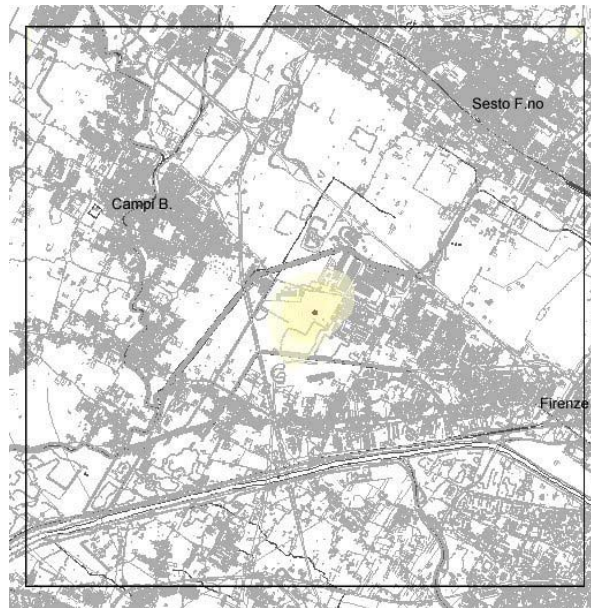
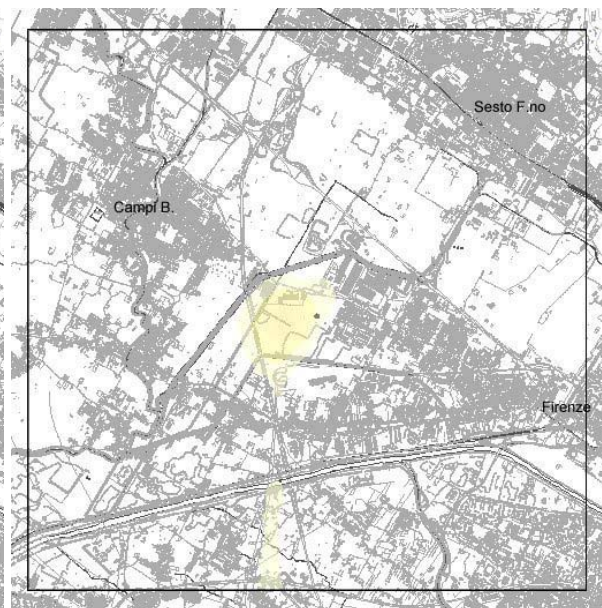
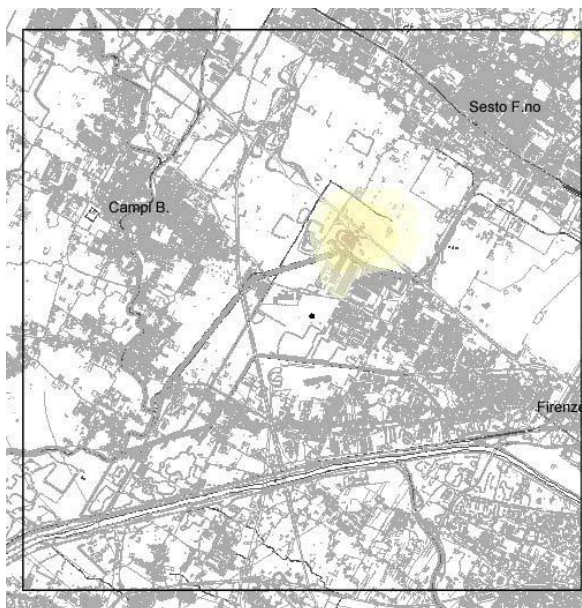


a) Osmannoro



b) Case Passerini

c) Ponte di Maccione

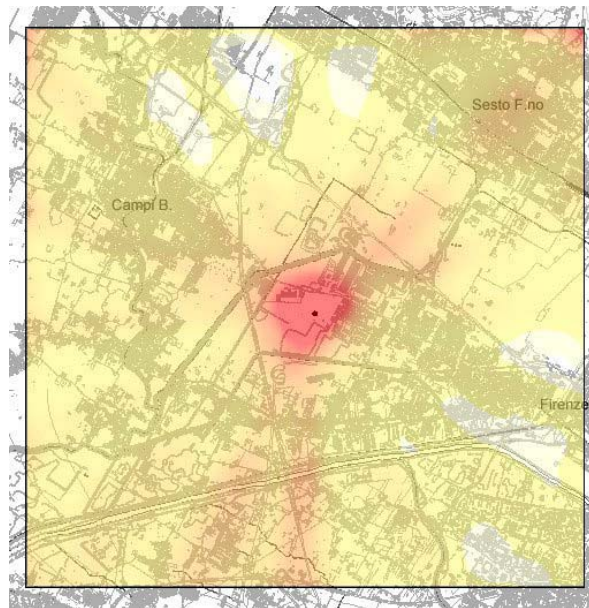


**Figura 6.189.** Confronto termovalorizzatore-sorgenti diffuse per il  $PM_{10}$ .

Il contributo del termovalorizzatore alle concentrazioni di  $PM_{10}$ , nelle tre localizzazioni, è sempre inferiore a quello delle sorgenti diffuse, su tutta l'area.

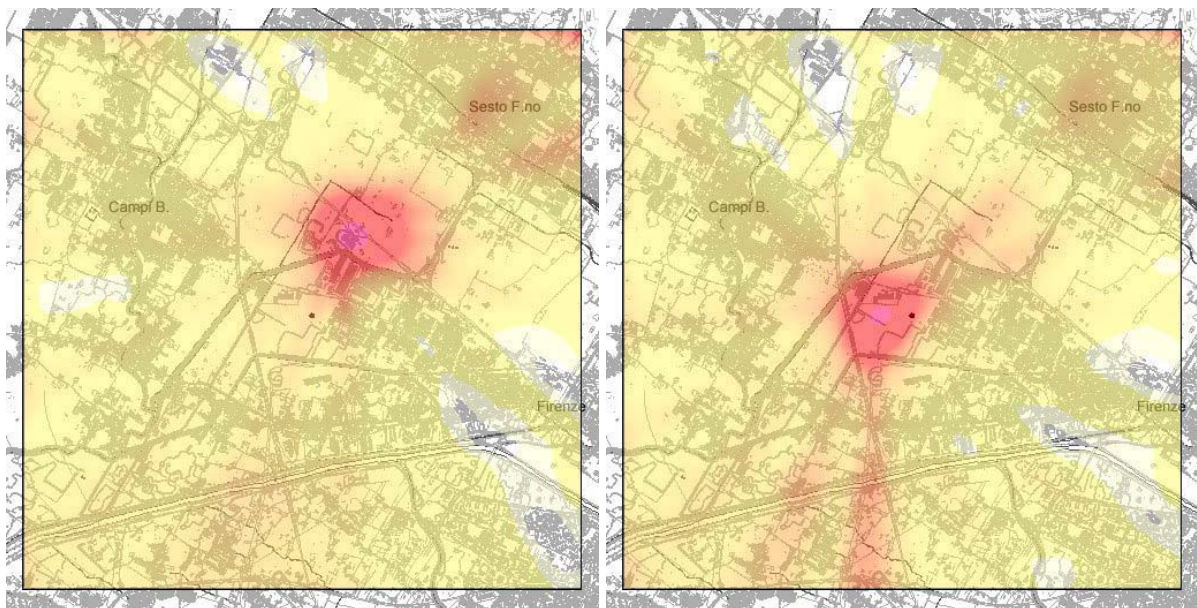
Nelle tre localizzazioni tale effetto si sposta seguendo la posizione del camino.

a) Osmannoro



b) Case Passerini

c) Ponte di Maccione



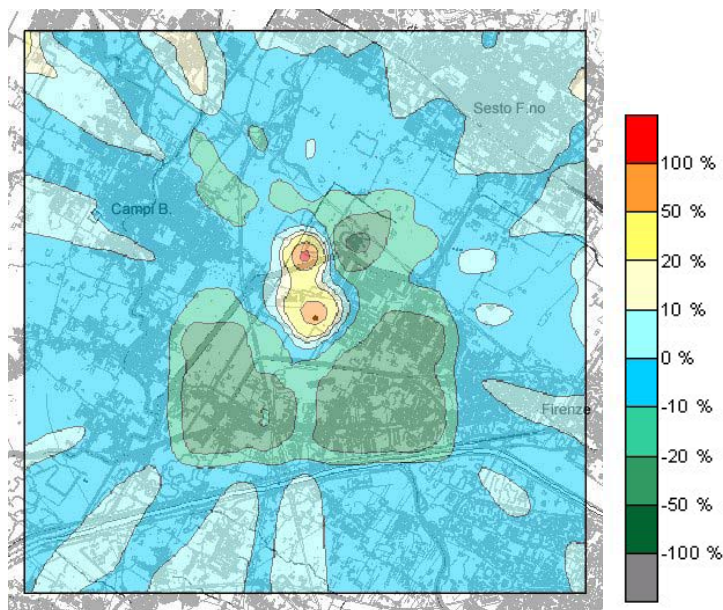
**Figura 6.190.** Confronto termovalorizzatore-sorgenti diffuse per il Cd.

Il contributo del termovalorizzatore alle concentrazioni di Cd, nelle tre localizzazioni, è comparabile a quello delle sorgenti diffuse nelle aree circostanti ai rispettivi camini. Allontanandosi da tali vicinanze il contributo risulta inferiore.

La localizzazione delle aree in cui il contributo è comparabile segue lo spostamento nelle tre posizioni, ma appare meno interessata da effetti prolungamento in direzione sud nel caso di Case Passerini.

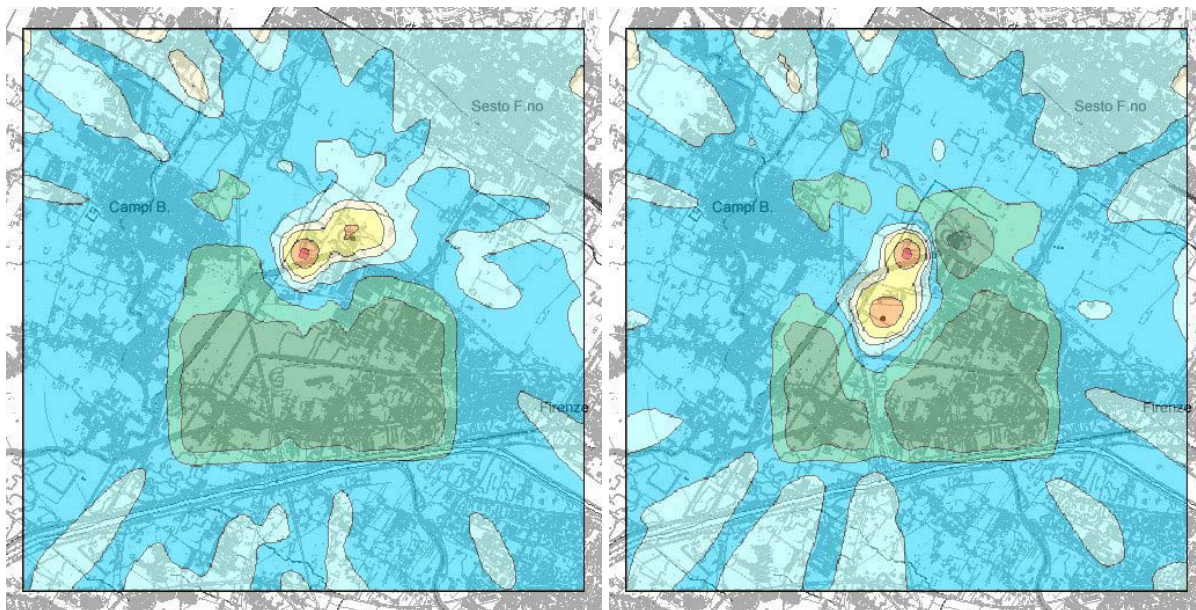
Confronto fra l'effetto del sistema rifiuti e riscaldamento nella situazione attuale (2003) e futura (2007) con le tre localizzazioni per il termovalorizzatore

a) Osmannoro



b) Case Passerini

c) Ponte di Maccione



**Figura 6.191.** Confronto 2003-2007 sistema rifiuti e riscaldamento per gli NO<sub>x</sub>.

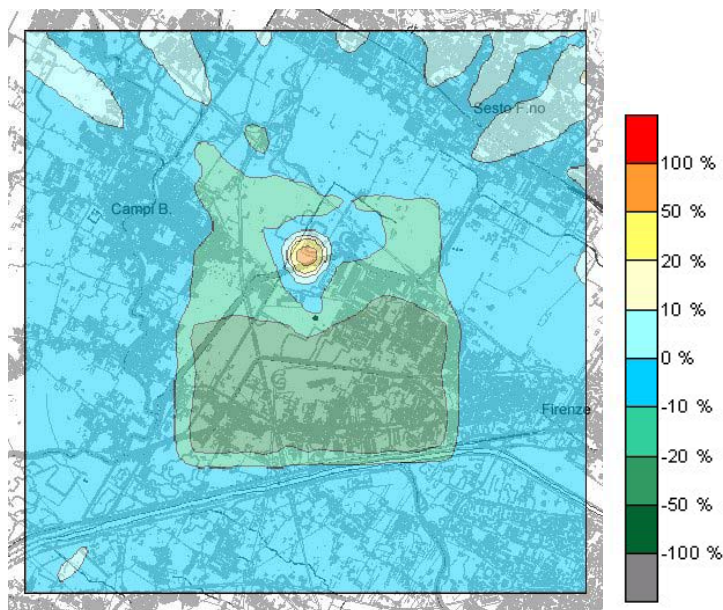
Nel passaggio dalla situazione attuale a quella futura si registra un generale miglioramento dei livelli di concentrazione di NO<sub>x</sub> nell'area, per le tre localizzazioni considerate.

Nei tre casi comunque le aree prossime agli impianti di nuova realizzazione (termovalorizzatore ed MCI) registrano un lieve incremento delle concentrazioni. La forma della zona interessata da questo evento si modifica nei tre casi poiché il motore (MCI) rimane sempre localizzato presso la discarica di Case Passerini, mentre il camino del termovalorizzatore viene spostato.

La possibilità di posizionare il termovalorizzatore presso Case Passerini tende a restringere l'area di interazione fra i due mantenendo praticamente inalterati i livelli di concentrazione. Inoltre in questo caso la zona in cui si verifica la riduzione delle emissioni fino al 50% appare uniformemente distribuita e più ampia, occupando una vasta area del quadrante a sud, che risulta maggiormente urbanizzato.

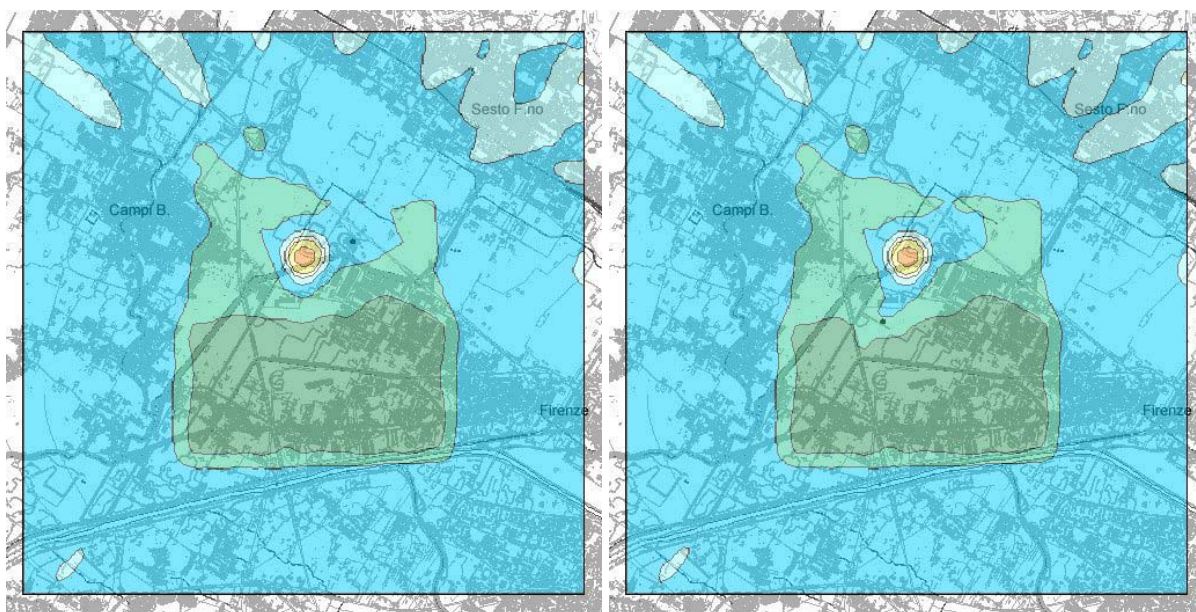


a) Osmannoro



b) Case Passerini

c) Ponte di Maccione



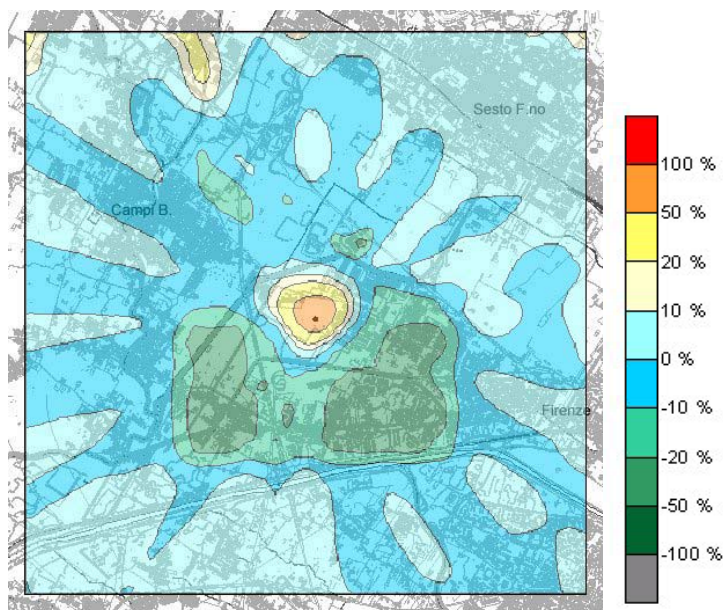
**Figura 6.192.** Confronto 2003-2007 sistema rifiuti e riscaldamento per il PM<sub>10</sub>.

Nel passaggio dalla situazione attuale a quella futura si registra un generale miglioramento dei livelli di concentrazione di PM<sub>10</sub> nell'area, per le tre localizzazioni considerate.

Nei tre casi comunque le aree prossime al termovalorizzatore registrano un lieve incremento delle concentrazioni. La forma della zona interessata da questo evento non si modifica nei tre casi poiché il motore (MCI) - sempre localizzato presso la discarica di Case Passerini - non contribuisce in maniera significativa a questa tipologia di emissioni.

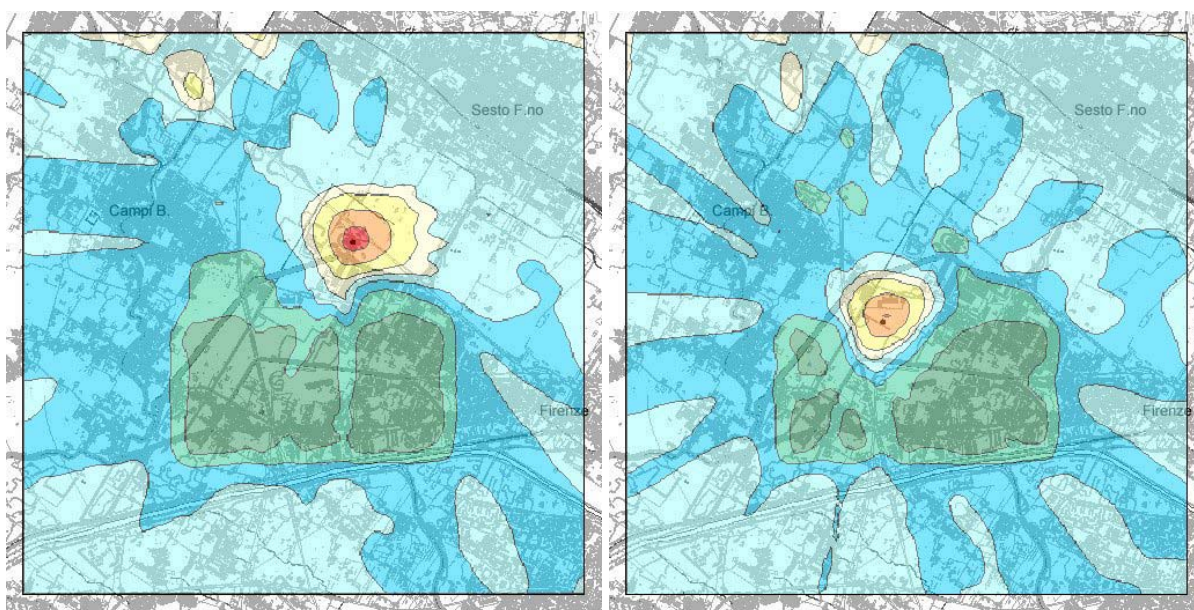
La possibilità di posizionare il termovalorizzatore presso Case Passerini mostra la presenza di un'area di riduzione delle emissioni fino al 50% uniformemente distribuita e più ampia, occupando una vasta area del quadrante a sud, che risulta maggiormente urbanizzato.

a) Osmannoro



b) Case Passerini

c) Ponte di Maccione



**Figura 6.193.** Confronto 2003-2007 sistema rifiuti e riscaldamento per il Cd.

Nel passaggio dalla situazione attuale a quella futura si registra un generale miglioramento dei livelli di concentrazione di Cd nell'area, per le tre localizzazioni considerate. Nei tre casi comunque le aree prossime al termovalorizzatore registrano un lieve incremento delle concentrazioni. La forma della zona interessata da questo evento non si modifica sostanzialmente nei tre casi.

### 6.6.5. Confronto simulazioni termovalorizzatore tramite indici statistici

Gli indici statistici considerati sono gli stessi introdotti nel capitolo 5. In questo caso tali indici vengono utilizzati in maniera “anomala”, in quanto normalmente servono per la validazione dei risultati dei modelli rispetto ad un data set di riferimento (misure sul campo o in laboratorio oppure dati di un altro modello). In questo caso non si ha nessun modello di riferimento, ma semplicemente tre applicazioni dello stesso modello con tre collocazioni diverse della sorgente di inquinamento (camino). Per tale motivo anche la dizione “modello perfetto” non risulta più corretta in quanto non si stanno utilizzando gli indici per scopi di validazione ma solo per un confronto tra le concentrazioni calcolate.

Nonostante ciò, gli indici statistici utilizzati sono risultati ugualmente utili per sottolineare e per dare una consistenza numerica alle osservazioni che già si possono fare guardando le mappe presentate nei paragrafi precedenti. Per fare questo, sono stati presi come dati di riferimento quelli relativi al sito originale (Osmanoro 2000), e quindi i risultati relativi alle altre due simulazioni sono stati confrontati con questi. I valori di questi indici non ci danno quindi un valore assoluto di misura, ma rimangono comunque utili per una valutazione comparativa tra i siti alternativi e quello originariamente proposto.

Eccettuato gli indici MEDIA e SIGMA, quindi, gli altri rappresentano il risultato del confronto tra le concentrazioni predette dal modello con il camino nel sito alternativo (Case Passerini o Ponte di Maccione) e le concentrazioni predette dal modello con il camino nel sito originario. La definizione originaria degli indici (v. cap. 5) è riportata per completezza di seguito.

**MEDIA** rappresenta la media delle concentrazioni, sia per quel che riguarda il modello di riferimento (osservazioni) sia per quello che riguarda le simulazioni:

$$MEDIA_{\text{observed}} = \overline{C^o} = \sum_i \frac{C_i^o}{N}; \quad MEDIA_{\text{simulated}} = \overline{C^s} = \sum_i \frac{C_i^s}{N};$$

dove N è il numero totale dei recettori e  $C_i^o$  ( $C_i^s$ ) è la concentrazione misurata (simulata) all’i-esimo recettore; per un modello “perfetto” si avrà:  $MEDIA_{\text{observed}} = MEDIA_{\text{simulated}}$ .

**BIAS** è definito come:

$$BIAS = \overline{C^o} - \overline{C^s};$$

per un modello “perfetto” si avrà  $BIAS = 0$ , mentre se  $BIAS > 0$  ( $< 0$ ) si ha che il modello, in media, sottostima (sovrastima) le concentrazioni misurate.

**FB** (Fractional Bias) è definito com:

$$FB = \frac{\overline{C^o} - \overline{C^s}}{(\overline{C^o} + \overline{C^s})/2};$$

varia tra  $- 2$  e  $+ 2$ ; un modello “perfetto” darà  $FB = 0$ , mentre se  $FB > 0$  ( $< 0$ ) il modello, in media, sottostima (sovrastima) le concentrazioni misurate.

**SIGMA**, cioè la deviazione standard, è definite come:

$$SIGMA_{\text{observed}} = \sigma^o = \sqrt{\sum_i \frac{(C_i^o - \overline{C^o})^2}{N}}; \quad SIGMA_{\text{simulated}} = \sigma^s = \sqrt{\sum_i \frac{(C_i^s - \overline{C^s})^2}{N}};$$

un modello perfetto darà  $SIGMA_{\text{observed}} = SIGMA_{\text{simulated}}$ .

**FS** (Fractional Standard deviation) è definita come:

$$FS = \frac{\sigma^o - \sigma^s}{(\sigma^o + \sigma^s)/2};$$

varia tra  $- 2$  e  $+ 2$ ; per un modello perfetto si avrà  $FS = 0$ , mentre se  $FS > 0$  ( $< 0$ ) la dispersione dei valori di concentrazione simulati è più bassa (alta) di quelli misurati.

**COR** (coefficiente di CORrelazione lineare) è definito come:



$$COR = \frac{\overline{(C^o - \overline{C^o})(C^s - \overline{C^s})}}{\sigma^o \sigma^s};$$

per un modello perfetto si avrà  $COR = + 1$ ; varia tra  $- 1$  e  $+ 1$ .

**FA2** (frazione entro un FAttore 2) è definito come:

$$\text{frazione di valori tali che } 0.5 \leq \frac{C_i^s}{C_i^o} \leq 2;$$

per un modello perfetto si avrà  $FA2 = 1$ .

**NMSE** (Normalised Mean Square Error) è definito come:

$$NMSE = \frac{\overline{(C^o - C^s)^2}}{C^o C^s} \quad \text{o, se } C_i^o \neq 0 \quad \forall i, \quad NMSE = \frac{\sum_i s_i^2 (1 - k_i)^2}{\sum_i s_i k_i};$$

dove  $k_i = C_i^s / C_i^o$  e  $s_i = C_i^o / \overline{C^o}$ ; per un modello perfetto si avrà  $NMSE = 0$ ; il valore di questo indice è sempre positivo.

**WNNR** (Weighted Normalized mean square error of the Normalized Ratios) è definito come:

$$WNNR = \frac{\sum_i s_i^2 (1 - \hat{k}_i)^2}{\sum_i s_i \hat{k}_i};$$

dove  $\hat{k}_i = 1/k_i$  (se  $k_i > 1$ ) e  $\hat{k}_i = k_i$  (se  $k_i \leq 1$ ); per un modello perfetto si avrà  $WNNR = 0$ ; il valore di questo indice è sempre positivo.

**NNR** (Normalized mean square error of the distribution of Normalized Ratios) è definito come:

$$NNR = \frac{\sum_i (1 - \hat{k}_i)^2}{\sum_i \hat{k}_i};$$

per un modello perfetto si avrà  $NNR = 0$ ; il valore di questo indice è sempre positivo.

In tabella 6.6 sono visualizzati i risultati relativi a tale analisi statistica.

MODELLO (Sito) →	Osmannoro 2000 (rif)	Case Passerini	Ponte di Maccione
<b>MEDIA</b>	0,187	0.183	0.188
<b>BIAS</b>	0	0.004	-0.000 <sup>1</sup>
<b>FB</b>	0	0.02	-0.00 <sup>1</sup>
<b>SIGMA</b>	0,427	0.407	0.429
<b>FS</b>	0	0.05	-0.01
<b>COR</b>	1	0.17	0.54
<b>FA2</b>	1	0.64	0.69
<b>NMSE</b>	0	8.42	4.78
<b>WNNR</b>	0	9.06	4.25
<b>NNR</b>	0	0.37	0.29

<sup>1</sup>: a causa della precisione decimale considerata il valore ottenuto viene approssimato a zero. Il segno meno sta ad indicare che il valore, per quanto trascurabile, è comunque negativo.

**Tabella 6.6.** Risultato analisi tramite indici statistici



### 6.6.6. Commenti e conclusioni

Dall'analisi delle mappe relative alle varie simulazioni emerge immediatamente un risultato: lo spostamento dell'impianto dell'ordine di qualche centinaio di metri, come in questo caso, non produce sostanziali effetti dal punto di vista di effetto al suolo. Infatti, le concentrazioni medie annuali al suolo rimangono pressoché invariate, ed anche la distribuzione spaziale non subisce sostanziali modificazioni: lievi differenze nella forma delle ricadute al suolo sono attribuibili ad effetti della topografia locale che modificano leggermente il campo di vento nelle immediate vicinanze del camino; le differenze non sono comunque sostanziali. Ovviamente, comunque, lo spostamento del camino produce di conseguenza lo spostamento dell'area a maggior carico ambientale, poiché questa è posizionata a ridosso del camino.

Tale considerazione spinge ad evidenziare come nel caso di posizionamento del camino più a nord, le aree a massima ricaduta tendono a sostarsi con esso e quindi ad interessare meno i quadranti maggiormente urbanizzati a sud.

Questo fatto viene confermato anche dall'analisi statistica dei dati.

Si notano lievi differenze nella concentrazione media sui recettori del dominio interessato, ma essa risulta di entità scarsamente apprezzabile e, comunque, probabilmente maggiormente attribuibile allo spostamento della sorgente rispetto al dominio che ad una effettiva differenza nel fenomeno diffuso.

Le differenze un po' più marcate nel parametro SIGMA, e quindi nella forma della mappa di ricaduta, evidenziano i già citati effetti topografici locali che influiscono sui venti.

In questo caso il parametro COR non risulta utile, in quanto, avendo spostato la sorgente, non ci si può certo aspettare una correlazione lineare tra i valori di concentrazione media nei vari recettori. Più utile risulta il valore di FA2. Esso evidenzia, infatti, come lo spostamento della sorgente emissiva faccia sì che circa 30-35% dei recettori all'interno del dominio subiscano una variazione sostanziale del valore di concentrazione (variazione maggiore di un fattore 2, in negativo o in positivo), mentre per il 65-70% del territorio le concentrazioni non subiscono grandi modificazioni. È logico supporre che i recettori che subiscono la variazione maggiore siano quelli che sono posizionati nelle vicinanze del camino, sia dell'impianto posizionato nel sito originario, sia dell'impianto posizionato nel sito alternativo, cioè quelli che subiscono il maggior carico ambientale (anche se essi corrispondono comunque a zone di bassa, o nulla, densità di popolazione).

Questa analisi risulta confermata anche dagli indici statistici NMSE, WNNR e NNR. I primi due infatti prendono in considerazione le differenze tra i due set di dati (in valore assoluto, senza considerare se la differenza è in positivo o in negativo) assegnano un peso maggiore ad i valori di picco, mentre NNR assegna un ugual peso a tutti i valori. Il valore piuttosto basso di NNR conferma che in media, considerando l'intero dominio di riferimento, lo spostamento dell'impianto cambia poco o nulla, mentre i valori più elevati di NMSE e WNNR confermano che le maggiori variazioni sono da attendersi per i punti in cui le simulazioni assegnavano una concentrazione media più elevata.

Dall'analisi dei confronti dell'impatto del termovalorizzatore (nelle varie collocazioni proposte) rispetto alle altre sorgenti inquinanti di origine antropica presenti sul territorio, non si notano sostanziali differenze, se non quelle legate allo spostamento conseguente delle aree a maggior carico, prossime all'impianto, con la localizzazione stessa.

In ogni caso, visto il livello di fondo dell'inquinamento pressoché uniforme dell'area in analisi è possibile concludere che l'impatto di una nuova fonte di inquinanti rispetto all'inquinamento di fondo presente resta più o meno costante al variare della sua posizione all'interno del territorio considerato.

## 6.7. Bibliografia

- [1] M. Berlincioni, F. Martellini, G. Croce, P. Donati, M. Lolini, A.M. Marsico, M. Baldassini, G. Guerranti, A. Di Domenico, “Monitoraggio dell’aria urbana di Firenze: dosaggio di Policlorodibenzodiossine (PCDD) e Policlorodibenzofurani (PCDF)”, ARPAT Dipartimento provinciale di Firenze, Sezione Microinquinanti, Firenze, 2002.
- [2] E. Canepa, F. Modesti, C. F. Ratto, “Evaluation of the SAFE-AIR code against air pollution field and laboratory experiments”, Atmospheric Environment, vol. 34, pag. 4805-4818, 2000.

