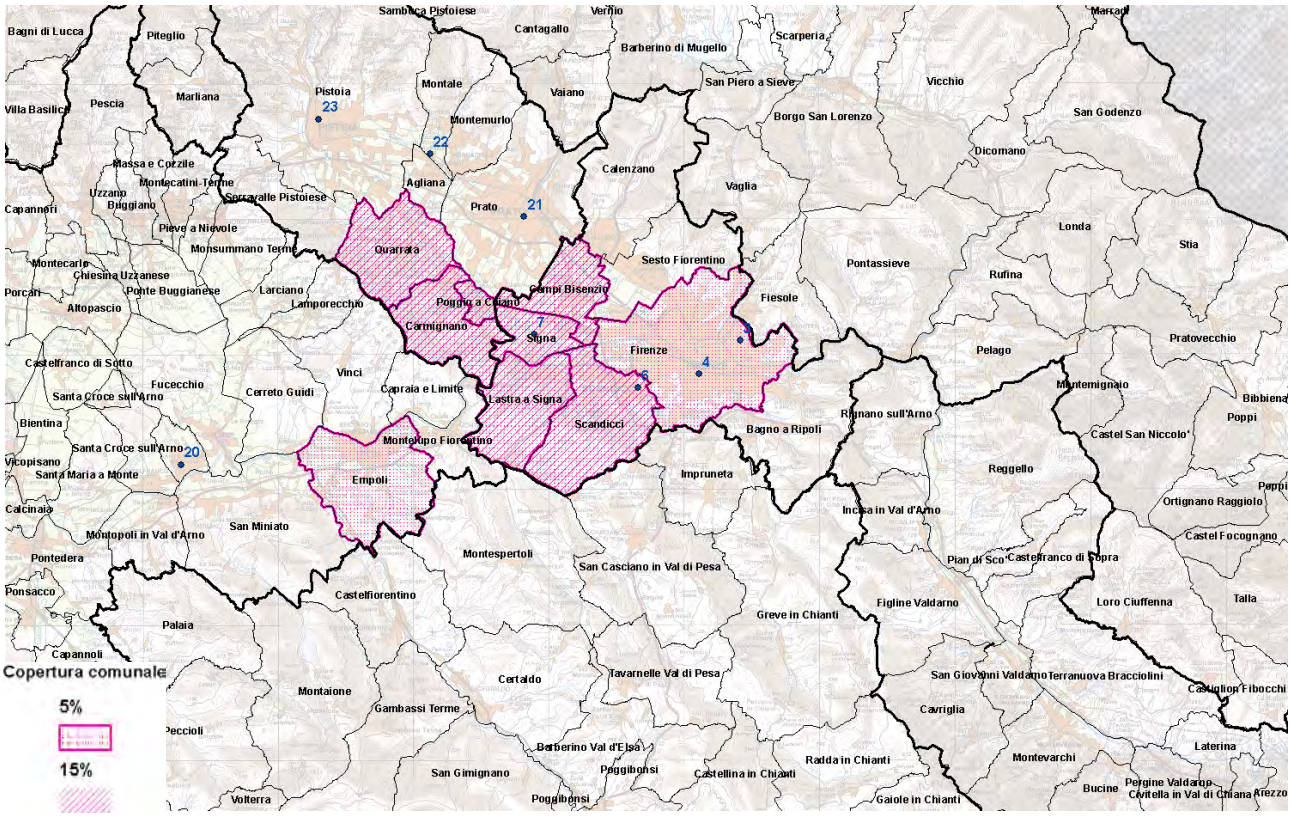


Figura 4.1.2-17.Stazione FI-Signa (st. 7) : comuni interessati con soglia 5% (puntinatura) e 15% (campitura)

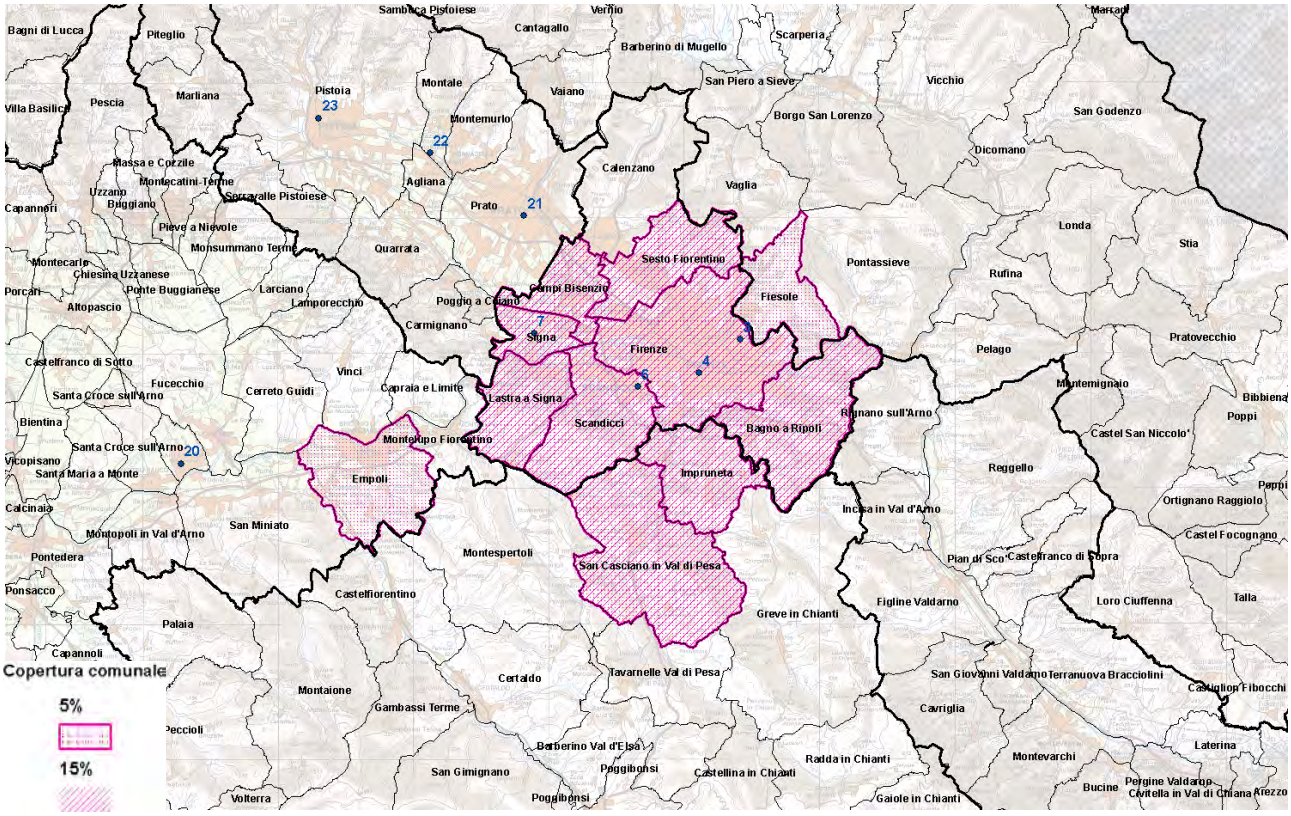


Figura 4.1.2-18.Stazione FI-Scandicci (st. 6) : comuni interessati con soglia 5% (puntinatura) e 15% (campitura)

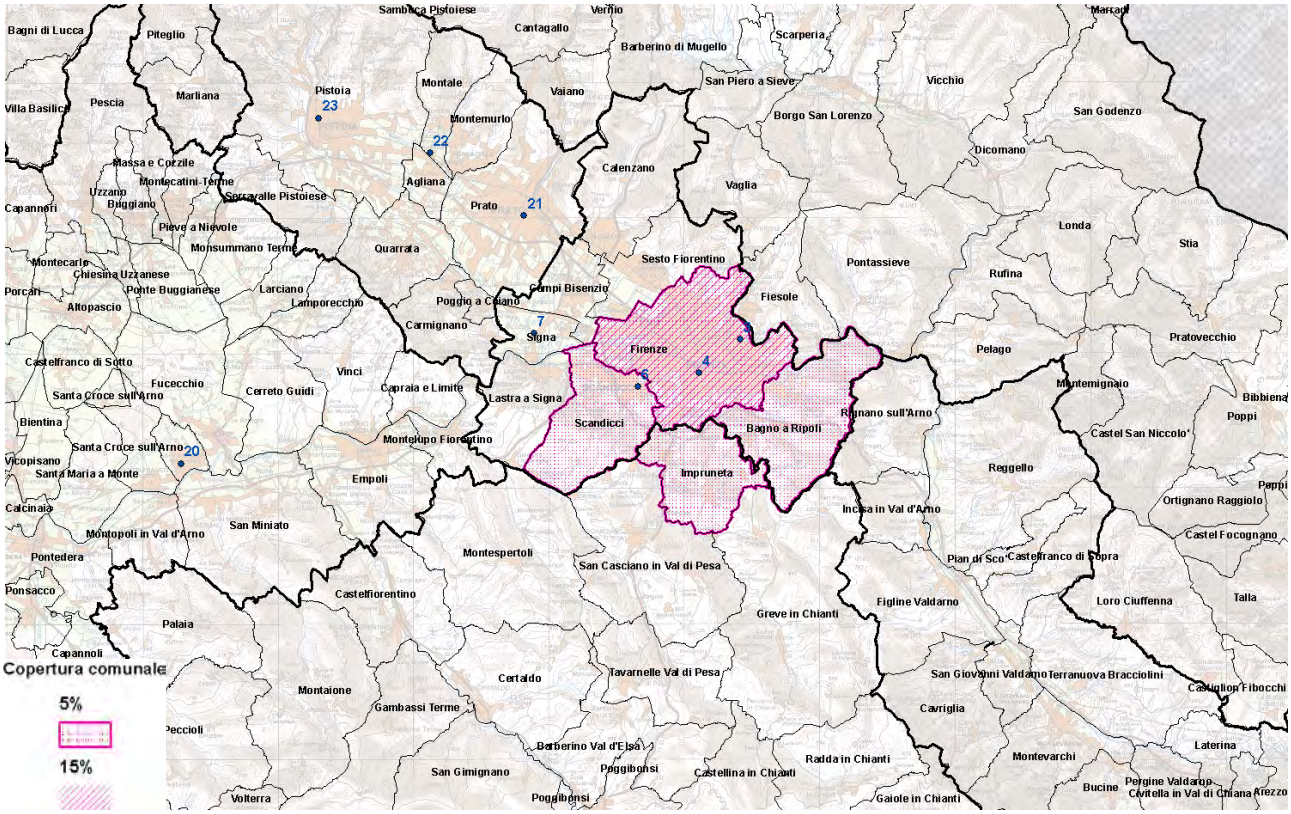


Figura 4.1.2-19.Stazione FI-Boboli (st. 4) : comuni interessati con soglia 5% (puntinatura) e 15% (campitura)

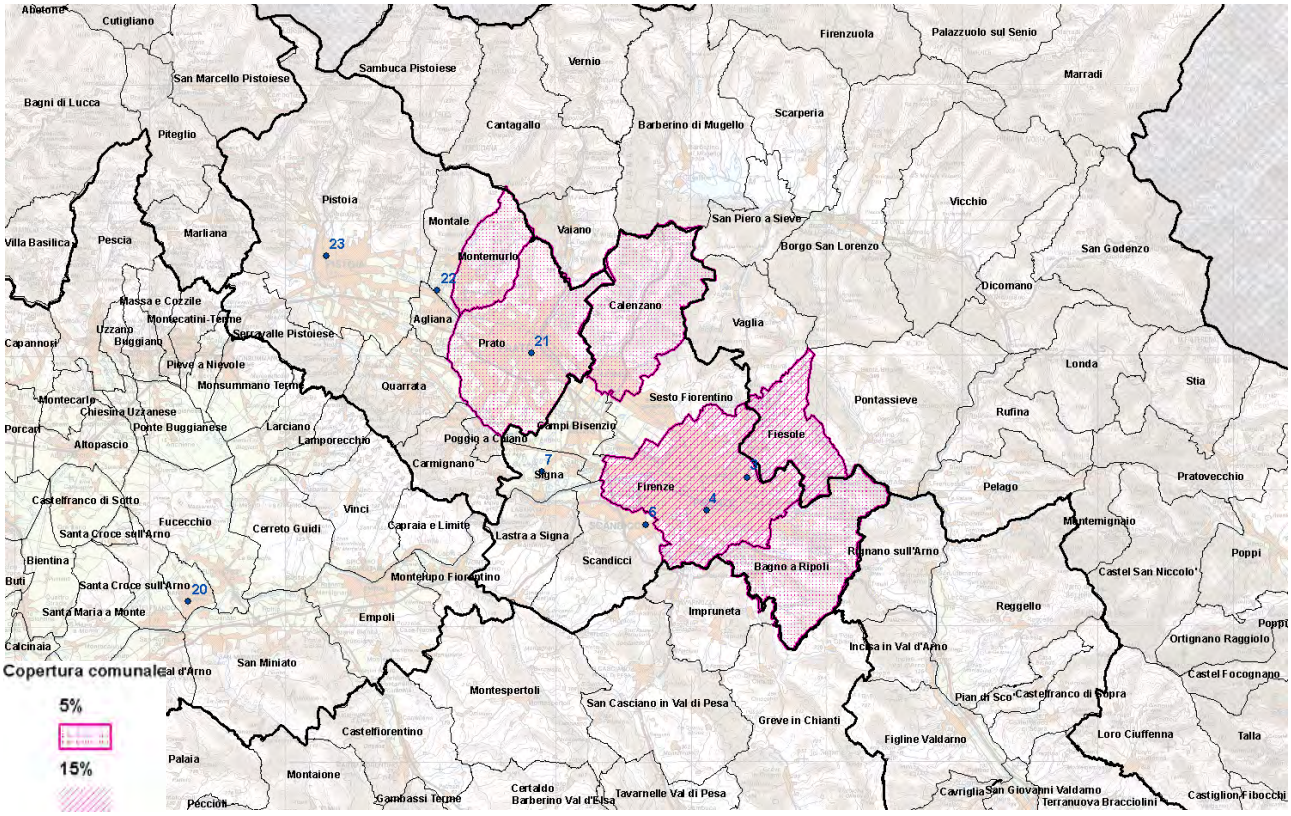


Figura 4.1.2-20. Stazione FI-Bassi (st. 3) : comuni interessati con soglia 5% (puntinatura) e 15% (campitura)

Zona Valdarno Aretino e Val di Chiana

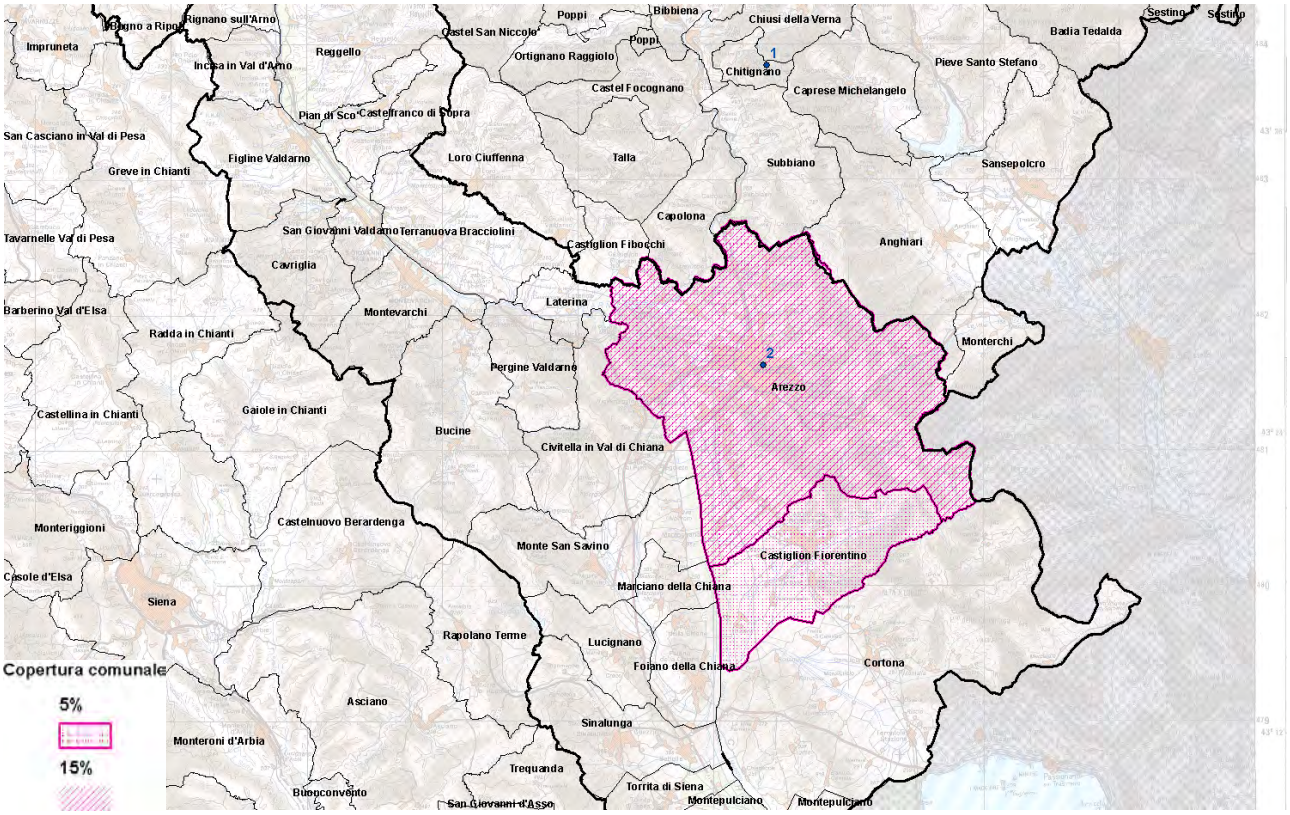


Figura 4.1.2-21Stazione AR-Acropoli (st. 2) : comuni interessati con soglia 5% (puntinatura) e 15% (campitura)

Comune	Attribuzione multipla	Attribuzione consigliata	Motivazione / Commenti
Altopascio	13, 19, 20	13	Concordanza di M2 e M3 Maggior copertura percentuale Vicinanza del comune alla stazione
Bagno a Ripoli	3, 4, 6	4	La stazione 3 è indicata solo da M2 La stazione 6 non è territorialmente contigua sebbene ci sia concordanza di M2 e M3 La stazione 4 è indicata da entrambi ed è la più vicina
Bientina	13, 19, 20	20	Concordanza di M2 e M3 Maggior copertura percentuale Vicinanza del comune alla stazione
Calcinaia	19, 20	19	Maggior copertura percentuale
Calenzano	3, 21	3/21	Concordanza di M2 e M3 per il 21 Maggior copertura percentuale per il 21 Per appartenenza alla zona dell'agglomerato potrebbe essere considerata la 3
Campi Bisenzio	6, 7, 21	7	Concordanza di M2 e M3 Maggior copertura percentuale Vicinanza del comune alla stazione
Capannori	13, 20, SC	13	Concordanza di M2 e M3 Maggior copertura percentuale Vicinanza del comune alla stazione
Cascina	19, 20	19	Vicinanza del comune alla stazione
Castelfranco di Sotto	13, 19, 20	20	Concordanza di M2 e M3 Maggior copertura percentuale Vicinanza del comune alla stazione
Collesalvetti	11, 20	11	Concordanza di M2 e M3 Maggior copertura percentuale Vicinanza del comune alla stazione
Colle Val d'Elsa	18. 24	18	Vicinanza del comune alla stazione Maggior copertura percentuale
Empoli	6, 7, 20	20	Concordanza di M2 e M3 Maggior copertura percentuale Vicinanza del comune alla stazione
Fiesole	3, 6	3	Concordanza di M2 e M3 Maggior copertura percentuale
Firenze	3, 4, 6, 7, 21	3/4/6/7	Appartenenza all'agglomerato urbano
Fucecchio	19, 20	20	Concordanza di M2 e M3 Maggior copertura percentuale Vicinanza del comune alla stazione
Impruneta	4, 6	6	Concordanza di M2 e M3 Maggior copertura percentuale
Larciano	19	20	Continuità territoriale anche se la 20 non era evidenziata da nessuno dei due metodi M2 e M3
Lastra a Signa	6, 7	6	Concordanza di M2 e M3 Maggior copertura percentuale Vicinanza del comune alla stazione
Livorno	10, 11	10/11	Entrambe le stazioni sono valutabili per concordanza di M2 e M3 Maggior copertura percentuale Appartenenza al comune delle stazioni
Lucca	13, 19, 20, SC	13/SC	La stazione 13 è consigliata per concordanza di M2eM3 e per maggior percentuale di copertura, tuttavia per continuità di centro urbano è valutabile anche l'attribuzione alla SC (da attivare)
Montemurlo	3, 22	22	Vicinanza del comune alla stazione Campagne di misure

Monsummano Terme	13, 20	13/20	Entrambe le stazioni sono valutabili per parità di copertura percentuale e presenza del solo metodo M2
Pieve a Nievole	13, 20	13	Maggior copertura percentuale Vicinanza del comune alla stazione
Pisa	19, 20	19	Maggior copertura percentuale Vicinanza del comune alla stazione
Pistoia	22, 23	23	Maggior copertura percentuale Vicinanza del comune alla stazione
Prato	3, 21	21	Appartenenza al comune della stazione Concordanza di M2 e M3 Maggior copertura percentuale
Ponte Buggianese	13, 20	13/20	Entrambe le stazioni sono valutabili per copertura percentuale del territorio
Pontedera	19, 20	20	Entrambe le stazioni sono valutabili, per copertura percentuale e vicinanza della stazione, ma la stazione 20 c'è la concordanza di M2 e M3
Porcari	13, 20	13	Concordanza di M2 e M3 Maggior copertura percentuale Vicinanza del comune alla stazione
Quarrata	7, 22	22	Per campagna di misure nella zona
San Gimignano	18.24	18	Vicinanza del comune alla stazione Maggior copertura percentuale
San Giuliano Terme	19, 20	19	Maggior copertura percentuale Vicinanza del comune alla stazione
Santa Croce sull'Arno	13, 19, 20	20	Concordanza di M2 e M3 Maggior copertura percentuale Vicinanza del comune alla stazione
Santa Maria a Monte	19, 20	20	Concordanza di M2 e M3 Maggior copertura percentuale Vicinanza del comune alla stazione
Scandicci	4, 6, 7	6	Appartenenza al comune della stazione Concordanza di M2 e M3 Maggior copertura percentuale
Signa	6, 7	7	Appartenenza al comune della stazione Concordanza di M2 e M3 Maggior copertura percentuale
Vecchiano	19, 20	19	Maggior copertura percentuale Vicinanza del comune alla stazione, tuttavia ricade in un'area non appartenente alla zonizzazione competente c'è possibilità di valutare la 16
Viareggio	16, 19	16	Appartenenza al comune della stazione

Tabella 4.1.2-2. Elenco dei comuni richiamati da più di una stazione, con indicazione della attribuzione consigliata.

ID STAZIONE	COMUNE	M2	M3	M2UM3 >15%	M2UM3 >5%
1	Anghiari		9%		U>5%
1	Bibbiena		46%	U>15%	U>5%
1	Caprese Michelangelo	1%	66%	U>15%	U>5%
1	Castel Focognao		28%	U>15%	U>5%
1	Castel San Niccolo'		29%	U>15%	U>5%
1	Chitignano		100%	U>15%	U>5%
1	Chiusi della Verna	3%	63%	U>15%	U>5%
1	Montemignaio		46%	U>15%	U>5%
1	Ortignano Raggiolo		11%		U>5%
1	Pieve Santo Stefano		5%		U>5%
1	Poppi		33%	U>15%	U>5%
1	Pratovecchio		42%	U>15%	U>5%
1	Stia		19%	U>15%	U>5%
1	Subbiano	57%	51%	U>15%	U>5%
1	Talla		20%	U>15%	U>5%
2	Arezzo	20%	10%	U>15%	U>5%
2	Castiglion Fiorentino		7%		U>5%
3	Fiesole	44%	14%	U>15%	U>5%
3	Firenze	55%	29%	U>15%	U>5%
3	Calenzano		5%		U>5%
4	Bagno a Ripoli	5%	3%		U>5%
4	Firenze	65%	33%	U>15%	U>5%
6	Firenze	92%	16%	U>15%	U>5%
6	Impruneta	75%	16%	U>15%	U>5%
6	Lastra a Signa	64%	23%	U>15%	U>5%
6	S. Casciano in Val di Pesa	23%		U>15%	U>5%
6	Scandicci	100%	47%	U>15%	U>5%
6	Sesto Fiorentino	49%		U>15%	U>5%
7	Campi Bisenzio	18%	7%	U>15%	U>5%
7	Carmignano	3%	16%	U>15%	U>5%
7	Firenze		10%		U>5%
7	Poggio a Caiano		96%	U>15%	U>5%
7	Signa	92%	74%	U>15%	U>5%
9	Grosseto	6%	n.d.		M2 5%
10	Livorno	88%	19%	U>15%	U>5%
11	Collesalvetti	3%	24%	U>15%	U>5%
11	Livorno	22%	29%	U>15%	U>5%
12	Piombino	18%	n.d.	M2 15%	M2 5%
13	Altopascio	59%	77%	U>15%	U>5%
13	Buggiano		13%		U>5%
13	Buti	10%			U>5%
13	Capannori	97%	14%	U>15%	U>5%
13	Chiesina Uzzanese		100%	U>15%	U>5%
13	Lucca	46%	9%	U>15%	U>5%
13	Monsummano Terme		12%		U>5%
13	Montecarlo	99%	51%	U>15%	U>5%
13	Montecatini Terme		11%		U>5%
13	Pescia	13%	5%		U>5%
13	Pieve a Nievole		48%	U>15%	U>5%
13	Ponte Buggianese		48%	U>15%	U>5%
13	Porcari	100%	96%	U>15%	U>5%
13	Villa Basilica	5%			U>5%
16	Camaiore	7%	n.d.		M2 5%
16	Viareggio	34%	n.d	M2 15%	M2 5%
17	Carrara	98%	45%	U>15%	U>5%
17	Fosdinovo		33%	U>15%	U>5%
17	Massa	53%	9%	U>15%	U>5%

ID STAZIONE	COMUNE	M2	M3	M2UM3 >15%	M2UM3 >5%
17	Montignoso		24%	U>15%	U>5%
17	Pietrasanta		34%	U>15%	U>5%
17	Seravezza		10%		U>5%
18	Casole d'Elsa		94%	U>15%	U>5%
18	Castelnuovo di Val di Cecina	2%	94%	U>15%	U>5%
18	Chianni		26%	U>15%	U>5%
18	Chiusdino		73%	U>15%	U>5%
18	Colle di Val d'Elsa		35%	U>15%	U>5%
18	Gambassi Terme		100%	U>15%	U>5%
18	Lajatico		39%	U>15%	U>5%
18	Montecatini Val di Cecina		23%	U>15%	U>5%
18	Monteriggioni		56%	U>15%	U>5%
18	Monticiano		18%	U>15%	U>5%
18	Pomarance	12%	95%	U>15%	U>5%
18	Radicondoli		90%	U>15%	U>5%
18	San Gimignano		22%	U>15%	U>5%
18	Sovicille		6%		U>5%
18	Volterra		17%	U>15%	U>5%
19	Calci		8%		U>5%
19	Calcinaia		94%	U>15%	U>5%
19	Cascina		79%	U>15%	U>5%
19	Larciano		16%	U>15%	U>5%
19	Massarosa		41%	U>15%	U>5%
19	Pisa		47%	U>15%	U>5%
19	San Giuliano Terme		52%	U>15%	U>5%
19	Vecchiano		100%	U>15%	U>5%
19	Vico Pisano		37%	U>15%	U>5%
20	Bientina	30%	55%	U>15%	U>5%
20	Castelfiorentino		6%		U>5%
20	Castelfranco di Sotto	65%	66%	U>15%	U>5%
20	CerretoGuidi	71%		U>15%	U>5%
20	Crespina		22%	U>15%	U>5%
20	Empoli	4%	19%	U>15%	U>5%
20	Fauglia		19%	U>15%	U>5%
20	Fucecchio	92%	74%	U>15%	U>5%
20	Lari		27%	U>15%	U>5%
20	Monsummano Terme		12%		U>5%
20	Montopoli in Val d'Arno	100%	33%	U>15%	U>5%
20	Palaia	18%		U>15%	U>5%
20	Ponsacco		81%	U>15%	U>5%
20	Ponte Buggianese	3%	54%	U>15%	U>5%
20	Pontedera	13%	52%	U>15%	U>5%
20	S.Croce sull'Arno	100%	95%	U>15%	U>5%
20	S.Miniato	70%	12%	U>15%	U>5%
20	S.Maria a Monte	97%	31%	U>15%	U>5%
20	Vinci		7%		U>5%
21	Calenzano		10%		U>5%
21	Prato	29%	37%	U>15%	U>5%
22	Agliana	100%	n.d	M2 15%	M2 5%
22	Montale	18%	n.d	M2 15%	M2 5%
22	Montemurlo	22%	n.d	M2 15%	M2 5%
22	Quarrata	39%	n.d	M2 15%	M2 5%
23	Pistoia	12%	n.d		M2 5%
24	Barberino Val D'Elsa	25%	n.d	M2>15%	M2 5%
24	Poggibonsi	67%	n.d.	M2>15%	M2>5%
SC	Lucca	31%	n.d.	M2>15%	M2>5%

Tabella 4.1.2-3. Tabella dei comuni senza ripetizioni, sono evidenziati in azzurro i comuni che risultano associati a più di una stazione.

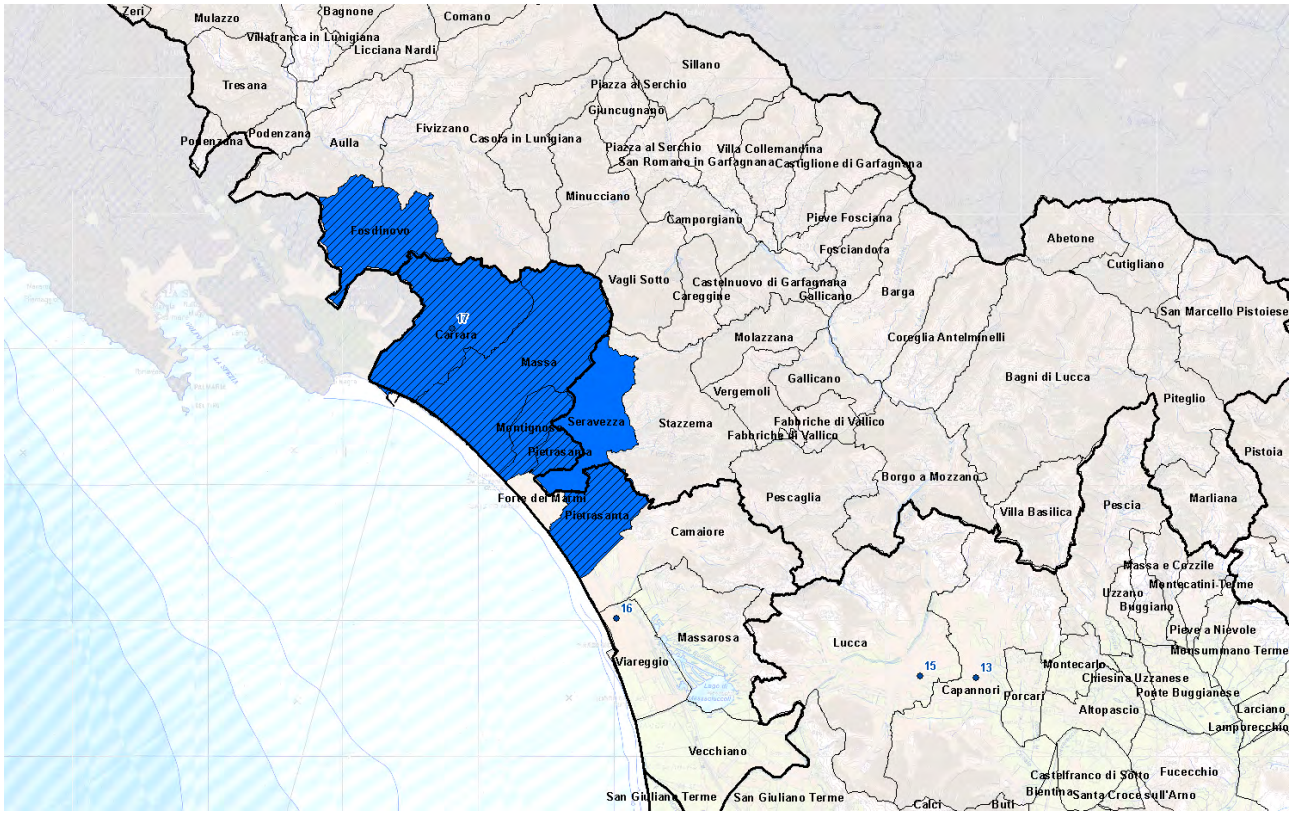


Figura 4.1.2-22. Stazione MS-Colombarotto (st. 17) : comuni interessati senza ripetizioni, con soglia 5% (colore pieno) e 15% (colore con campitura)

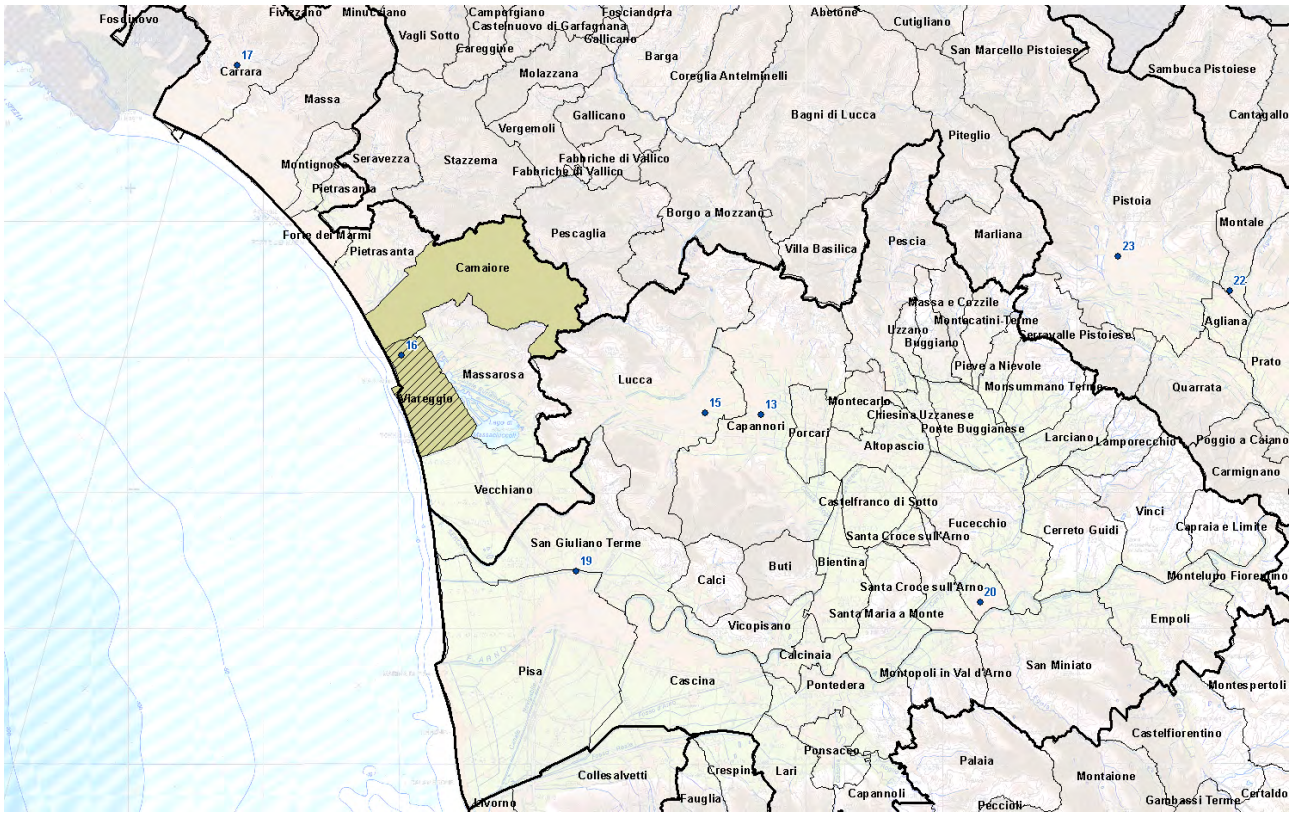


Figura 4.1.2-23. Stazione LU-Viareggio (st. 16) : comuni interessati senza ripetizioni, con soglia 5% (colore pieno) e 15% (colore con campitura)

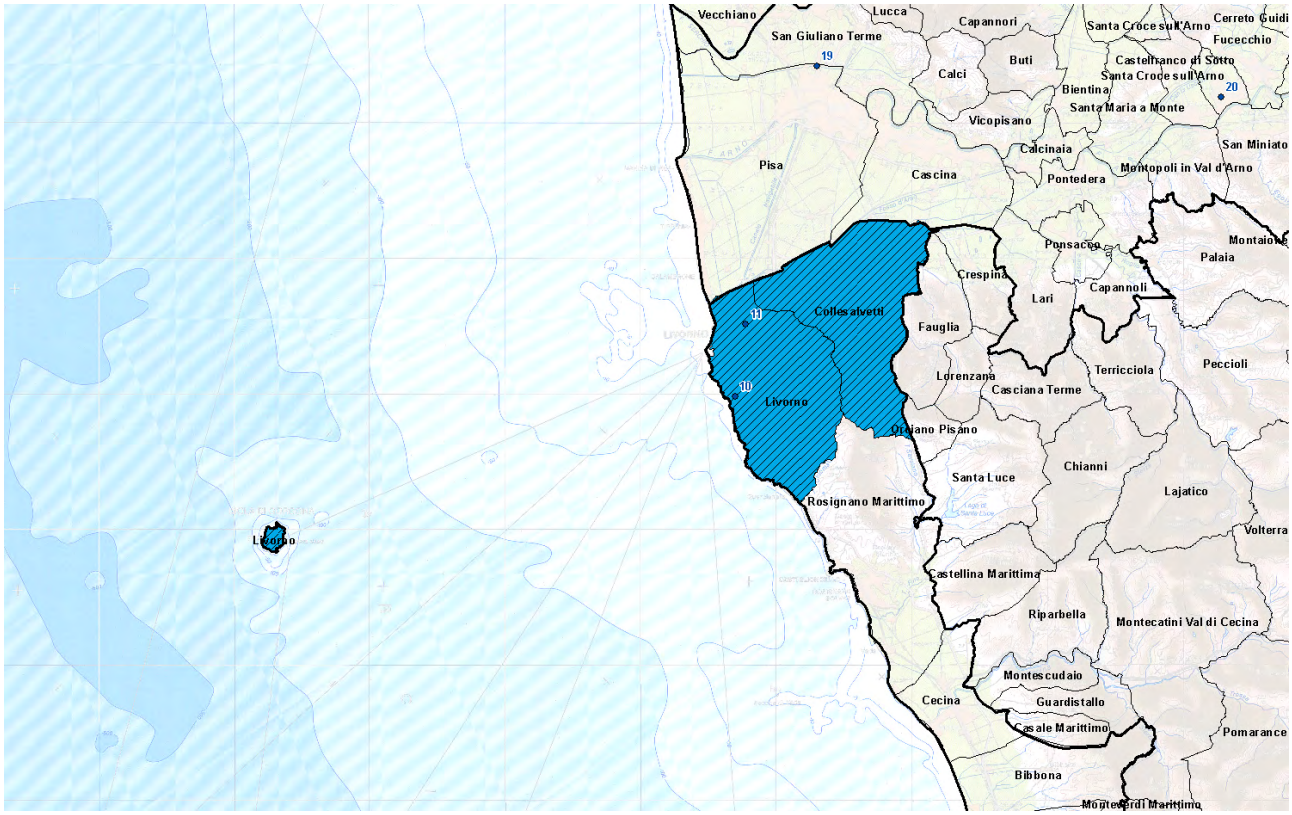


Figura 4.1.2-24. Stazione LI-La Pira (st. 11) : comuni interessati senza ripetizioni, con soglia 5% (colore pieno) e 15% (colore con campitura)

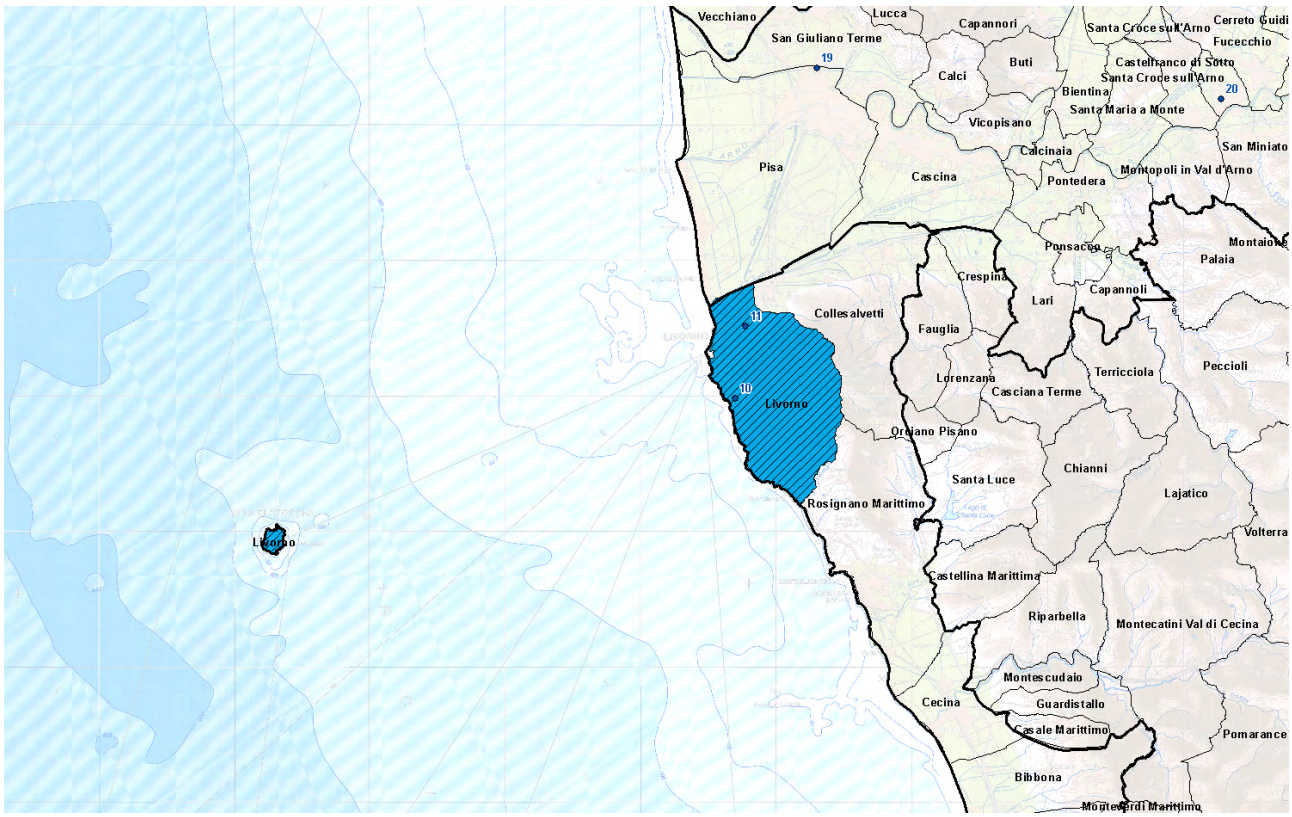


Figura 4.1.2-25. Stazione LI-Cappiello (st. 10) : comuni interessati senza ripetizioni, con soglia 5% (colore pieno) e 15% (colore con campitura)

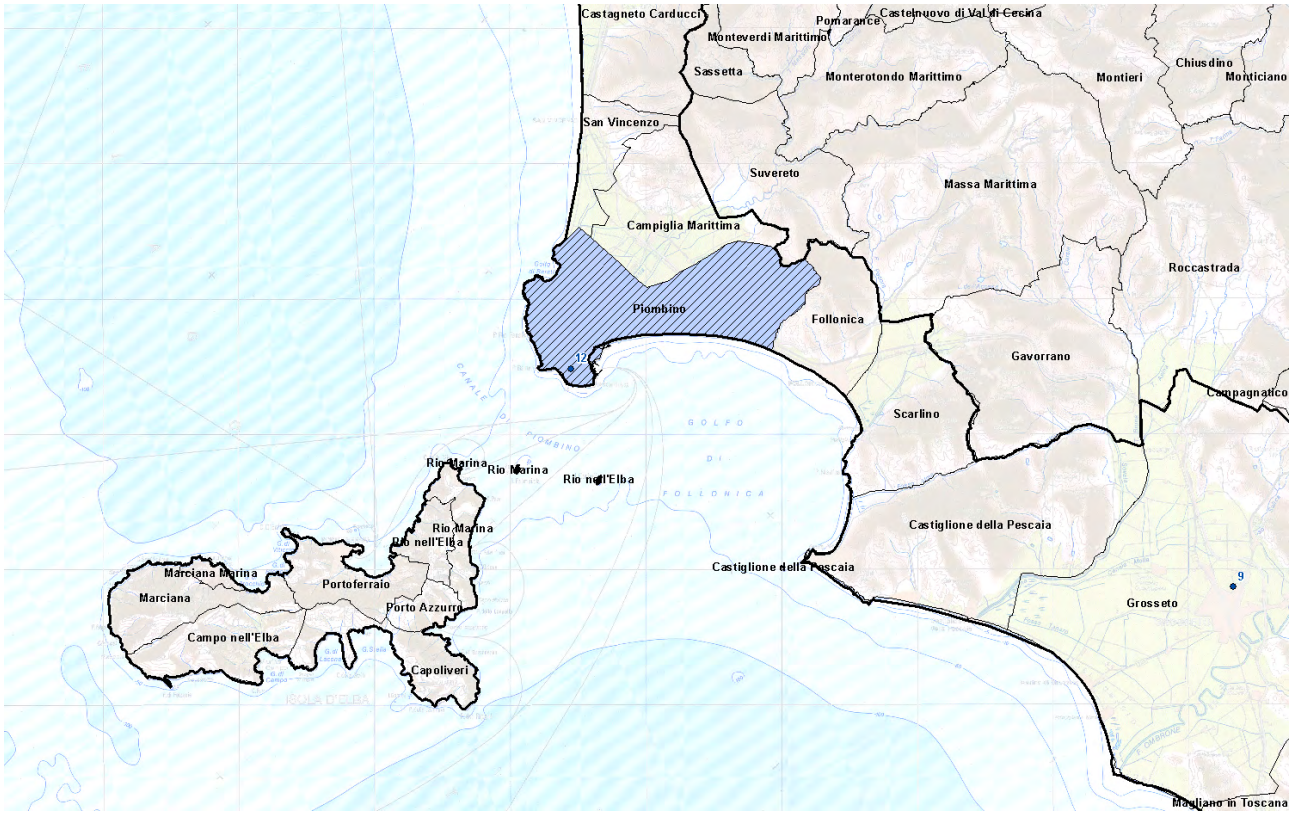


Figura 4.1.2-26. Stazione LI-Parco VIII Marzo (Piombino) (st. 12) : comuni interessati senza ripetizioni, con soglia 5% (colore pieno) e 15% (colore con campitura)



Figura 4.1.2-27. Stazione GR-URSS (st. 9) : comuni interessati senza ripetizioni, con soglia 5% (colore pieno) e 15% (colore con campitura)

Zona Collinare Montana

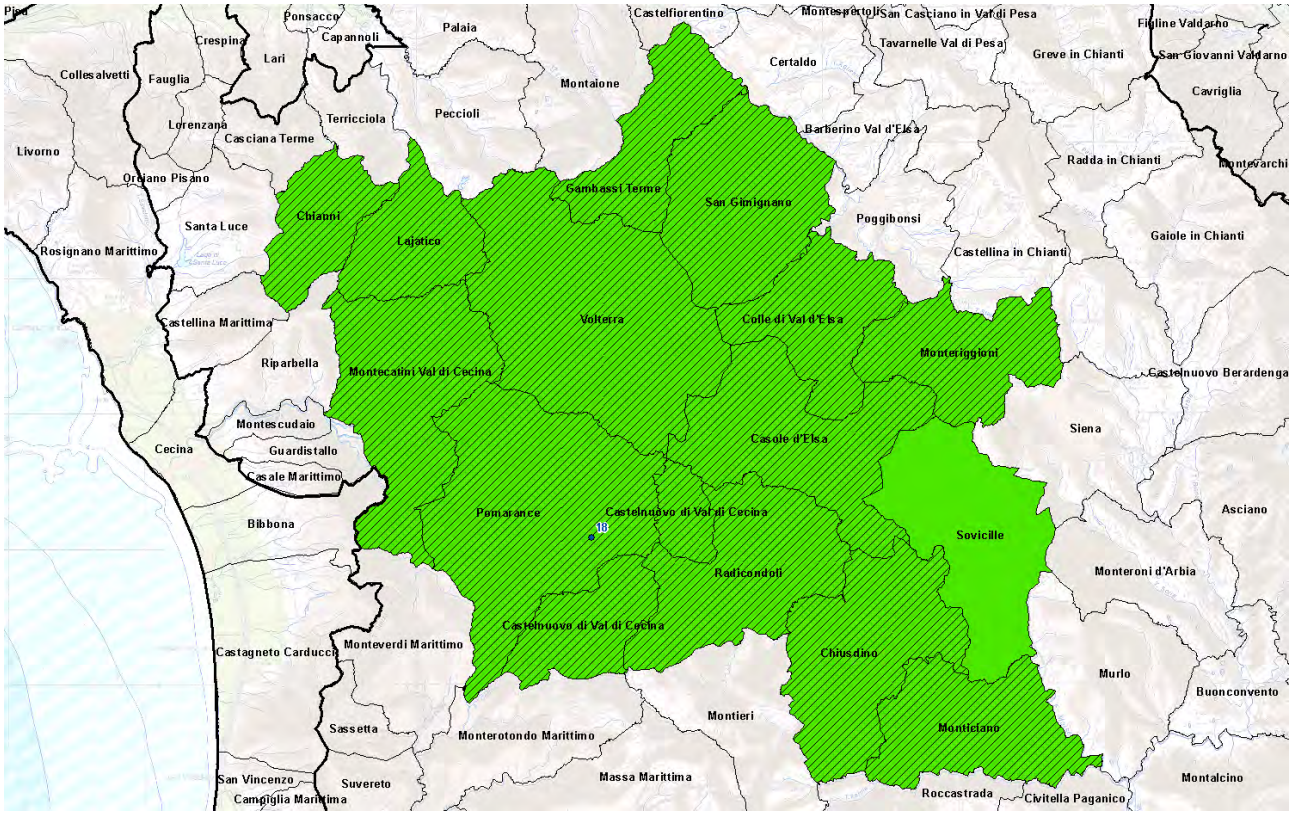


Figura 4.1.2-28. Stazione PI-Montecerboli (st. 18) : comuni interessati senza ripetizioni, con soglia 5% (colore pieno) e 15% (colore con campitura)

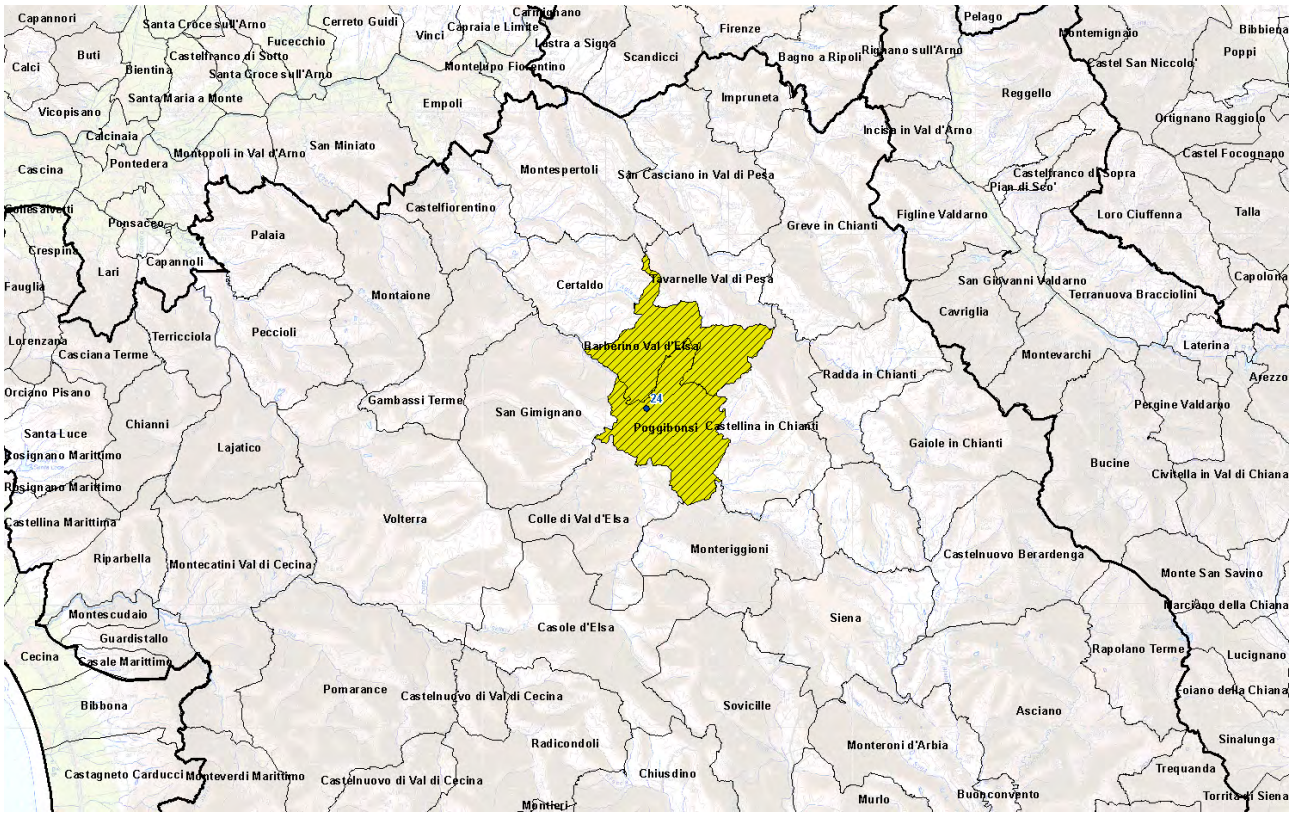


Figura 4.1.2-29. Stazione SI-Poggibonsi (st. 24) : comuni interessati senza ripetizioni, con soglia 5% (colore pieno) e 15% (colore con campitura)

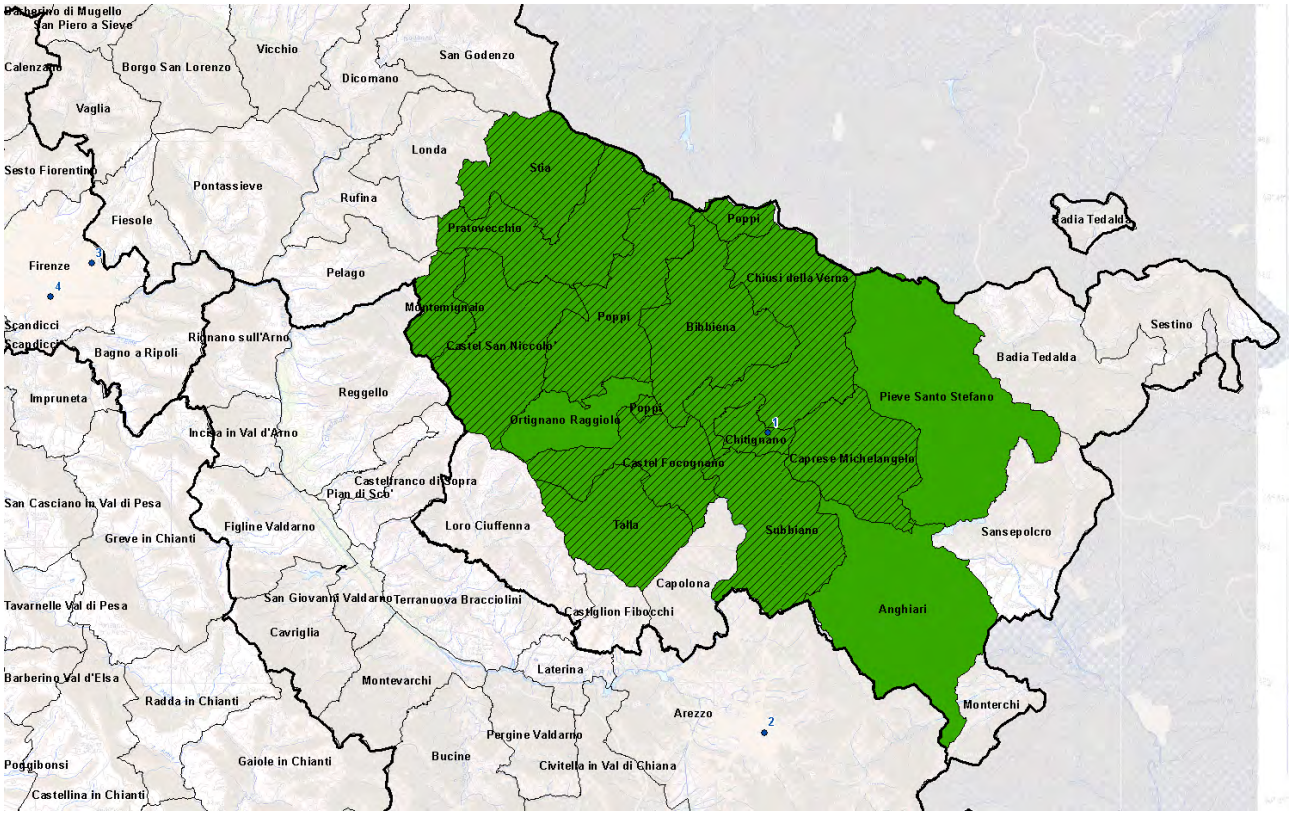


Figura 4.1.2-30. Stazione AR-Casa Stabbi (st. 1) : comuni interessati senza ripetizioni, con soglia 5% (colore pieno) e 15% (colore con campitura)

Zona Pisa-Lucca

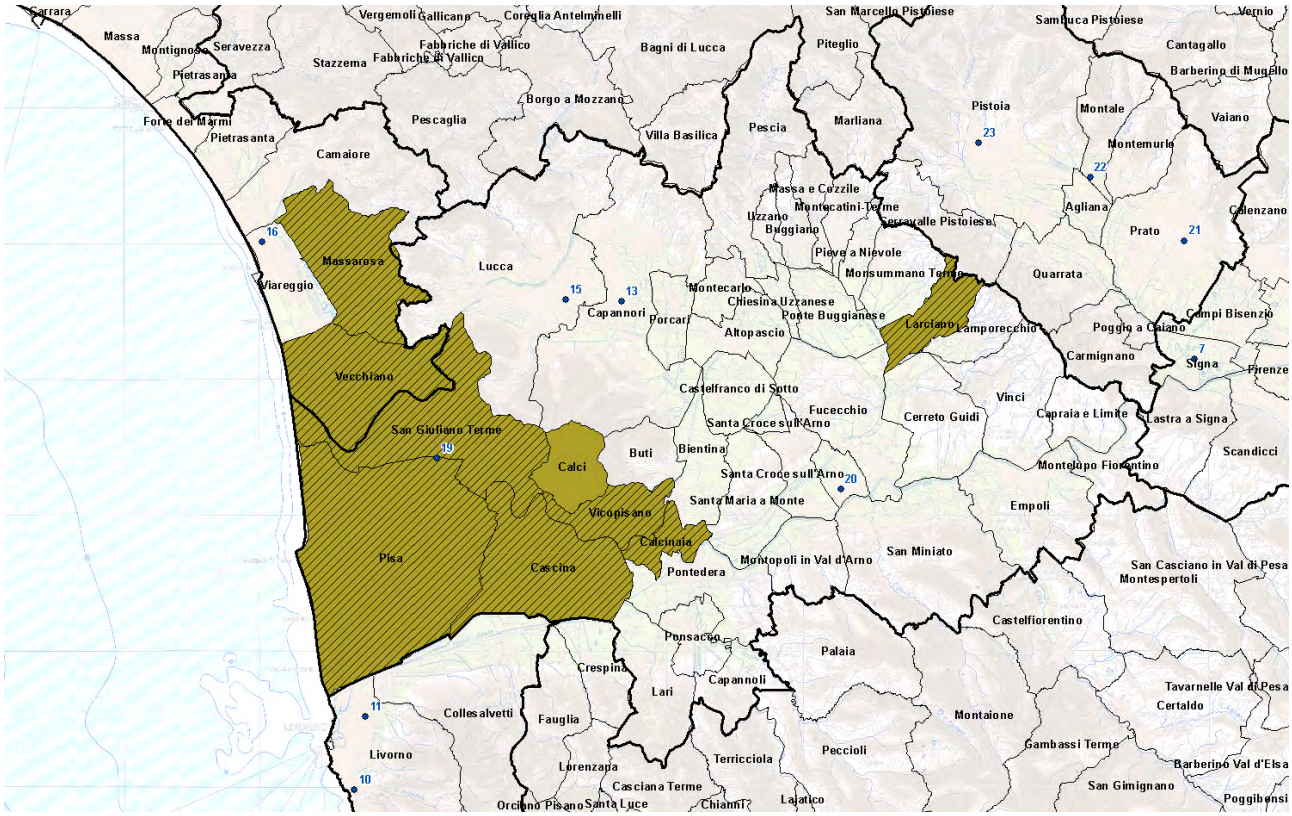


Figura 4.1.2-31. Stazione PI-Passi (st. 19) : comuni interessati senza ripetizioni, con soglia 5% (colore pieno) e 15% (colore con campitura)

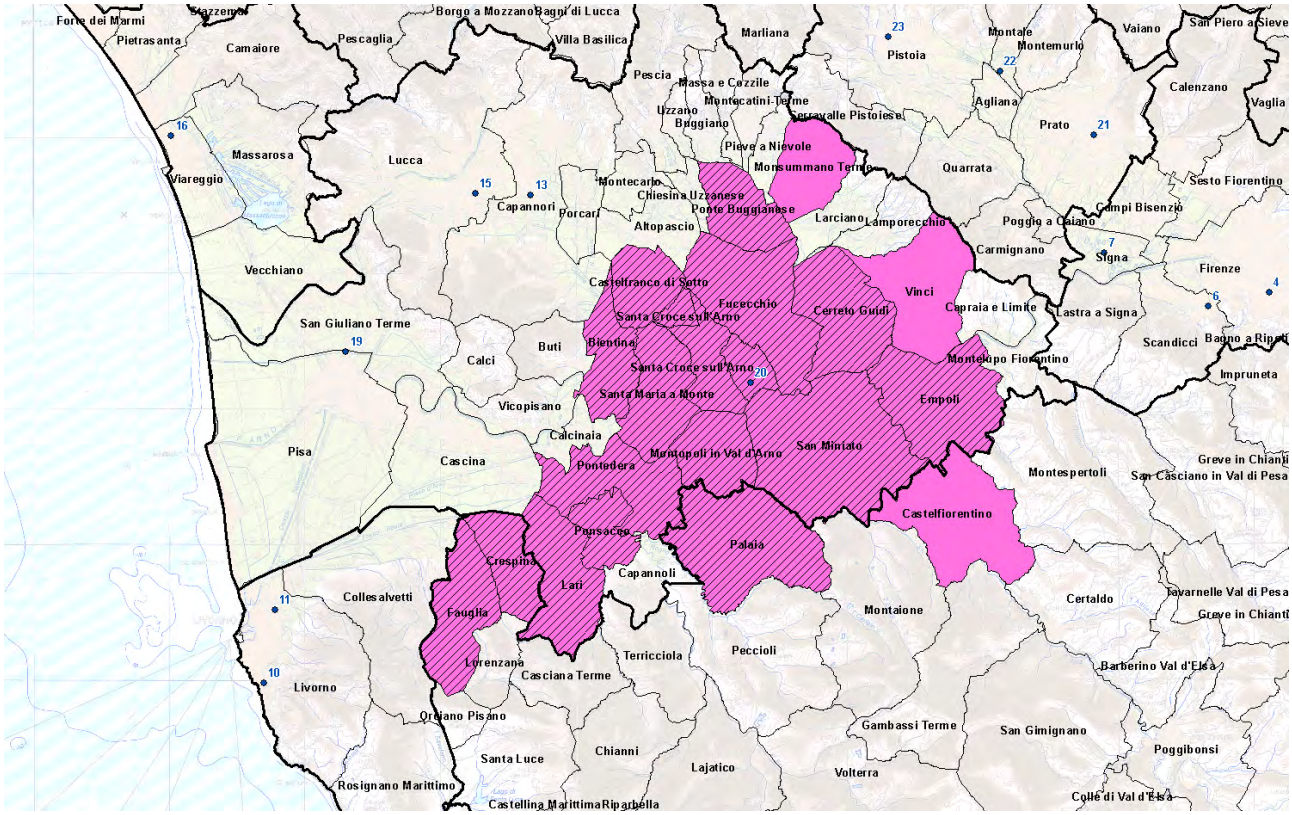


Figura 4.1.2-32. Stazione PI-Santa Croce (st. 20) : comuni interessati senza ripetizioni, con soglia 5% (colore pieno) e 15% (colore con campitura)

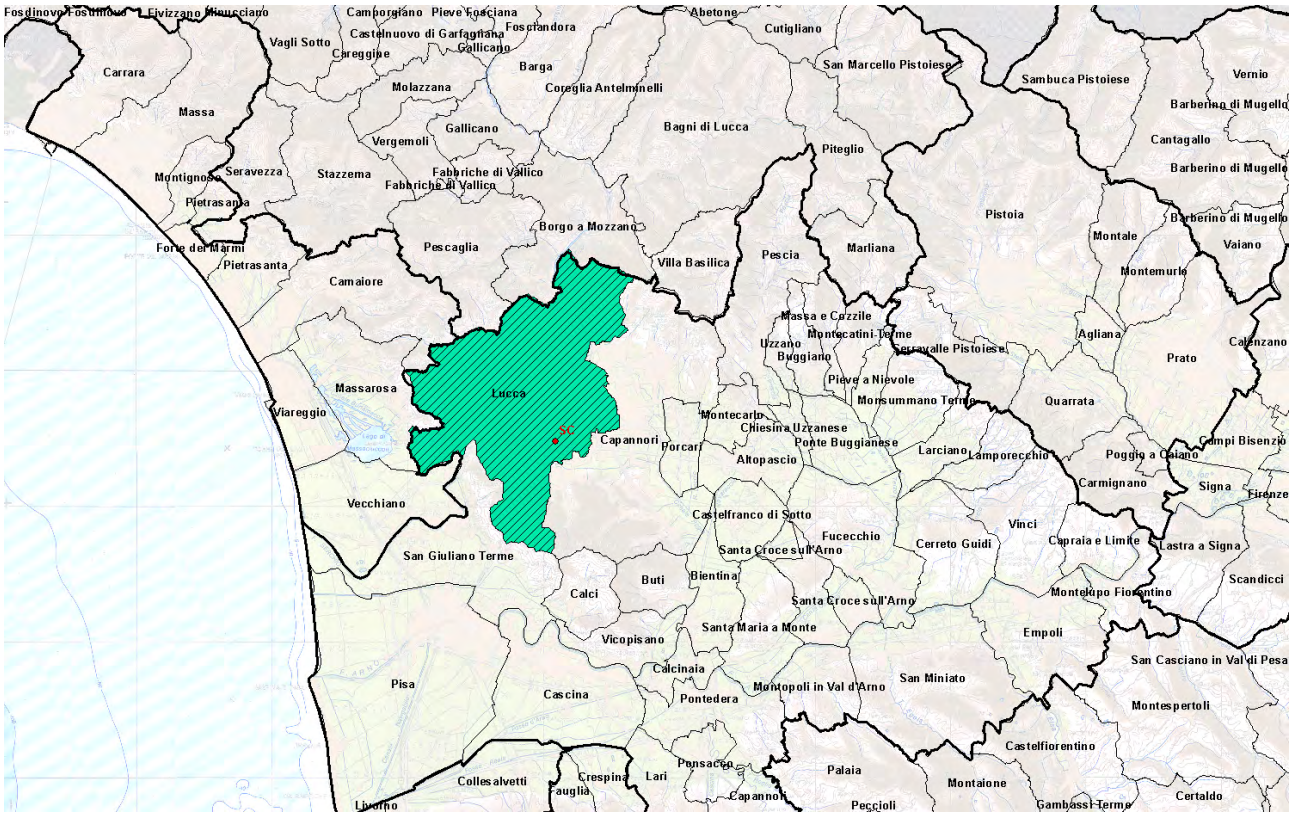


Figura 4.1.2-33. Stazione LU-San Concordio (st. SC) : comuni interessati senza ripetizioni, con soglia 5% (colore pieno) e 15% (colore con campitura)

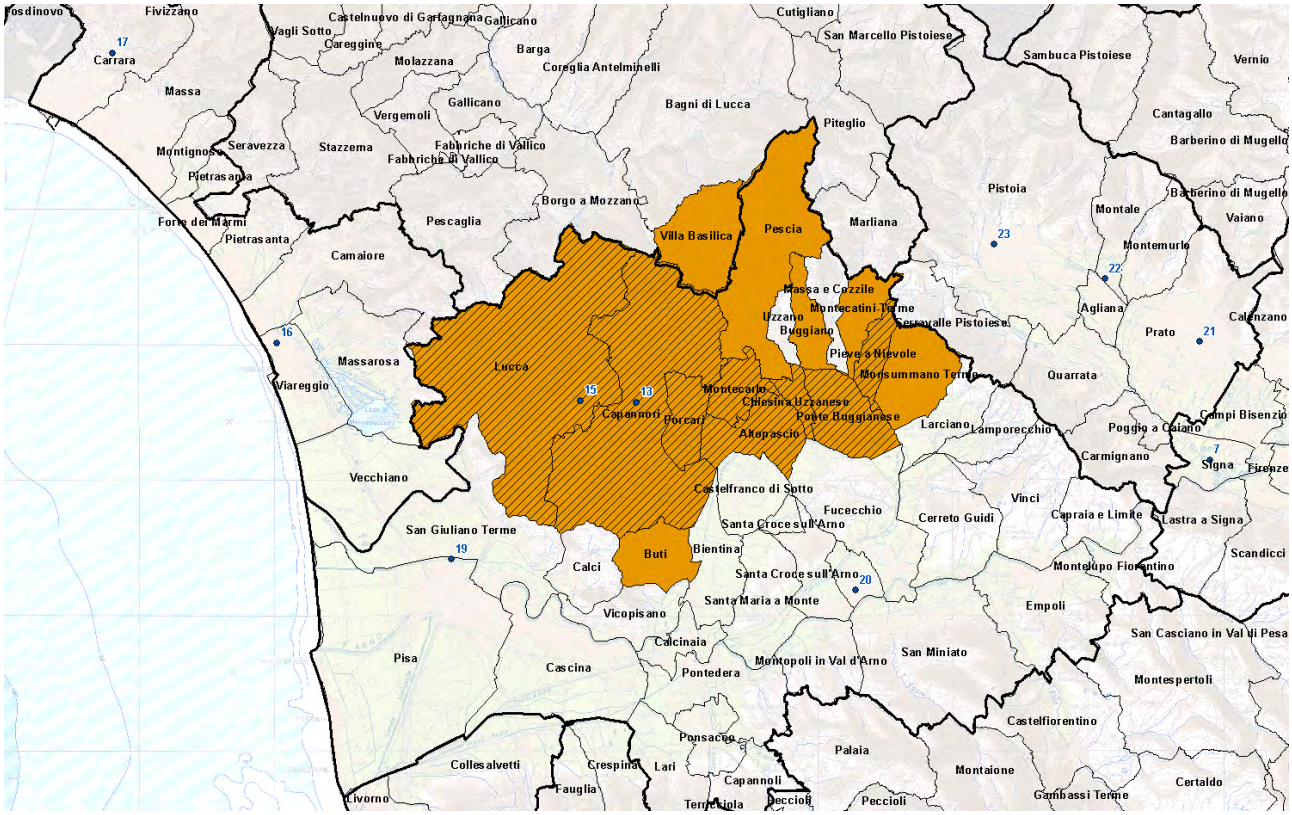


Figura 4.1.2-34. Stazione LU-Capannori (st. 13) : comuni interessati senza ripetizioni, con soglia 5% (colore pieno) e 15% (colore con campitura)

Zona Prato-Pistoia



Figura 4.1.2-35. Stazione PT-Signorelli (st. 23) : comuni interessati senza ripetizioni, con soglia 5% (colore pieno) e 15% (colore con campitura)

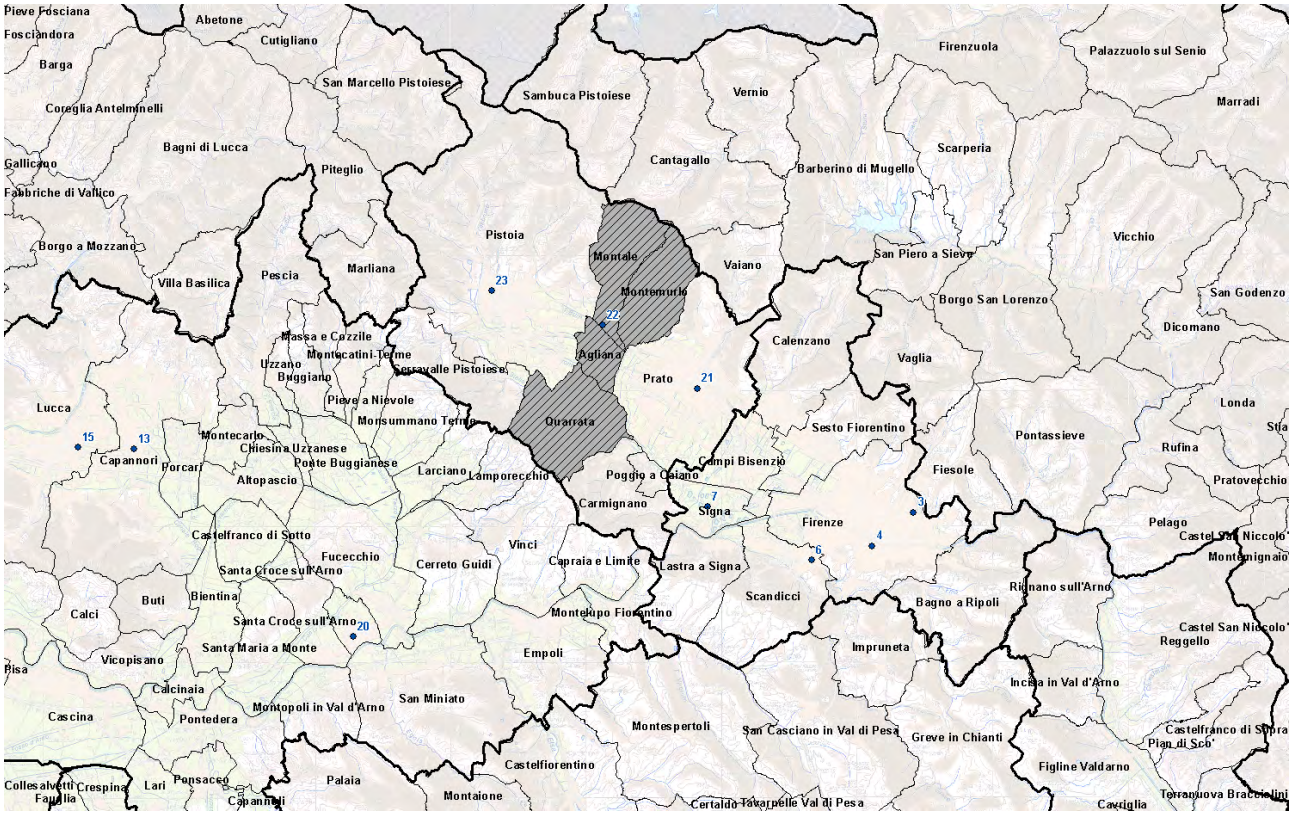


Figura 4.1.2-36. Stazione PT-Montale (st. 22) : comuni interessati senza ripetizioni, con soglia 5% (colore pieno) e 15% (colore con campitura)

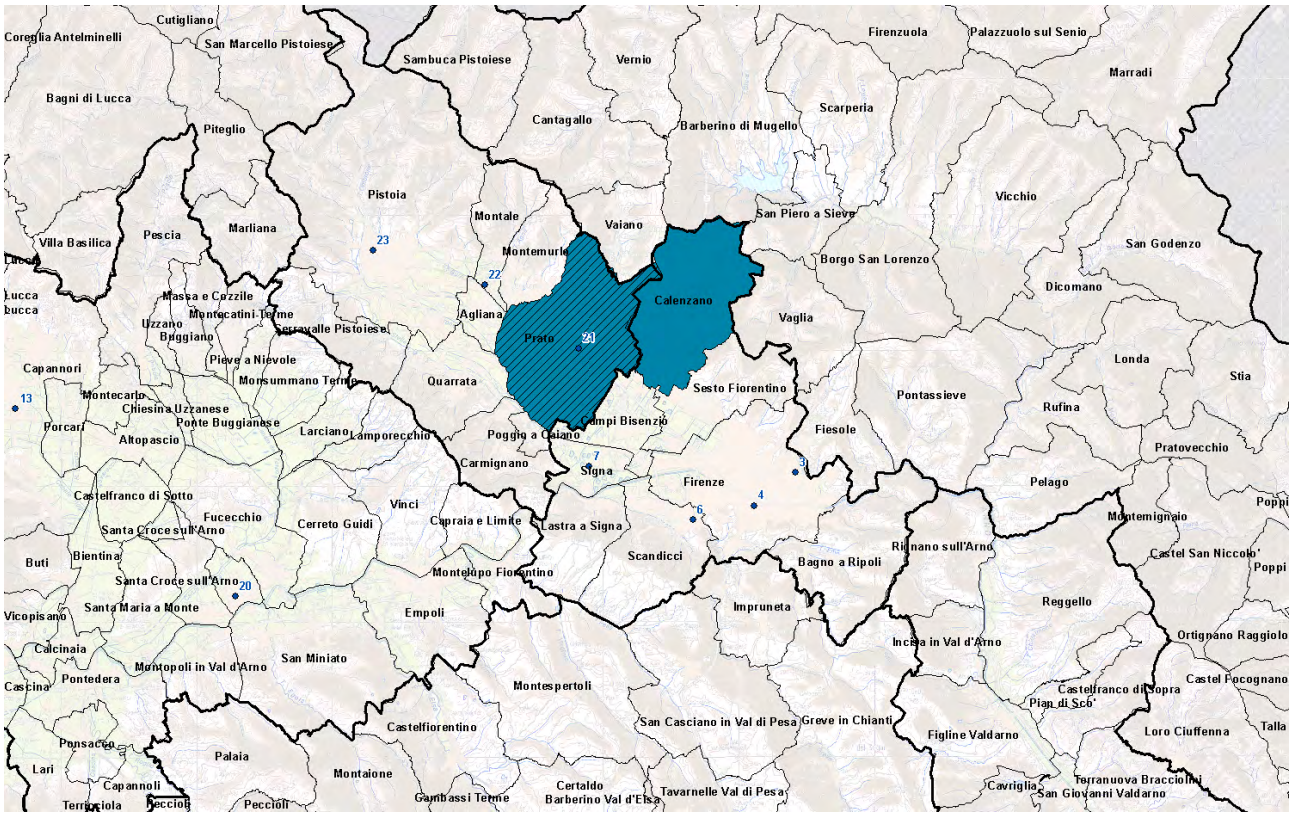


Figura 4.1.2-37. Stazione PO-Roma (st. 21) : comuni interessati senza ripetizioni, con soglia 5% (colore pieno) e 15% (colore con campitura)

Zona Agglomerato di Firenze

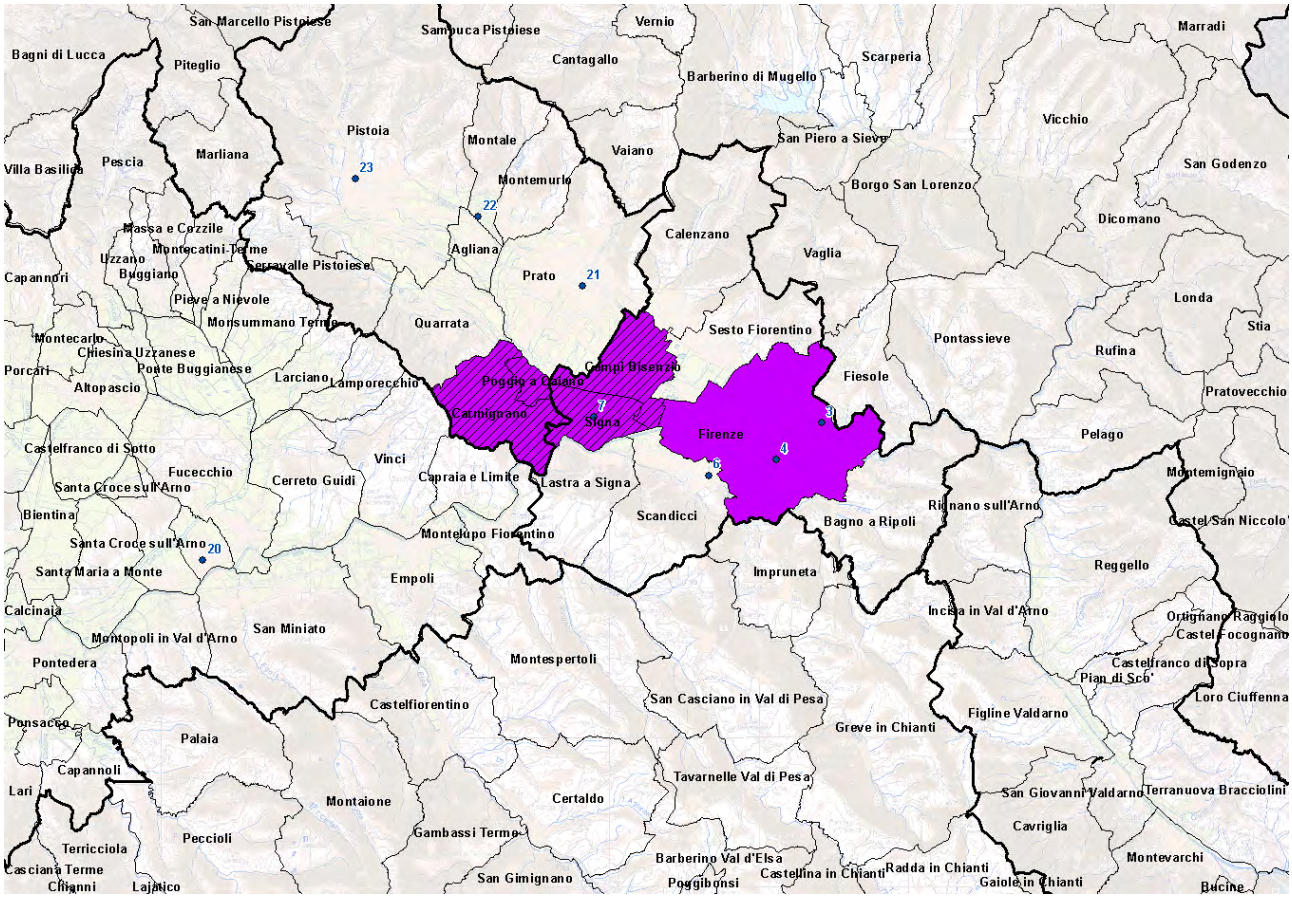


Figura 4.1.2-38. Stazione FI-Signa (st. 7)

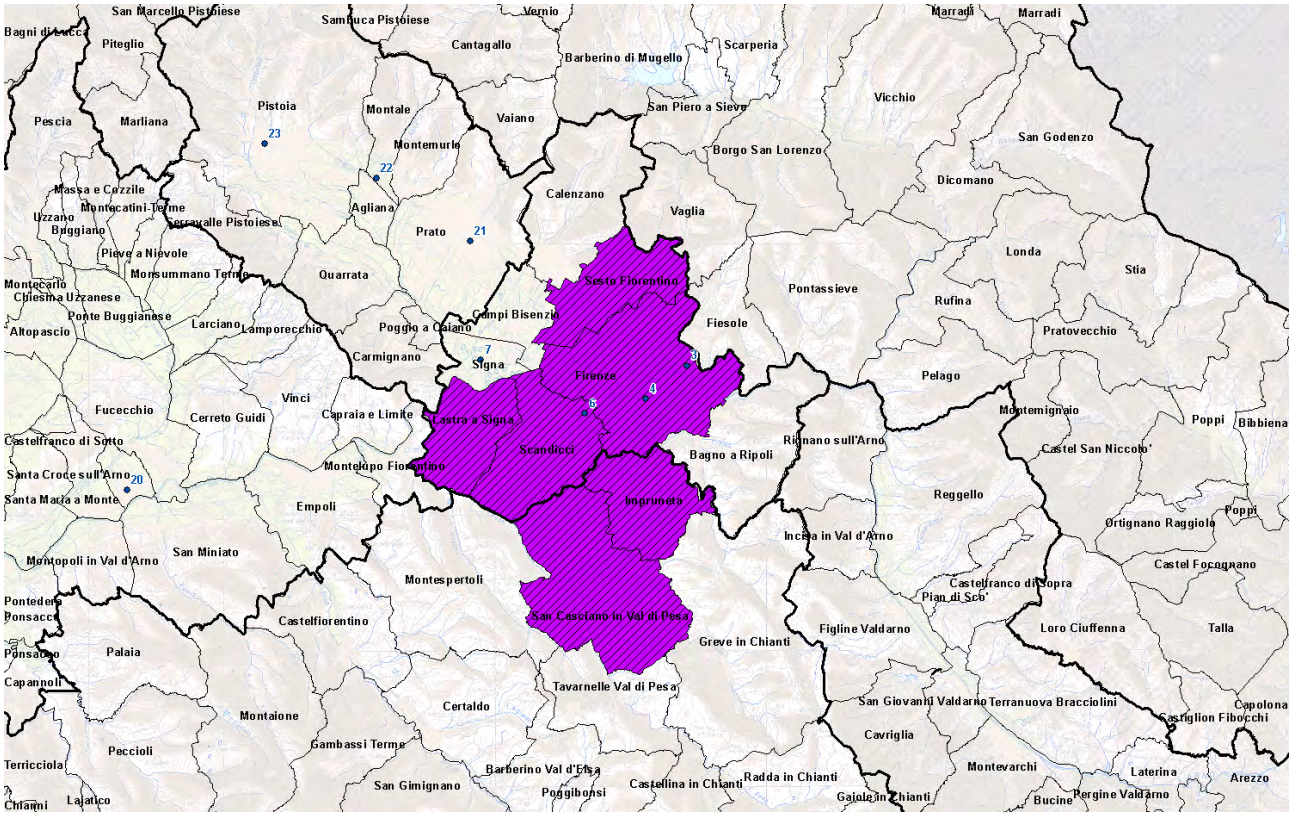


Figura 4.1.2-39. Stazione FI-Scandicci (st. 6) : comuni interessati senza ripetizioni, con soglia 5% (colore pieno) e 15% (colore con campitura)

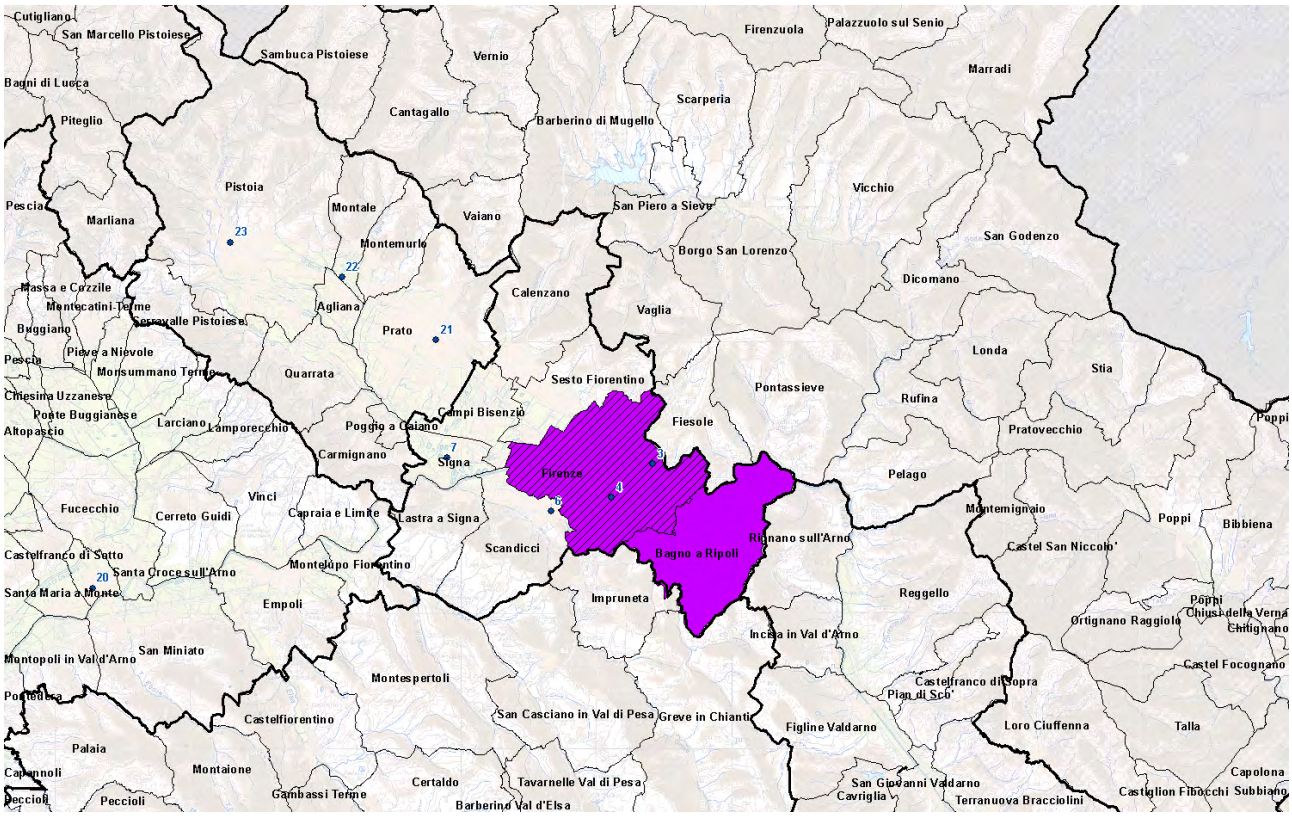


Figura 4.1.2-40. Stazione FI-Boboli (st. 4) : comuni interessati senza ripetizioni, con soglia 5% (colore pieno) e 15% (colore con campitura)

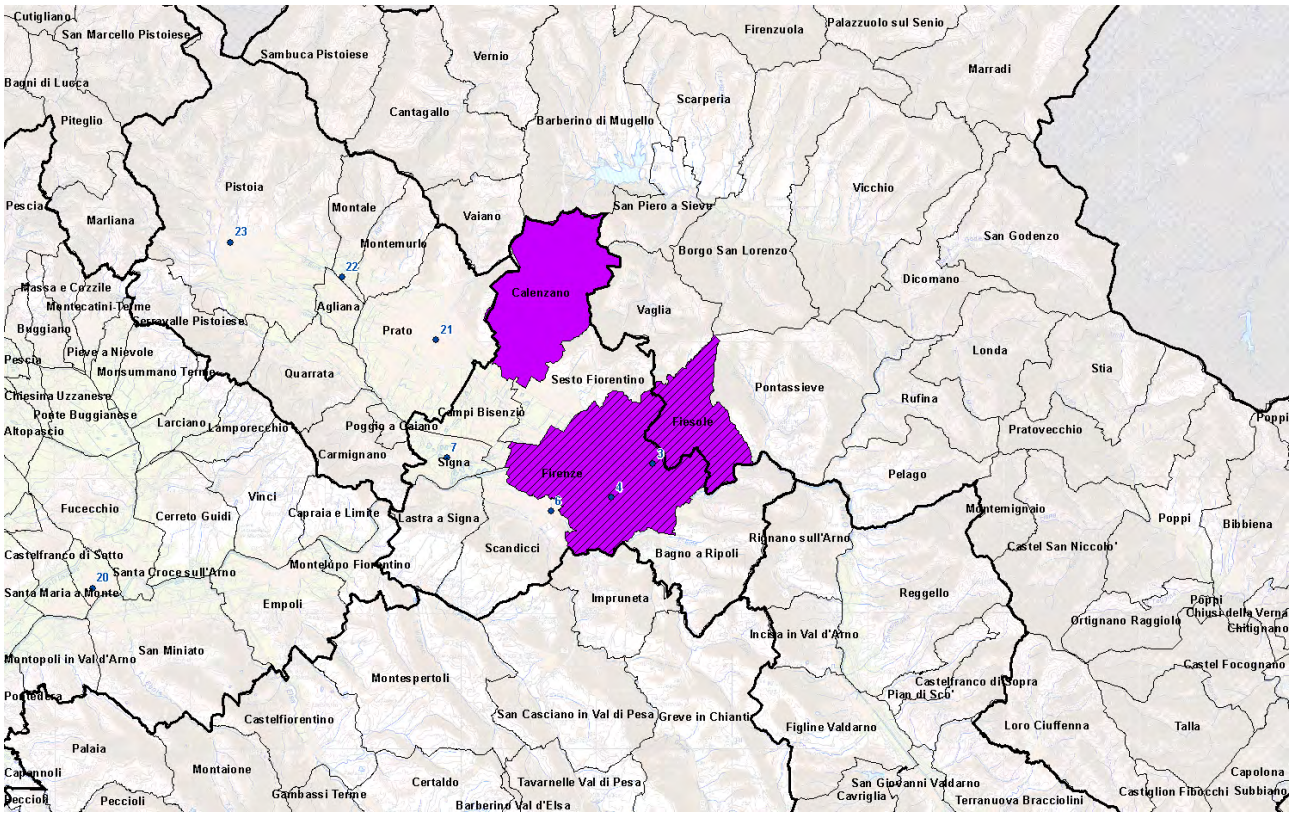


Figura 4.1.2-41. Stazione FI-Bassi (st. 3) : comuni interessati senza ripetizioni, con soglia 5% (colore pieno) e 15% (colore con campitura)

Zona Valdarno Aretino e Val di Chiana

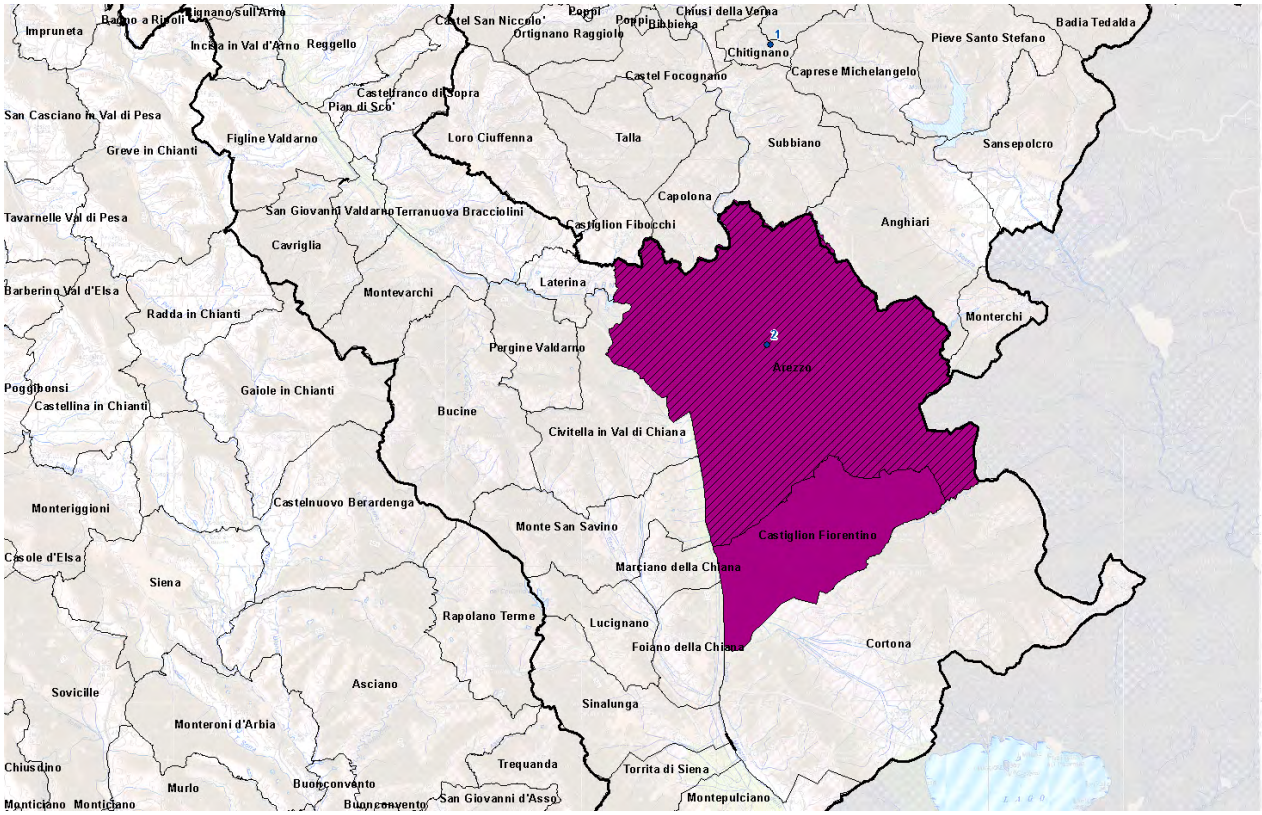


Figura 4.1.2-42. Stazione AR-Acropoli (st. 2) : comuni interessati senza ripetizioni, con soglia 5% (colore pieno) e 15% (colore con campitura)

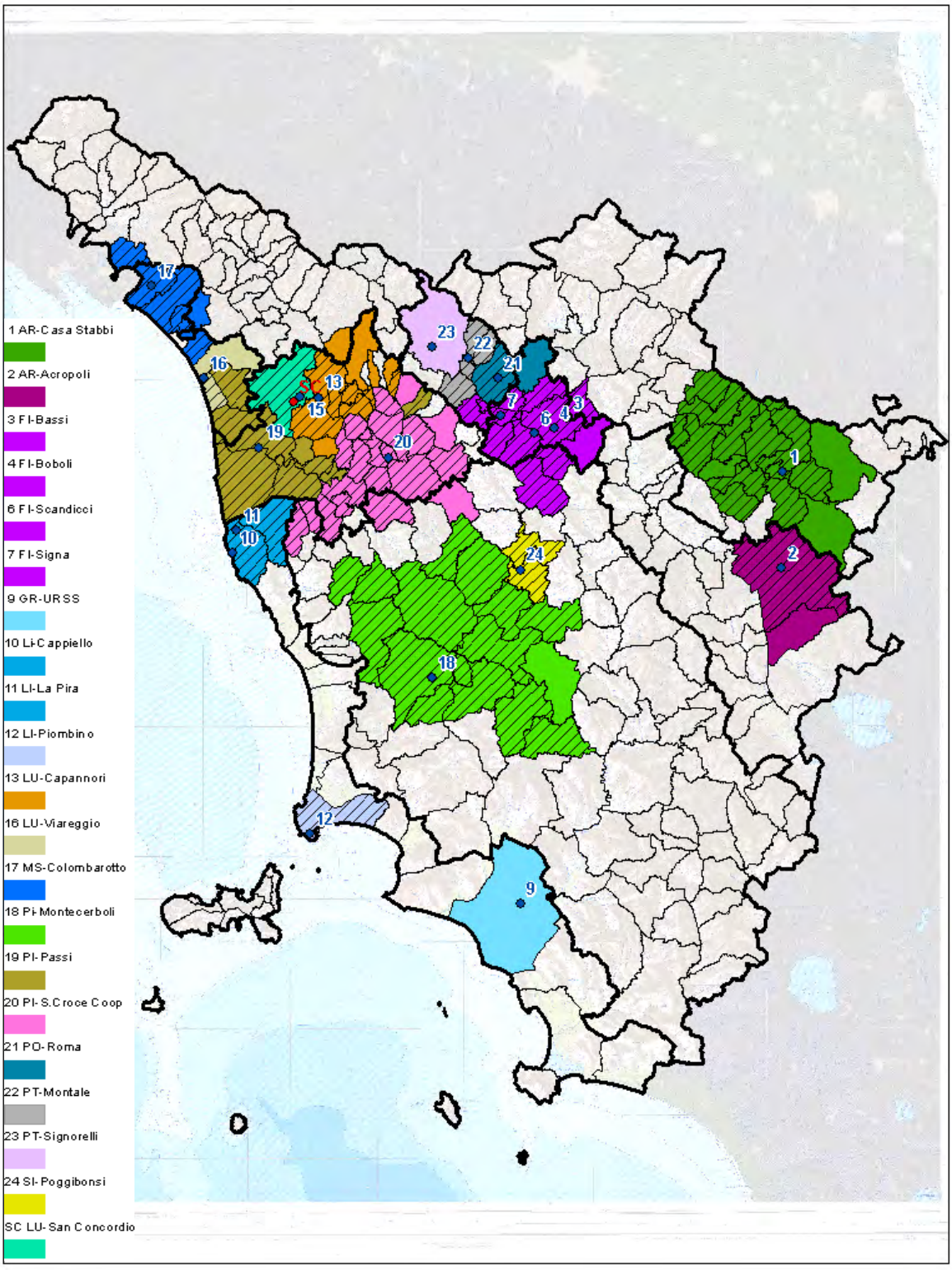


Figura 4.1.2-43. Mappa relativa a tutte le stazioni. Il colore pieno è relativo alla soglia del 5% e quello con campitura relativo alla soglia del 15%

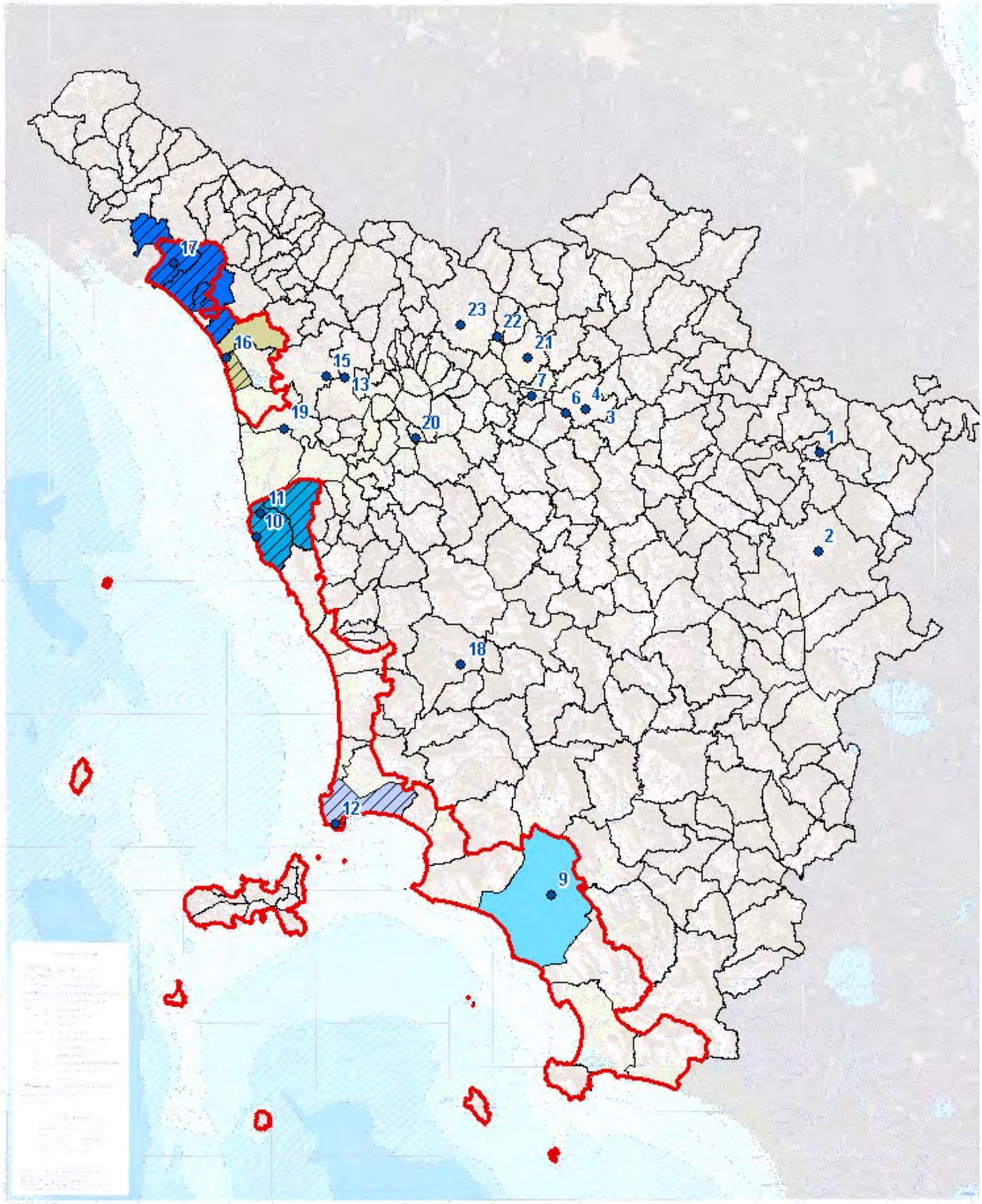


Figura 4.1.2-44. ZONA COSTIERA (st. 9-GR-URSS, 10-LI-Cappiello, 11-LI-LaPira, 12-LI-Piombino, 16-LU-Viareggio, 17-MS-Colombarotto). Il colore pieno è relativo alla soglia del 5% e quello con campitura relativo alla soglia del 15%

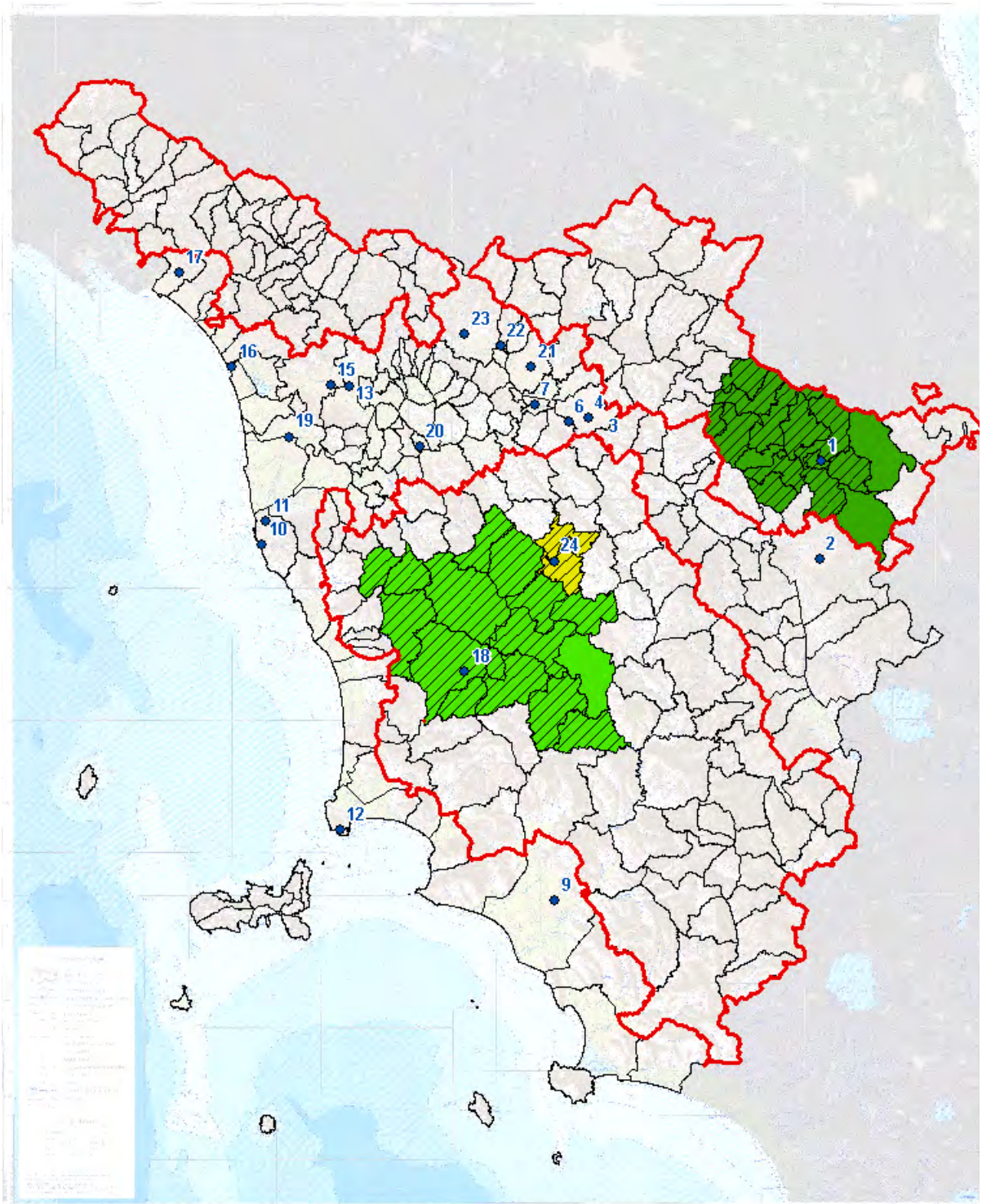


Figura 4.1.2-45. ZONA COLLINARE MONTANA (st. 1-AR-CasaStabbi, 18-PI-Montecerboli, 24-SI-Poggibonsi). Il colore pieno è relativo alla soglia del 5% e quello con campitura relativo alla soglia del 15%

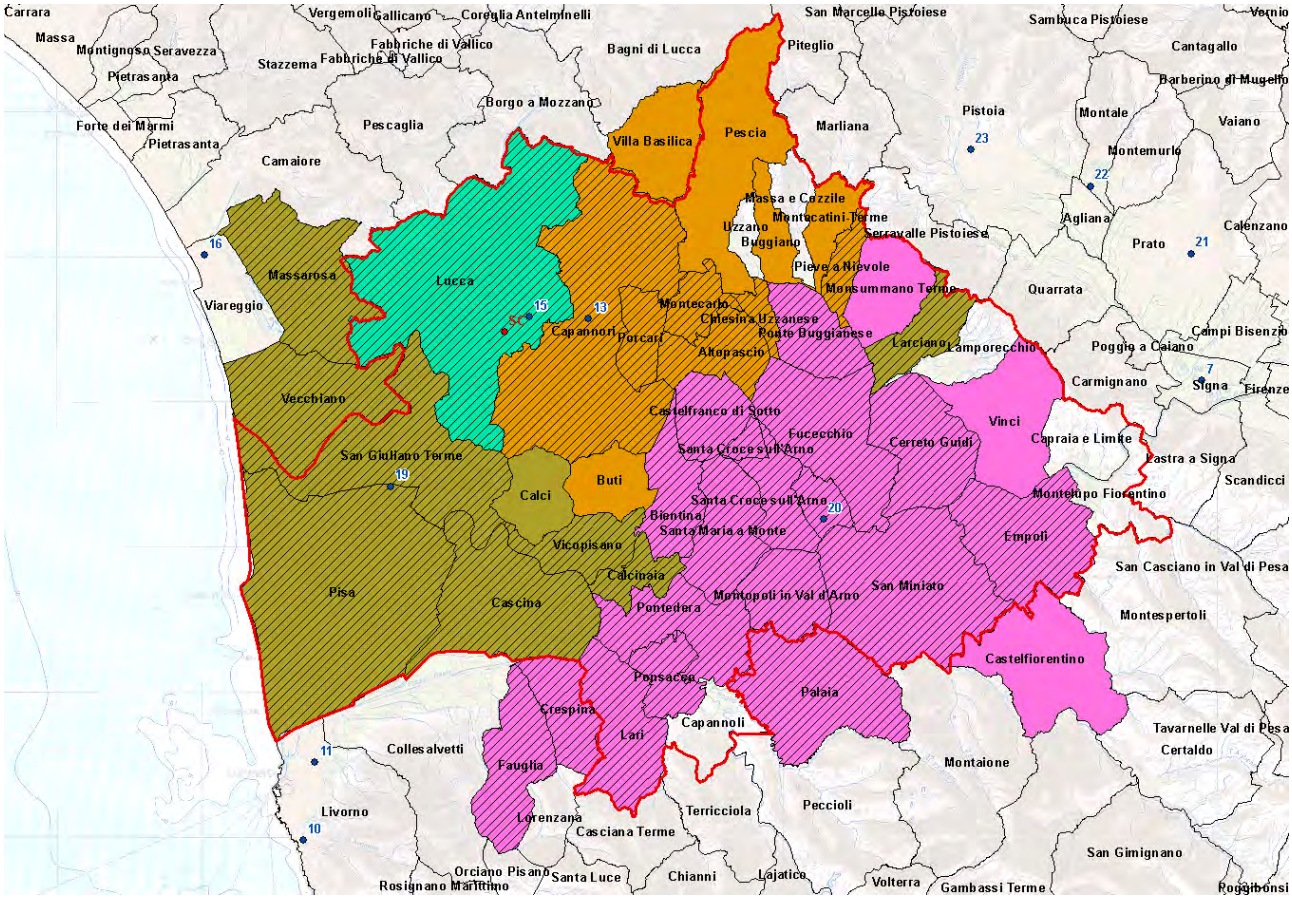


Figura 4.1.2-46. ZONA PISA LUCCA (st. 13-LU-Capannori, 19-PI-Passi, 20-PI-SantaCroce, SC-LU-SanConcordio). Il colore pieno è relativo alla soglia del 5% e quello con campitura relativo alla soglia del 15%

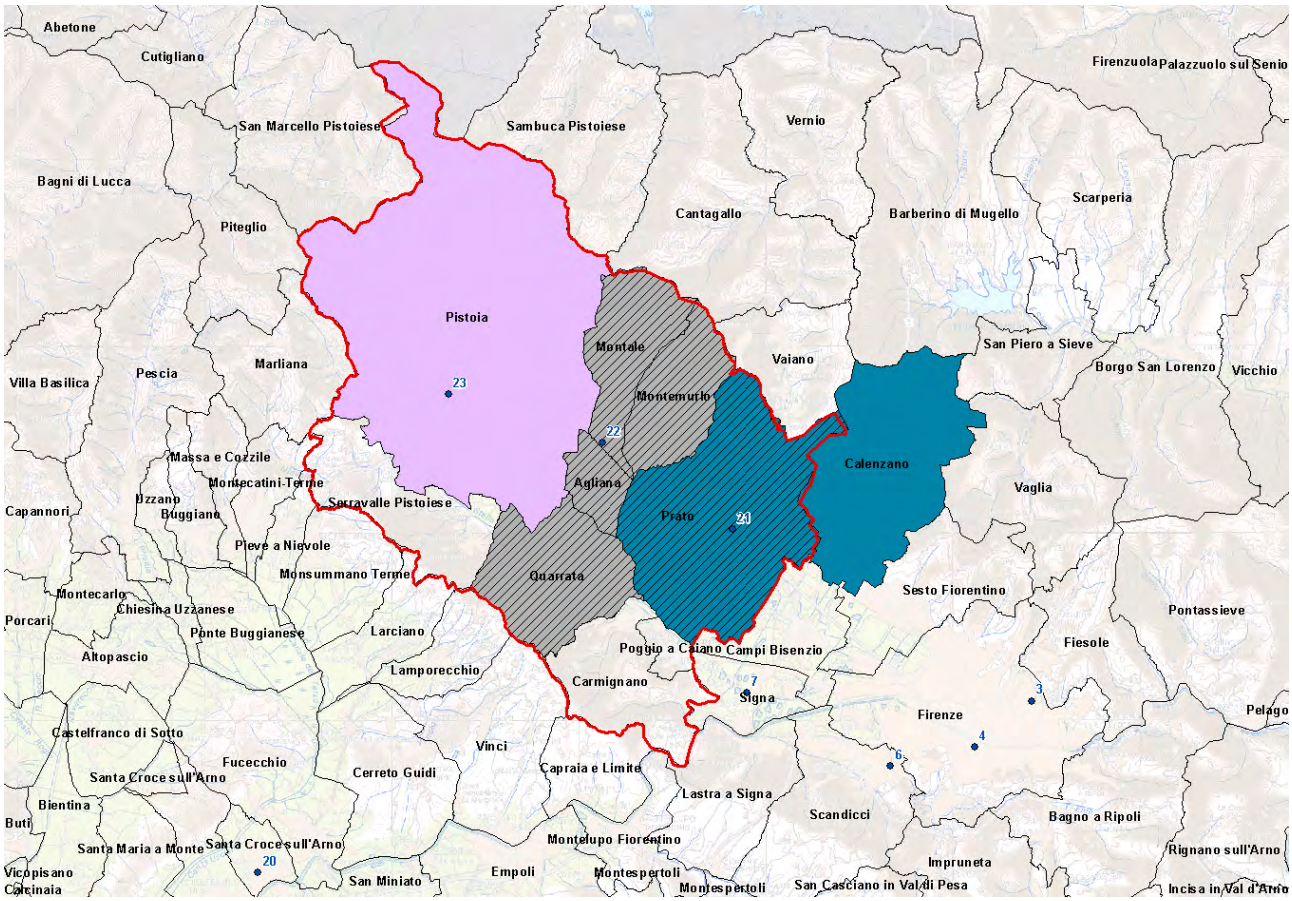


Figura 4.1.2-47. ZONA PRATO PISTOIA (st. 21-PO-Roma, 22-PT-Montale, 23-PT-Signorelli). Il colore pieno è relativo alla soglia del 5% e quello con campitura relativo alla soglia del 15%

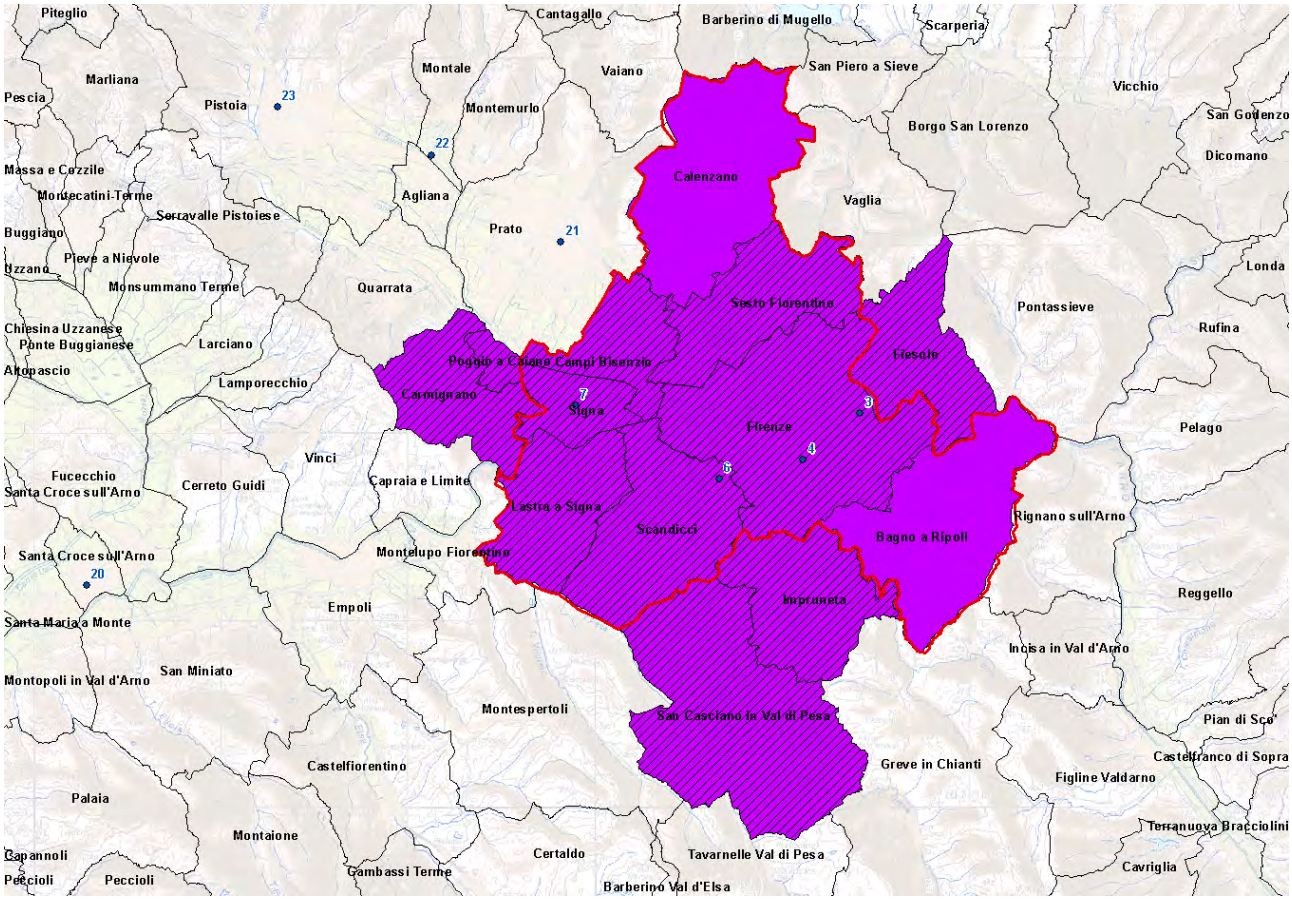


Figura 4.1.2-48. ZONA AGGLOMERATO (st. 3-FI-Bassi, 4-FI-Boboli, 6-FI-Scandicci, 7-FI-Signa). Il colore pieno è relativo alla soglia del 5% e quello con campitura relativo alla soglia del 15%

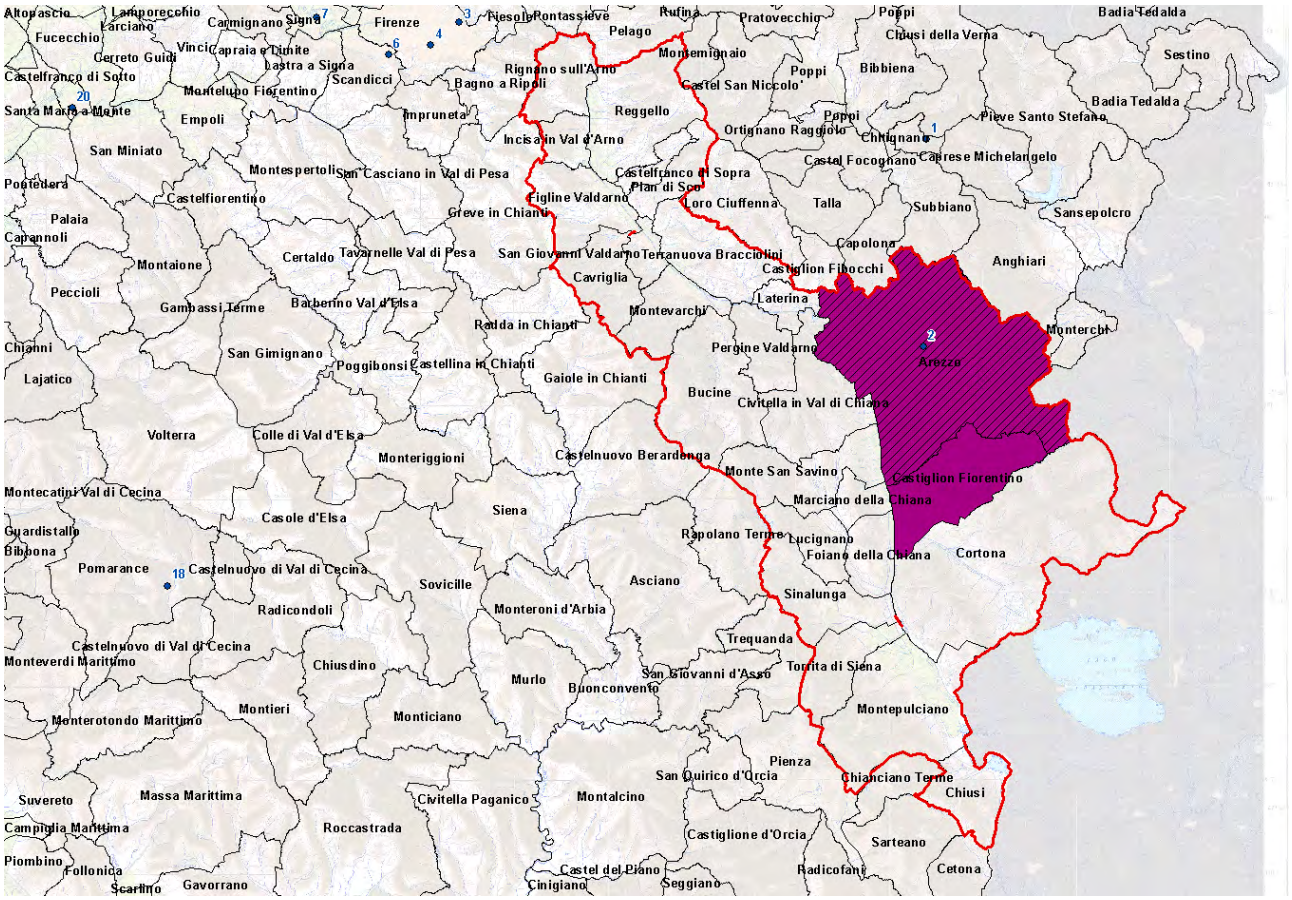


Figura 4.1.2-49. ZONA VALDARNO ARETINO E VAL DI CHIANA (st. 2-AR-Acropoli). Il colore pieno è relativo alla soglia del 5% e quello con campitura relativo alla soglia del 15%

4.2 Rappresentatività spaziale per NO_2

4.2.1 Risultati ottenuti applicando il metodo 3

In questo paragrafo sono presentati i risultati ottenuti applicando il Metodo 3 all'inquinante NO_2. Come statistica di riferimento è stata utilizzata la media giornaliera per un anno, come soglia per la funzione rappresentatività il valore 0.3 e la percentuale minima pari al 85% (vedi §2.2).

Il metodo adottato non è applicabile ad un certo numero di stazioni caratterizzate da una variabilità spaziale molto alta, per le quali le aree rappresentative si riducono a 2 o 3 celle del reticolo di calcolo. Si tratta di 8 stazioni: 2-Arezzo-Acropoli, 9-Grosseto-URSS, 10-Livorno-Cappiello, 12-Livorno-Piombino, 16-Lucca-Viareggio, 19-Pisa-Passi, 23-Pistoia-Signorelli e 24-Siena-Poggibonsi.

Di seguito, nelle Figura 4.2.1-1/Figura 4.2.1-14, sono riportate le mappe relative alla rappresentatività delle 14 stazioni delle rete regionali a cui è stato applicato il metodo descritto: 1-Arezzo-Casastabbi, 3-Firenze-Bassi, 5-Firenze–Settignano, 6-Firenze-Scandicci, 7-Firenze-Signa, 8-Grosseto-Maremma, 11-Livorno-LaPira, 13-Lucca-Capannori, 14-Lucca-Carignano, 17-Massa-Colombarotto, 18-Pisa-Montecerboli, 20-Pisa-S.Croce, 21-Prato-Roma, 22-Pistoia-Montale. Le mappe sono sovrapposte a layer informativi che riportano la topografia, i confini comunali, la zonizzazione.

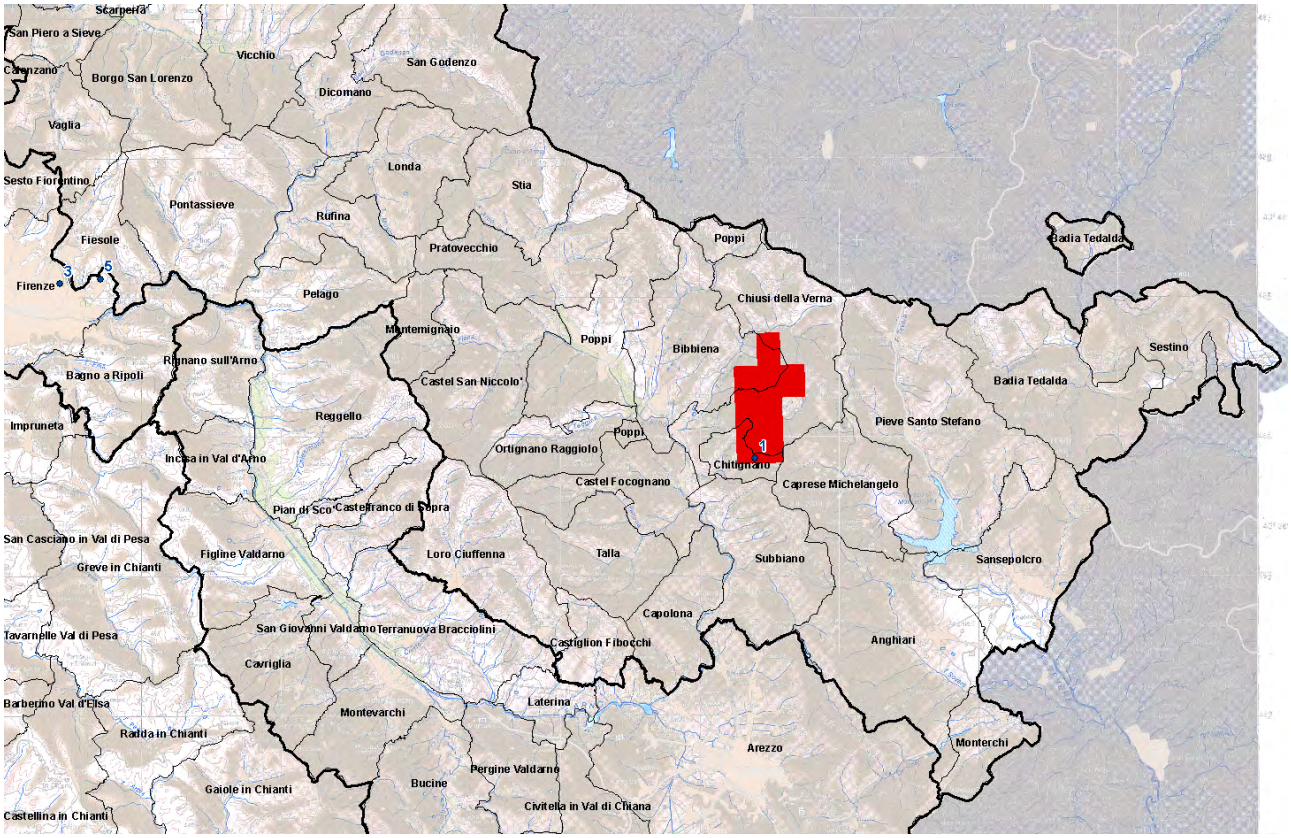


Figura 4.2.1-1. Rappresentatività della stazione 1-AR-CasaStabbi per NO2

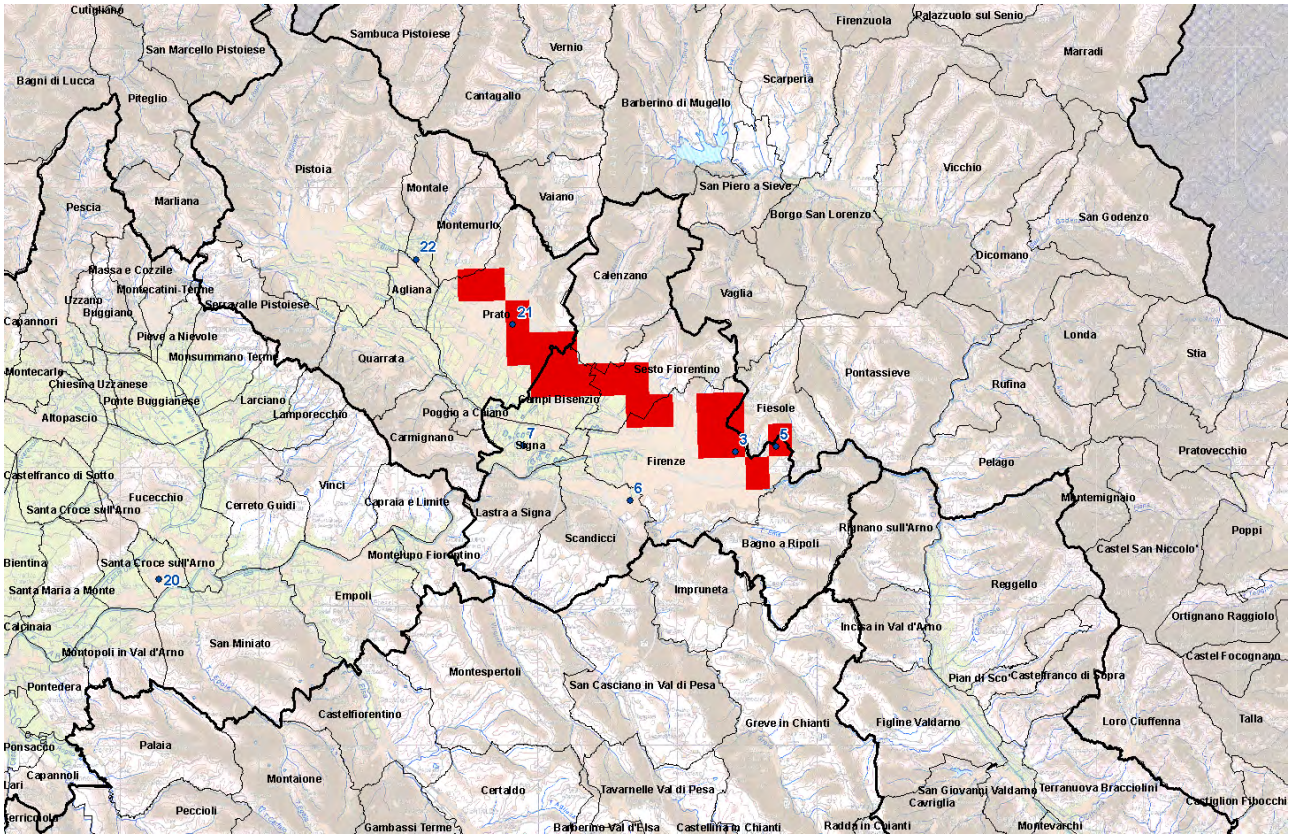


Figura 4.2.1-2. Rappresentatività della stazione 3-FI-Bassi per NO2

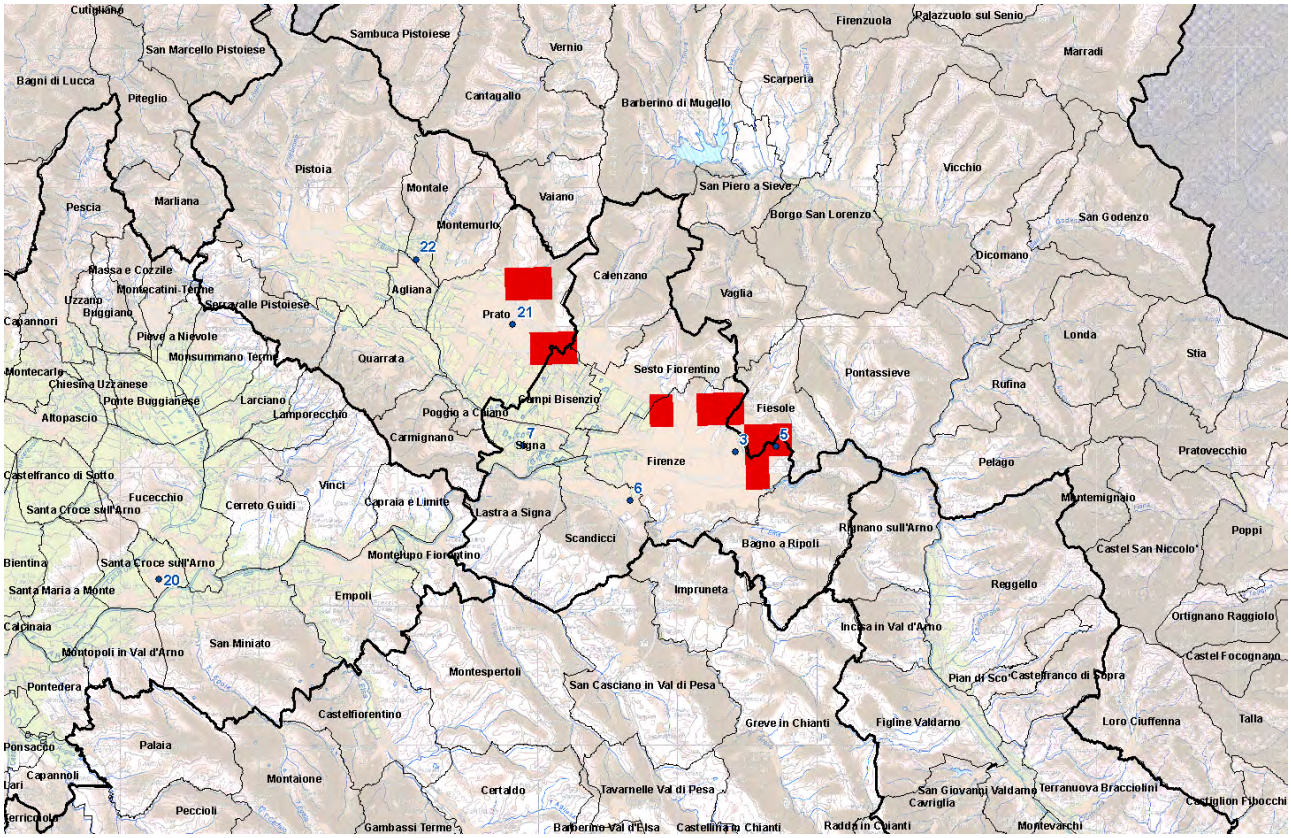


Figura 4.2.1-3. Rappresentatività della stazione 5-FI-Settignano per NO2

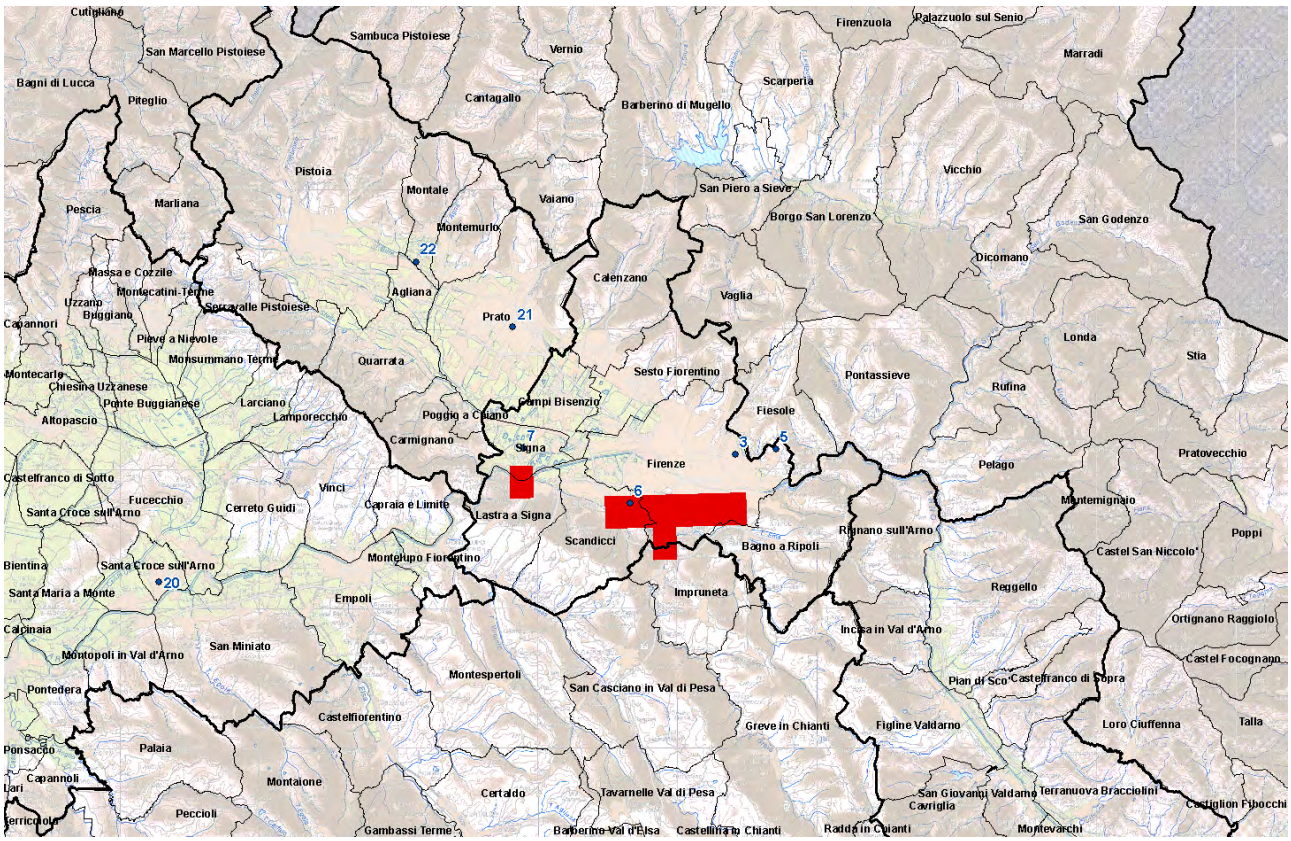


Figura 4.2.1-4. Rappresentatività della stazione 6-FI-Scandicci per NO2.

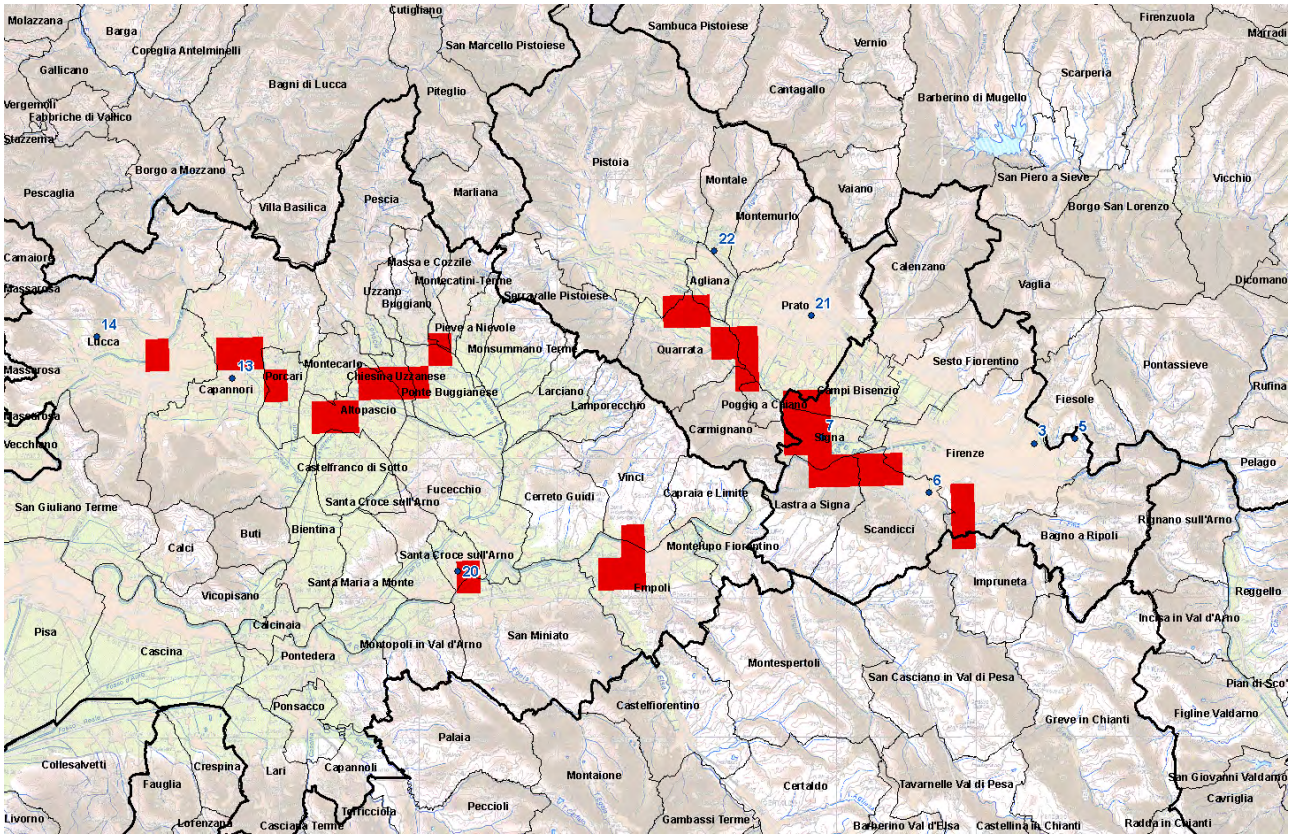


Figura 4.2.1-5. Rappresentatività della stazione 7-FI.Signa per NO2.

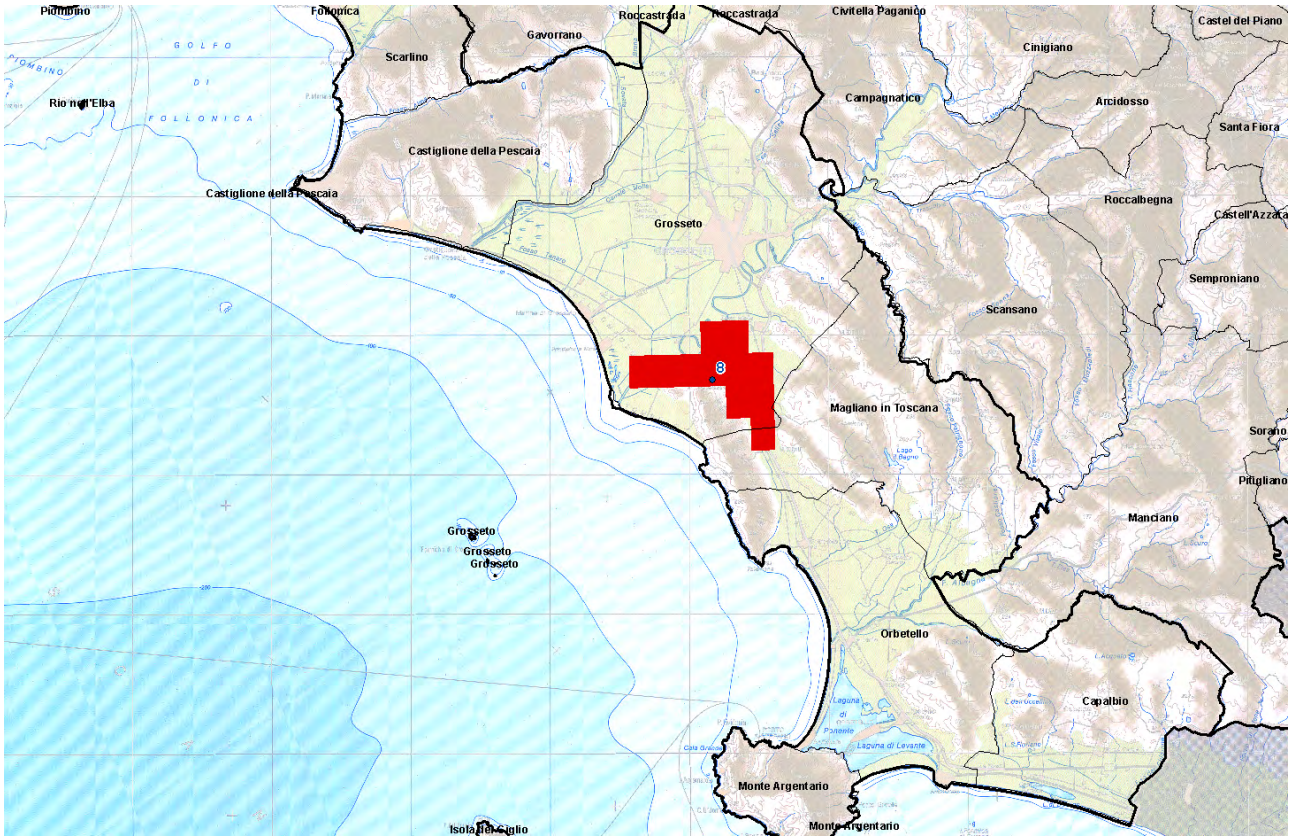


Figura 4.2.1-6 Rappresentatività della stazione 8-GR-Maremma per NO2.

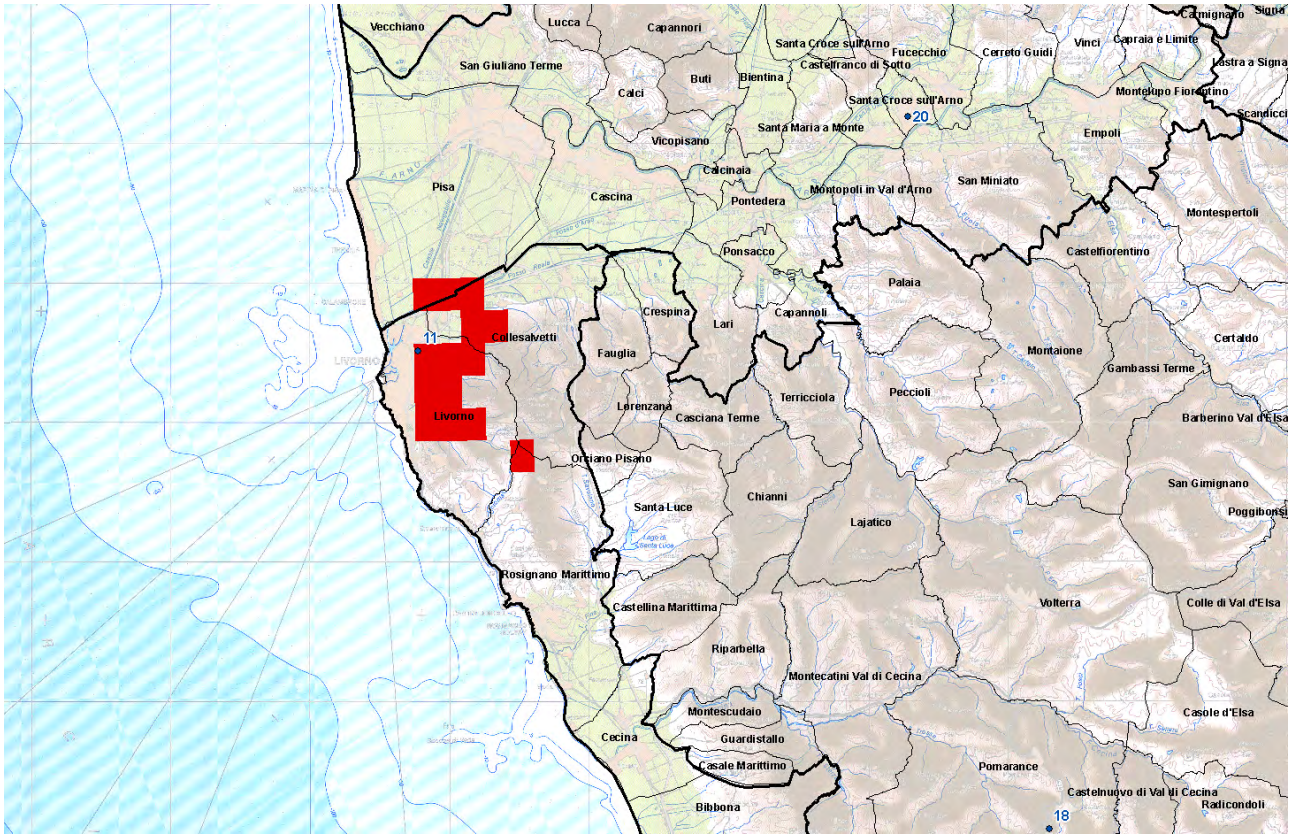


Figura 4.2.1-7 Rappresentatività della stazione 11-LI-LaPira per NO2.

Figura 4.2.1-8. Rappresentatività della stazione 13-LU-Capannori per NO2.

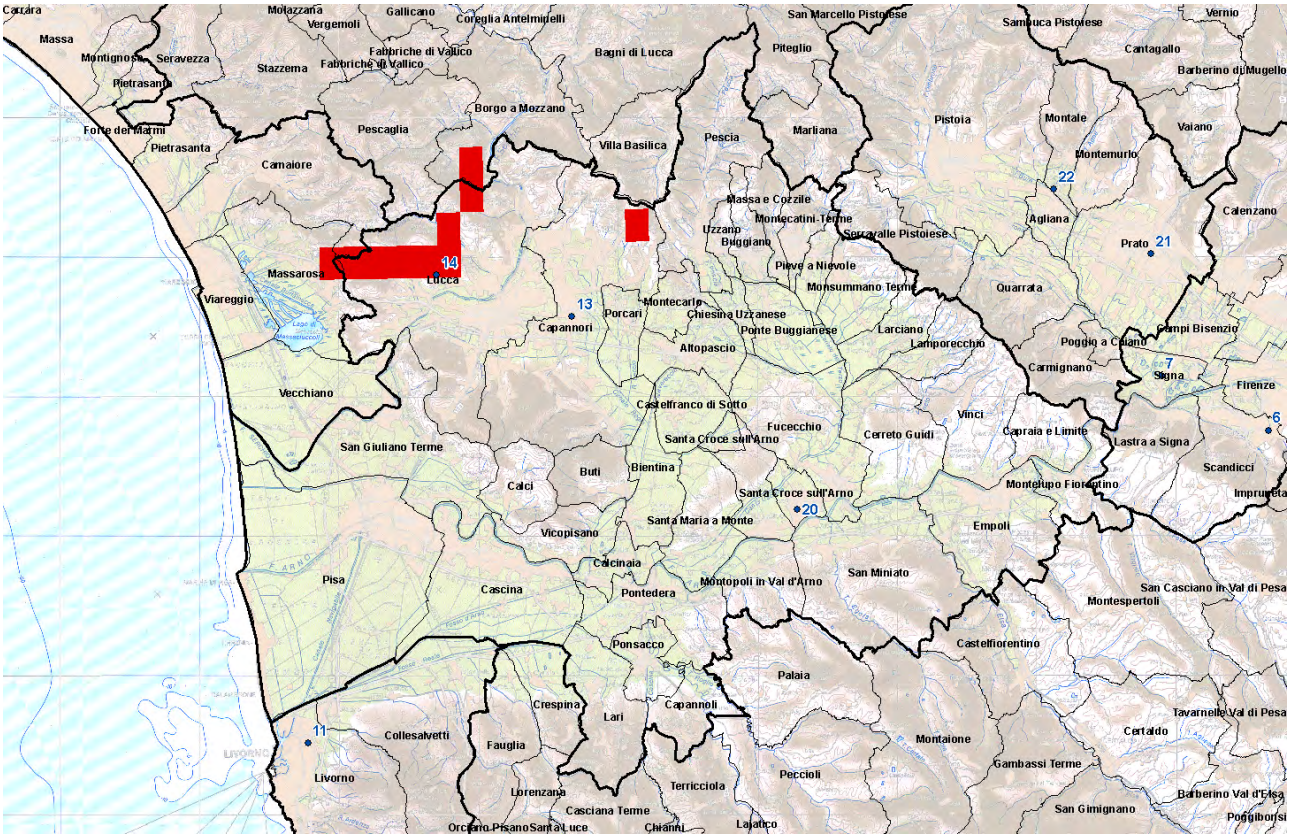


Figura 4.2.1-9. Rappresentatività della stazione 14-LU-Carignano per NO2.

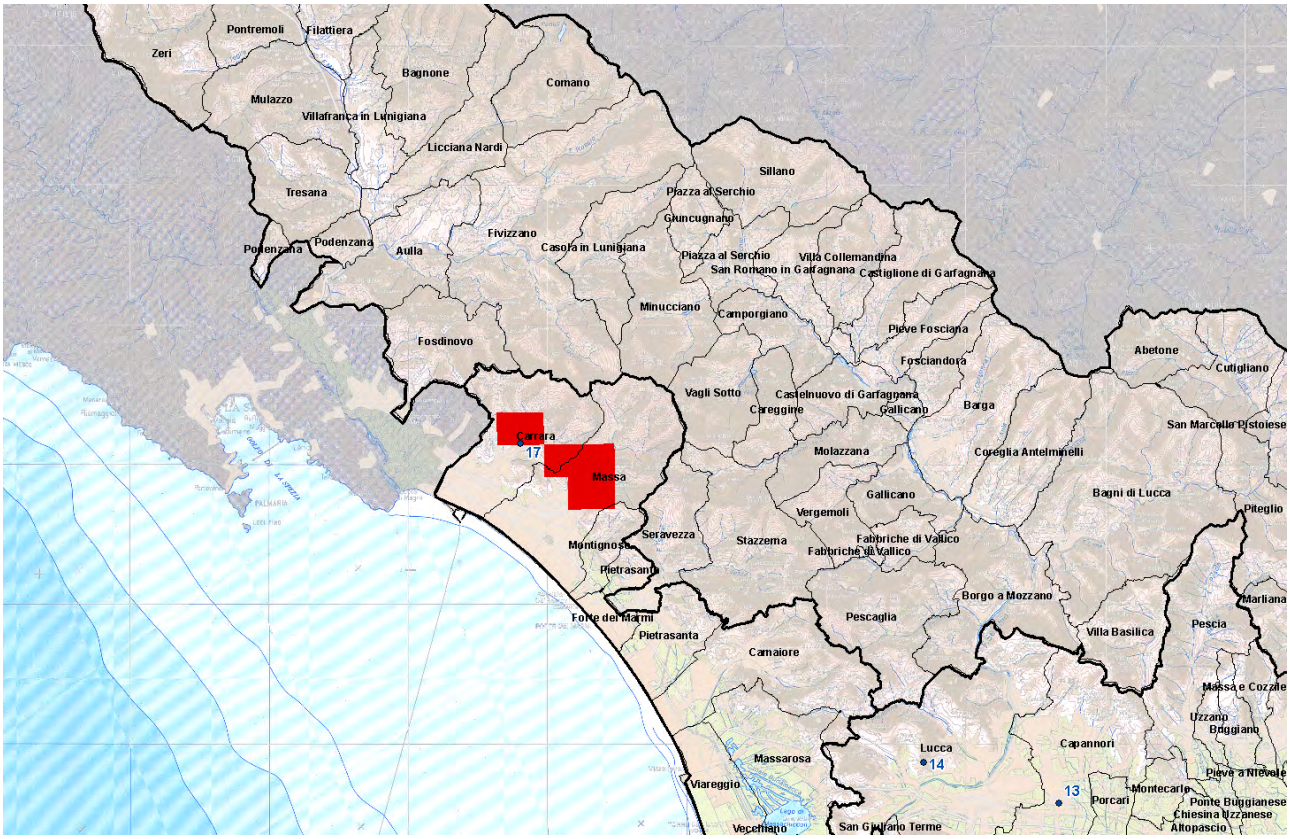


Figura 4.2.1-10. Rappresentatività della stazione 17-MS-Colombarotto per NO2.

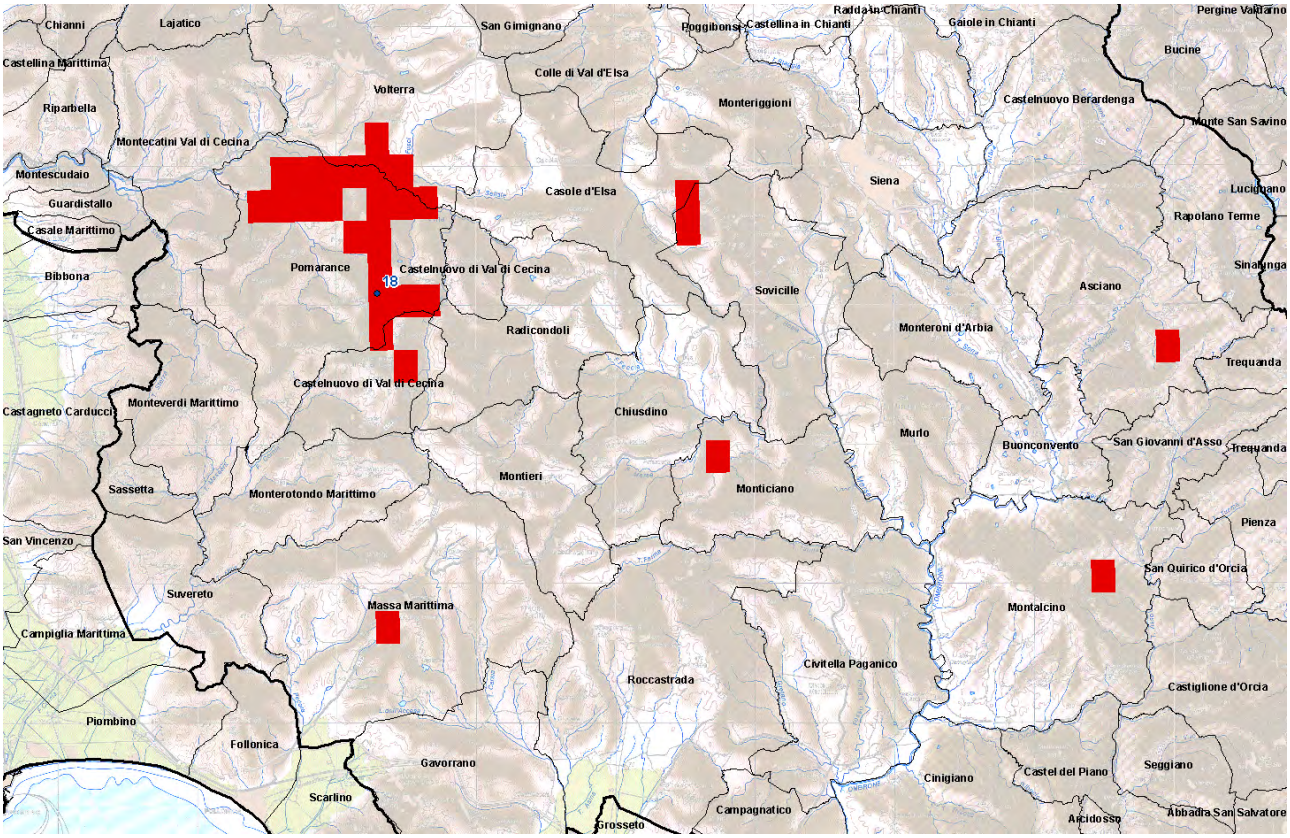


Figura 4.2.1-11. Rappresentatività della stazione 18-PI-Montecerboli per NO2.

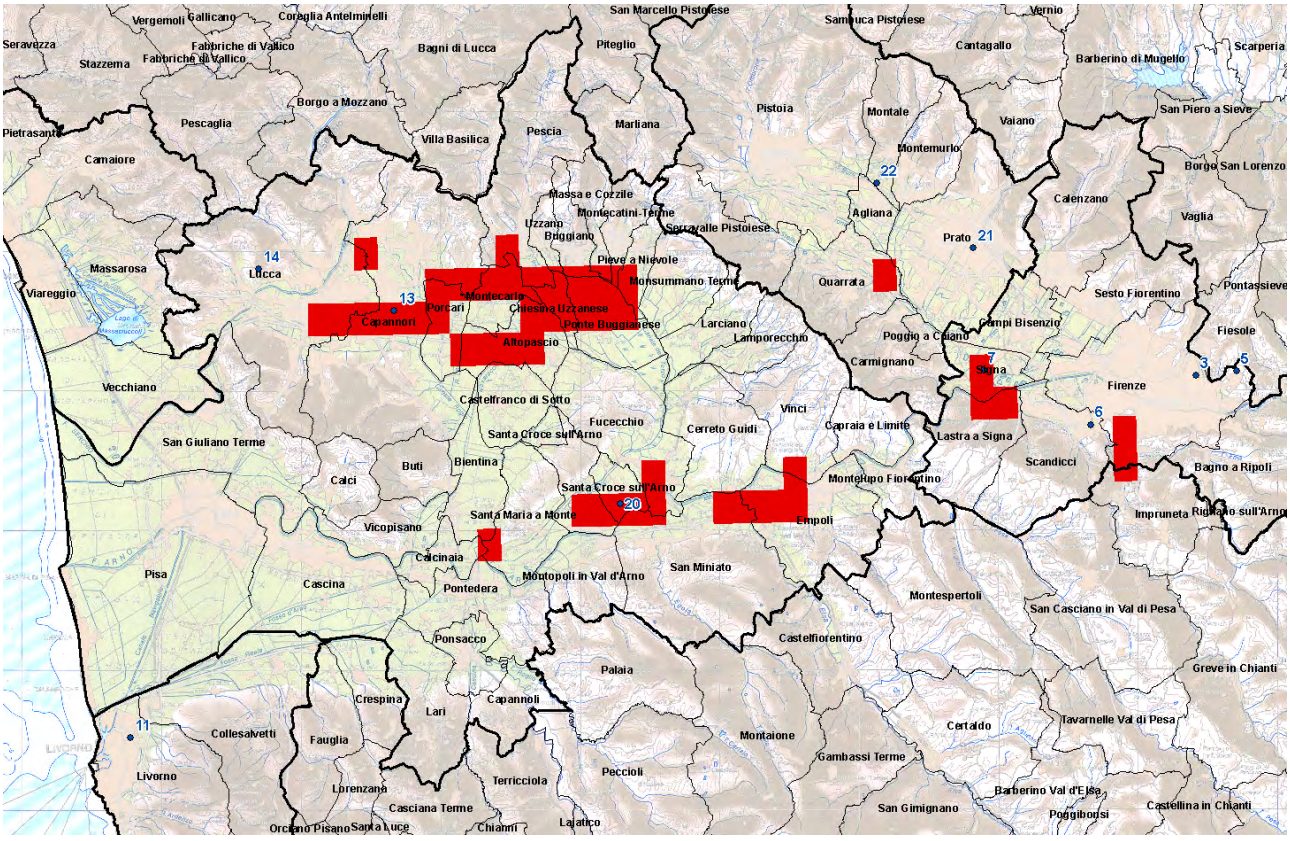


Figura 4.2.1-12. Rappresentatività della stazione 20-PI-SantaCroce per NO2.

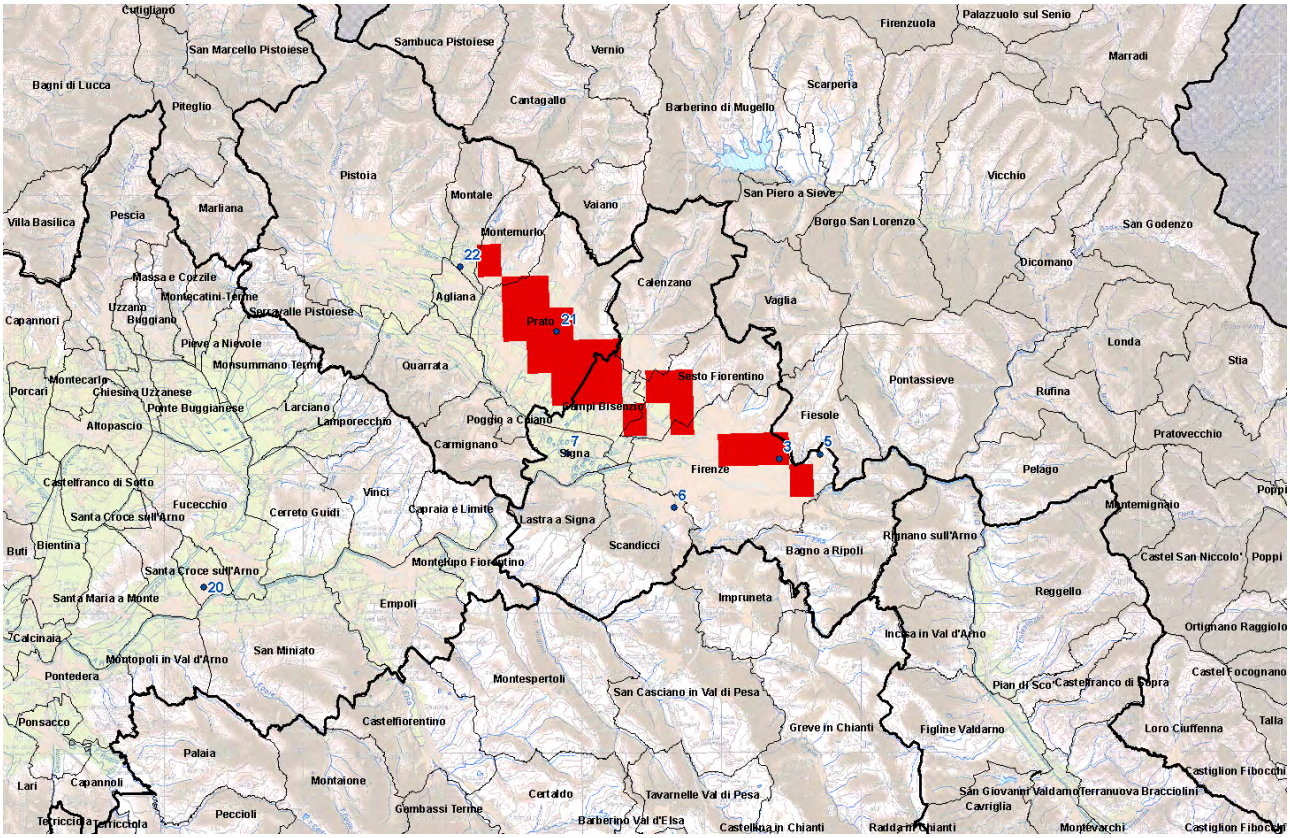


Figura 4.2.1-13. Rappresentatività della stazione 21-PO-Roma per NO2.

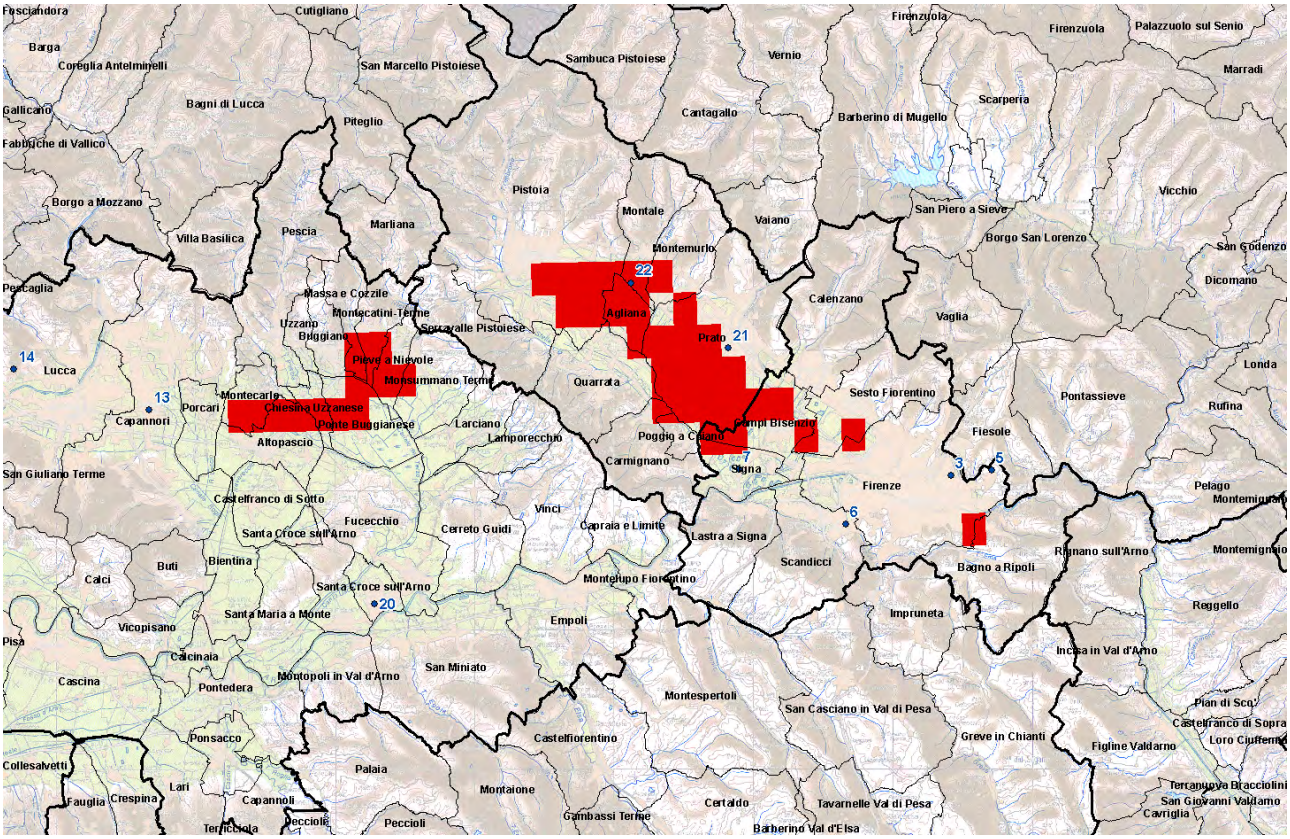


Figura 4.2.1-14. Rappresentatività della stazione 22-PT-Montale per NO2.

4.2.2 Rappresentatività per zona

Nelle Figura 4.2.2-1/Figura 4.2.2-5 sono riportate le mappe relative alla rappresentatività suddivise zona per zona rispettivamente all'agglomerato di Firenze con la rappresentatività delle stazioni 3, 5, 6 e 7 (stazioni: 3-Firenze-Bassi, 5- Firenze-Settignano, 6-Firenze-Scandicci e 7-Firenze-Signa), alla zona collinare montana (stazioni: 1-Arezzo-Casastabbi, 18-Pisa-Montecerboli), alla zona di Prato/Pistoia (stazioni: 21-Prato-Roma, 22-Pistoia-Montale). Per quanto riguarda la zona delle pianure costiere, è riportata la mappa con la rappresentatività delle stazioni 8-Grosseto-Maremma, 11-Livorno-LaPira e 17-Massa-Colombarotto. Per la zona Valdarno pisano e piana lucchese sono riportate le stazioni 13-Lucca-Capannori, 14-Lucca-Carignano e 20-Pisa-S.Croce.

Infine, per completezza, in Figura 4.2.2-6 viene riportata la zona del Valdarno Aretino e Valdichiana, che contiene soltanto la stazione 2-Arezzo-Acropoli, che però non risulta rappresentativa della zona, in quanto la sua copertura è limitata a soltanto 2 pixel del modello.

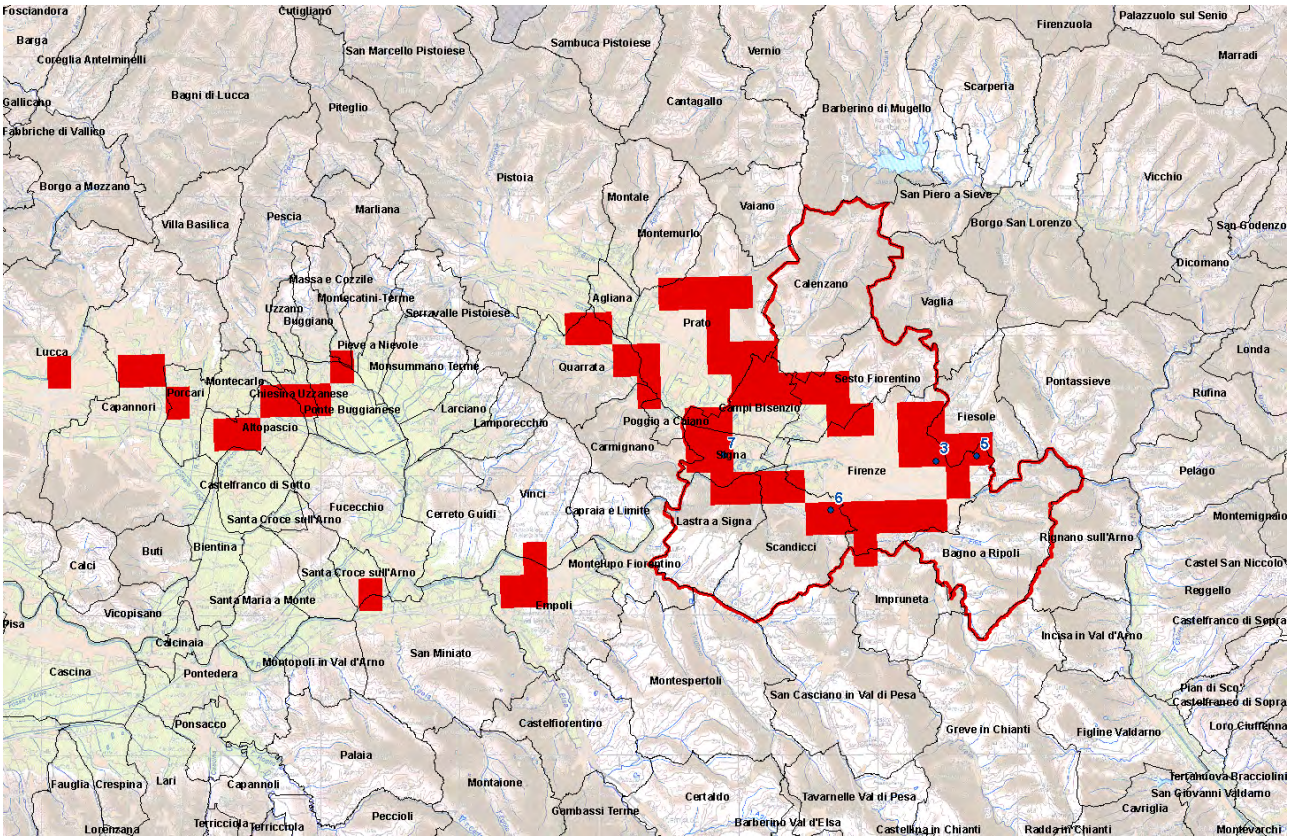


Figura 4.2.2-1 Mappa della rappresentatività spaziale dell'NO2 relativa alle stazioni 3-FI-Bassi, 5- FI-Settignano, 6-FI-Scandicci e 7-FI-Signa della zona Agglomerato urbano di Firenze.

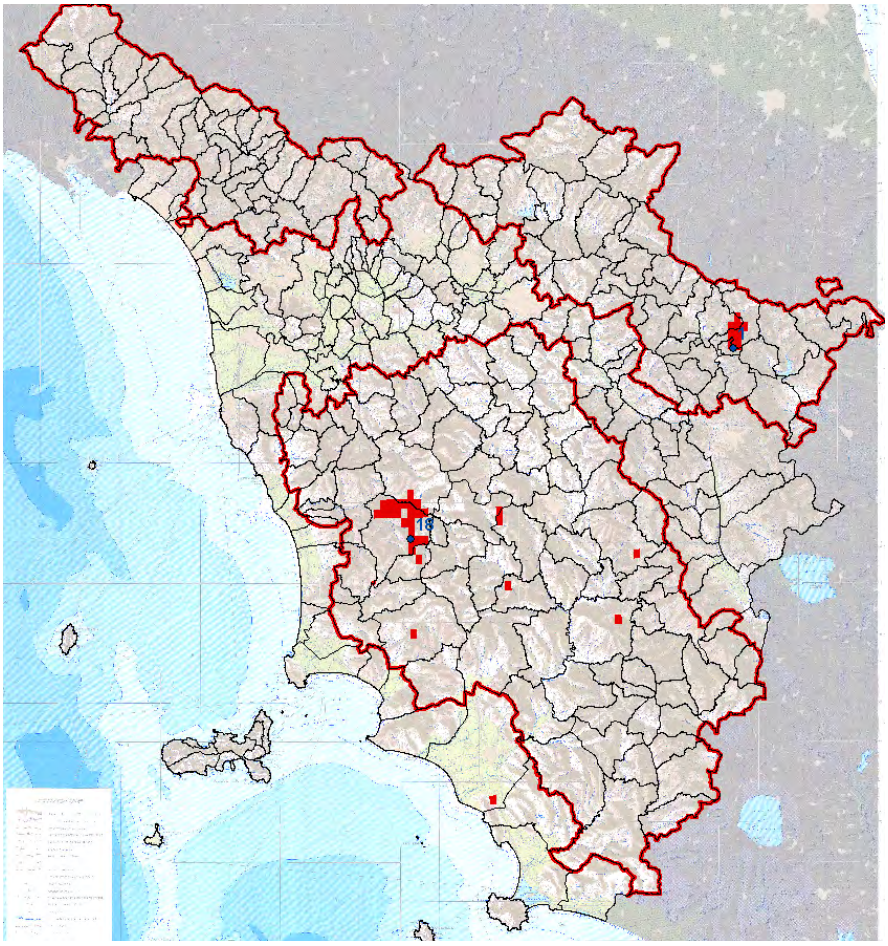


Figura 4.2.2-2 Mappa della rappresentatività spaziale dell'ozono relativa alle stazioni 1-AR-Casastabbi, 18-PI-Montecerboli della zona collinare-montane.

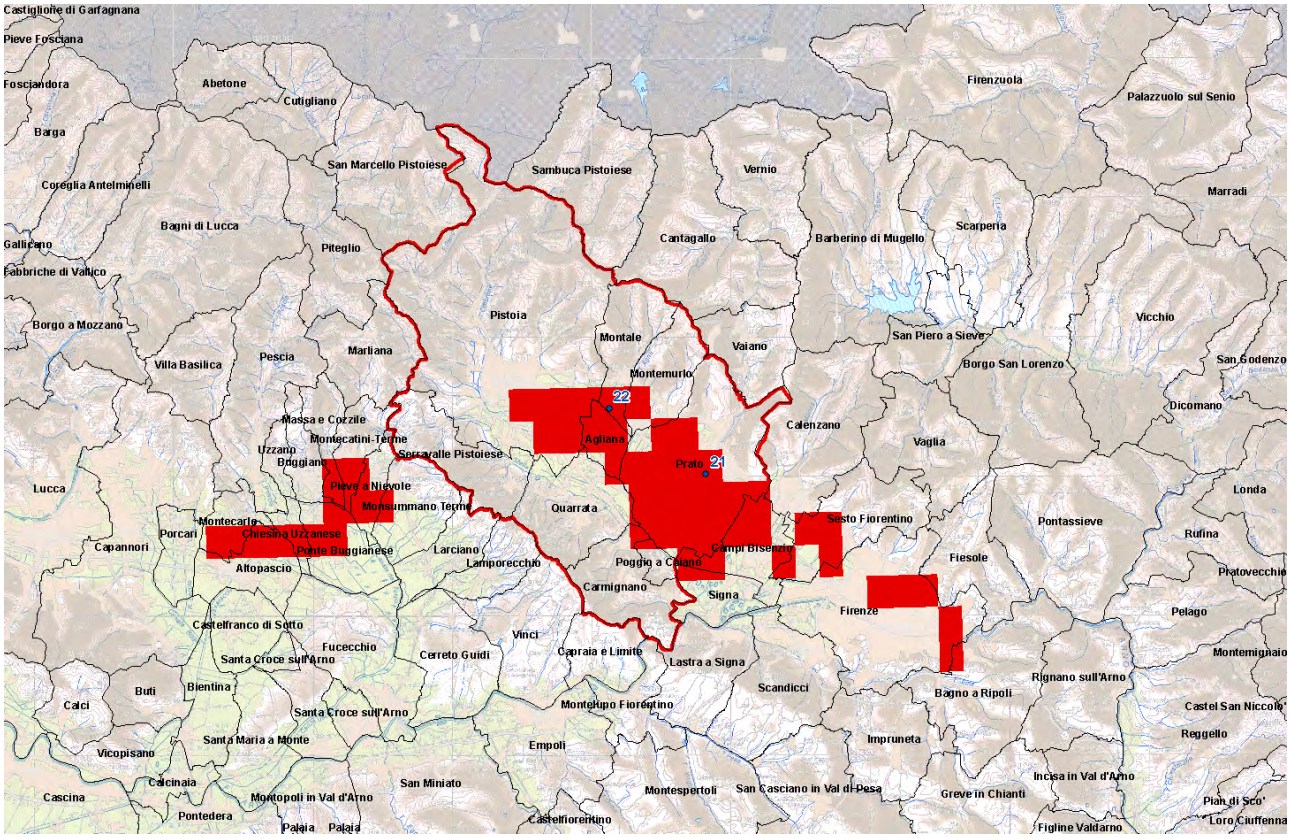


Figura 4.2.2-3 Mappa della rappresentatività spaziale dell'ozono relativa alle stazioni 21-PO-Roma, 22-PT-Montale della zona Prato-Pistoia.

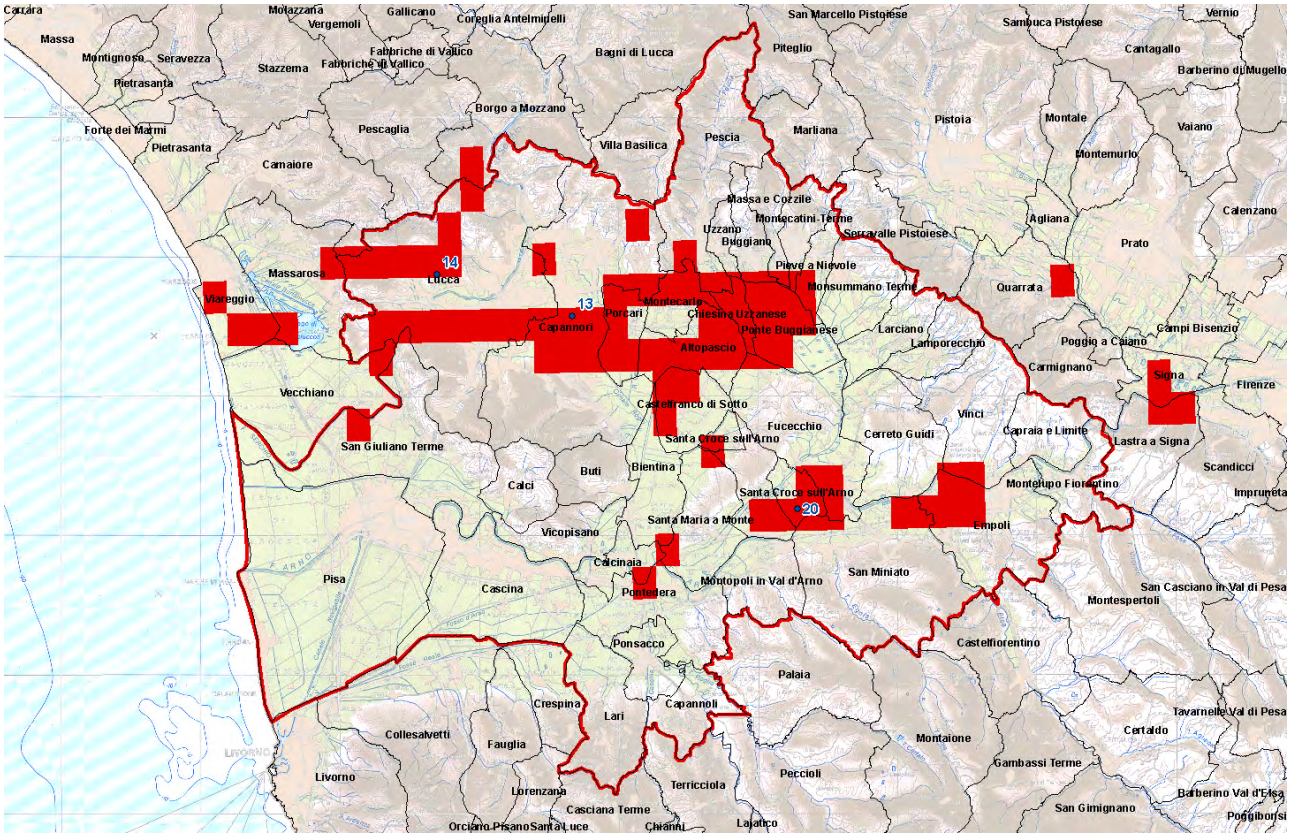


Figura 4.2.2-4 Mappa della rappresentatività spaziale dell'ozono relativa alle stazioni 13-LU-Capannori, 14-LU-Carignano e 20-PI-SantaCroce della zona Valdarno pisano e piana lucchese.

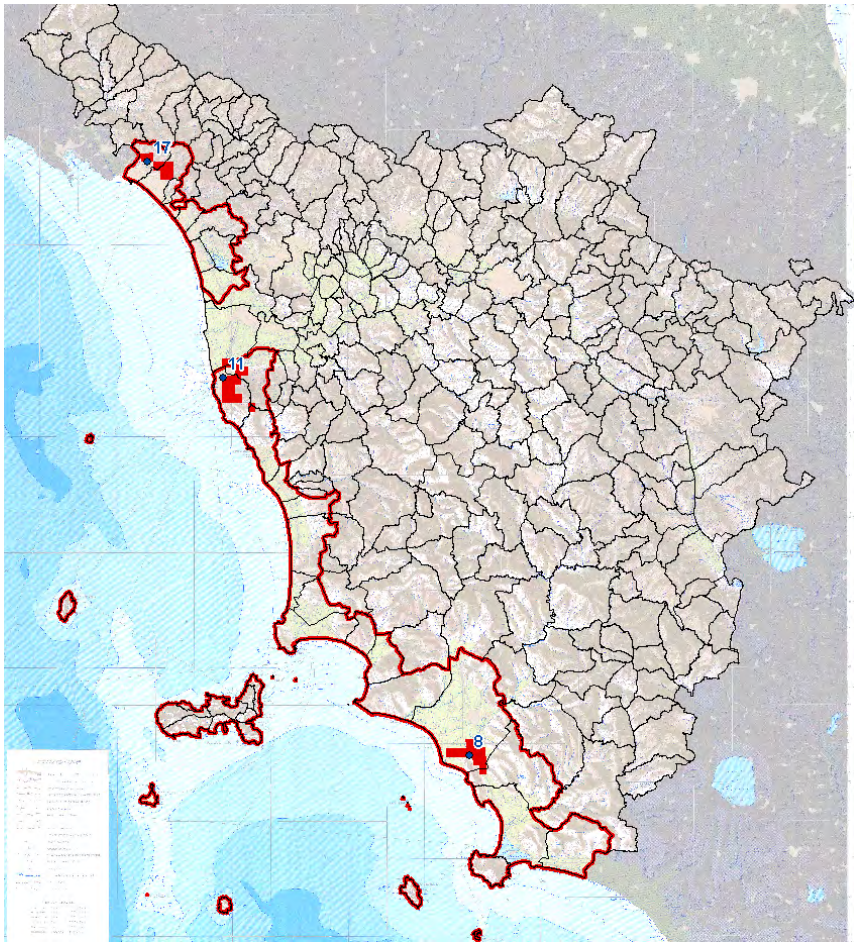


Figura 4.2.2-5 Mappa della rappresentatività spaziale dell'ozono relativa alle stazioni 8-GR-Maremma, 11-LI-LaPira e 17-MS-Colombarotto della zona costiera.

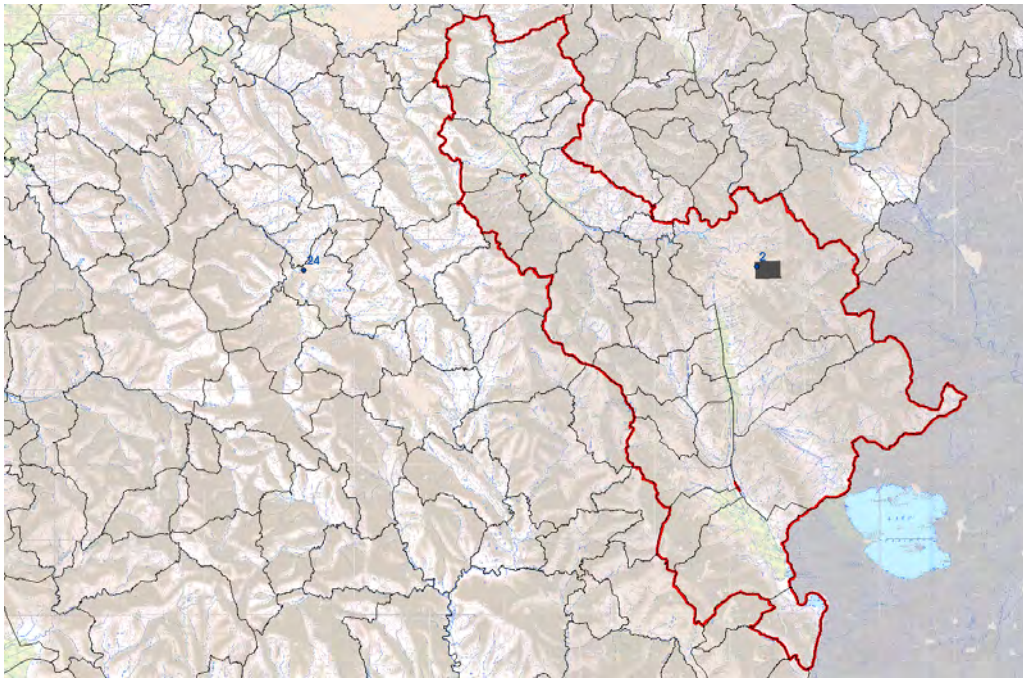


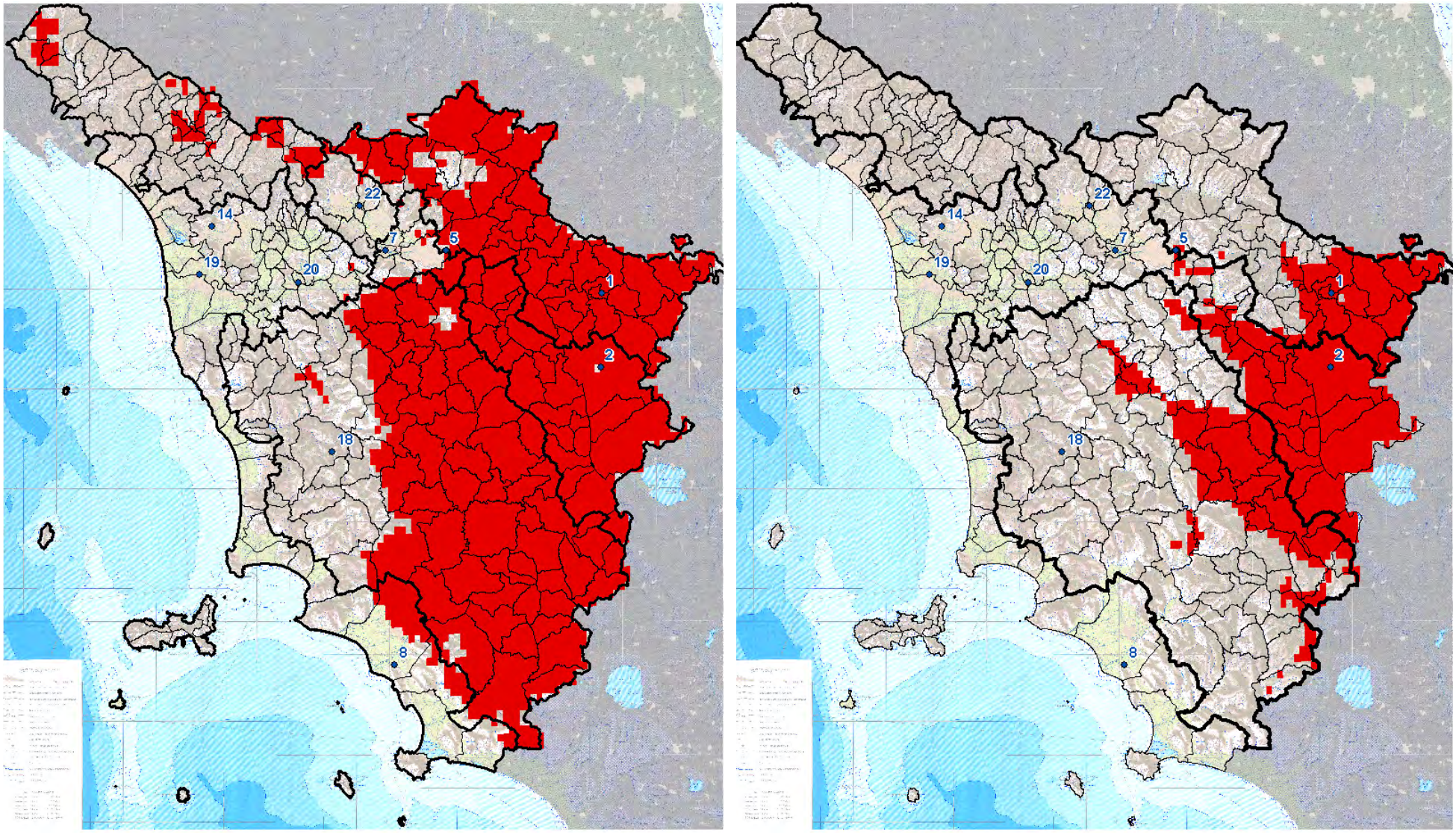
Figura 4.2.2-6 Mappa relativa alla zona Valdarno Aretino e Valdichiana dell'ozono, contenente la stazione 2,-AR-Acropoli che risulta non rappresentativa.

4.3 Rappresentatività spaziale per Ozono

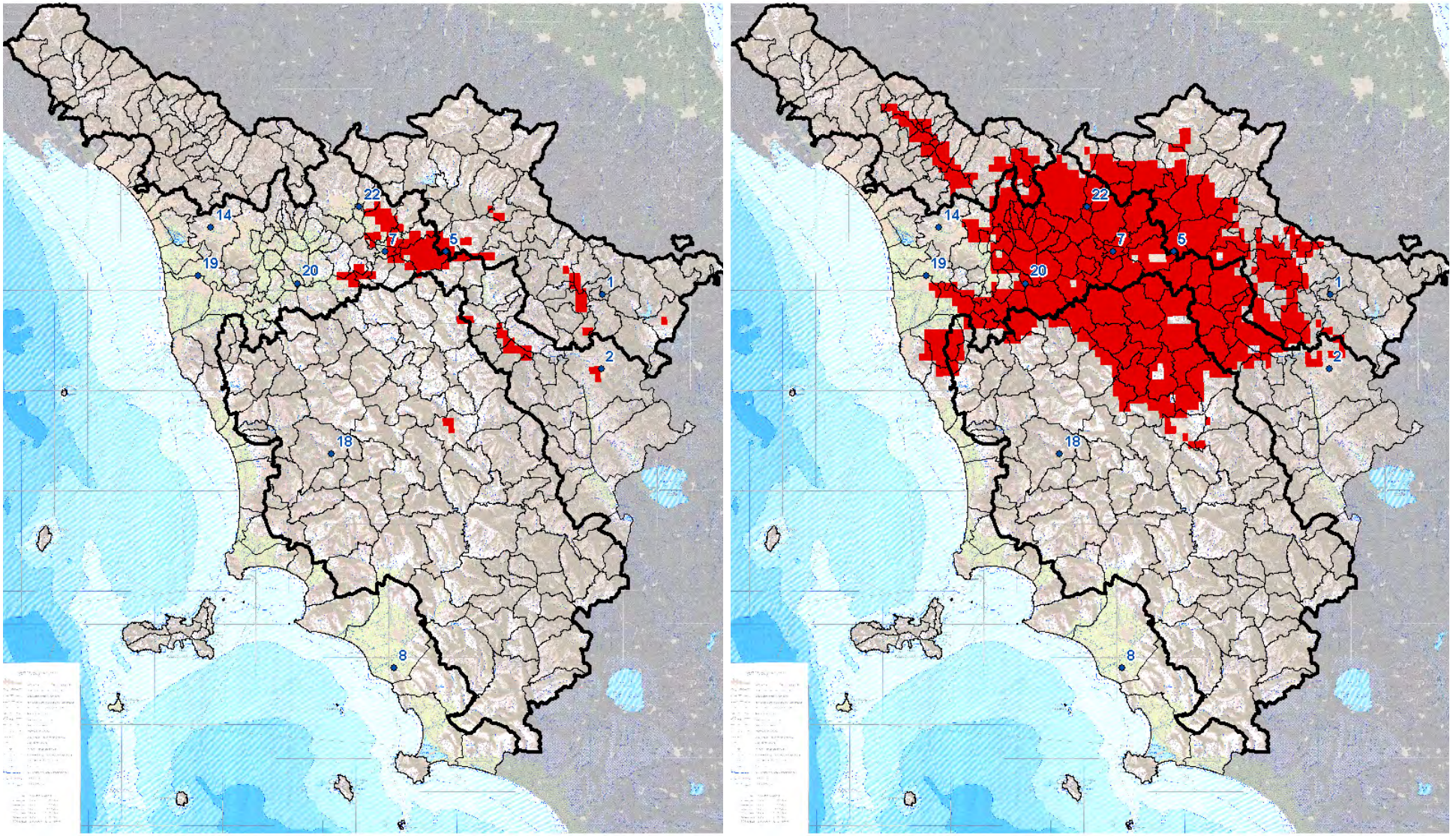
4.3.1 Risultati ottenuti applicando il metodo 3

Per la determinazione della rappresentatività spaziale delle stazioni di monitoraggio dell'ozono è stata utilizzata come statistica di riferimento il massimo giornaliero della media mobile su 8 ore, per il semestre aprile-settembre. Per la funzione rappresentatività è stata utilizzata una soglia pari a 0.20, mentre la percentuale minima scelta è pari al 95%.

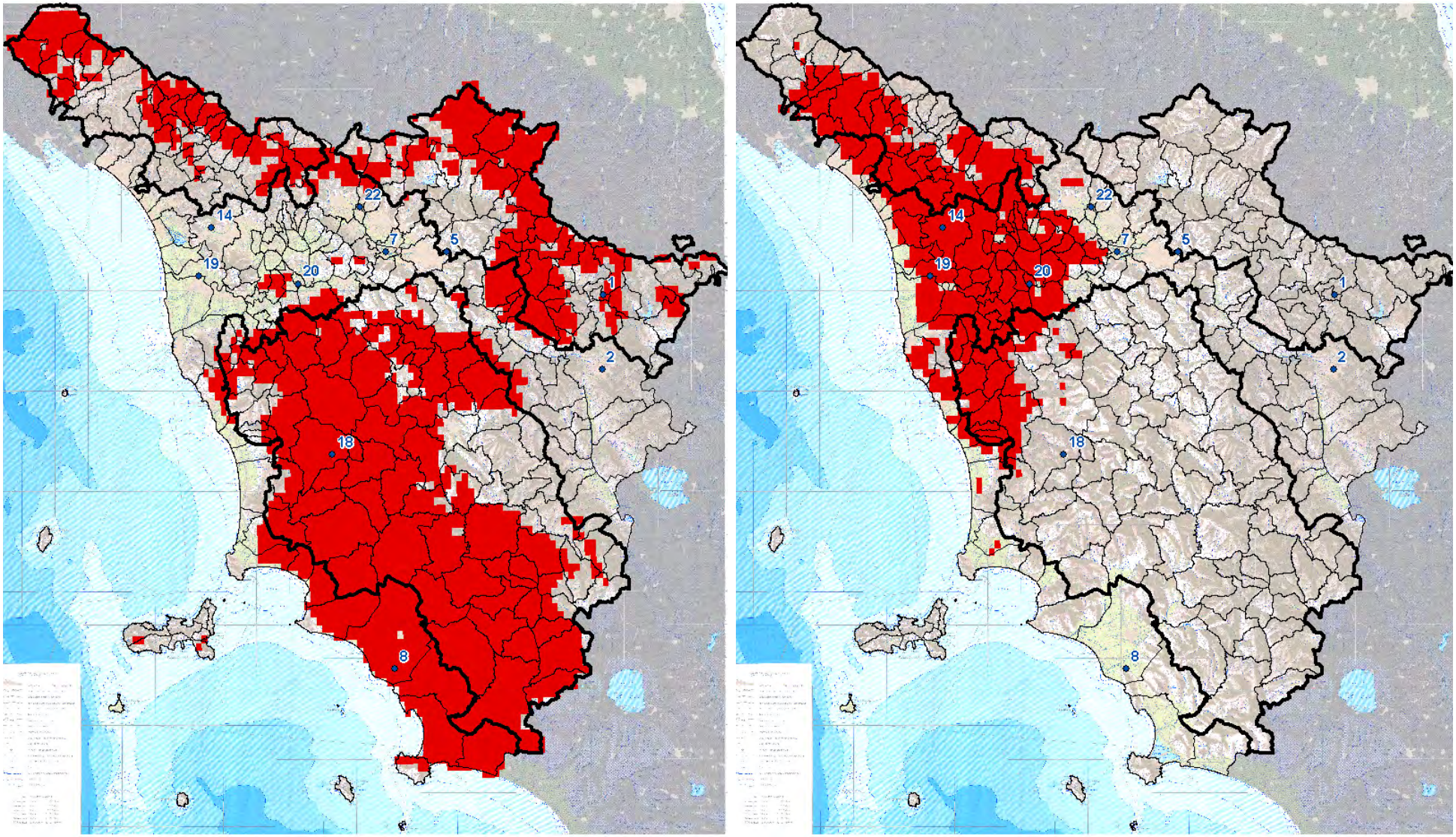
Di seguito sono presentate le mappe relative alle 10 stazioni della rete di monitoraggio regionale (Figura 4.3.1-1/Figura 4.3.1-5), sovrapposte alle 4 aree definite dalla zonizzazione per l'ozono, i confini comunali, la topografia. Si tratta delle stazioni: 1-Arezzo-Casastabbi, 2-Arezzo-Acropoli, 5-Firenze–Settignano, 7-Firenze-Signa, 8-Grosseto-Maremma, 14-Lucca-Carignano, 18-Pisa-Montecerboli, 19-Pisa-Passi, 20-Pisa-S.Croce, 22-Pistoia-Montale. Si può notare che la rappresentatività di ciascuna stazione è generalmente molto estesa, soprattutto per 1-Arezzo-Casastabbi, 8-Grosseto-Maremma, 18-Pisa-Montecerboli.



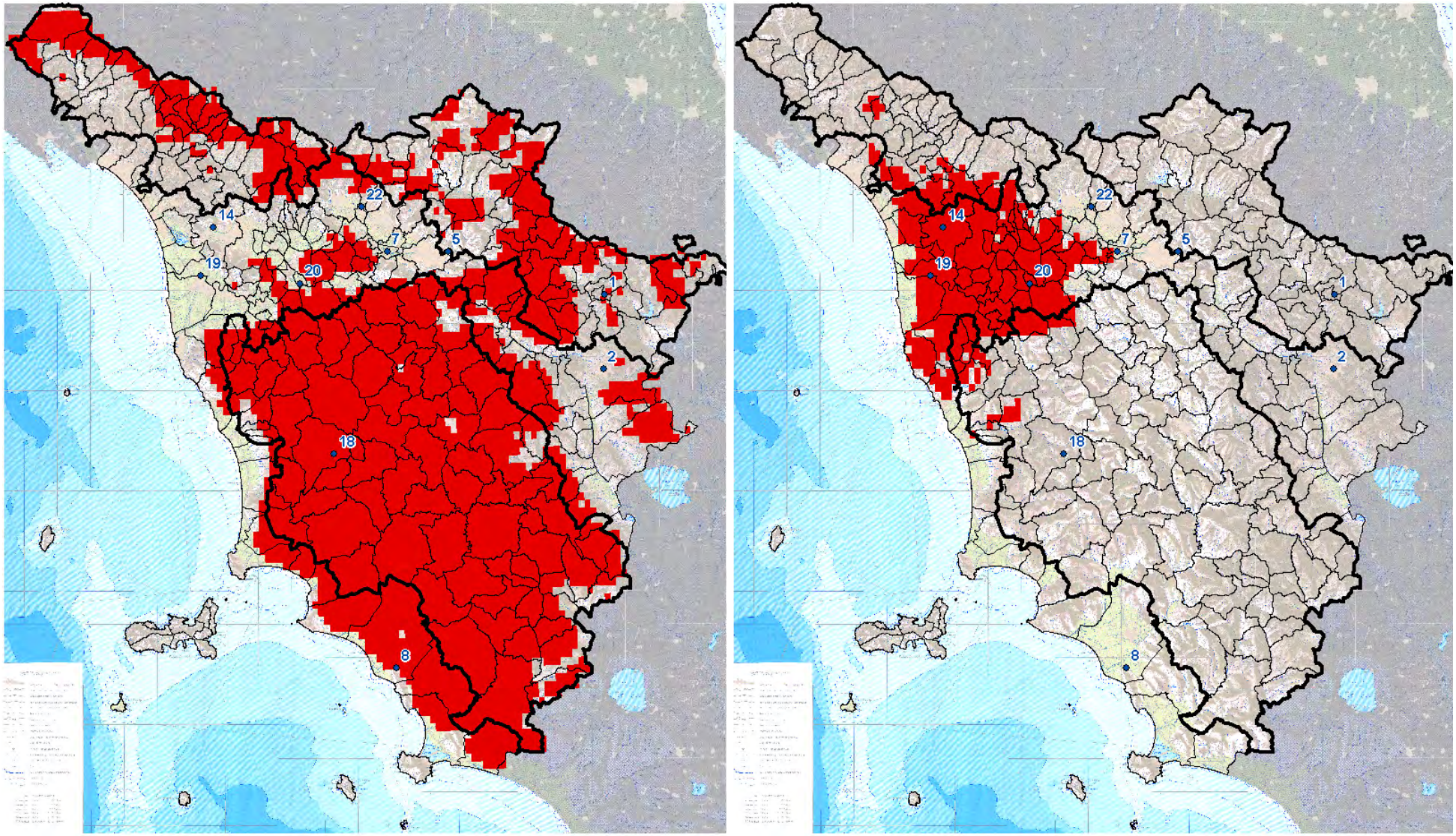
! "#$%&' ( ) *) + , + ' - & . . & ' / 011&'%& . . %02034&4"5"46'2 . &7"&10' / 011897939'%01&4"5&'&11&'24&7"930'+, : ; , <&2&=4&>>"'?2"3"24%&@'0'&11&'24&7"930'A, : ; , : B%9 . 91"'? / 024%&@)'



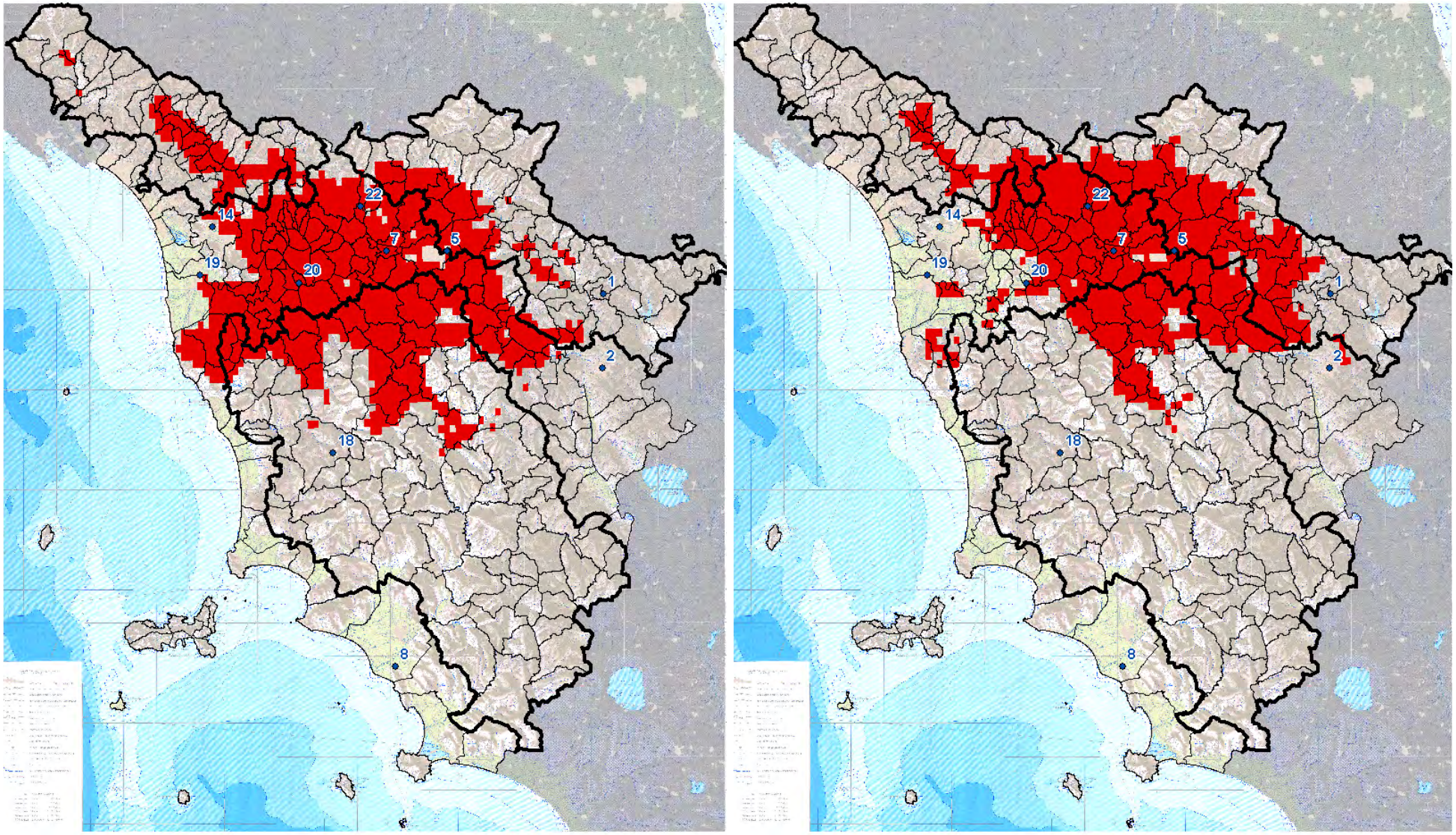
!"#$%&' ()*)+,A)' - &. . &' / 011&'%&. . %02034&4"5"46'2 . &7"&10' / 011897939'%01&4"5&'&11&'24&7"930'C, !DE=044"#3&39'?2"3"24%&@'0'&11&'24&7"930'F, !D,="#3&'? / 024%&@)'



!"#$%&'()*)+,*)' - &. .&'/011&'%&. .%02034&4"5"46'2.&7"&10'/0118979 39'%01&4"5&'&11&'24&7"930'G,H;, - &%0 I I &'?2"3"24%&@'0'&11&'24&7"930''+(EJK,<&%"#3&39?/024%&@)'



!"#$%&'()*)+,()-&..&'/011&'%&..%02034&4"5"46'2.&7"&10'/011897939'%01&4"5&'&11&'24&7"930'+G,LD,-9340BO%>91"'?2"3"24%&@'0'&11&'24&7"930'+M,LD,L&22"'?/024%&@)'



! "#$%&' ( ) *)+,C)' - & . . &' / 011&'%& . . %02034&4"5"46'2 . &7"&10' / 0118979 39'%01&4"5&'&11&'24&7"930'AN,LD,=&34&<%9BO'?2"3"24%&@'0'&11&'24&7"930'AA,LO, - 934&10'? / 024%&@)'

4.3.2 Rappresentatività per zona

Nelle Figura 4.3.2-1 e Figura 4.3.2-2 sono riportate le mappe relative rispettivamente all'agglomerato di Firenze con la rappresentatività delle stazioni 5 e 7, alla zona collinare montana (stazioni: 1-Arezzo-Casastabbi, 18-Pisa-Montecerboli) e alla zona delle pianure interne (stazioni: 2-Arezzo-Acropoli, 22- Pistoia-Montale). Per quanto riguarda la zona delle pianure costiere, sono riportate due mappe, la Figura 4.3.2-3, a sinistra, con la rappresentatività delle stazioni 8-Grosseto-Maremma, 14-Lucca-Carignano, 19-Pisa-Passi e la Figura 4.3.2-3, a destra, con l'aggiunta della stazione 20-Pisa-S.Croce: in questo caso si può notare come questa stazione sia ridondante per la copertura territoriale della zona in esame.

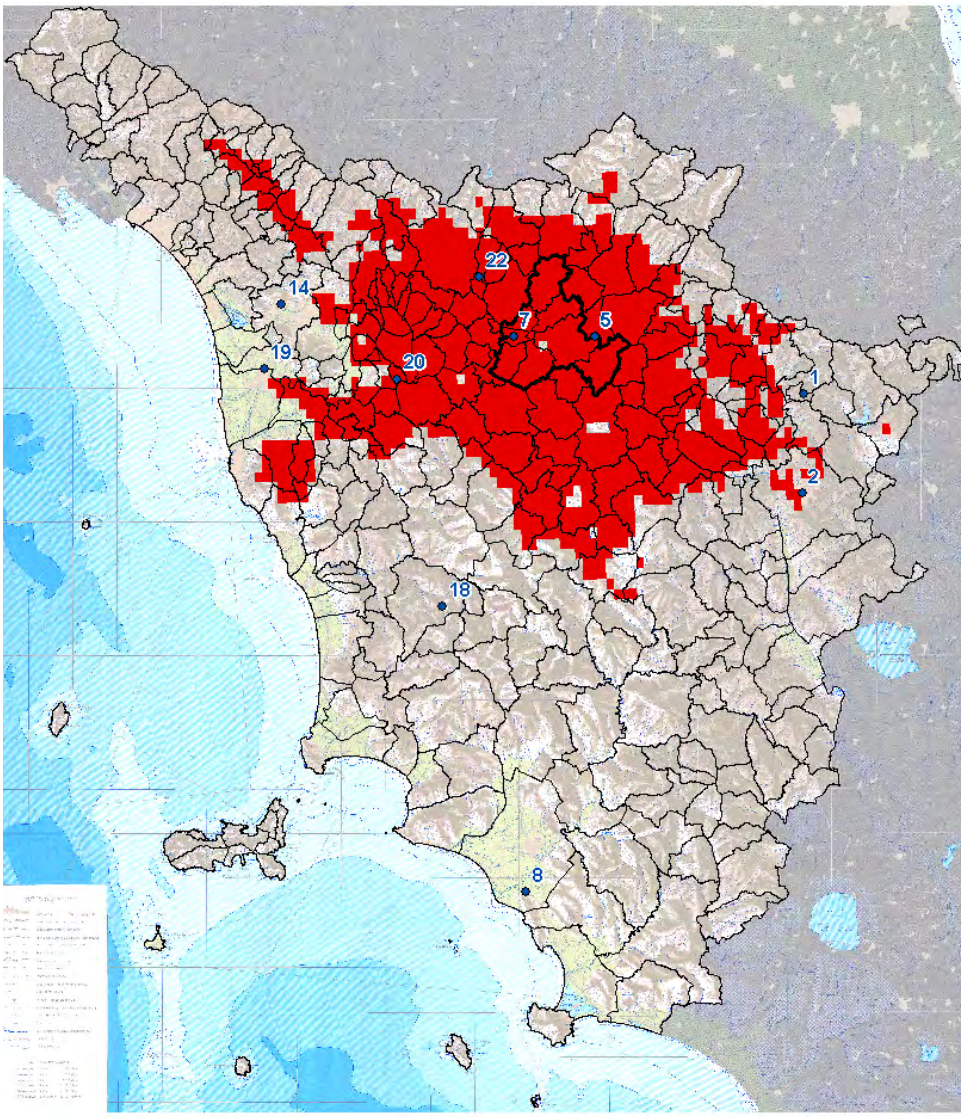
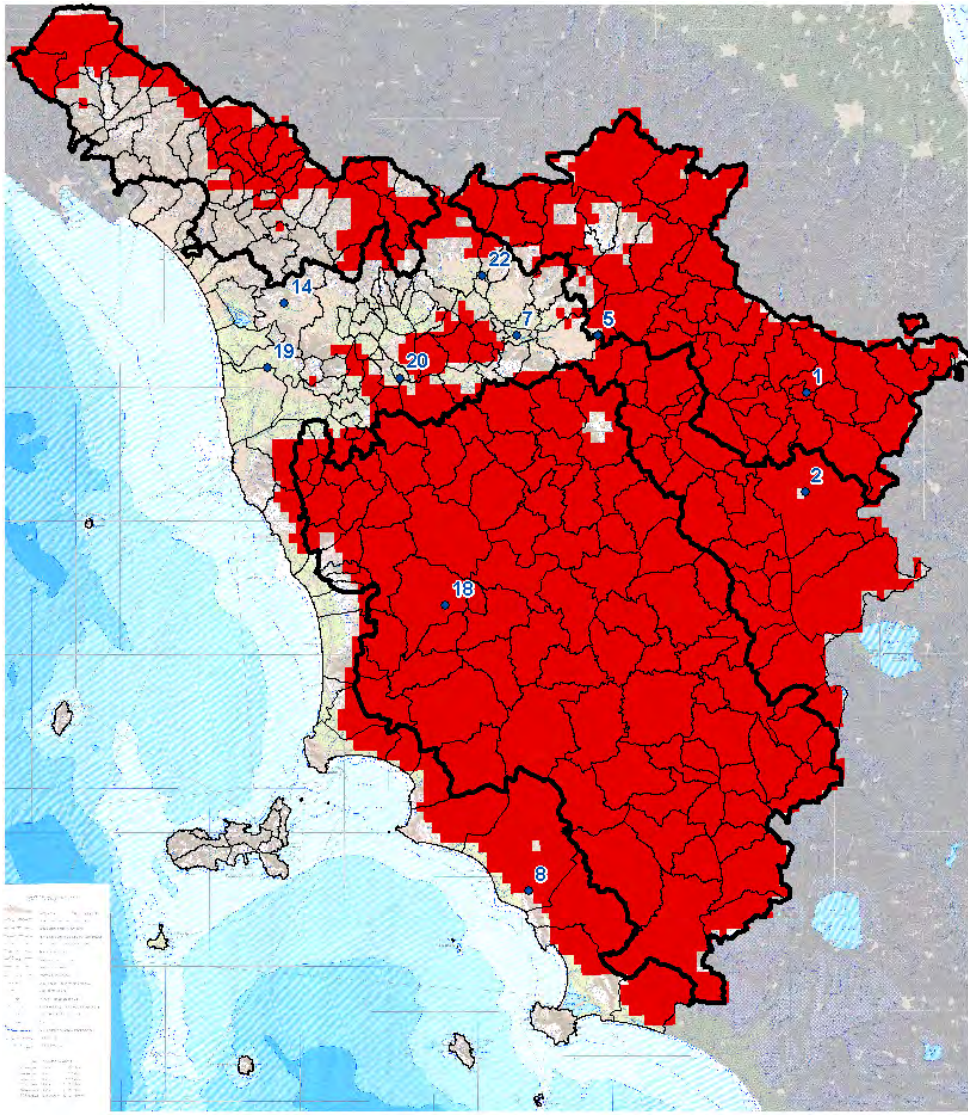
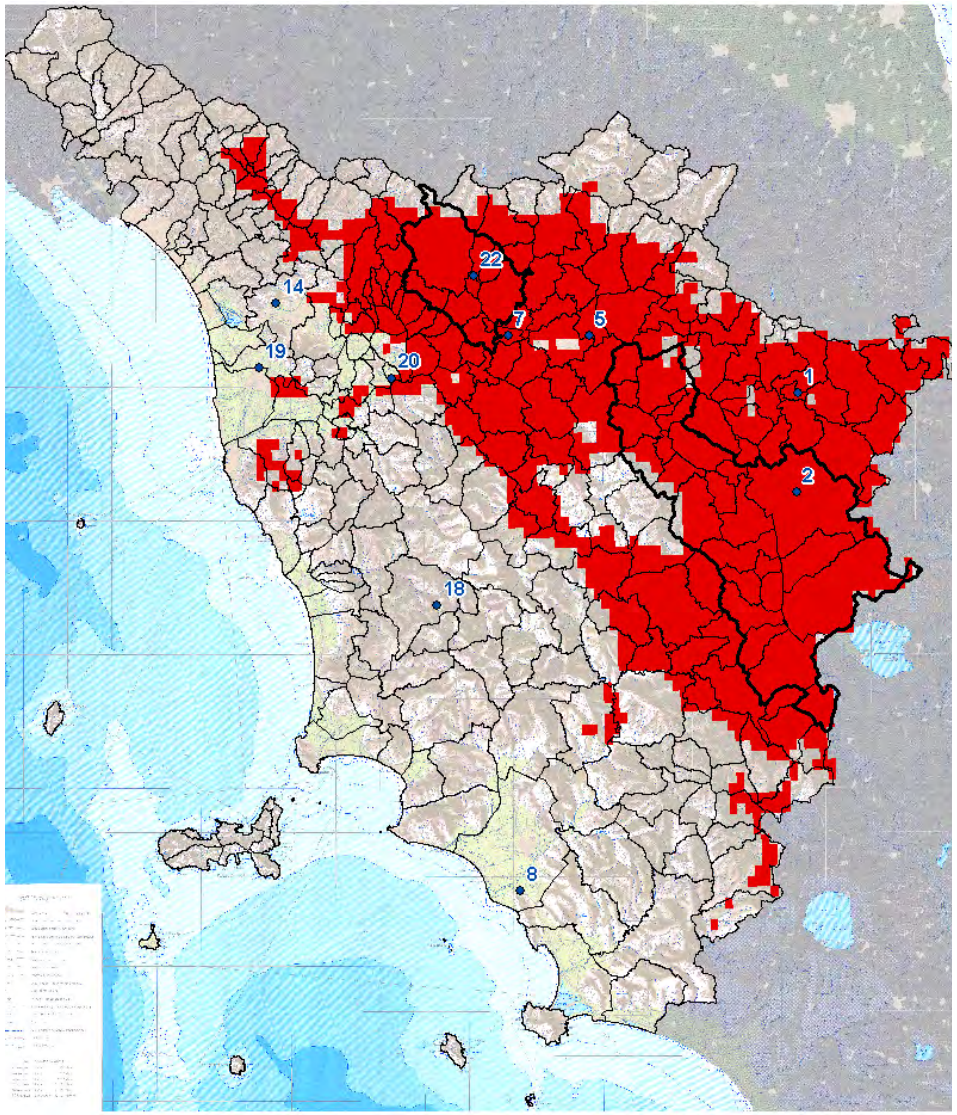
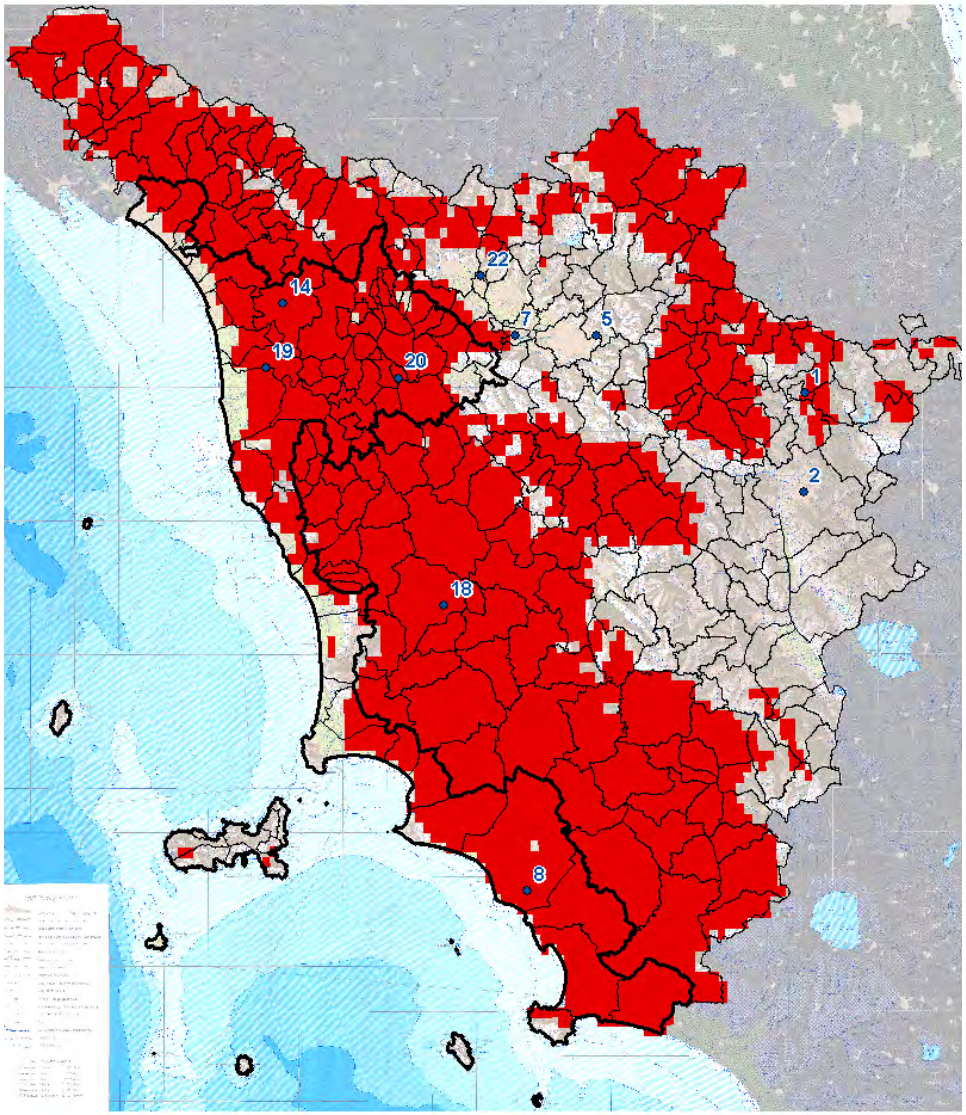


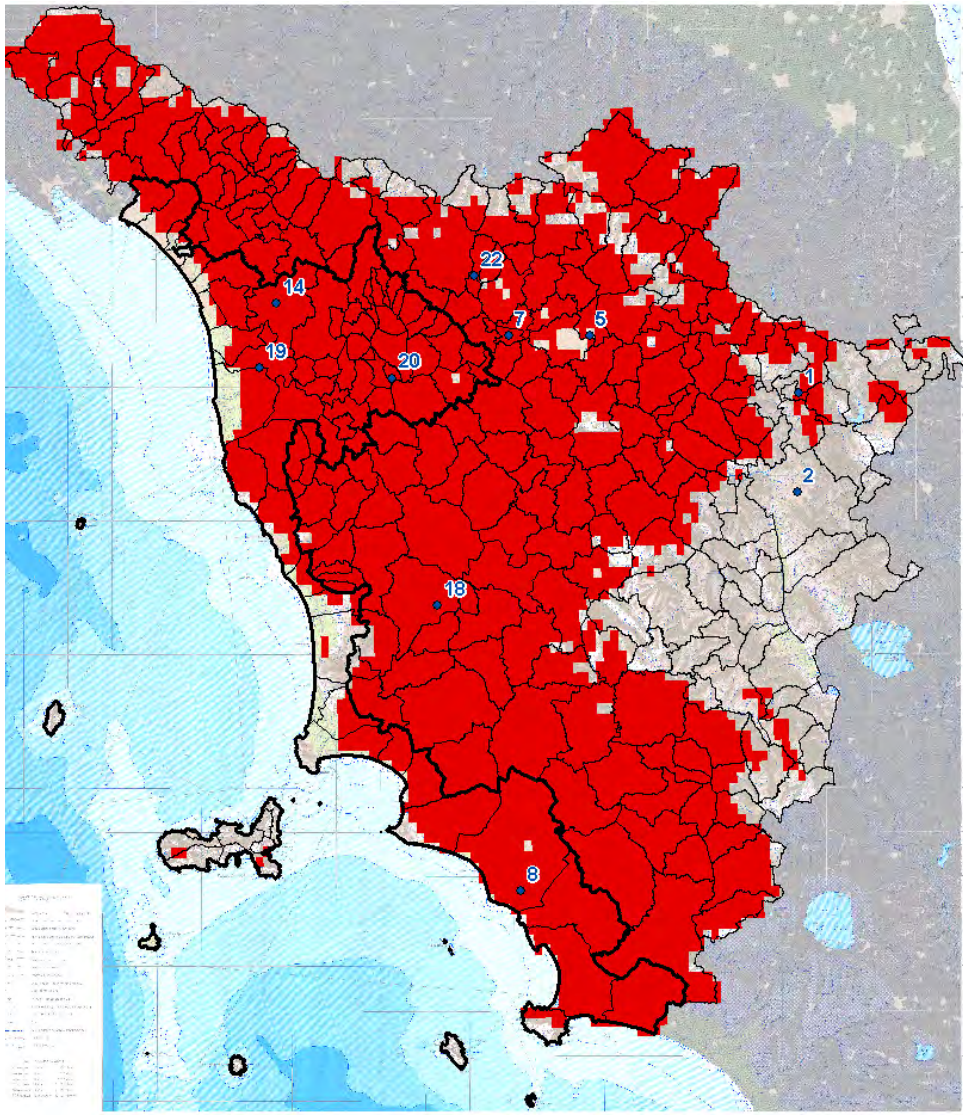
Figura 4.3.2-1.Mappa della rappresentatività spaziale dell'ozono relativa alle stazioni 5-FI-Settignano, 7-FI-Signa della Zona Agglomerato di Firenze.





! "#$%&' ()*)+,+) - & . . &' / 011&'%& . . %02034&4"5"46'2 . &7"&10' / 011897939'%01&4"5&'&110'24&7"93"' : , ; <,=&2&>4&??"@' : A,BC, - 9340D0%?91"' / 011&'E93&'D911"3&%0, F 934&3&'G2"3"24%&H''0'%01&4"5&'&110'
24&7"93"'+, ; <, ; D%9 . 91"@'++,B I , - 934&10' / 011&'E93&' / 0110' . "&3$%0'"340%30'G / 024%&H)'





!"#$%&'()*)+,*)' - &. . &'/011&'%&. . %02034&4"5"46'2. &7"&10'/011897939'%01&4"5&'&110'24&7"93"'A,J<, - &%0 F F &@': (,KL,=&%"#3&39@': M,BC,B&22"'/011&'E93&'/0110'. "&3$%0'D924"0%0'G2"3"24%&H'0'
%01&4"5&'&110'24&7"93"'A,J<, - &%0 F F &@': (,KL,=&%"#3&39@': M,BC,B&22"'0'+N,BC,>&34&=%9D0'/011&'E93&'/0110'. "&3$%0'D924"0%0'G/024%&H)'

4.3.3 Applicazione del metodo per servizio operativo

La rappresentatività spaziale ottenuta con il metodo descritto nei paragrafi precedenti è stata utilizzata, come prima applicazione, per l'attivazione di un servizio operativo nei mesi estivi, per fornire informazioni alla cittadinanza circa i livelli di attenzione e di allarme relativamente all'ozono.

Nel corso del periodo estivo LAMMA e ARPAT realizzano ogni giorno un bollettino sulle concentrazioni di ozono in Toscana.

Il bollettino riporta i livelli delle concentrazioni di ozono misurate il giorno precedente tramite la rete regionale di rilevamento della qualità dell'aria gestita da ARPAT e fornisce un'indicazione sulla tendenza per il giorno stesso e il giorno successivo in base alla previsione di alcuni parametri meteo, come temperatura, irraggiamento solare, velocità e direzione del vento.

Di seguito viene riportata una mappa, a titolo di esempio, relativa ad un giorno in particolare, dove si vedono evidenziati i 3 livelli sull'intero territorio regionale: nella norma (verde), attenzione (giallo) e allarme (rosso). Nel caso di concentrazioni elevate sono suggerite alcune raccomandazioni quali evitare attività ricreative con esercizio fisico all'aperto nelle ore più calde della giornata o evitare la permanenza all'aria aperta nei luoghi soleggiati.



Figura 4.3.3-1. Esempio di mappa disponibile sui siti LAMMA e ARPAT per il servizio operativo ozono attivo nel periodo estivo.

5 CONCLUSIONI

In questo lavoro, che rappresenta la sintesi del tavolo tecnico coordinato dalla Regione Toscana finalizzato alla determinazione della rappresentatività spaziale dei siti di misura, sono presentati lo sviluppo e l'applicazione di due metodi distinti, elaborati da ARPAT e da LaMMA, sulla base di alcuni rapporti ENEA. La sintesi dei due metodi è stata effettuata alla luce di altri importanti elementi, quali i livelli di concentrazione misurati, le pressioni, le stime di concentrazione ottenute dal modello di simulazione degli inquinanti in aria ambiente messo a punto da LaMMA.

Sono stati presi in esame tre inquinanti PM_{10}, NO_2, O_3, che attualmente presentano valori di concentrazione critici: si riportano di seguito le conclusioni suddivise per inquinante.

5.1 Conclusioni riguardo alla rappresentatività del PM10

L'applicazione dei due metodi e soprattutto la combinazione dei risultati ottenuti ha consentito di effettuare alcune valutazioni interessanti sui siti di rete regionale definiti di fondo. Per quanto riguarda il Metodo 2 (basato su un approccio statistico) il maggior limite si è riscontrato, come evidenziato in alcuni casi particolari, nel dover valutare aree concentriche rispetto al sito di monitoraggio. Sarebbe interessante, come possibile sviluppo, utilizzare buffer non simmetrici che possano tenere conto almeno dell'orografia e di altri limiti morfologici naturali.

Il Metodo 3 (basato sulle simulazioni effettuate con il modello WRF-CAMx), pur essendo più versatile non essendo vincolato ad una geometria fissa, risente tuttavia dei limiti riscontrati nella applicazione modellistica su cui si basa. La risoluzione spaziale di 2 km, come del resto le incertezze legate all'inventario delle emissioni IRSE, non permettono di effettuare valutazioni di maggior dettaglio. Inoltre, va ricordato che il Metodo 3 si basa sulla simulazione modellistica relativa all'anno 2007 e che lo stesso metodo, basato su stime successive, può portare a risultati non del tutto corrispondenti, soprattutto prendendo in considerazione le modifiche apportate nei successivi aggiornamenti dell'inventario IRSE.

La valutazione congiunta dei risultati ottenuti ha fornito molte informazioni utili e le indicazioni dei due metodi, anche quando numericamente contrastanti, lette sul territorio si compensano o, addirittura, si rafforzano.

Il passaggio più difficoltoso, nel quale si introducono alcuni fattori di arbitrarietà è, come detto, l'attribuzione ai comuni delle aree di rappresentatività di ciascuna stazione. Alla fine di questo processo, effettuato in maniera oggettiva attraverso l'introduzione di criteri e soglie, il risultato matematico non appare esaustivo e conclusivo.

Le figure riportate al paragrafo 4.1.2 mostrano le associazioni tra le differenti stazioni di rilevamento e le aree amministrative (Comuni) come sviluppate con i metodi precedentemente descritti. Una sintesi è riportata Figura 5.1-1 che associa ad ogni stazione i Comuni valutati secondo due valori della soglia di rilevanza (15% e 5%) affinché un dato territorio possa considerarsi rappresentato da una certa stazione, secondo i criteri spiegati nel paragrafo 4.1.2.

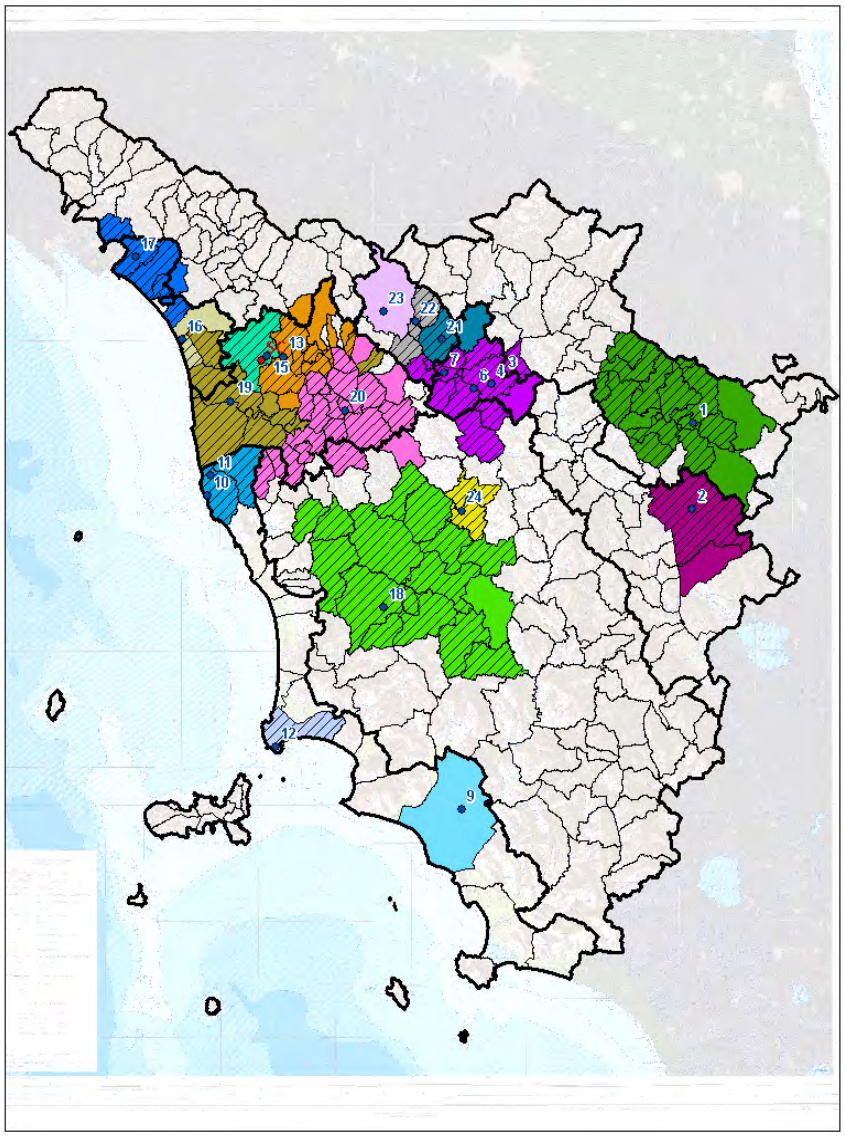


Figura 5.1-1 Mappa relativa a tutte le stazioni. Il colore pieno è relativo alla soglia del 5% e quello con campitura relativo alla soglia del 15% (già riportata in Fig. 4.1.2-43).

L'esame dei risultati esposti nel capitolo 4.1.2 evidenzia due tipologie di questioni le quali richiedono un esame più approfondito: da un lato si osserva come il territorio di vari Comuni possa risultare associato a più di una stazione di rilevamento; dall'altro si osserva come in alcuni casi le associazioni ottenute possano interessare Comuni posti in

zone di classificazione del territorio regionale diverse da quelle della stazione di rilevamento, o anche Comuni per i quali le conoscenze e le informazioni pregresse avrebbero portato ad escludere una tale associazione (associazioni "spurie").

Per quanto riguarda l'attribuzione univoca tra aree amministrative e stazioni di rilevamento, come già discusso nel paragrafo 4.1.2, l'impiego di criteri semplici e ragionevolmente oggettivi ha permesso di risolvere la maggior parte delle associazioni multiple: i risultati delle associazioni stazione/comune sono riassunti in Tabella 4.1.2-3. Sono evidenziati in azzurro i Comuni associati a più di una stazione e per i quali non è stato possibile scegliere con i soli criteri oggettivi l'associazione. In questi casi per effettuare un'associazione univoca sono necessarie valutazioni di altra natura, che vanno al di là dello scopo di questo documento.

Come risulta chiaro persistono i casi di associazione dubbia o spuria, la cui risoluzione non può essere compiutamente trovata nell'ambito delle tecniche di rappresentazione spaziale qui sviluppate, e richiede pertanto l'utilizzo di informazioni e di considerazioni di tipo diverso o addirittura la loro riclassificazione.

E' stato infatti verificato che l'ipotesi di incrementare (oltre il 15%) la soglia di rilevanza affinché un dato territorio comunale possa considerarsi rappresentato da una certa stazione, non garantisce la risoluzione di alcuni casi mentre tende, dall'altro lato, a ridurre eccessivamente le aree amministrative associate alle diverse stazioni. Analogamente si è verificato che l'assunzione di criteri differenti per effettuare l'associazione, ad esempio la richiesta che entrambi i Metodi 2 e 3 attribuiscano l'associazione con un dato livello di copertura territoriale del Comune, non garantisce l'assenza di questi casi.

Se ne conclude che l'applicazione di metodi matematici non possa fornire un risultato utilizzabile tal quale a livello decisionale, bensì debba fermarsi laddove può rimanere oggettivo, lasciando invece spazio ad ulteriori elementi di valutazione, ad esempio quelli illustrati nel capitolo 3, ma anche a considerazioni di tipo strategico e di opportunità. In altre parole i risultati complessivi ottenuti con le tecniche di rappresentatività spaziale riepilogati in Tabella 4.1.2-3 devono essere valutati opportunamente in particolare quando dall'associazione possano derivare obblighi ed oneri a livello amministrativo come nel caso delle aree definite a rischio di superamento degli standard di qualità dell'aria.

Per favorire il necessario processo decisionale, la Tabella 4.1.2-3 è stata organizzata sulla base delle zone (Tabella 5.1-1). Inoltre in giallo sono evidenziate come critiche le stazioni di fondo per cui esiste il rischio di superamento in base ai criteri esposti nel capitolo 3. Come già ampiamente trattato, le stazioni di rete regionale con misura di

PM_{10} in siti di fondo, per le quali è stata valutata la rappresentatività, sono: FI-Scandicci, PO-Roma, PT-Montale, LU-Capannori, PI-S.Croce, LU-Viareggio.

Tra le altre stazioni riportate in tabella, si ricorda che la stazione di FI-Signa è tra le stazioni di rete regionale oggetto di spostamento che nella attuale postazione di rete regionale ha la prima serie valida nel 2014, mentre non ci sono informazioni riguardo alla stazione di LU-San Concordio.

ID STAZIONE	COMUNE	M2UM3 >15%	M2UM3 >5%
Zona Collinare Montana			
AR Casa Stabbi 1	Anghiari		U>5%
	Bibbiena	U>15%	U>5%
	Caprese Michelangelo	U>15%	U>5%
	Castel Focognao	U>15%	U>5%
	Castel San Niccolo'	U>15%	U>5%
	Chitignano	U>15%	U>5%
	Chiusi della Verna	U>15%	U>5%
	Montemignaio	U>15%	U>5%
	Ortignano Raggiolo		U>5%
	Pieve Santo Stefano		U>5%
	Poppi	U>15%	U>5%
	Pratovecchio	U>15%	U>5%
	Stia	U>15%	U>5%
	Subbiano	U>15%	U>5%
	Talla	U>15%	U>5%
PI- Montecerboli 18	Casole d'Elsa	U>15%	U>5%
	Castelnuovo di Val di Cecina	U>15%	U>5%
	Chianni	U>15%	U>5%
	Chiusdino	U>15%	U>5%
	Colle di Val d'Elsa	U>15%	U>5%
	Gambassi Terme	U>15%	U>5%
	Lajatico	U>15%	U>5%
	Montecatini Val di Cecina	U>15%	U>5%
	Monteriggioni	U>15%	U>5%
	Monticiano	U>15%	U>5%
	Pomarance	U>15%	U>5%
	Radicondoli	U>15%	U>5%
	San Gimignano	U>15%	U>5%
	Sovicille		U>5%
	Volterra	U>15%	U>5%
	Barberino Val D'Elsa	M2>15%	M2 5%
SI- Poggibonsi 24	Poggibonsi	M2>15%	M2>5%
Agglomerato			
FI-Bassi 3	Fiesole	U>15%	U>5%
	Firenze	U>15%	U>5%
	Calenzano		U>5%
FI-Boboli 4	Bagno a Ripoli		U>5%
	Firenze	U>15%	U>5%
FI_Scandicci 6	Firenze	U>15%	U>5%
	Impruneta	U>15%	U>5%
	Lastra a Signa	U>15%	U>5%
	S. Casciano in Val di Pesa	U>15%	U>5%
	Scandicci	U>15%	U>5%
	Sesto Fiorentino	U>15%	U>5%
FI-Signa 7	Campi Bisenzio	U>15%	U>5%
	Carmignano	U>15%	U>5%
	Firenze		U>5%
	Poggio a Caiano	U>15%	U>5%
	Signa	U>15%	U>5%
Zona Prato Pistoia			
	Calenzano		U>5%
PO Roma 21	Prato	U>15%	U>5%
	Agliana	M2 15%	M2 5%
	Montale	M2 15%	M2 5%
	Montemurlo	M2 15%	M2 5%
PT-Montale 22	Quarrata	M2 15%	M2 5%
PT-Signorelli 23	Pistoia		M2 5%
Zona Valdarno aretino e valdichiana			
AR Acropoli 2	Arezzo	U>15%	U>5%
	Castiglion Fiorentino		U>5%

ID STAZIONE	COMUNE	M2UM3 >15%	M2UM3 >5%
Zona Valdarno pisano e piana lucchese			
LU-Capannori 13	Altopascio	U>15%	U>5%
	Buggiano		U>5%
	Buti		U>5%
	Capannori	U>15%	U>5%
	Chiesina Uzzanese	U>15%	U>5%
	Lucca	U>15%	U>5%
	Monsummano Terme		U>5%
	Montecarlo	U>15%	U>5%
	Montecatini Terme		U>5%
	Pescia		U>5%
	Pieve a Nievole	U>15%	U>5%
	Ponte Buggianese	U>15%	U>5%
	Porcari	U>15%	U>5%
	Villa Basilica		U>5%
PI Passi 19	Calci		U>5%
	Calcinaia	U>15%	U>5%
	Cascina	U>15%	U>5%
	Larciano	U>15%	U>5%
	Massarosa	U>15%	U>5%
	Pisa	U>15%	U>5%
	San Giuliano Terme	U>15%	U>5%
	Vecchiano	U>15%	U>5%
	Vico Pisano	U>15%	U>5%
PI S.Croce 20	Bientina	U>15%	U>5%
	Castelfiorentino		U>5%
	Castelfranco di Sotto	U>15%	U>5%
	CerretoGuidi	U>15%	U>5%
	Crespina	U>15%	U>5%
	Empoli	U>15%	U>5%
	Fauglia	U>15%	U>5%
	Fucecchio	U>15%	U>5%
	Lari	U>15%	U>5%
	Monsummano Terme		U>5%
	Montopoli in Val d'Arno	U>15%	U>5%
	Palaia	U>15%	U>5%
	Ponsacco	U>15%	U>5%
	Ponte Buggianese	U>15%	U>5%
	Pontedera	U>15%	U>5%
	S.Croce sull'Arno	U>15%	U>5%
	S.Miniato	U>15%	U>5%
	S.Maria a Monte	U>15%	U>5%
	Vinci		U>5%
LU San Concordio	Lucca	M2>15%	M2>5%
Zona Costiera			
GR URSS 9	Grosseto		M2 5%
LI Cappiello 10	Livorno	U>15%	U>5%
LI La Pira 11	Collesalvetti	U>15%	U>5%
	Livorno	U>15%	U>5%
LI Piombino 12	Piombino	M2 15%	M2 5%
LU Viareggio 16	Camaiore		M2 5%
	Viareggio	M2 15%	M2 5%
MS Colombarotto 17	Carrara	U>15%	U>5%
	Fosdinovo	U>15%	U>5%
	Massa	U>15%	U>5%
	Montignoso	U>15%	U>5%
	Pietrasanta	U>15%	U>5%
	Seravezza		U>5%

Tabella 5.1-1. Elenco Comuni associati a ciascuna stazione di ciascuna zona, soglia>15% e soglia>5%.

A titolo di esempio, sono riportati di seguito i casi più evidenti di associazioni non coerenti o dubbie e sono altresì riepilogati alcuni dei possibili ulteriori elementi di valutazione.

Le mappe di seguito riportate si riferiscono ad una sintesi in cui sono presenti i layer informativi relativi alla topografia, alle pressioni (§3.2), alle stime di concentrazione media annua di PM10 con soglia a 15 $\mu g/m^3$ (§3.3), oltre all'indicazione dei Comuni attribuiti alle stazioni della zonizzazione (aree puntinate). Con queste informazioni, già riportate nel paragrafo 4.1.2, appare opportuno filtrare i risultati ottenuti con la sola applicazione dei modelli, almeno per gli ambiti territoriali considerati a rischio di superamento degli standard di qualità dell'aria per il PM10. La rappresentazione grafica permette anche in qualche modo di valutare le caratteristiche orografiche e di urbanizzazione delle diverse aree. In particolare le figure Figura 5.1-2, Figura 5.1-3 e Figura 5.1-4 sono focalizzate sulle aree nelle quali si presentano i casi più rilevanti di associazioni dubbie o spurie. Gli esempi più evidenti ed allo stesso tempo più delicati si concentrano infatti nell'Agglomerato, nella zona Prato Pistoia e nelle due zone interne del Valdarno pisano e Piana lucchese.

Agglomerato di Firenze

Per quanto riguarda l'Agglomerato di Firenze si evidenziano le seguenti criticità:

1) Comune di Impruneta: il comune è associato alle stazioni di rilevamento dell'area fiorentina, in particolare la n.6 Scandicci che ha coperture di territorio dell'ordine del 75% con il Metodo 2 e del 16% con il Metodo 3.
2) Comune di Fiesole: il comune è associato alla stazione di Scandicci con una copertura del 7% da parte del solo Metodo 2.
3) Comune di San Casciano in Val di Pesa: il comune è associato alla stazione di Scandicci con una copertura del 23% da parte del solo Metodo 2.
4) Comune di Calenzano: attribuito sia alla stazione di Prato (21–Prato-Roma) che alla stazione 3 – Firenze-Bassi.

I Comuni di Impruneta, Fiesole, San Casciano in Val di Pesa appartengono alla zona collinare montana. Si sottolinea che il discrimine della zonizzazione, anche se formalmente il D.Lgs 155/2010 non impedisce che una stazione possa rappresentare un'area al di fuori della propria zona di appartenenza, deve essere considerato attentamente; le zone sono infatti definite come aree omogenee dal punto di vista del carico emissivo, del grado di urbanizzazione e delle caratteristiche orografiche e meteo-climatiche e come tali rappresentano di per sé una discontinuità territoriale. Il confine oltrepassato in questo caso è quello tra l'agglomerato, in assoluto la zona con le

maggiori pressioni, e la zona collinare montana, quella a carattere prevalentemente naturale e con la minore densità abitativa. Appare quindi chiaro il limite del risultato numerico che attribuisce questi Comuni alle stazioni dell'Agglomerato.

Per quanto riguarda il Comune di Calenzano, come già discusso al paragrafo 4.1.2, l'attribuzione alla stazione di Prato risulta la più coerente come continuità territoriale e copertura, tuttavia ragioni di opportunità possono far considerare prevalente il criterio di zonizzazione e quindi l'attribuzione all'Agglomerato di Firenze.

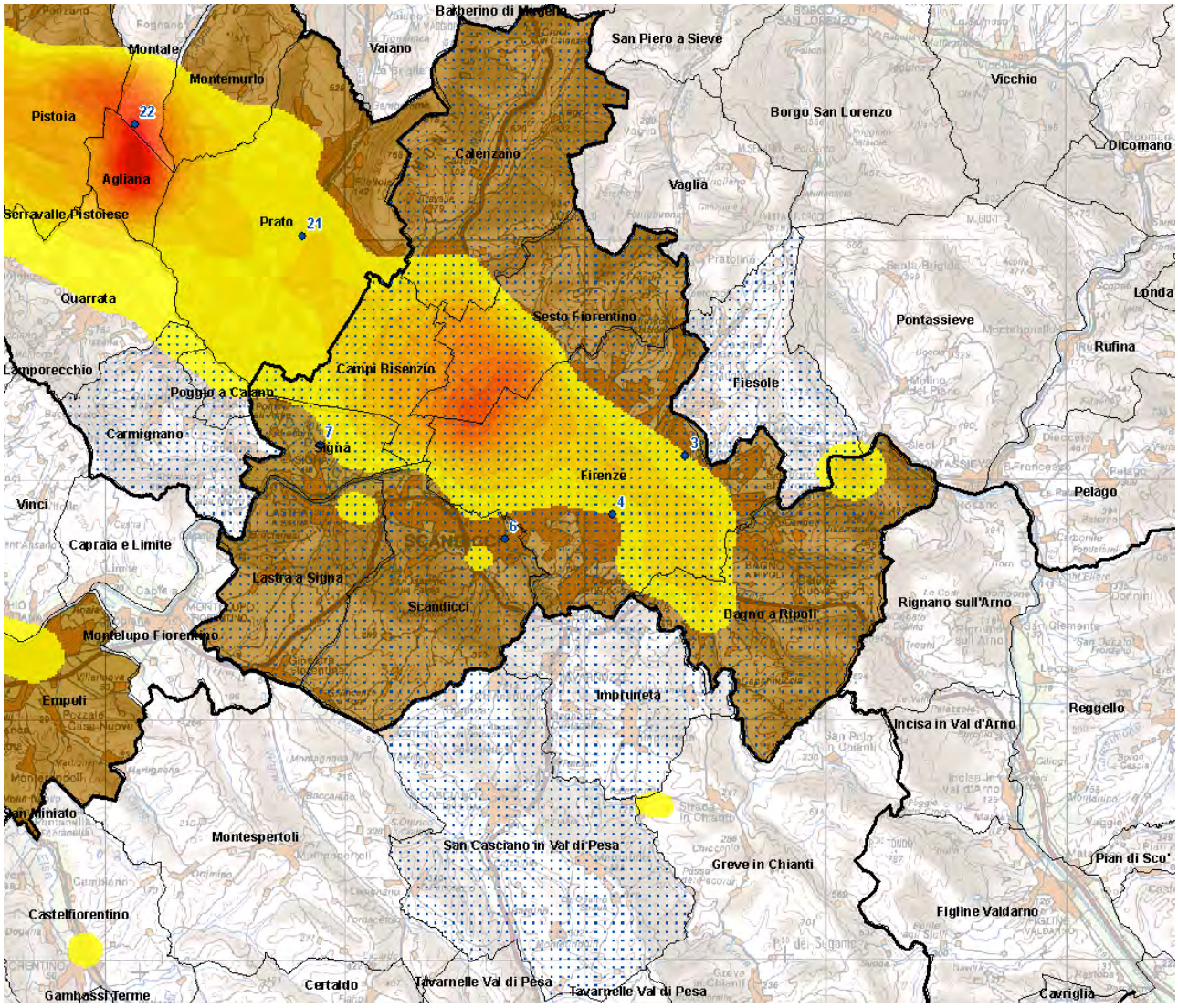


Figura 5.1-2. Mappa delle pressioni (marrone), concentrazioni di PM10 da modello (shaded giallo/rosso)e comuni attivati dalle stazioni della zona (puntinato). Zona Agglomerato di Firenze

Zona Prato Pistoia

1) Comune di Pistoia: interamente attribuito alla stazione di PT-Signorelli che ha una copertura del 12% con Metodo 2;
2) Comune di Prato: interamente attribuito alla stazione di PO-Roma che ha una copertura del 29% con Metodo 2 e 37% con Metodo 3;

3) Comune di Serravalle: è l'unico comune della zona a non risultare rappresentato;

4) Comuni di Poggio a Caiano, Carmignano: rappresentati dalla stazione dell'Agglomerato di FI-Signa rispettivamente del 96% e 16% ottenute con il Metodo 3. Nel caso del Comune di Carmignano c'è anche una copertura del 3% con il Metodo 2.

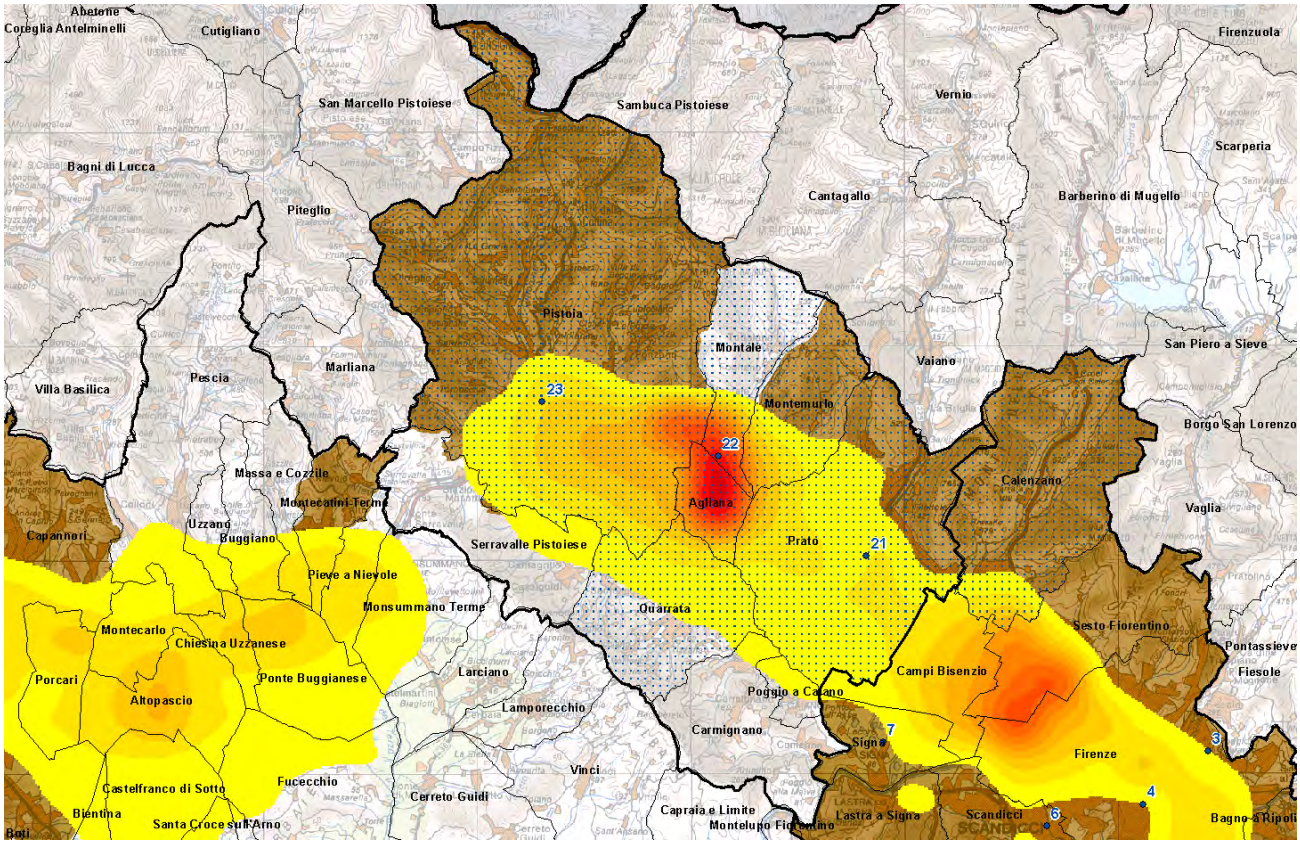


Figura 5.1-3. Mappa delle pressioni (marrone), concentrazioni di PM10 da modello (shaded giallo/roso)e comuni attivati dalle stazioni della zona (puntinato). Zona Agglomerato di Firenze e Prato-Pistoia.

Per quanto riguarda i Comuni di Prato e Pistoia si precisa quanto segue. Le campagne effettuate per la valutazione della rappresentatività di Montale hanno riguardato anche siti collocati nel territorio di questi Comuni. La stazione di Montale, come ampiamente trattato nei relativi documenti, è risultata rappresentativa dell'intero territorio della piana che si estende in parte anche nei Comuni di Prato e di Pistoia. Il presente studio basato sui Metodi 2 e 3 fa riferimento ai confini amministrativi dei Comuni di Prato e di Pistoia e quindi sono stati attribuiti alle omonime stazioni (rispettivamente Prato-Roma e Pistoia-Signorelli) che ne rappresentano il centro urbano. Tuttavia occorre tenere in considerazione che una porzione dei territori dei comuni di Pistoia e Prato è rappresentato in base alle misure dei livelli di PM_{10} dalla stazione di Montale.

Per il punto 3 si segnala come degno di riflessione il fatto che il Comune di Serravalle risulti l'unico comune non rappresentato di tutta la zona di Prato e Pistoia.

Infine i Comuni di Poggio a Caiano e Carmignano (punto 4) sono rappresentati da una stazione fuori zonizzazione e precisamente dalla stazione dell'Agglomerato di Fi-Signa. Va tuttavia considerato che, in questo caso, la suddivisione tra i Comuni dell'Agglomerato e quelli della zona di Prato e Pistoia risulta dettata più da criteri amministrativi che di continuità territoriale.

Zona del Valdarno pisano e Piana lucchese

Infine per quanto riguarda la zona del Valdarno pisano e Piana lucchese si individuano 3 categorie di situazioni:

1) Comuni fuori zonizzazione che vengono rappresentati da una delle stazioni della zona;

2) Comuni distanti ed isolati dalla stazione che ne risulta rappresentativa; si tratta delle associazioni comune-stazione già definite come spurie;

3) Comuni che risultano non rappresentati pur trovandosi in continuità territoriale con altri comuni rappresentati da una stazione.

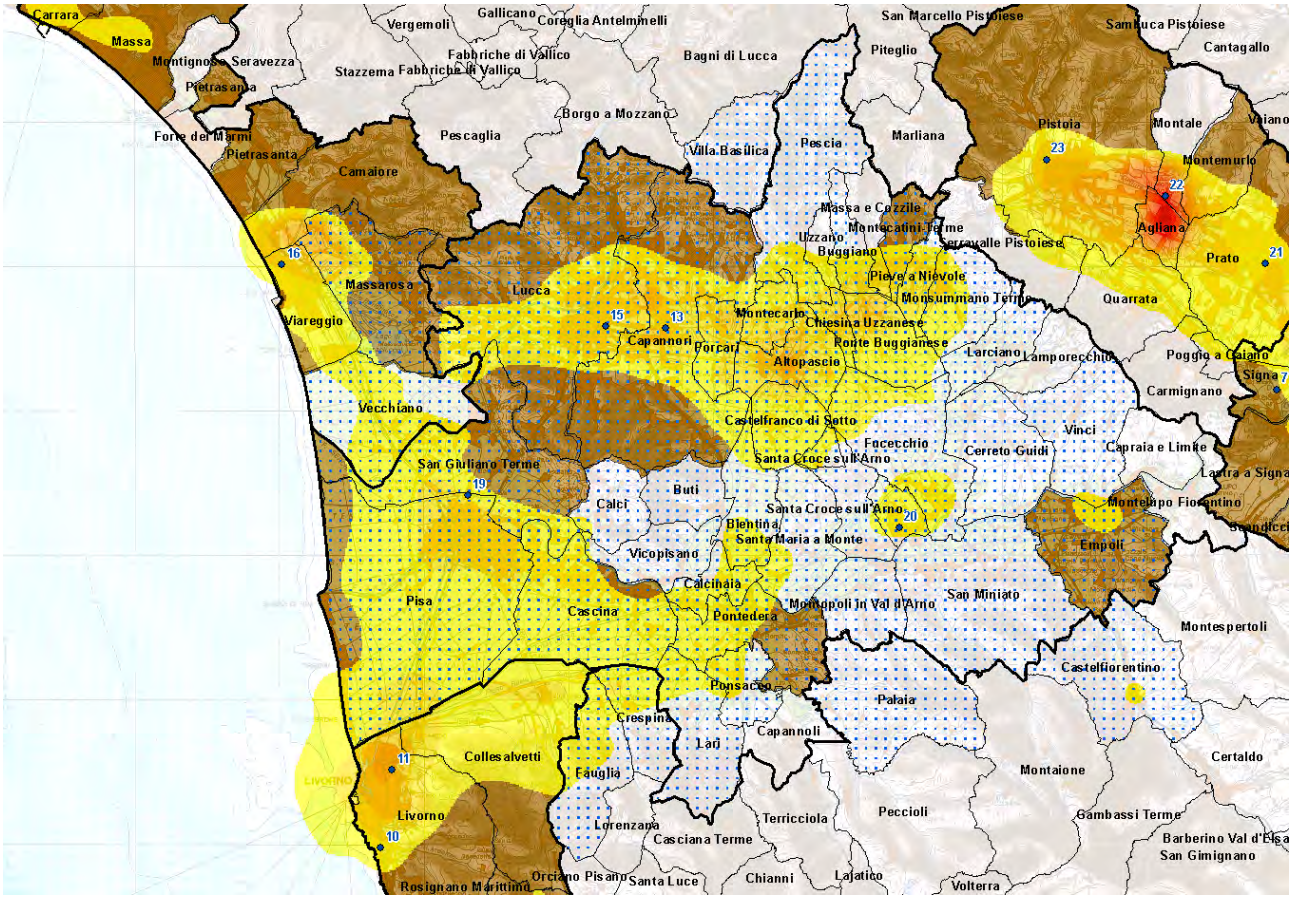


Figura 5.1-4. Mappa delle pressioni (marrone), concentrazioni di PM10 da modello (shaded giallo/rosso)e comuni attivati dalle stazioni della zona (puntinato). Zona Pisa-Lucca.

Questa zona, territorialmente molto estesa, comprende 39 comuni, di cui ben 33 con soglia al 5% e 25 con soglia al 15%, risultano rappresentati da almeno una delle stazioni di rete regionale presenti (vedi Figura 5.1-4). Le stazioni della zona rappresentano inoltre, secondo il metodo applicato, altri 7 Comuni appartenenti alle confinanti zone collinare montana (5 Comuni) e costiera (2 Comuni). Per quanto riguarda questo insieme di Comuni si ritiene possa esser fatta una distinzione tra quelli che ricadono in zona collinare montana, per cui l'attribuzione può risultare effettivamente dubbia e quelli che ricadono in zona costiera, per i quali il metodo matematico può trovare una giustificazione nell'ubicazione del centro urbano in possibile continuità con l'area pisana.

Tutti i Comuni non rappresentati si trovano sul confine est della zona e sono per la maggior parte attigui a Comuni che risultano invece rappresentati. Questo territorio, alle pendici del Monte Albano, risulta proprio al confine dell'area di rappresentatività delle stazioni di Santa Croce e di Capannori ed il fatto che un Comune risulti o meno rappresentato, essendo la soglia espressa in %, dipende sensibilmente anche dalla sua superficie. Nella stessa area si segnala il Comune di Larciano, attribuito alla stazione di Pisa Passi, come un chiaro esempio di associazione spuria.

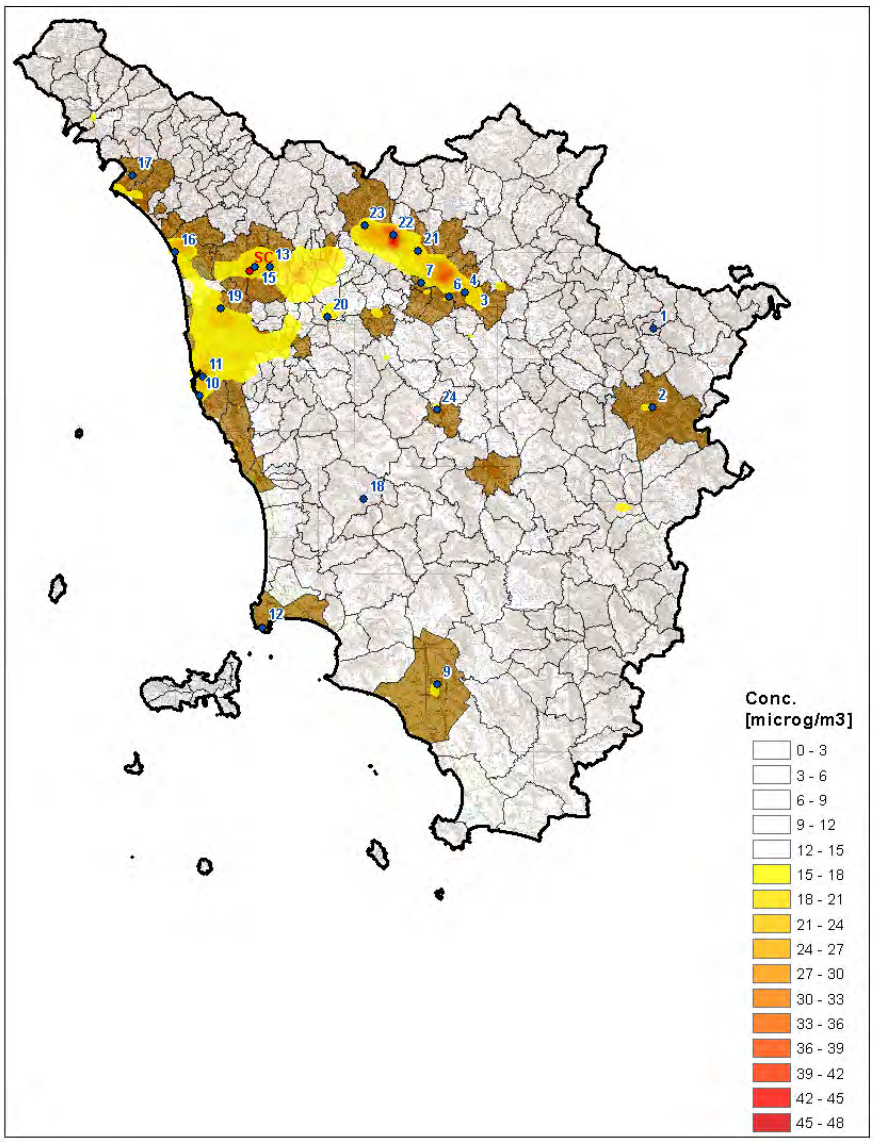


Figura 5.1-5. Mappa delle pressioni (marrone) e delle concentrazioni di PM10 da modello (shaded giallo/rosso)

Per completezza, in Figura 5.1-5, si riporta la mappa di tutta la Toscana con topografia, pressioni e concentrazioni medie annue di PM_{10} con valori superiori a 15 µg/m³. (già riportata nel §3.3). Si osserva una buona corrispondenza tra le stime della concentrazione media di PM10 (relative ai livelli più elevati, ovvero >15 µg/m³) prodotte dall'applicazione modellistica e le aree critiche individuate dalle pressioni. L'insieme di queste informazioni fornisce una rosa di elementi a supporto di eventuali correzioni o rivisitazioni dei risultati ottenuti sulla rappresentatività spaziale per le aree a rischio di superamento.

Scopo del presente lavoro è quello di determinare la rappresentatività spaziale delle stazioni della rete regionale. Tuttavia, come descritto più diffusamente nel capitolo 3.1 a partire dai dati misurati si evidenziano criticità anche per stazioni che non sono state prese in esame con i Metodi 2 e 3.

In particolare non sono state valutate la rappresentatività della stazione di Fornoli, che si trova nella zona collinare montana, nel Comune di Bagni di Lucca, e della stazione di Incisa nel Valdarno aretino.

Per entrambe è possibile stimare un'area di rappresentatività minima dettata nel primo caso dalle campagne effettuate, nel secondo dai risultati di uno studio comparativo con i dati di più stazioni presenti nell'area [7].

Stazione	Comuni potenzialmente interessati
Fornoli	Bagni di Lucca / Borgo a Mozzano
Incisa	Da Incisa a San Giovanni Valdarno

Tabella 5.1-2. Comuni potenzialmente interessati

Infine, oltre alla valutazione delle aree critiche un altro elemento di fondamentale interesse che deve emergere dalla valutazione dell'area di rappresentatività delle stazioni è la copertura del territorio con i dati delle stazioni appartenenti alla rete regionale di rilevamento della qualità dell'aria. È possibile effettuare un prima stima per eccesso considerando l'intera superficie dei Comuni individuati in Tabella 5.1.1. La somma delle superfici dei comuni coperti per ciascuna zona, dalle sole stazioni della zona, è stata rapportata alla superficie totale della zona.

Pur ricordando e considerando che le valutazioni sono effettuate per eccesso, essendo il dato di rappresentatività esteso all'intera area comunale, il livello di copertura si può ritenere molto buono anche in ragione del fatto che i principali centri urbani e le aree più densamente popolate rientrano per la maggior parte nella superficie rappresentata dalla rete regionale. Sono infatti quasi completamente rappresentate le zone delle pianure interne maggiormente antropizzate, dove si è visto che si addensano le maggiori criticità, e cioè l'Agglomerato e le zone di Prato e Pistoia e del Valdarno pisano e Piana lucchese.

Zona	% di superficie coperta con soglia al 5%	% di superficie coperta con soglia al 15%
Zona collinare montana	22%	19%
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	93%	71%
Zona Costiera	37%	15%
Zona Prato Pistoia	84%	40%
Agglomerato	100%	83%
Zona del Valdarno aretino e Val di Chiana	37%	17%
Totale regionale	**37%**	**26%**

Tabella 5.1-3. Riepilogo delle percentuali di copertura delle stazioni di rete regionale

La zona con le percentuali di copertura in assoluto più basse è la zona collinare montana. Questa zona, coprendo più della metà del territorio regionale, è quella con la superficie in assoluto più estesa e presenta un'alta percentuale di aree naturali ed una bassa densità abitativa. Come già discusso nel documento relativo al metodo 2 [1] e confermato al paragrafo 4.1.1 dalla combinazione dei due metodi, si ritiene che la stazione di fondo regionale AR-Casa Stabbi possa essere considerata rappresentativa del fondo delle aree naturali, non solo della zona collinare montana, ma di tutta la regione. Nell'osservare la percentuale di copertura della zona collinare montana va dunque considerato che questo contributo non è quantificato in Tabella 5.1.3.

Le altre zone con copertura più scarsa sono la zona del Valdarno aretino e Val di Chiana e la zona costiera. La prima, avendo una sola stazione di fondo per il PM_{10} in rete regionale, è stata oggetto di una serie di campagne di misura e di un apposito studio di approfondimento svolto nel 2014 [7], in coerenza con la valutazione della rappresentatività per il PM_{10} delle stazioni della rete regionale.

Per quanto riguarda infine la zona costiera, fatto salvo che ulteriori approfondimenti sono in corso con il progetto PATOS2 [19] su Livorno e ulteriori ne potranno essere svolti in futuro, ci sono elementi per affermare che in questa zona il rapporto tra le pressioni e la qualità dell'aria risulta particolarmente favorevole per le condizioni meteo diffusive privilegiate rispetto alle zone interne.

In totale la popolazione dei comuni coperti dalla rappresentatività delle stazioni (comuni di Tabella 5.1.3) è pari al 67% del totale regionale, considerando la soglia del 5%, e al 55% considerando la soglia del 15%.

5.2 Conclusioni riguardo alla rappresentatività di NO2

Per la stima della rappresentatività per NO_2 sono disponibili un minor numero di elementi di valutazione in quanto il Metodo 2 non è stato applicato.

Il Metodo 3, applicato anche in questo caso alle stazioni di fondo della rete regionale, ha evidenziato una maggiore variabilità spaziale di questo inquinante rispetto al PM_{10} ed ha fornito aree di rappresentatività significative per 14 delle 22 stazioni esaminate.

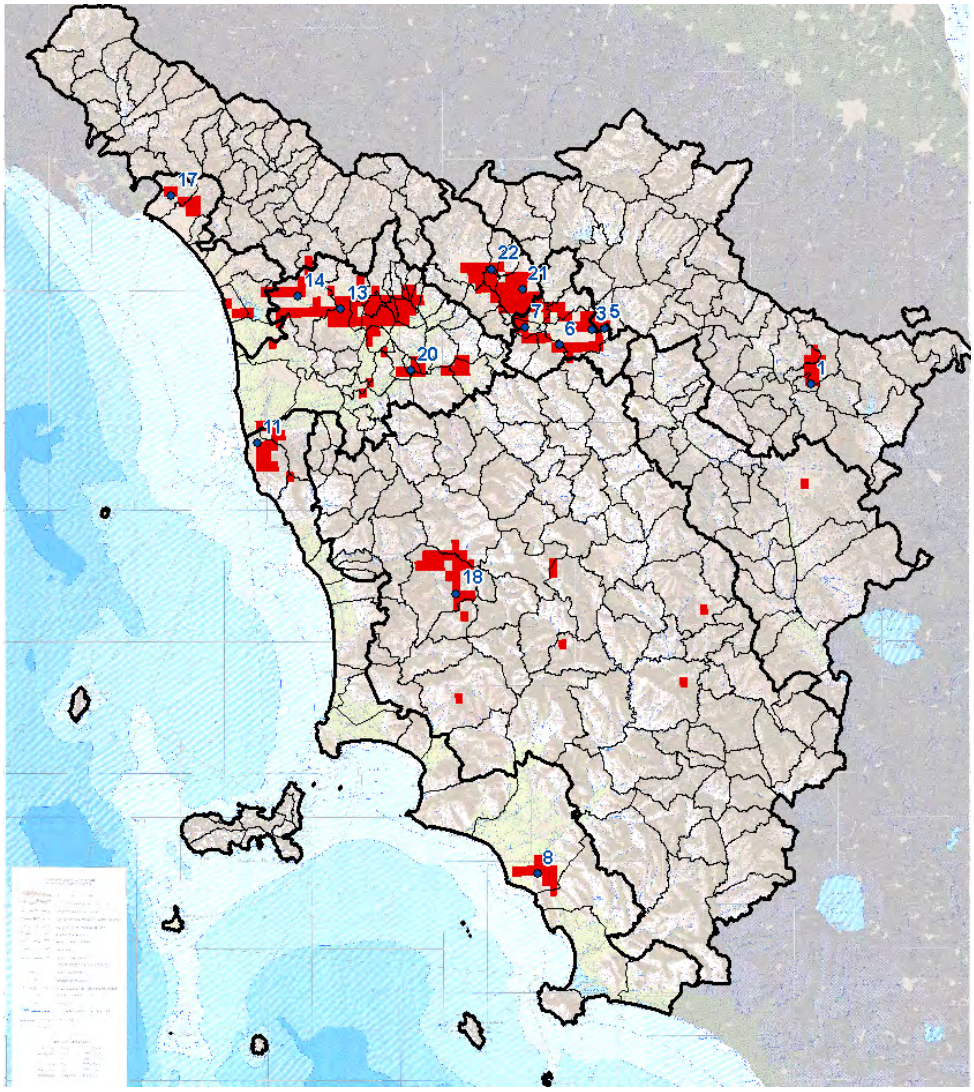


Figura 5.2-1. Mappa della rappresentatività spaziale di NO2 relativa alla sovrapposizione di tutte le aree coperte da 14 stazioni della rete di monitoraggio regionale (già riportata in Fig. 5.2-1).

Il metodo infatti non risulta applicabile per 8 stazioni, caratterizzate da una variabilità spaziale molto alta, per le quali le aree rappresentative si riducono a 2 o 3 celle del reticolo di calcolo (2-Arezzo-Acropoli, 9-Grosseto-URSS, 10-Livorno-Cappiello, 12-Livorno-Piombino, 16-Lucca-Viareggio, 19-Pisa-Passi, 23-Pistoia-Signorelli e 24-Siena-Poggibonsi).

Le 14 stazioni delle rete regionali a cui è stato applicato il metodo descritto sono: 1-Arezzo-Casastabbi, 3-Firenze-Bassi, 5-Firenze–Settignano, 6-Firenze-Scandicci, 7-Firenze-Signa, 8-Grosseto-Maremma, 11-Livorno-LaPira, 13-Lucca-Capannori, 14-Lucca-Carignano, 17-Massa-Colombarotto, 18-Pisa-Montecerboli, 20-Pisa-S.Croce, 21-Prato-Roma, 22-Pistoia-Montale.

La rappresentatività spaziale per i siti di misura di NO_2, in generale comunque piuttosto bassa, risulta essere superiore nelle stazioni rurali o periferiche rispetto a quelle urbane; fanno eccezione le stazioni di 3-Fi-Bassi, 21-Po-Roma, 11-Li-La Pira, 13-Lu-Capannori, in cui invece le aree sono abbastanza estese (§ 4.2). Per

completezza, si riportano in Figura 5.2-2 le mappe relative alla copertura areale per le 6 zone della zonizzazione.

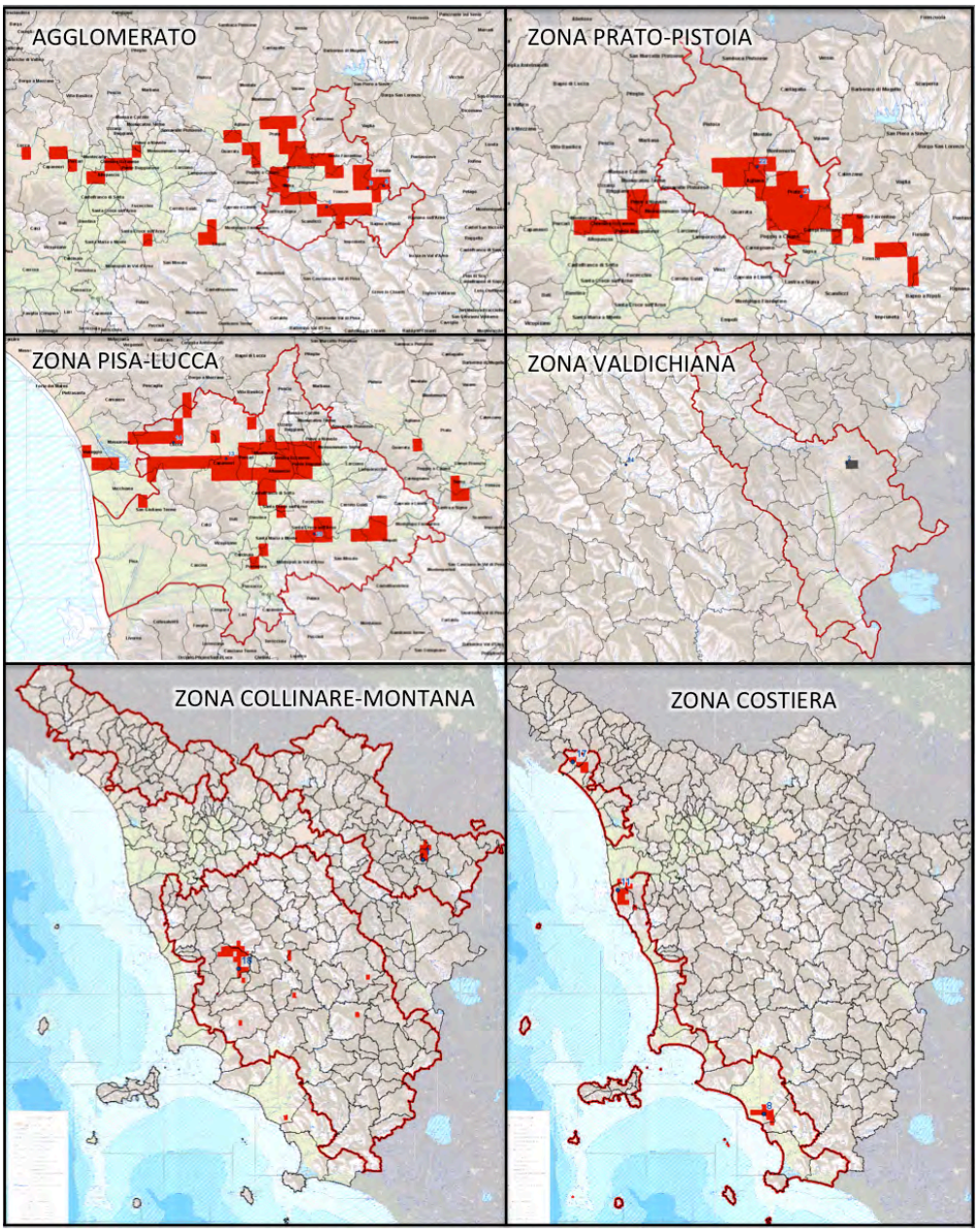


Figura 5.2-2. Mappa della rappresentatività spaziale di NO2 relativa alla sovrapposizione di tutte le aree coperte da 14 stazioni della rete di monitoraggio regionale (già riportata in Fig. 5.2-2).

L'analisi dei dati, esposta in maniera estesa nel § 3.1, evidenzia che nel quinquennio 2009-2013 il rispetto dei limiti per gli indicatori relativi al biossido di azoto risulta critico quasi esclusivamente per le stazioni di traffico, per le quali i metodi di stima della rappresentatività a cui si fa riferimento in questo documento non risultano applicabili.

In particolare il limite relativo alla soglia di **18 superamenti del livello medio di concentrazione oraria di 200 µg/m^3** viene rispettato in tutte le stazioni di fondo;

l'unica stazione a presentare il superamento del limite è la stazione urbana traffico di FI-Gramsci, collocata all'interno dell'Agglomerato Firenze.

Per quanto riguarda **il limite sulla media annuale,** nel quinquennio 2009-2013 si sono verificati superamenti:

- nella rete regionale in 1 stazione di fondo (*Capannori*) e in 6 stazioni di traffico;
- nelle reti locali in 1 stazione di fondo (*Porcari*) e in 7 di traffico;
- nelle campagne indicative con mezzo mobile in 2 postazioni di tipo traffico.

Facendo riferimento ai risultati del Metodo 3, tra le stazioni urbane la stazione di Capannori risulta piuttosto rappresentativa su un'area che copre anche parte del vicino Comune di Porcari, in cui è stato registrato il superamento del limite da parte di una stazione locale. La parte più consistente dell'area di rappresentatività si estende tra i Comuni di Capannori, Altopascio, Porcari e Santa Croce sull'Arno (Fig. 5.2-3).

Figura 5.2-3. Rappresentatività della stazione 13-LU-Capannori per NO2 (già riportata in Fig. 4.2.1-8).

Per motivi esposti sopra, non è stato ritenuto necessario applicare alle aree risultanti dal solo Metodo 3, soglie e criteri che premettessero di ricondurre ai confini amministrativi la rappresentatività stimata.

Sono attualmente allo studio da parte di ENEA metodi specifici per la valutazione della rappresentatività delle stazioni di traffico. Tuttavia, indipendentemente dal

metodo di stima adottato, la rappresentatività attesa per i siti di traffico è molto inferiore a quella dei siti di fondo e non può in genere essere estesa sull'intera area comunale; la possibilità di estendere la rappresentatività di un sito di traffico al di fuori dei confini comunali in altre situazioni simili può essere ipotizzata soltanto in presenza di una sostanziale analogia delle sorgenti, la quale richiede una conoscenza di dettaglio delle loro caratteristiche attualmente non disponibile se non in rari casi. Allo stesso tempo, la normativa conferisce particolare importanza alle misure effettuate in siti di fondo e ciò determina che le stazioni di fondo siano le più numerose all'interno della rete. Per i siti di traffico sarebbe pertanto auspicabile, oltre a stimare la rappresentatività spaziale del dato, attribuire alle stazioni una valenza esemplificativa di particolari situazioni che possono ricorrere nelle aree influenzate dal traffico di molti altri comuni. Tale risultato presume l'acquisizione di dati relativi ai flussi di traffico e alla conformazione delle strade, attualmente non disponibili o di non facile accesso, e l'elaborazione di indicatori sintetici utili alla classificazione delle diverse aree. In alternativa può essere valutato in via semplificata l'utilizzo di indicatori statistici relativi al comune, quali ad esempio la densità di popolazione e di strade.

Allo stato attuale dei lavori, il tema della rappresentatività spaziale dell'NO_2 rimane dunque aperto a possibili ulteriori sviluppi.

5.3 Conclusioni riguardo alla rappresentatività di O3

La rappresentatività dell'ozono è stata stimata con il solo Metodo 3. I risultati per questo inquinante, che ha un gradiente spaziale modesto, appaiono assai significativi ed il massimo giornaliero della media mobile su 8 ore, indicatore relativo al valore obiettivo per la protezione della salute umana, risulta ben rappresentato dalle stazioni della rete regionale su tutto il territorio della Toscana.

Come evidente dai dati riepilogati nel capitolo 3, questo inquinante continua ad essere problematico e, all'anno 2013, si ha il mancato rispetto del valore obiettivo per la protezione della salute umana in 7 delle 9 stazioni attive. Anche relativamente al valore obiettivo per la protezione della vegetazione AOT40 (calcolato sul periodo maggio/luglio e come media degli ultimi 5 anni), il 75% delle stazioni supera il valore di 18000 µg/m³h, confermando pertanto l'estesa criticità dell'ozono anche sotto questo profilo.

La stima della rappresentatività delle stazioni effettuata attraverso il Metodo 3, oltre ad evidenziare l'ottima copertura del territorio con i dati relativi all'insieme delle

stazioni della rete regionale, mette in luce anche l'estesa rappresentatività spaziale all'interno delle 4 zone in cui è suddiviso il territorio regionale (Fig. 5.3-1).

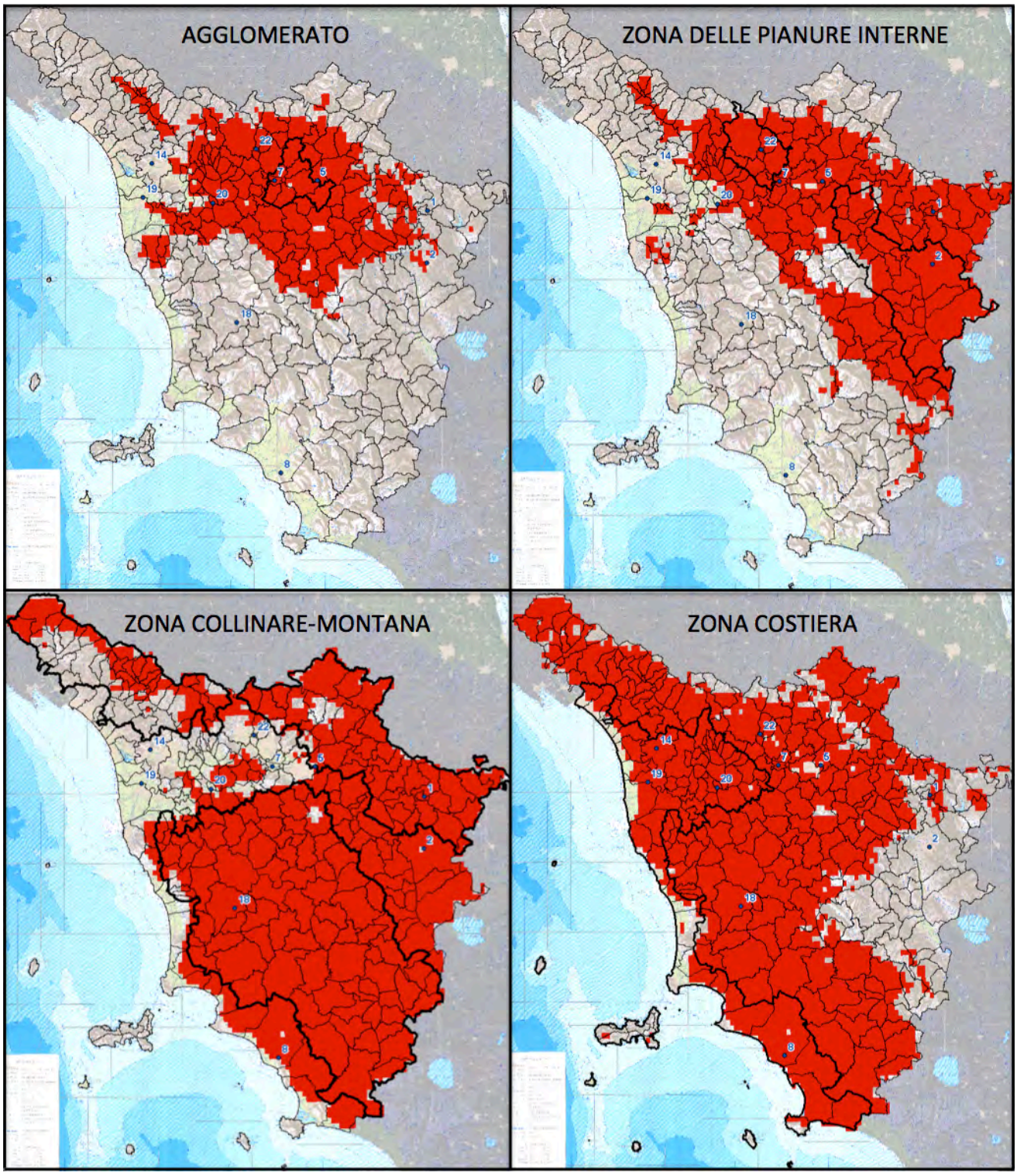


Figura 5.2-4 Rappresentatività della stazione 13-LU-Capannori per NO2 (già riportata in Fig. 4.2.1-8).

Come prima applicazione i risultati ottenuti hanno permesso di mettere a punto un servizio di informazione al pubblico relativo ai livelli di ozono dettagliato sulle varie zone.

Durante il periodo estivo infatti LaMMA ed ARPAT realizzano ogni giorno un bollettino sull'ozono in Toscana, in cui sono riportati i livelli delle concentrazione di ozono misurati il giorno precedente dalla rete regionale e fornisce un'indicazione sulla tendenza per il giorno stesso ed il giorno successivo in base all'andamento meteorologico previsto. Queste indicazioni (sulla base dei valori misurati sintetizzate come: "nella norma", "di attenzione" e "di allarme") vengono specializzate per le differenti aree di rappresentatività spaziale assegnate alle varie stazioni di rilevamento.

6 BIBLIOGRAFIA

[1] ARPAT - Rappresentatività spaziale stazioni di PM10 di rete regionale - Contributo ARPAT al GdL Rappresentatività delle stazioni di rete regionale - 2014

[2] Piersanti A., Ciancarella L., Cremona G., Righini G., Vitali L. (2013), Rappresentatività spaziale di misure di qualità dell'aria. Valutazione di un metodo di stima basato su fattori oggettivi. Rapporto Tecnico RT/2013/1/ENEA, ENEA. http://openarchive.enea.it//handle/10840/4475

[3] ARPAT - PM10 in Toscana (2007-2011) Studio propedeutico alla verifica della rappresentatività delle stazioni di monitoraggio, Centro Regionale Tutela Qualità dell'Aria – 2012

[4] ARPAT - Rapporto regionale sulla qualità dell'aria anno 2013 – 2013

[5] ARPAT – Relazione provinciale laboratorio mobile Lucca - http://www.arpat.toscana.it/temi-ambientali/aria/sistema-di-rilevamento/rapporti-annuali/laboratori-mobili-lucca

[6] ARPAT - Verifica della rappresentatività spaziale dei dati di PM10 della stazione di monitoraggio della qualità dell'aria di Montale, Centro Regionale Tutela Qualità dell'Aria - 2014

[7] ARPAT – PM10 Rappresentatività della zona Valdarno aretino e Valdichiana – 28 febbraio 2015

[8] A. BIGGERI; M. BACCINI; G. ACCETTA; A. BELLINI; D. GRECHI; GRUPPO MISA (2003). Valutazione di qualità delle misure di concentrazione degli inquinanti atmosferici nello studio dell'effetto a breve termine dell'inquinamento sulla salute. EPIDEMIOLOGIA E PREVENZIONE, vol. 27, pp. 365-375, ISSN:1120-9763

[9] ARPAT - I livelli di NO 2 registrati presso le stazioni di rete regionale, delle reti locali di monitoraggio della qualità dell'aria e nel corso delle campagne di monitoraggio effettuate con autolaboratorio Anni 2007-2013 – 17 ottobre 2014

[10] Cremona G., Ciancarella L., Cappelletti A., Ciucci A., Piersanti A., Righini G., Vitali L. (2013): Rappresentatività spaziale di misure di qualità dell'aria. Valutazione di un metodo di stima basato sull'uso di dati emissivi spazializzati, Rapporto Tecnico RT/2013/2/ENEA, ENEA.

[11] Nappo C. J., Caneill J. Y., Furman R. W., Gifford F. A et al. (1982): The Workshop on the Representativeness of Meteorological-Observations, June 1981, Boulder, Colorado, USA, B. Am. Meteorol. Soc., 63, 761-764, 1982.

[12] Spangl W., Schneider J., Moosmann L., Nagl C. (2007): Representativeness and classification of air quality monitoring stations Final Report, Umweltbundesamt, Vienna, July 2007.

[13] Vitali L., Ciancarella L., Cionni G., Cremona G., Piersanti A., Righini G. (2013): Rappresentatività spaziale di misure di qualità dell'aria. Valutazione di un metodo di stima basato sull'analisi dei campi di concentrazione simulati dal modello nazionale MINNI, Rapporto Tecnico RT/2013/3/ENEA, ENEA.

[14] Vitali L., Cionni G., Cremona G., Piersanti A., Righini G., Ciancarella L. (2013): Rappresentatività spaziale di misure di qualità dell'aria. Valutazione di un metodo di stima basato sull'uso di Backword Trajectories, Rapporto Tecnico RT/2013/15/ENEA, ENEA.

[15] Busillo C., Calastrini F., Guarnieri F. (2014) La rappresentatività spaziale delle reti di monitoraggio attraverso l'analisi dei campi di concentrazione stimati dal sistema modellistico WRF-CAMx. Report LAMMA Prot.77/2014 - http://www.lamma.rete.toscana.it/pubblicazioni/la-rappresentativit%C3%A0-spaziale-delle-reti-di-monitoraggio-qualit%C3%A0-dellaria

[16] IRSE - Inventario regionale delle sorgenti di emissione in aria ambiente http://servizi2.regione.toscana.it/aria/img/getfile_img1.php?id=17807

[17] F. Calastrini, C. Busillo, F. Guarnieri, G. Messeri, Sviluppo di un sistema modellistico per la stima delle concentrazioni di inquinanti secondari nella regione Toscana. Report LAMMA. Prot.22/2014 - http://www.lamma.rete.toscana.it/pubblicazioni/sviluppo-di-un-sistema-modellistico-la-stima-delle-concentrazioni-di-inquinanti

[18] ARPAT "Rappresentatività spaziale delle stazioni di rilevamento della Rete Regionale della qualità dell'aria _ Trasmissione relazioni di approfondimento (prot. AOOOGRT-288152-p.50-90)" prot. 6659/2012 27.01.2012

[19] 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"

[20] DGRT n. 188 del 10-03-2014 "L.R. n. 30/2009 - Art. 16 -Approvazione piano annuale delle attività 2014 di ARPAT": Allegato A, par. 2.10 (pag. 17)

[21] DGRT n. 394 del 19-05-2014 "Consorzio LaMMA. Piano Annuale delle attività per l'anno 2014": Allegato A, attività 21 (pagg. 34-35)