



**POLITECNICO DI MILANO**  
**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE E**  
**AMBIENTALE**  
**Sezione Ambientale**

**Alto Vicentino Ambiente S.r.l.**

**AGGIORNAMENTO DELL'APPLICAZIONE MODELLISTICA DELLE**  
**RICADUTE DELLE EMISSIONI ATMOSFERICHE DELL'IMPIANTO DI**  
**INCENERIMENTO CON RECUPERO ENERGETICO DEI RIFIUTI DI SCHIO**

***RAPPORTO FINALE***

<b>DATA</b> NOVEMBRE 2020	<b>APPROVATO</b> 	<b>RELAZIONE N°</b> 846.0202.11.03
------------------------------	---	---------------------------------------

**Responsabile Scientifico della Ricerca:**  
**prof. Stefano CERNUSCHI**  
**f.to Stefano CERNUSCHI**

**Firmato digitalmente ai sensi del CAD - D.Lgs 82/2005 e s. m. e i., art. 21 c.1-2**

**AGGIORNAMENTO DELL'APPLICAZIONE MODELLISTICA DELLE RICADUTE  
DELLE EMISSIONI ATMOSFERICHE DELL'IMPIANTO DI INCENERIMENTO  
CON RECUPERO ENERGETICO DEI RIFIUTI DI SCHIO**

Prof. ing. Stefano Cernuschi

Prof. ing. Giovanni Lonati

DICA Sezione Ambientale

POLITECNICO DI MILANO

---

## INDICE

<b>Sommario e conclusioni .....</b>	<b>1</b>
<b>1. Introduzione.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Materiali e metodi.....</b>	<b>3</b>
2.1 Modello di dispersione atmosferica .....	3
2.2 Condizioni di applicazione del modello.....	3
2.2.1 Area di studio .....	3
2.2.2 Dati meteorologici.....	5
2.2.3 Regime emissivo .....	8
<b>3. Risultati .....</b>	<b>13</b>
3.1 Concentrazioni al suolo .....	13
3.1.1 Distribuzione spaziale .....	13
3.1.2 Contributi stimati in recettori discreti – cabina ARPAV di Schio via Vecellio.....	21
3.1.3 Contributi stimati in recettori discreti – siti di monitoraggio delle ricadute .....	25
3.2 Deposito al suolo .....	28
<b>Allegato 1 – Caratteristiche del modello CALPUFF .....</b>	<b>31</b>
<b>Allegato 2 – Rose dei venti in quota nel periodo di riferimento .....</b>	<b>35</b>
<b>Allegato 3 – Andamento temporale delle emissioni di polveri e NH<sub>3</sub>.....</b>	<b>36</b>
<b>Allegato 4 – Distribuzione spaziale delle ricadute – Dominio “grande”.....</b>	<b>38</b>
<b>Allegato 5 – Distribuzione spaziale delle ricadute – Dominio “piccolo”.....</b>	<b>49</b>

---

---

## Sommario e conclusioni

Il rapporto contiene i risultati della valutazione delle ricadute al suolo delle emissioni atmosferiche dell'impianto di termovalorizzazione di rifiuti di Schio. La valutazione è stata richiesta alla società AVA (Alto Vicentino Ambiente), che ne gestisce l'attività, dalle autorità regionali competenti in materia di tutela ambientale quale aggiornamento della simulazione modellistica delle ricadute stesse dall'impianto attese sul territorio.

L'aggiornamento è stato realizzato utilizzando uno strumento modellistico avanzato per simulare l'impatto sulla qualità dell'aria dell'impianto, derivato dalle misure in continuo e periodiche disponibili per il regime emissivo a camino. La valutazione è stata sviluppata con il codice di calcolo CALPUFF, alimentato con i dati meteorologici prodotti dal processore meteorologico CALMET sulla base di dati rilevati dalla rete locale ed internazionale di stazioni meteorologiche, per il periodo di riferimento (1 maggio 2018 - 30 aprile 2019) e corrispondente al più recente complesso annuale di acquisizioni valide disponibile al riguardo. Il dominio spaziale della valutazione ha interessato un'area di 20 x 20 km<sup>2</sup>, centrata sul punto di localizzazione dell'impianto e con risoluzione spaziale più fitta nelle sue vicinanze. Gli inquinanti oggetto della simulazione comprendono polveri, NO<sub>x</sub> ed NH<sub>3</sub>, rilevati in continuo per ogni singolo camino dallo SME (Sistema di Monitoraggio delle Emissioni) dell'impianto, e componenti in traccia potenzialmente tossiche tipiche della tipologia dell'attività e delle normative di controllo applicate: metalli (As, Cd, Ni, Hg e Pb), diossine e furani (PCDD/F), policlorobifenili diossina simili (PCB) e benzo(a)pirene (BaP), misurati con i protocolli di prelievo periodici imposti dall'autorizzazione all'esercizio. La struttura complessiva dell'esercizio di simulazione, sia per le modalità di esecuzione e per i contenuti sia per i risultati richiesti, è stata concordata con l'agenzia regionale ARPAV, che ne ha specificato i dettagli tecnici.

I principali risultati della valutazione modellistica evidenziano quanto segue:

- la distribuzione spaziale delle ricadute e quella del deposito totale (secco ed umido) di polveri presentano una struttura essenzialmente allineata lungo la direttrice delle componenti anemologiche prevalenti, costituita dall'asse Nord Nord Ovest - Sud Sud Est, con l'influenza più significativa dell'impianto collocata in un'estensione territoriale di circa 2x2 km rispetto alla sua localizzazione;
- le ricadute massime in termini di concentrazioni atmosferiche si collocano nelle immediate vicinanze dell'impianto, a circa 150 m a Nord del perimetro dello stesso, mentre per il deposito di polveri il corrispondente valore massimo è pressoché coincidente con la localizzazione dell'impianto, come normalmente risulta da simulazioni condotte con gli stessi approcci di valutazione e per analoghi assetti emissivi;
- la località di Pozzo di Giavenale, già identificata in passato come il recettore sensibile più prossimo all'impianto e pertanto sempre compreso tra i siti di valutazione delle campagne di monitoraggio periodiche della qualità dell'aria condotte nell'area, conferma tale caratteristica. La simulazione indica nel sito una ricaduta pari a circa il 40% del valore massimo stimato, prestandosi adeguatamente ad ottenere informazioni sul ruolo dell'impianto e sulle sue eventuali variazioni nel tempo;
- nei confronti dei valori normativi di riferimento, il contributo simulato per l'impianto nel complesso dell'area si presenta estremamente contenuto, quando non del tutto trascurabile, con margini di rispetto particolarmente ampi per gli inquinanti tossici in traccia. Come sintetizzato in Tabella S.1, i livelli massimi delle concentrazioni stimate sono almeno tre ordini di grandezza inferiori ai valori normativi di riferimento di breve e lungo periodo, con margini di sicurezza

relativamente meno ampi solo per i massimi del biossido di azoto, la cui stima ha cautelativamente assunto la completa ossidazione a NO<sub>2</sub> degli NO<sub>x</sub> emessi dall'impianto;

Tabella S.1 – Rapporti tra i valori massimi di concentrazione stimati dal modello nel dominio di calcolo e i limiti di riferimento della qualità dell'aria

Inquinante	Rapporto massimo/limite
NO <sub>2</sub>	0,0675 (media annua)
	0,35 (massimo orario)
PM <sub>10</sub>	0,0005 (media annua)
	0,0008 (massimo giornaliero)
BaP	0,00006
As	0,0015
Cd	0,0018
Ni	0,0019
Pb	0,0001
PCDD/F (*)	0,001

(\*) Linee guida della Germania per l'aria ambiente

- il confronto tra le ricadute stimate dalla simulazione modellistica ed i valori misurati presso la stazione di monitoraggio della qualità dell'aria di Schio nello stesso periodo temporale, riportato in Tabella S.2, mostra caratteristiche del tutto analoghe, con contributi dell'impianto sempre estremamente contenuti per tutti gli inquinanti considerati;

Tabella S.2 – Rapporti tra i valori di concentrazione stimati dal modello e i dati misurati presso la stazione di monitoraggio ARPAV di Schio via Vecellio.

Inquinante	Rapporto modello/misure
NO <sub>2</sub>	0,0039 (media annua)
	0,023 (massimo orario)
PM <sub>10</sub>	0,00002 (media annua)
	0,00003 (massimo giornaliero)
BaP	< 0,00001
As	0,0006
Cd	0,002
Ni	0,0005
Pb	0,0004

- per le altre località in cui sono state effettuate le campagne di monitoraggio nel periodo di riferimento lo studio di simulazione stima impatti delle emissioni dell'impianto ancor meno rilevanti (Schio – Socche alla Croce) o praticamente nulli (Chiuppano – scuola materna), confermando altresì la diversa rappresentatività dei siti che ne ha indirizzato la scelta per strutturare le campagne stesse.

---

## 1. Introduzione

Il rapporto contiene i risultati della valutazione delle ricadute al suolo delle emissioni atmosferiche dell'impianto di termovalorizzazione di rifiuti di Schio. La valutazione è stata richiesta alla società AVA (Alto Vicentino Ambiente), che ne gestisce l'attività, dalle autorità regionali competenti in materia di tutela ambientale quale aggiornamento della simulazione modellistica delle ricadute stesse dall'impianto attese sul territorio.

La struttura dell'esercizio di simulazione, sia per le modalità di esecuzione e per i contenuti che per i risultati richiesti, è stata concordata con l'agenzia regionale ARPAV, che ne ha specificato i dettagli tecnici. Quest'ultimi prevedono che la valutazione venga condotta con il codice di calcolo CALPUFF, applicato in condizioni definite in termini del periodo temporale e delle caratteristiche dell'insieme dei parametri meteorologici e dispersivi dell'atmosfera locale e delle emissioni dell'impianto richiesti dal modello, nonché dell'estensione territoriale da valutare e degli inquinanti da considerare.

Dopo aver illustrato in dettaglio la configurazione applicativa adottata per il calcolo e la struttura dei dati di ingresso utilizzati, il documento riporta e commenta i risultati ottenuti, ponendo particolare attenzione alle indicazioni che emergono dalla simulazione sulle aree più coinvolte dall'attività dell'impianto.

## 2. Materiali e metodi

### 2.1 Modello di dispersione atmosferica

Lo strumento modellistico utilizzato per la simulazione è costituito dalla catena modellistica formata dai programmi CALMET (preprocessore meteorologico), CALPUFF (modello di trasporto e diffusione), CALPOST (post processore dei risultati prodotti da CALPUFF).

CALPUFF è un modello tridimensionale di trasporto e diffusione degli inquinanti atmosferici in grado di rappresentare adeguatamente le caratteristiche del regime anemologico dell'area di studio e, in particolare, i fenomeni di venti deboli e di calma di vento che caratterizzano gran parte della pianura padana. Il modello CALPUFF si basa su un approccio di tipo lagrangiano gaussiano a puff, non stazionario, multistrato e multispecie, e comprende una serie di opzioni per la stima del trasporto e diffusione in atmosfera di emissioni prodotte da diverse configurazioni di sorgenti (puntuale, areale, lineare), in situazioni orografiche semplici o complesse. Nello specifico, come concordato con ARPAV, le assunzioni applicative di base adottate riguardano la parametrizzazione della turbolenza atmosferica secondo la teoria della similarità (opzione MDISP = 2) e l'assunzione del metodo della funzione di distribuzione della probabilità per la dispersione nello strato convettivo (opzione MPDF = 1). Le principali caratteristiche del modello CALPUFF sono riportate in dettaglio nell'Allegato 1.

### 2.2 Condizioni di applicazione del modello

#### 2.2.1 Area di studio

Per poter finalizzare al meglio i risultati e la loro rappresentazione grafica, l'impatto delle emissioni dell'impianto è stato valutato con riferimento a due distinti domini di calcolo, entrambi centrati in corrispondenza della sua localizzazione:

- dominio "grande", con estensione di 20 x 20 km<sup>2</sup> e passo di 500 m. Nella scala di riferimento UTM32-WGS84, tale dominio ha coordinate comprese tra 677 km e 697 km lungo la direzione X (Ovest-Est) e tra 5055 km e 5075 km lungo la direzione Y (Nord-Sud).

- dominio “piccolo”, con estensione di  $5 \times 5 \text{ km}^2$  e passo di 125 m. Nella scala di riferimento UTM32-WGS84, tale dominio ha coordinate comprese tra 684.5 km e 689.5 km lungo la direzione X e tra 5062.5 km e 5067.5 km lungo la direzione Y.

In aggiunta ai punti del reticolo cartesiano definito per i due domini, le simulazioni modellistiche hanno considerato alcuni recettori discreti, costituiti dalla stazione di monitoraggio della qualità dell'aria di ARPAV (Schio, via Vecellio – R1 di coordinate: 684,28; 5064,95) e dai siti in cui sono state effettuate alcune precedenti campagne di monitoraggio, nello specifico le località Pozzo di Giavenale (R2 - 687,23; 5064,42) e Socche alla Croce (R3 - 688,08; 5065,48) a Schio e la scuola materna di Chiuppano (R4 - 691,51; 5070,97). L'estensione dei due domini e la localizzazione dei recettori discreti considerati è riportata nelle Figure 2.1 e 2.2.

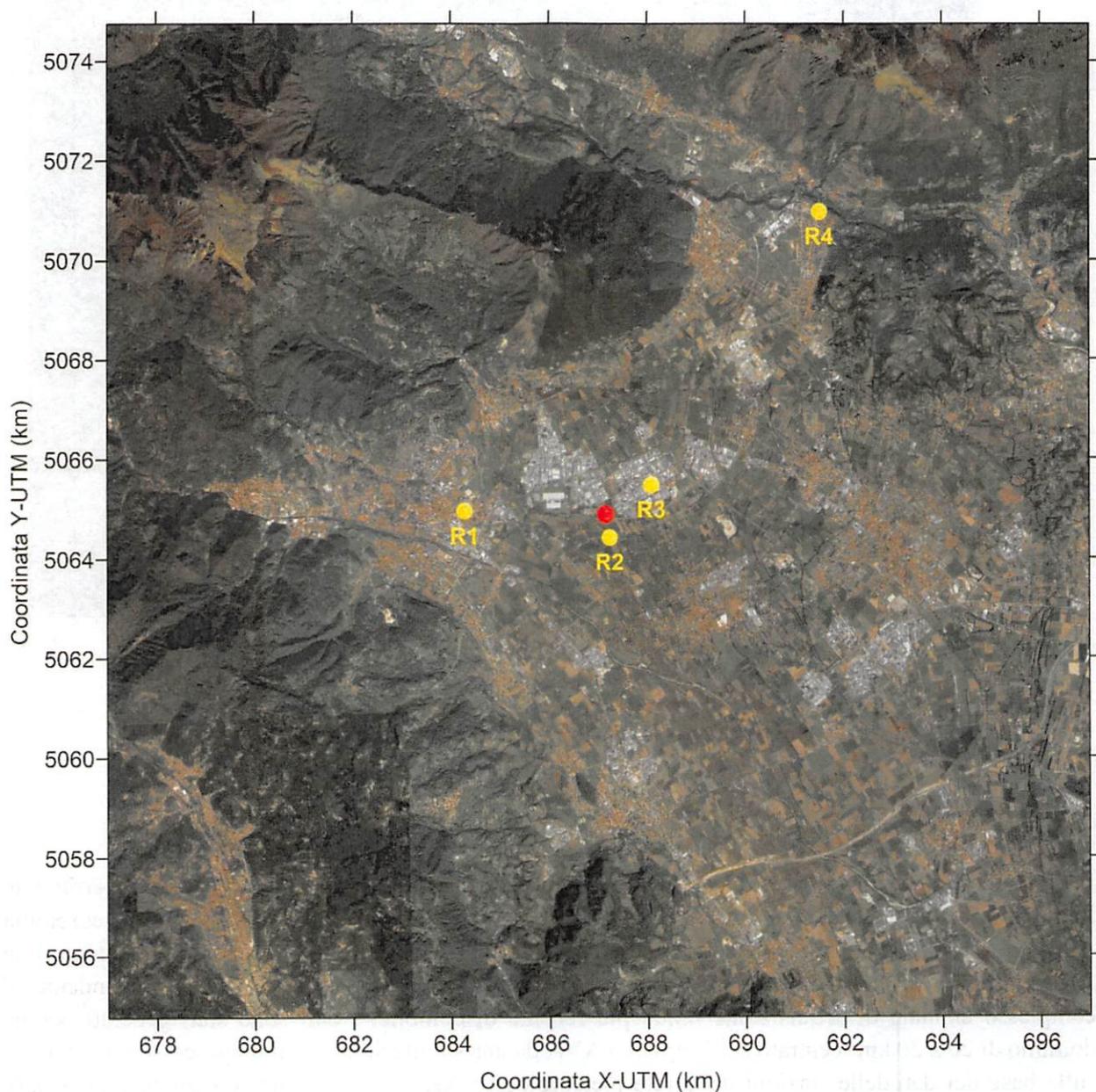


Figura 2.1 – Estensione del dominio “grande”

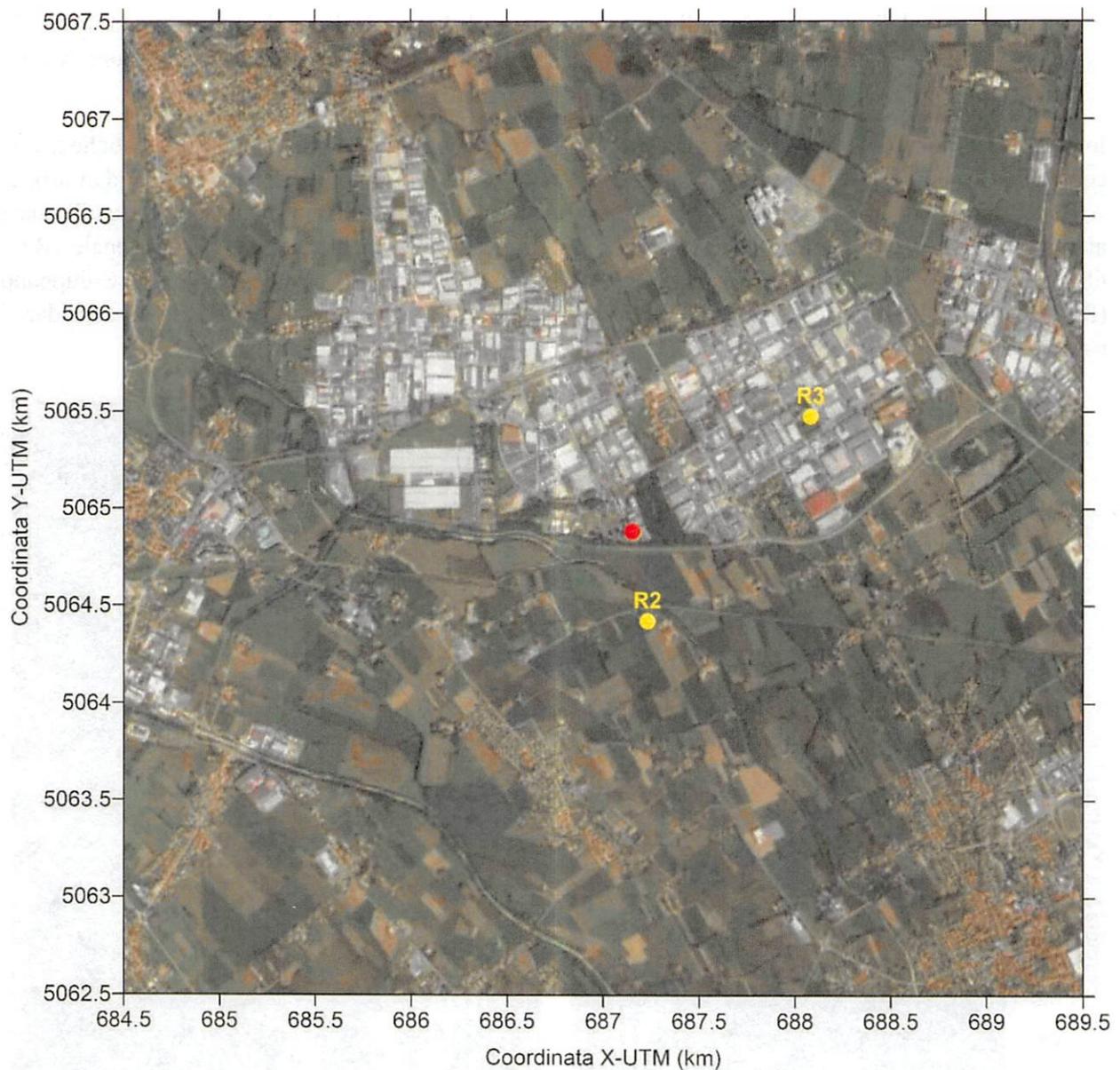


Figura 2.2 – Estensione del dominio “piccolo”

### 2.2.2 Dati meteorologici

I dati meteorologici richiesti dal modello CALPUFF sono stati forniti da ARPA Veneto (Dipartimento Regionale Sicurezza del Territorio, Servizio Centro Meteorologico, Unità operativa agrometeorologia - ufficio agrometeorologia e meteorologia ambientale) per il periodo di riferimento concordato con ARPAV per l'esecuzione della valutazione (1 maggio 2018 - 30 aprile 2019), corrispondente al complesso annuale di acquisizioni valide più recente disponibile. I dati sono stati generati per un dominio di 20 x 20 km<sup>2</sup> centrato sull'impianto AVA da una simulazione con il preprocessore CALMET sulla base dei dati delle stazioni della rete meteorologica ARPAV per vento (direzione e intensità), temperatura, umidità, pressione, precipitazione. Nello specifico, la stazione meteorologica più vicina utilizzata è quella di Malo, che dista dal centro del dominio circa 7 km ed è dotata di anemometro a 10 m. Altre stazioni, che distano meno di 40 km (raggio di influenza fissato nel modello) sono Rifugio la Guardia (quota anemometro 5 m) e Asiago (quota anemometro 10 m). Oltre a queste tre stazioni, per

la precipitazione sono stati utilizzati anche i dati di Monte Summano e di Valli del Pasubio. Inoltre, la base di dati locali in ingresso al modello CALMET è stata integrata con misure disponibili dalla rete internazionale di stazioni meteorologiche, per le informazioni sulla copertura nuvolosa e per i radiosondaggi dei profili verticali dell'atmosfera (per questi ultimi sono state utilizzate le stazioni di Milano – Linate, Udine – Rivolto, Bologna – San Pietro Capofiume). Il complesso dei dati generati, che comprende i campi tridimensionali di temperatura dell'atmosfera, velocità e direzione del vento per dieci strati verticali fino alla quota di 3000 m, nonché i parametri descrittivi della stabilità atmosferica, l'altezza dello strato rimescolato e l'intensità delle precipitazioni per la stima del deposito totale al suolo, è disponibile con una scansione temporale di 1 ora ed una risoluzione spaziale di 1 km nell'estensione territoriale utilizzata dallo studio.

Nella cella di localizzazione dell'impianto la rosa dei venti al suolo (10 m), riportata in Figura 2.3, evidenzia un regime anemologico caratterizzato da venti relativamente deboli (velocità media di circa  $0,9 \text{ m s}^{-1}$ ), principalmente provenienti dal quadrante nord occidentale (frequenza di circa il 50% delle ore annue) ed in particolare dai settori di Nord Ovest (circa 16%), Nord Nord Ovest (circa 26%) e Nord (circa 9%). Frequenze annue dell'ordine del 5-7% si osservano per i venti provenienti dal settore sud orientale, con una lieve prevalenza per il settore di Sud Est. Per tutte le altre direzioni le frequenze annue sono inferiori al 3%, con la quasi totale assenza di venti dai quadranti occidentale e sud occidentale. Le rose dei venti a quote superiori (Allegato 2) mantengono sostanzialmente la medesima struttura nei primi quattro strati del dominio tridimensionale (200 m dal piano campagna), con il progressivo intensificarsi della velocità del vento (velocità media  $1,8 \text{ m s}^{-1}$  a 160 m). A quote più elevate si osserva dapprima (200-300 m) l'incremento della frequenza dei venti da Nord e successivamente (300-1000 m) la progressiva rotazione in senso orario della rosa con la predominanza dei venti provenienti dai settori attorno ad Est.

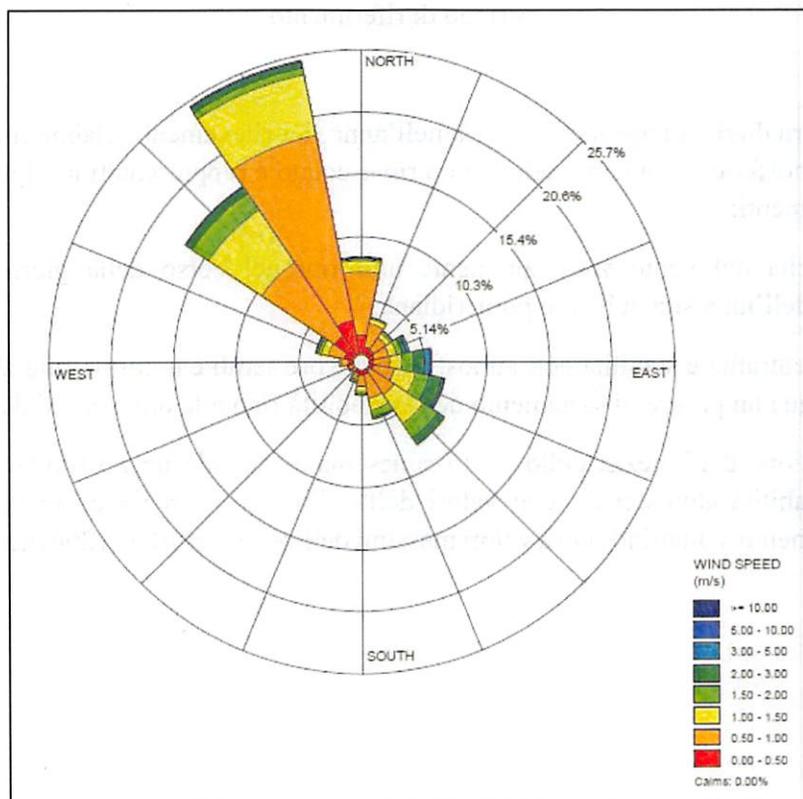


Figura 2.3 - Rosa dei venti per classe di velocità del vento alla quota di 10 m nel periodo di riferimento

Per quanto riguarda le caratteristiche della stabilità atmosferica, il periodo di riferimento è in generale caratterizzato da condizioni di stabilità (classi E e F delle categorie di Pasquill-Gifford), che hanno interessato quasi la metà delle ore (45%, Figura 2.4). Condizioni di debole (classe C) e moderata instabilità (Classe B) hanno interessato rispettivamente il 22,5% ed il 17,3% delle ore, mentre condizioni di elevata instabilità (Classe A) solo il 3,7% delle ore. Le rimanenti ore sono caratterizzate da condizioni di neutralità (11,6%, Classe D).

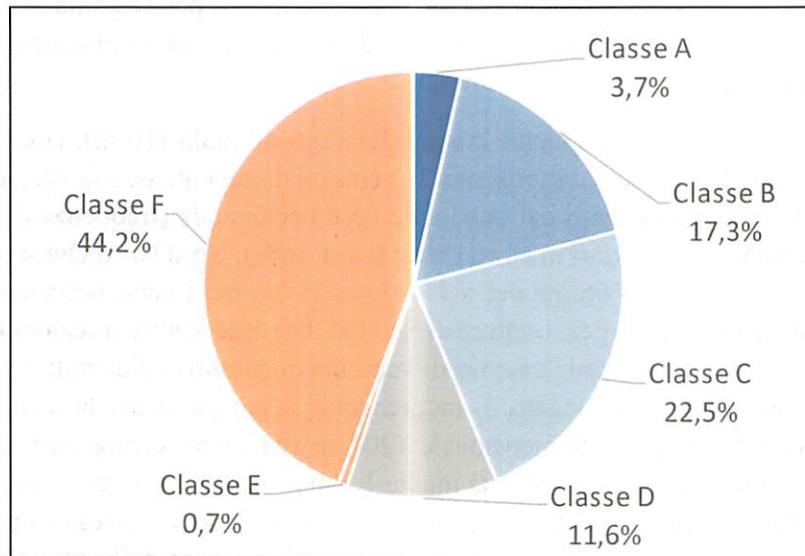


Figura 2.4 – Distribuzione di frequenza delle classi di stabilità atmosferica di Pasquill-Gifford nel periodo di riferimento

Gli andamenti giornalieri su base media oraria nell'anno dei rilevamenti, elaborati per la velocità del vento, stabilità atmosferica ed altezza dello strato rimescolato e rappresentati in Figura 2.5, mettono in luce i seguenti elementi:

- valori di velocità del vento sostanzialmente uniformi nel corso della giornata, con un lieve rafforzamento dell'intensità nelle ore pomeridiane;
- condizioni di neutralità e stabilità dell'atmosfera nelle ore serali e notturne fino alle prime ore della mattina, cui segue un progressivo aumento dell'instabilità fino alle ore centrali del pomeriggio,
- l'usuale evoluzione dell'altezza dello strato rimescolato secondo un profilo temporale opposto a quello della stabilità atmosferica, con valori dell'ordine di 50 m nelle ore serali e notturne in progressivo aumento al mattino fino a valori massimi dell'ordine di 1000-1200 m nelle ore precedenti il tramonto.

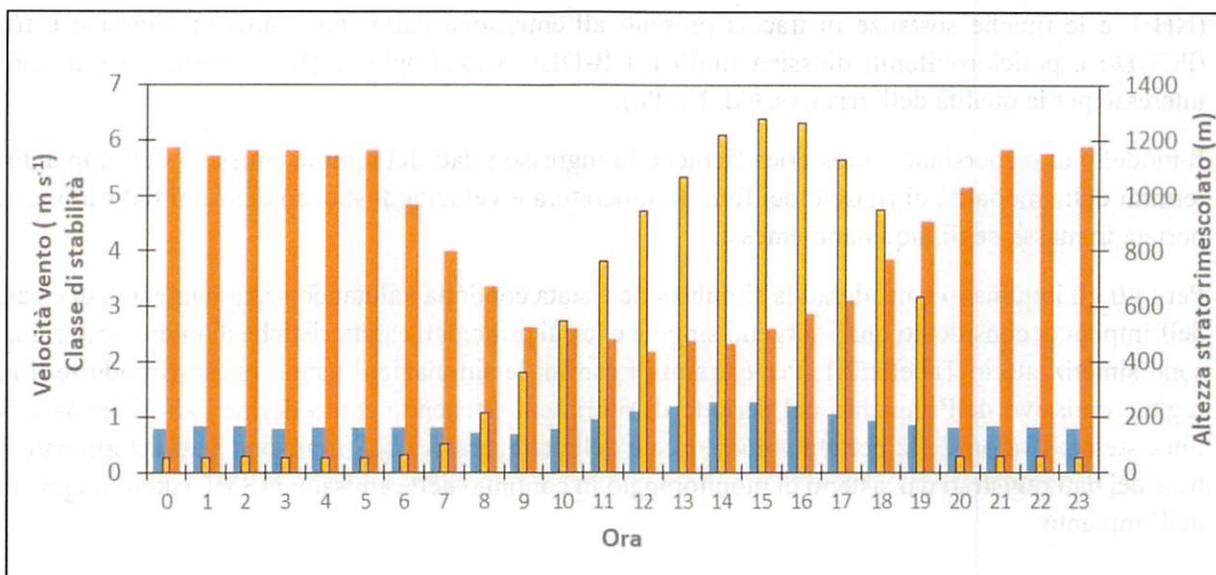


Figura 2.5 – Andamento orario (giorno-tipo) della velocità del vento, della stabilità atmosferica (Classe A = 1, Classe F = 6) e dell'altezza dello strato rimescolato nel periodo di riferimento

Per quanto riguarda il regime pluviometrico, il periodo di riferimento è caratterizzato da una precipitazione cumulata di circa  $1500 \text{ mm anno}^{-1}$ , con circa 770 ore di eventi con intensità media di  $1,95 \text{ mm h}^{-1}$ , compresa tra un minimo di  $0,2 \text{ mm h}^{-1}$  ed un massimo di  $16 \text{ mm h}^{-1}$ . L'andamento temporale delle precipitazioni stesse è rappresentato in Figura 2.6.

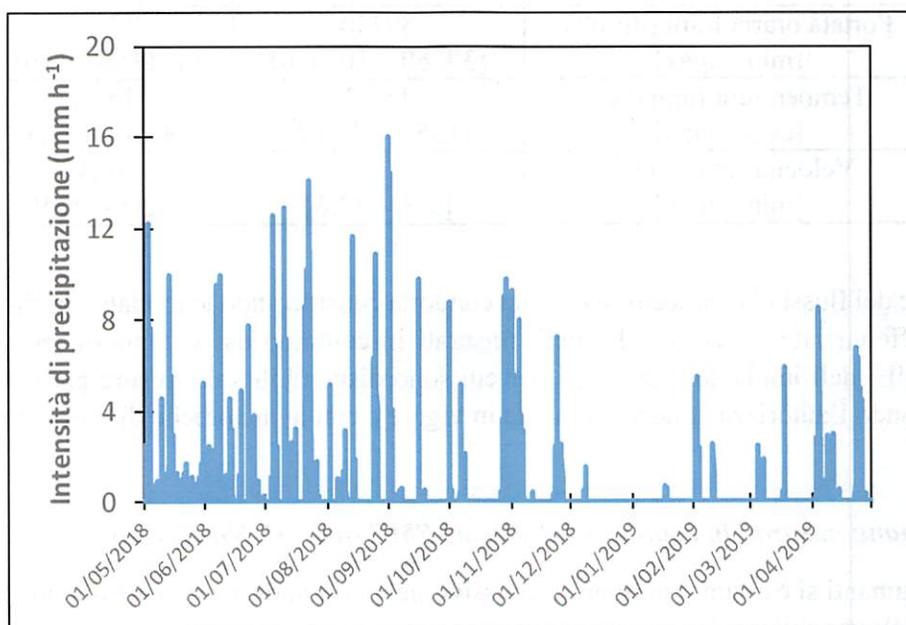


Figura 2.6 – Andamento orario dell'intensità di precipitazione nel periodo di riferimento

### 2.2.3 Regime emissivo

Gli inquinanti oggetto della valutazione comprendono le principali macrocomponenti traccianti dell'attività di termovalorizzazione dei rifiuti, costituite da polveri, ossidi di azoto (NOx) ed ammoniaca

(NH<sub>3</sub>), e le tipiche sostanze in traccia presenti all'emissione delle stesse attività: diossine e furani (PCDD/F), policlorobifenili diossina-simili (PCB-DL), benzo(a)pirene (BaP), mercurio e metalli di interesse per la qualità dell'aria (As, Cd, Ni, Pb).

Il modello di dispersione atmosferica richiede in ingresso i dati del regime emissivo dell'impianto nei termini delle modalità di rilascio dei fumi (temperatura e velocità di sbocco dei fumi dal camino) e di portata in massa degli inquinanti emessi.

Per tutti gli inquinanti considerati la simulazione è stata condotta valutando separatamente i due camini dell'impianto, considerati quali sorgenti singole e le cui principali caratteristiche di interesse al riguardo sono sintetizzate in Tabella 2.1. Per entrambi i camini le simulazioni hanno inteso riprodurre il reale regime emissivo dell'impianto nel periodo di riferimento, tenendo conto dei periodi di fermata delle linee stesse. I valori della portata volumetrica e della temperatura dei fumi sono stati determinati sulla base dei dati registrati dai sistemi di monitoraggio in continuo delle emissioni (SME) delle singole linee dell'impianto

Tabella 2.1 – Localizzazione (coordinate UTM32-WGS84), caratteristiche geometriche (altezza, diametro) ed emissive (media ed intervallo minimo-massimo dei valori orari di portata volumetrica, temperatura e velocità di sbocco dei fumi) dei camini dell'impianto.

<b>Parametro</b>	<b>Camino Linea 1 e 2</b>	<b>Camino Linea 3</b>
Coordinate X, Y (km)	687,152; 5064,883	687,165; 5064,868
Altezza (m)	40	40
Diametro (m)	1,6	1,3
Portata oraria fumi (m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> ) [min – max]	89730 [39560 – 105450]	78560 [48415 - 99930]
Temperatura fumi (°C) [min – max]	163,2 [136,1 – 176,2]	141,1 [99,4 – 187,9]
Velocità fumi (m s <sup>-1</sup> ) [min – max]	12,4 [5,5 – 14,6]	16,4 [4,15 – 20,9]

La valutazione dei flussi di massa emessi è stata condotta considerando le modalità di rilevamento degli inquinanti, differenziate in termini di quelli misurati in continuo dal sistema di monitoraggio delle emissioni (SME) dell'impianto e di quelli per cui sono disponibili solo misure periodiche a camino, effettuate secondo l'autorizzazione attualmente in vigore e con le metodiche di riferimento.

### **2.2.3.1 Inquinanti misurati in continuo dal sistema SME (polveri, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub>)**

Per questi inquinanti si è assunto un regime emissivo nel periodo di riferimento annuo (1 maggio 2018 - 30 aprile 2019) variabile su base oraria con:

- temperatura e velocità dei fumi medie orarie determinate sulla base dai dati registrati dal sistema SME, distintamente per la linea 1, la linea 2 e la linea 3;
- portata massica media oraria degli inquinanti determinata dalle registrazioni dal sistema SME, mantenendo sempre distinti i valori per ognuna delle 3 linee. Nello specifico la portata massica è fornita dal prodotto tra la concentrazione dell'inquinante nei fumi e la loro portata volumetrica, entrambe alle condizioni effettive del flusso gassoso.

Il regime emissivo così calcolato è stato utilizzato per valutare i flussi associati ad ognuno dei due camini dell'impianto che convogliano, rispettivamente, la miscela dei gas prodotti dalle linee 1 e 2 e l'effluente della linea 3. Per quanto riguarda il camino che rilascia i fumi delle linee 1 e 2, il regime emissivo, sia in termini di temperatura e portata volumetrica sia di portata massica, deriva dalla miscelazione dei due flussi stessi. Entrambi i camini sono stati considerati quali singole sorgenti puntiformi nello scenario di simulazione.

L'andamento temporale delle emissioni orarie di  $\text{NO}_x$  così valutate per i due camini è riportato nelle Figure 2.7 e 2.8. I dati mostrano per la linea 3 periodi di fermata in cui l'emissione è nulla, praticamente assenti nel camino delle altre due linee che solo raramente sono contemporaneamente fuori esercizio. Per entrambi i camini, la simulazione ha poi cautelativamente assunto che gli  $\text{NO}_x$  siano interamente costituiti da  $\text{NO}_2$ . Gli analoghi andamenti temporali delle emissioni orarie di polveri e  $\text{NH}_3$  sono riportati nelle Figure A3.1-A3.4 dell'Allegato 3. I valori medi orari delle portate in massa risultanti per i tre inquinanti sono sintetizzati in Tabella 2.2

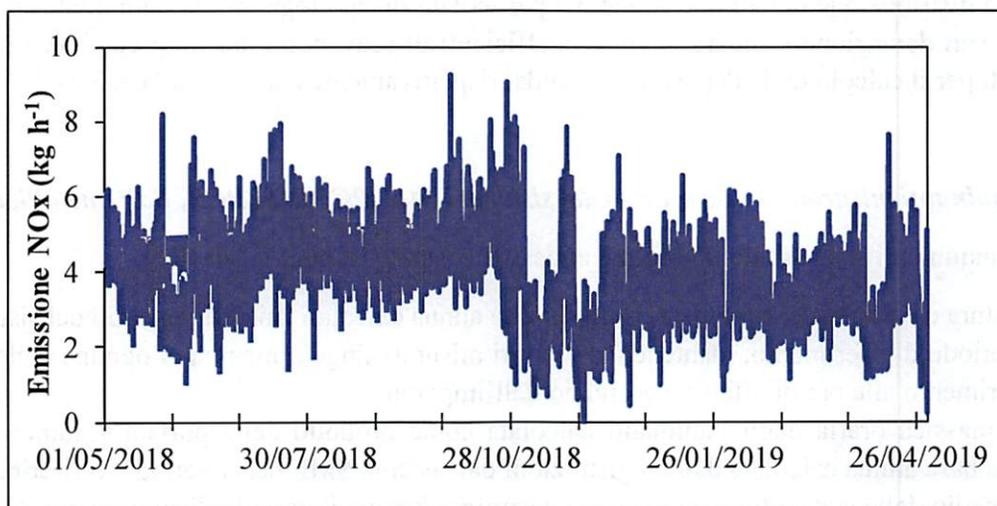


Figura 2.7 – Camino linea 1 e 2: regime emissivo di  $\text{NO}_x$  ( $\text{kg h}^{-1}$ ) utilizzato per la valutazione.

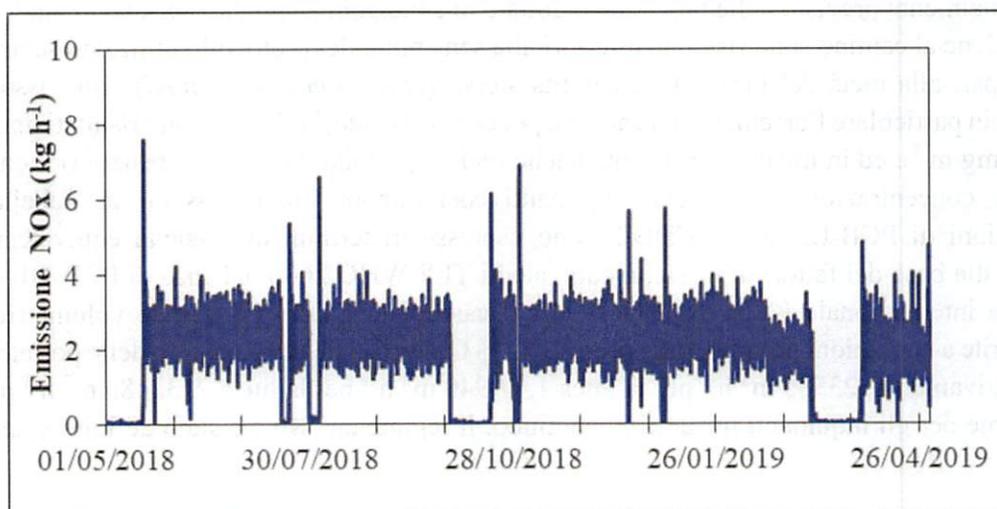


Figura 2.8 – Camino linea 3: regime emissivo di  $\text{NO}_x$  ( $\text{kg h}^{-1}$ ) utilizzato per la valutazione.

Tabella 2.2 – Valori medi e mediani delle distribuzioni dei valori orari delle portate in massa di NO<sub>x</sub>, polveri e NH<sub>3</sub> per i due camini

Camino	Parametro	NO <sub>x</sub> (kg h <sup>-1</sup> )	Polveri (g h <sup>-1</sup> )	NH <sub>3</sub> (g h <sup>-1</sup> )
Linea 1+2	Media	3,9	14,8	87,8
	Mediana	3,9	10,8	64,4
Linea 3	Media	1,9	23,5	14,1
	Mediana	2,2	24,8	12,7

La distribuzione dimensionale delle polveri, richiesta per la stima del deposito al suolo, ha utilizzato le informazioni disponibili nel contesto di riferimento della letteratura e normalmente adottate in assenza di valutazioni puntuali, come nel caso dell'impianto oggetto dello studio. A titolo cautelativo, coerentemente con i sistemi di abbattimento presenti nella linea di trattamento dell'impianto, si è assunto che l'emissione di polveri sia interamente costituita da PM<sub>10</sub>, in analogia con un precedente studio di ARPAV per il medesimo impianto<sup>1</sup>. Nello specifico, le parametrizzazioni adottate hanno assunto una distribuzione della dimensione del particolato di tipo lognormale unimodale con moda su 0.48 µm e con deviazione standard 2 µm e coefficienti di scavenging per le precipitazioni liquide e solide, usati per il calcolo della deposizione umida, rispettivamente pari a  $1 \cdot 10^{-4}$  e a  $3 \cdot 10^{-5}$ .

### 2.2.3.2 Inquinanti misurati in discontinuo dal sistema SME (PCDD/F, PCB, BaP, metalli, mercurio)

Per questi inquinanti si è assunto un regime emissivo costante su base oraria con:

- temperatura e velocità dei fumi medi orari su base annua calcolati dai dati registrati dal sistema SME per il periodo di riferimento, mantenendo i valori misurati singolarmente per ognuna delle tre linee, con riferimento alle ore di effettivo esercizio dell'impianto
- portata massica oraria degli inquinanti calcolata come prodotto della portata volumetrica media oraria su base annua calcolata dalle registrazioni dal sistema SME per il periodo di riferimento e del valore medio delle concentrazioni misurate a camino durante il periodo di riferimento stesso. Nello specifico, tali valori medi sono stati quantificati utilizzando i valori misurati nei campionamenti discontinui effettuati nel secondo e terzo quadrimestre 2018 e nel primo quadrimestre 2019.

Come normalmente previsto nelle procedure adottate in situazioni analoghe, nei casi in cui le misure di concentrazione al camino sono risultate inferiori alla sensibilità del protocollo utilizzato se ne è assunto un valore pari alla metà del limite di sensibilità stesso (criterio *medium bound*). Tale assunzione ha interessato in particolare l'arsenico ed il cadmio, per cui tutti i valori misurati sono risultati non rilevabili ( $< 0,0006 \text{ mg m}^{-3}$ ), ed in misura consistente anche nichel, piombo, mercurio e benzo(a)pirene. I valori medi delle concentrazioni dei diversi inquinanti così ottenuti sono riassunti in Tabella 2.3. Le concentrazioni di PCB-DL e di PCDD/F sono espresse in termini di tossicità equivalente (TEQ), calcolata sulla base dei fattori di tossicità equivalenti TEF WHO 2006 nel caso di PCB-DL e di quelli del sistema internazionale I-TEF NATO 1998 nel caso di PCDD/F. Le portate volumetriche medie orarie, riferite a condizioni normali, gas secco all'11% O<sub>2</sub>, utilizzate per il calcolo delle portate massiche sono rispettivamente:  $23585 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  per la linea 1,  $19940 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  per la linea 2,  $32480 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  per la linea 3. Così come per gli inquinanti misurati in continuo, il regime emissivo è stato definito singolarmente

<sup>1</sup> ARPAV, 2018. Studio e determinazione delle ricadute dell'impianto di termovalorizzazione di Schio.

per ognuno dei due camini dell'impianto, come riassunto nella Tabella 2.3, mantenendo separata la trattazione delle due sorgenti nella procedura di simulazione modellistica.

Tabella 2.3 – Valori medi delle concentrazioni di As, Cd, Ni, Pb, Hg, BaP, PCB-DL, PCDD/F utilizzate per la definizione dei regimi emissivi nel periodo di riferimento (volumi riferiti a condizioni normali, gas secco, 11% O<sub>2</sub>).

<b>Inquinante</b>	<b>Linea 1</b>	<b>Linea 2</b>	<b>Linea 3</b>
As (mg m <sup>-3</sup> )	0,0003	0,0003	0,0003
Cd (mg m <sup>-3</sup> )	0,0003	0,0003	0,0003
Ni (mg m <sup>-3</sup> )	0,0011	0,0014	0,0011
Pb (mg m <sup>-3</sup> )	0,0013	0,0007	0,0012
Hg (mg m <sup>-3</sup> )	0,0003	0,0005	0,0003
BaP (µg m <sup>-3</sup> )	0,0028	0,0011	0,0011
PCB-DL (ng <sub>WHO-TEQ</sub> m <sup>-3</sup> )	0,0026	0,0015	0,0025
PCDD/F (ng <sub>L-TEQ</sub> m <sup>-3</sup> )	0,0072	0,0027	0,0049

Tabella 2.4 – Portate medie orarie di As, Cd, Ni, Pb, Hg, BaP, PCB-DL, PCDD/F nel periodo di riferimento

<b>Inquinante</b>	<b>Linea 1+2</b>	<b>Linea 3</b>
As (mg h <sup>-1</sup> )	13,1	9,7
Cd (mg h <sup>-1</sup> )	13,1	9,7
Ni (mg h <sup>-1</sup> )	53,2	37,2
Pb (mg h <sup>-1</sup> )	45,1	37,9
Hg (mg h <sup>-1</sup> )	17,2	9,7
BaP (µg h <sup>-1</sup> )	109,8	34,9
PCB-DL (ng <sub>WHO-TEQ</sub> h <sup>-1</sup> )	91,0	79,9
PCDD/F (ng <sub>L-TEQ</sub> h <sup>-1</sup> )	223,0	160,7

---

### 3. Risultati

Il modello di calcolo fornisce in uscita la serie temporale delle concentrazioni al suolo degli inquinanti considerati per ciascun nodo del dominio di calcolo. I dati grezzi vengono quindi processati dalla componente CALPOST del sistema modellistico per determinare parametri statistici riassuntivi di interesse, quali la concentrazione media annua, i valori massimi orari/medi giornalieri, particolari percentili della serie di concentrazioni medie orarie/medie giornaliere, il deposito annuo. I dati così elaborati costituiscono la base per rappresentazioni grafiche con mappe che illustrano la distribuzione spaziale delle concentrazioni in termini di linee di isoconcentrazione nell'area di studio.

#### 3.1 Concentrazioni al suolo

##### 3.1.1 Distribuzione spaziale

Le caratteristiche generali della distribuzione spaziale delle concentrazioni medie annue determinate dalle emissioni dell'impianto sono rappresentate nella Figura 3.1 con riferimento al dominio "grande" (20 x 20 km<sup>2</sup>, passo 500 m) e nella Figura 3.2 con riferimento al dominio "piccolo" (5 x 5 km<sup>2</sup>, passo 125 m). In entrambi i casi, le mappe riportano le linee che uniscono i punti caratterizzati dalla medesima percentuale del valore massimo di concentrazione stimato. Fatte salve le differenze nei valori assoluti di concentrazione, dovute alle diverse portate massiche degli inquinanti, la struttura della distribuzione spaziale è sostanzialmente analoga per tutti gli inquinanti perché governata dalle condizioni meteorologiche del periodo di riferimento. In particolare, coerentemente con il regime anemologico locale la distribuzione spaziale dei valori medi annui di concentrazione presenta una struttura essenzialmente allineata lungo la direttrice Nord Nord Ovest - Sud Sud Est, con l'influenza più significativa dell'impianto collocata in un'estensione territoriale di circa 2x2 km rispetto alla sua localizzazione, orientata lungo tale direttrice nell'area di insediamento. I valori massimi stimati per le concentrazioni si collocano a circa 150 m a Nord dell'impianto stesso, nel punto griglia di coordinate (687,125; 5065) per tutti gli inquinanti ad eccezione delle polveri, per cui il massimo è stimato nel punto griglia immediatamente adiacente di coordinate (687; 5065). La struttura della distribuzione spaziale ottenuta per il dominio piccolo è in sostanziale accordo con quella riportata per le ricadute medie annue di PM<sub>10</sub> nel già citato studio di ARPA Veneto, con l'unica differenza nella localizzazione del punto di massimo individuato immediatamente a Sud del confine dell'impianto in prossimità di Via Maestri del Lavoro. La coerenza nelle distribuzioni simulate è ulteriormente confermata dal valore stimato presso il recettore in Località Pozzo di Giavenale (R2), interessato dal 30% circa della massima ricaduta media annua secondo ARPAV a fronte del 40% circa che emerge da questo studio. Per gli altri recettori discreti considerati, sempre questo studio stima valori di circa il 5% della massima ricaduta media annua a Socche alla Croce (R3), di circa il 3% a Schio via Vecellio (R1) e di circa lo 0,7% alla scuola materna di Chiuppano (R4).

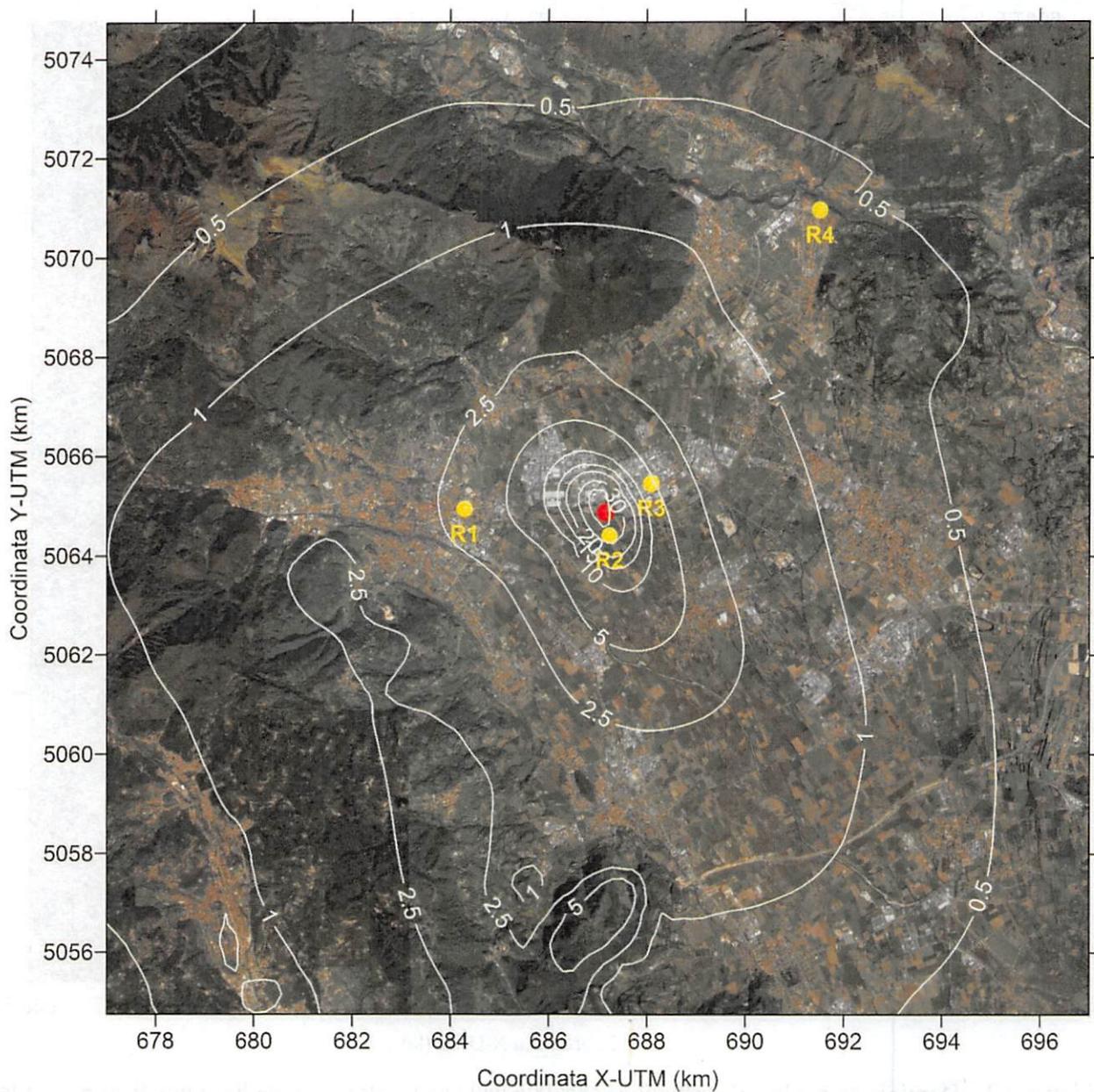


Figura 3.1 – Dominio “grande”: distribuzione spaziale delle concentrazioni medie annue (isolinee della percentuale del valore massimo di concentrazione)

*Nota esplicativa: la rappresentazione grafica descrive la struttura generale della distribuzione spaziale delle concentrazioni medie annue, pressoché identica per tutti gli inquinanti considerati. Il punto giallo rappresenta il punto di massima ricaduta delle emissioni dell'impianto, le linee uniscono i punti in cui si stima la medesima frazione percentuale del valore massimo (ad es.: l'isolinea 2,5 corrisponde al 2,5% del massimo). Le specifiche distribuzioni spaziali in termini di concentrazioni medie annue dei singoli inquinanti sono riportate nelle Figure A4.1-A4.11 dell'Allegato 4.*

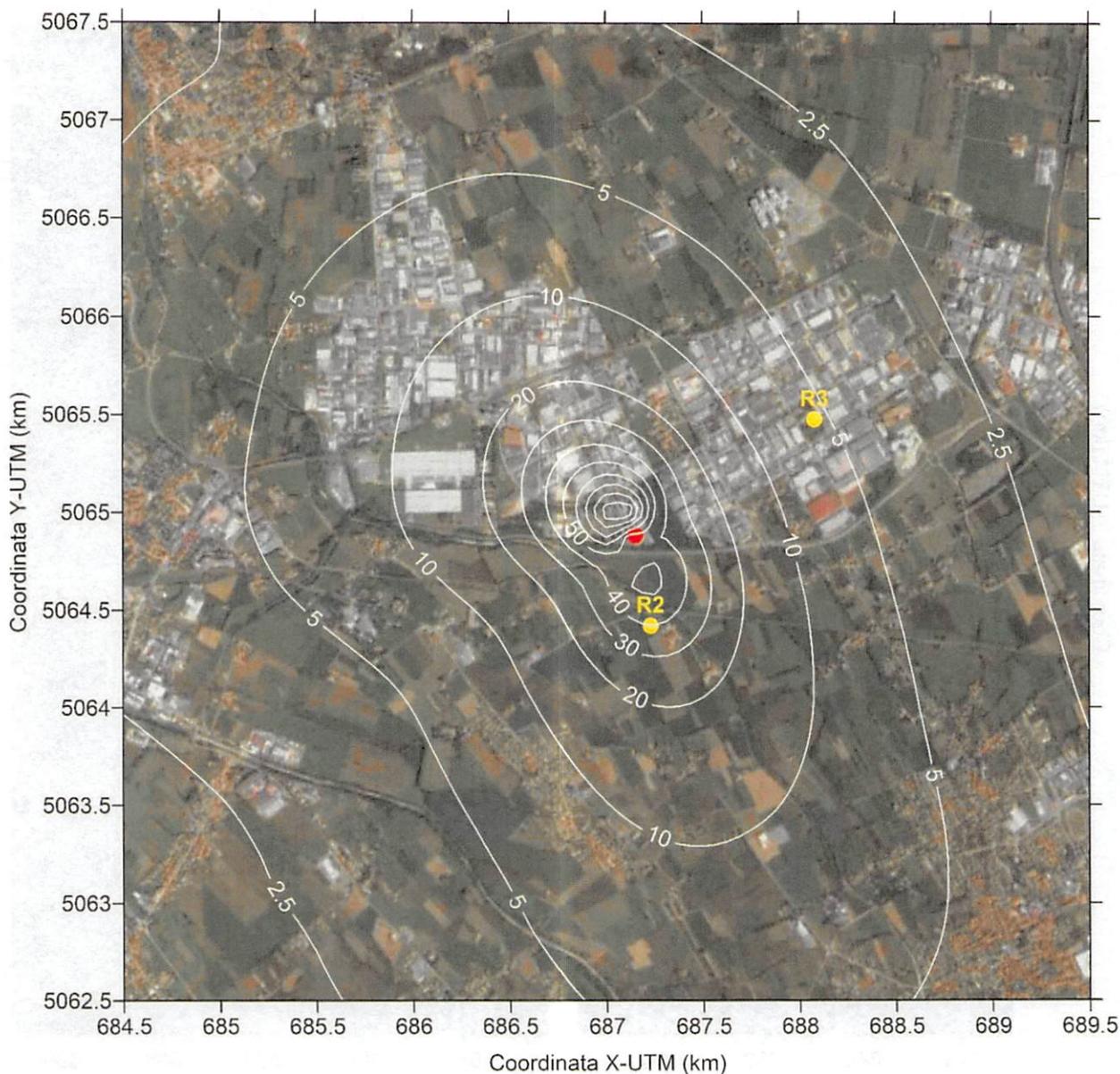


Figura 3.2 – Dominio “piccolo”: distribuzione spaziale delle concentrazioni medie annue (isolinee della percentuale del valore massimo di concentrazione)

*Nota esplicativa: la rappresentazione grafica descrive la struttura generale della distribuzione spaziale delle concentrazioni medie annue, pressoché identica per tutti gli inquinanti considerati. Il punto giallo rappresenta il punto di massima ricaduta delle emissioni dell'impianto, le linee uniscono i punti in cui si stima la medesima frazione percentuale del valore massimo (ad es.: l'isolinea 2,5 corrisponde al 2,5% del massimo). Le specifiche distribuzioni spaziali in termini di concentrazioni medie annue dei singoli inquinanti sono riportate nelle Figure A5.1-A5.11 dell'Allegato 5.*

Le mappe della distribuzione spaziale delle concentrazioni medie annue attribuibili alle emissioni dall'impianto per tutti gli inquinanti considerati, in termini di isolinee dei valori assoluti stimati dal modello, sono riportate nelle Figure A4.1-A4.11 e A5.1-A5.11 degli Allegati 4 e 5, rispettivamente per il dominio "grande" e per quello "piccolo". La Tabella 3.1 ne riassume i corrispondenti valori massimi: per agevolare l'interpretazione dei risultati, che indicano il contributo dell'impianto ai livelli ambientali di qualità dell'aria, nella stessa tabella 3.1 sono anche indicati, ove definiti, i valori limite di qualità dell'aria fissati dalla vigente normativa (D. Lgs. 155 del 13/08/2010 e ss.mm.ii.) per le concentrazioni medie annue degli inquinanti corrispondenti. Per le PCDD/F, di cui la normativa nazionale non fissa standard di riferimento, è riportato il valore indicato dalle linee guida della Germania per l'aria ambiente (*LAI-Laenderausschuss fur Immissiosschutz*).

In generale, i massimi valori medi annui stimati come contributo dell'impianto sono almeno tre ordini di grandezza (1000 volte) inferiori ai valori di riferimento e fino a 5 ordini di grandezza per il benzo(a)pirene. Per il biossido di azoto, la cui stima ha cautelativamente assunto la completa ossidazione a NO<sub>2</sub> degli NO<sub>x</sub> emessi dall'impianto, il massimo valore stimato (2,7 µg m<sup>-3</sup>) è pari al 6,75% del valore limite annuo (40 µg m<sup>-3</sup>).

Tabella 3.1 – Concentrazioni medie annue: valori limite di qualità dell'aria e valori massimi stimati dal modello nel dominio di calcolo, rapporto tra valore massimo stimato e limite di qualità dell'aria

Inquinante	Limite qualità dell'aria	Modello	Rapporto massimo/limite
NO <sub>2</sub> (µg m <sup>-3</sup> )	40	2,7	0,0675
PM <sub>10</sub> (µg m <sup>-3</sup> )	40	2,0·10 <sup>-2</sup>	0,0005
BaP (ng m <sup>-3</sup> )	1	5,8·10 <sup>-5</sup>	0,00006
As (ng m <sup>-3</sup> )	6	9,2·10 <sup>-3</sup>	0,0015
Cd (ng m <sup>-3</sup> )	5	9,2·10 <sup>-3</sup>	0,0018
Ni (ng m <sup>-3</sup> )	20	3,7·10 <sup>-2</sup>	0,0019
Pb (µg m <sup>-3</sup> )	0,5	3,3·10 <sup>-5</sup>	0,0001
Hg (ng m <sup>-3</sup> )		1,1·10 <sup>-2</sup>	
PCB-DL (fgWHO-TEQ m <sup>-3</sup> )		6,8·10 <sup>-2</sup>	
PCDD/F (fgI-TEQ m <sup>-3</sup> )	150 (*)	1,5·10 <sup>-1</sup>	0,001

Nota: per As, Cd, Ni e BaP il riferimento è definito come valore obiettivo;

(\*) Linee guida della Germania per l'aria ambiente

I valori massimi stimati per i parametri di interesse normativo (D. Lgs. 155 del 13/08/2010 e ss.mm.ii.) delle distribuzioni delle concentrazioni medie di breve periodo di PM<sub>10</sub> (90.4-esimo percentile delle concentrazioni medie giornaliere) e NO<sub>2</sub> (99.8-esimo percentile delle concentrazioni medie orarie) sono riassunti nella Tabella 3.2 e la loro distribuzione spaziale è rappresentata nelle Figure 3.3-3.4 e 3.5-3.6 per i due domini considerati. Per entrambi gli inquinanti ed i domini di calcolo adottati nella simulazione, le strutture delle distribuzioni spaziali dei valori stimati rispecchiano quelle delle concentrazioni medie annue rappresentate nelle Figura 3.1 e 3.2, con i valori massimi localizzati sempre nelle immediate vicinanze dell'impianto. Nel caso del PM<sub>10</sub> il valore stimato è di tre ordini di grandezza inferiore a quello stabilito dai vigenti limiti di qualità dell'aria, mentre per l'NO<sub>2</sub> il valore massimo stimato, localizzato all'interno del perimetro dell'impianto, rappresenta circa il 35% del valore limite.

Tabella 3.2 - Concentrazioni medie di breve periodo di PM<sub>10</sub> e NO<sub>2</sub>: valori limite di qualità dell'aria, valori massimi stimati dal modello nel dominio di calcolo, rapporto tra valore massimo stimato e limite di qualità dell'aria.

Inquinante e parametro	Limite qualità dell'aria	Modello	Rapporto massimo/limite
PM <sub>10</sub> : p90.4-24h (µg m <sup>-3</sup> )	50	4,1·10 <sup>-2</sup>	0,0008
NO <sub>2</sub> : p99.8-1h (µg m <sup>-3</sup> )	200	70	0,35

p90.4-24h: 90.4-esimo percentile delle concentrazioni medie giornaliere  
 p99.8-1h: 99.8-esimo percentile delle concentrazioni medie orarie

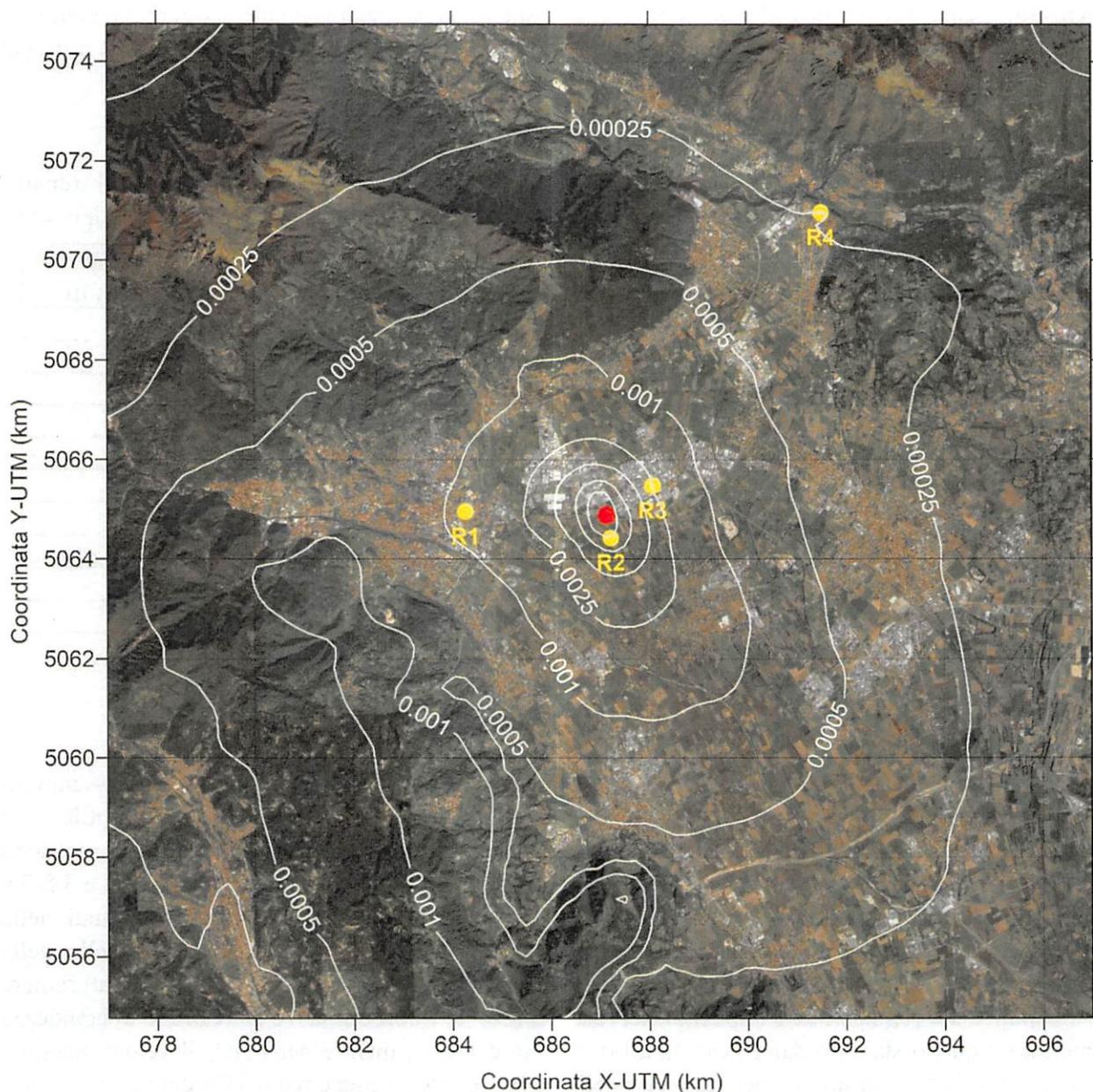


Figura 3.3 – Dominio “grande”: distribuzione spaziale del 90.4-esimo percentile (p90.4-24h, µg m<sup>-3</sup>) delle concentrazioni medie giornaliere di PM<sub>10</sub> dovuto alle emissioni dell’impianto

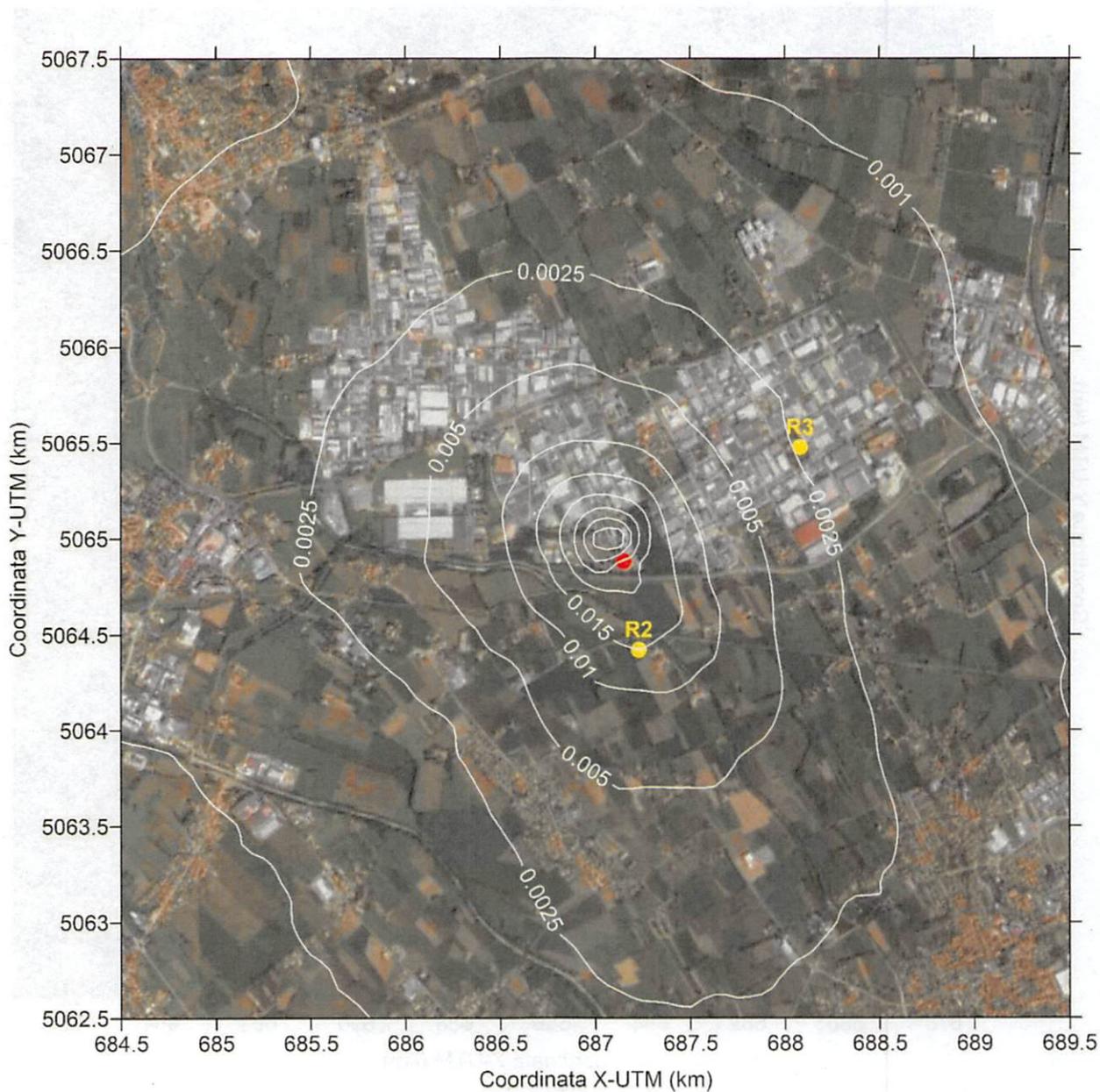


Figura 3.4 – Dominio “piccolo”: distribuzione spaziale del 90.4-esimo percentile ( $p_{90.4-24h}$ ,  $\mu\text{g m}^{-3}$ ) delle concentrazioni medie giornaliere di  $\text{PM}_{10}$  dovuto alle emissioni dell’impianto

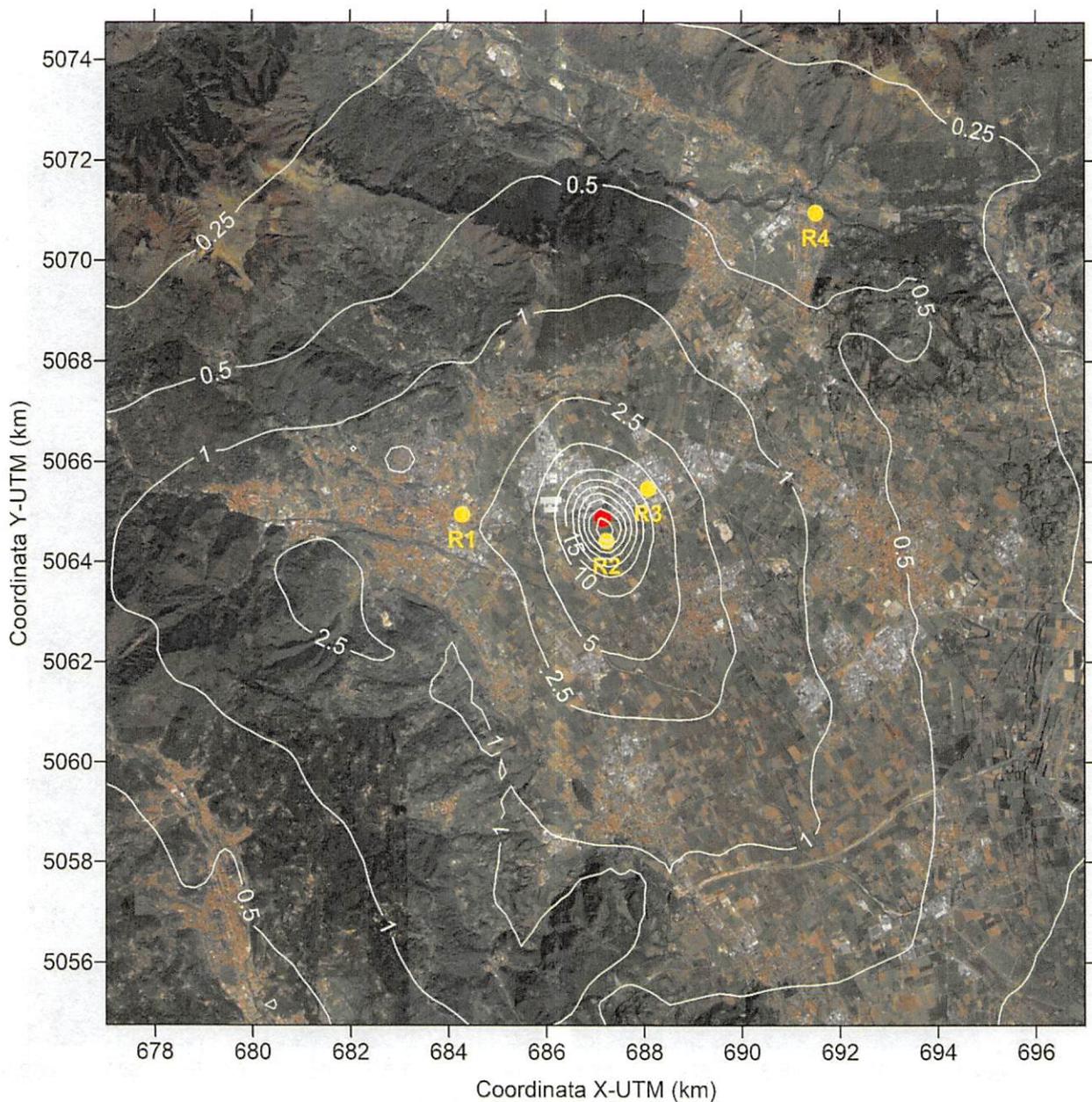


Figura 3.5 - Dominio "grande": distribuzione spaziale del 99.8-esimo percentile (p99.8-1h,  $\mu\text{g m}^{-3}$ ) delle concentrazioni medie orarie di NO<sub>2</sub> dovuto alle emissioni dell'impianto

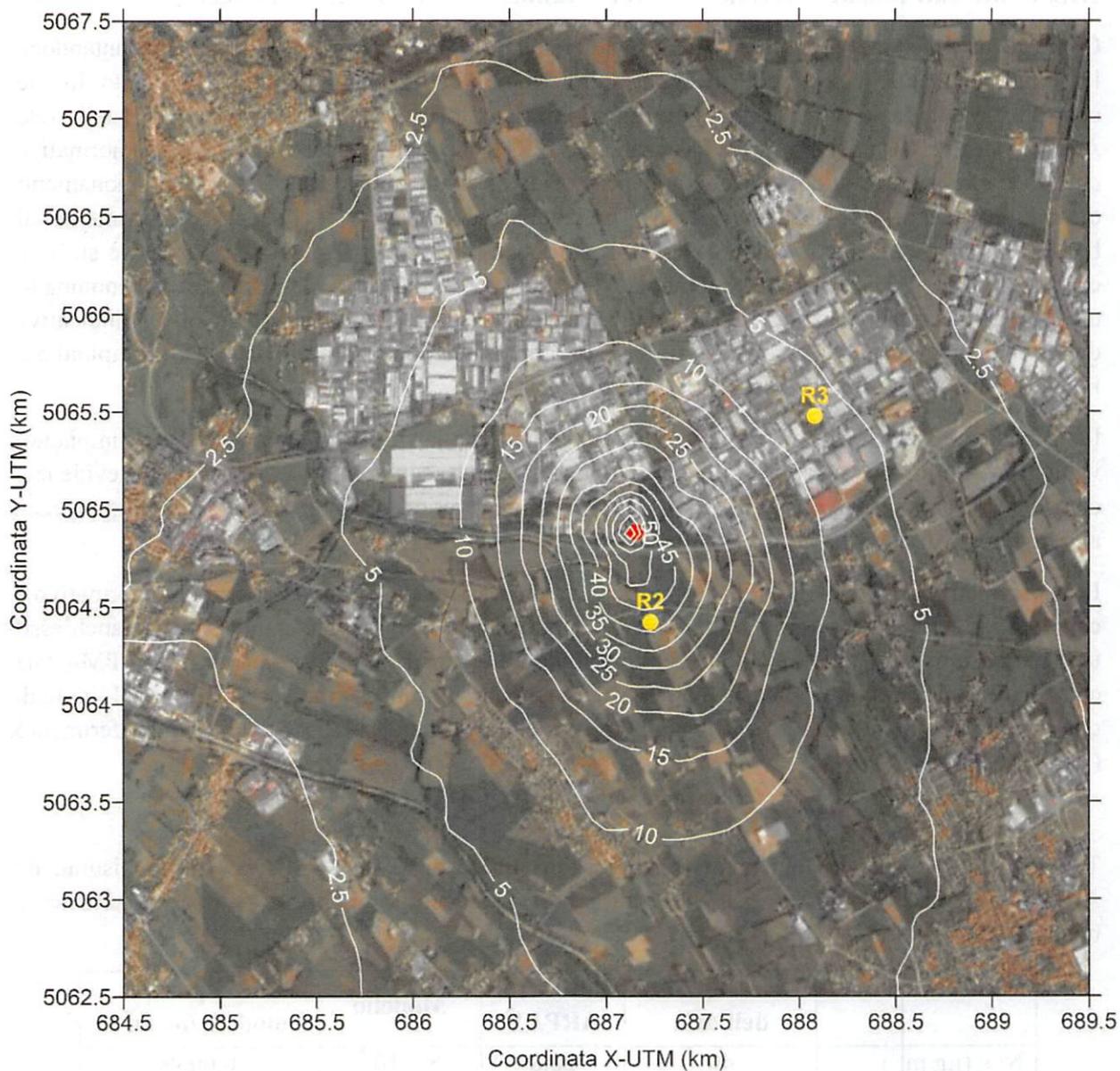


Figura 3.6 - Dominio “piccolo”: distribuzione spaziale del 99.8-esimo percentile ( $p_{99.8-1h}$ ,  $\mu\text{g m}^{-3}$ ) delle concentrazioni medie orarie di  $\text{NO}_2$  dovuto alle emissioni dell’impianto.

### 3.1.2 Contributi stimati in recettori discreti – cabina ARPAV di Schio via Vecellio

Come già accennato, l'inquadramento dei risultati della simulazione è stato ampliato confrontandone i risultati con alcune misure acquisite a vario titolo in punti collocati nell'area dell'impianto. In tale contesto, le simulazioni hanno in primo luogo considerato la stazione di monitoraggio della rete ARPAV localizzata a Schio in via Tiziano Vecellio (R1), che rende disponibili per finalità normative dati da campionatori automatici continui per ossidi di azoto e polveri e dati da campionamenti discontinui di PM<sub>10</sub> e successiva analisi in laboratorio per IPA, con specifico riferimento al benzo(a)pirene, e arsenico, cadmio, nichel e piombo. La risoluzione temporale dei dati è su base oraria per gli ossidi di azoto e su base media giornaliera per tutti gli altri inquinanti. Per gli inquinanti determinati con misure analitiche su campioni di PM<sub>10</sub>, i dati disponibili forniscono misure indicative della concentrazione media annua, basate su 134 campioni per il benzo(a)pirene e su 70 campioni per i quattro elementi tossici raccolti nel periodo di riferimento.

La Tabella 3.3 riporta i valori misurati e quelli risultanti dalla simulazione condotta per l'impianto, valutati in termini dei valori medi nel periodo di riferimento, con il relativo confronto che evidenzia contributi stimati per le emissioni dell'impianto sempre inferiori di almeno due ordini di grandezza ai corrispondenti dati rilevati.

Per i parametri di breve periodo il confronto dei valori stimati con i valori di riferimento normativo e con quelli osservati, seppur meno immediato rispetto al caso delle medie annue, fornisce anch'esso utili indicazioni per l'interpretazione del contributo delle emissioni dell'impianto. Per il PM<sub>10</sub> tale contributo appare del tutto irrisorio, con un valore stimato 4 ordini di grandezza inferiore al limite di qualità dell'aria, mentre per l'NO<sub>2</sub> il parametro stimato corrisponde al 2,3% del limite di riferimento (Tabella 3.4).

Tabella 3.3 – Concentrazioni medie annue: valori limite di qualità dell'aria, valori misurati da ARPAV e stimati dal modello per il sito di Schio via Vecellio, rapporto tra stima modellistica e misura.

	Limite qualità dell'aria	Misure ARPAV	Modello	Rapporto modello/misure
NO <sub>2</sub> (µg m <sup>-3</sup> )	40	20,8	8,1·10 <sup>-2</sup>	0,0039
PM <sub>10</sub> (µg m <sup>-3</sup> )	40	24,8	5,6·10 <sup>-4</sup>	0,00002
BaP (ng m <sup>-3</sup> )	1	0,7	1,8·10 <sup>-6</sup>	< 0,00001
As (ng m <sup>-3</sup> )	6	0,5	2,8·10 <sup>-4</sup>	0,0006
Cd (ng m <sup>-3</sup> )	5	0,14	2,8·10 <sup>-4</sup>	0,002
Ni (ng m <sup>-3</sup> )	20	2,04	1,1·10 <sup>-3</sup>	0,0005
Pb (µg m <sup>-3</sup> )	0,5	0,0025	1,0·10 <sup>-6</sup>	0,0004

Nota: per As, Cd, Ni e BaP il riferimento è definito come valore obiettivo

Tabella 3.4 - Concentrazioni medie di breve periodo di PM<sub>10</sub> e NO<sub>2</sub>: valori limite di qualità dell'aria, valori misurati da ARPAV e stimati dal modello per il sito di Schio via Vecellio, rapporto tra stima modellistica e misura.

Inquinante e parametro	Limite qualità dell'aria	Misure ARPAV	Modello	Rapporto modello/misure
PM <sub>10</sub> : p90.4-24h (µg m <sup>-3</sup> )	50	46	1,2·10 <sup>-3</sup>	0,00003
NO <sub>2</sub> : p99.8-1h (µg m <sup>-3</sup> )	200	87	2	0,023

p90.4-24h: 90.4-esimo percentile delle concentrazioni medie giornaliere

p99.8-1h: 99.8-esimo percentile delle concentrazioni medie orarie

Gli andamenti temporali dei contributi delle emissioni dell'impianto alle concentrazioni medie giornaliere di PM<sub>10</sub> e dei valori osservati sono rappresentati nelle Figure 3.7 e 3.8, rispettivamente. I contributi medi giornalieri sono generalmente inferiori a 0,002 µg m<sup>-3</sup>, con episodi di massimo collocati su livelli dell'ordine di 0,007 µg m<sup>-3</sup>, a fronte di concentrazioni medie giornaliere osservate di 3-4 ordini di grandezza superiori. Il massimo rapporto tra contributo dell'impianto e valore osservato è pari a 7,4·10<sup>-4</sup>. Gli andamenti dei contributi stimati e delle concentrazioni medie orarie osservate di NO<sub>2</sub> sono riportati nelle Figure 3.9 e 3.10. I valori medi orari stimati dal modello sono in larga prevalenza inferiori a 1 µg m<sup>-3</sup>, con sporadici episodi che raggiungono valori dell'ordine di 3-4 µg m<sup>-3</sup> e un massimo di 5,6 µg m<sup>-3</sup>, a fronte di valori osservati anche dell'ordine di 60-80 µg m<sup>-3</sup> nel periodo invernale. Il rapporto tra contributo dell'impianto e valore osservato è generalmente inferiore all'1% e solo in circa 40 ore, contraddistinte da venti provenienti da Est, risulta superiore al 10%, con un contributo massimo del 26%.

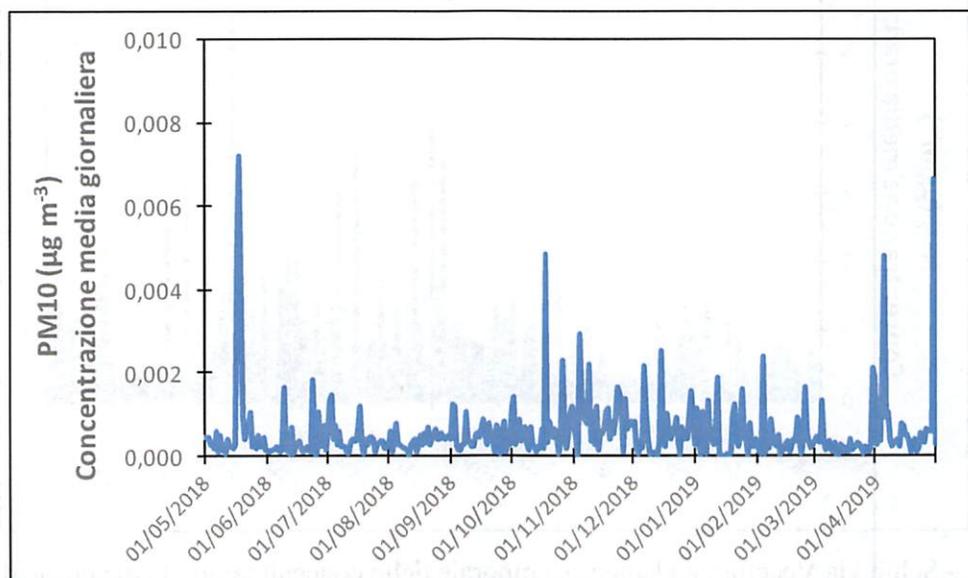


Figura 3.7 – Schio via Vecellio: andamento temporale delle concentrazioni medie giornaliere di PM<sub>10</sub> stimate dal modello come contributo delle emissioni dell'impianto.

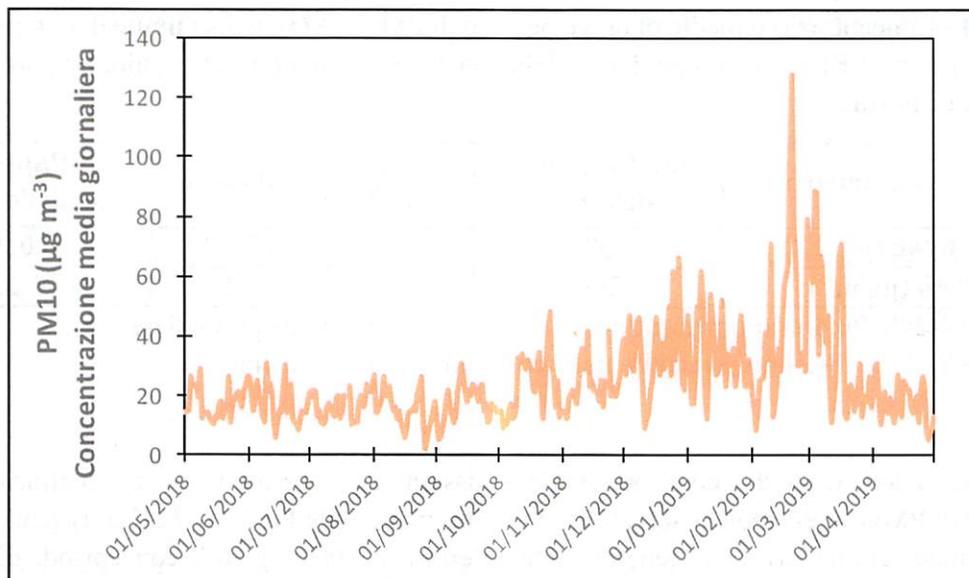


Figura 3.8 – Schio via Vecellio: andamento temporale delle concentrazioni medie giornaliere di PM<sub>10</sub> osservate.

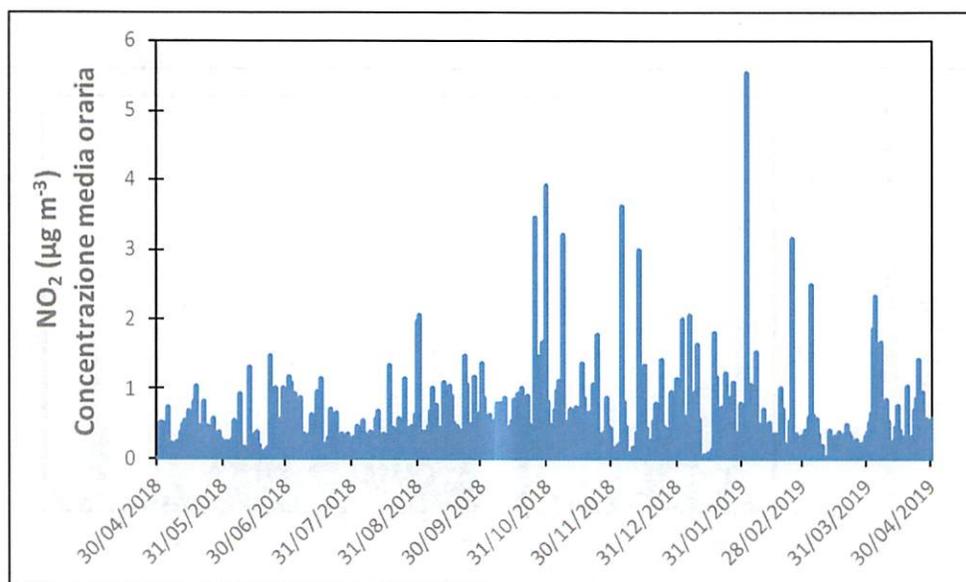


Figura 3.9 – Schio via Vecellio: andamento temporale delle concentrazioni medie orarie di NO<sub>2</sub> stimate dal modello come contributo delle emissioni dell'impianto.

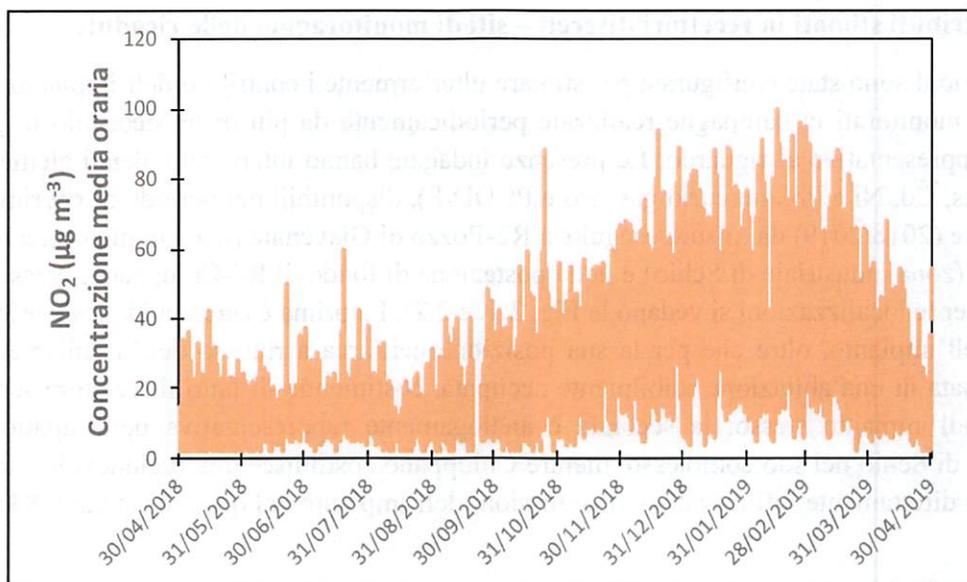


Figura 3.9 – Schio via Vecellio: andamento temporale delle concentrazioni medie orarie di NO<sub>2</sub> osservate.

Per quanto riguarda il benzo(a)pirene ed i quattro elementi tossici, i valori medi e massimi del contributo percentuale dell'impianto rispetto ai valori giornalieri misurati da ARPAV nel sito di via Vecellio riassunti in Tabella 3.5 indicano un ruolo del tutto marginale delle emissioni dell'impianto sulla qualità dell'aria.

Tabella 3.5 - Valori medi e massimi del contributo percentuale dell'impianto rispetto ai valori giornalieri di benzo(a)pirene ed elementi tossici misurati da ARPAV nel sito di via Vecellio

Parametro	BaP	As	Cd	Ni	Pb
Media	0,01%	0,05%	0,19%	0,06%	0,03%
Massimo	0,05%	0,16%	0,66%	0,35%	0,12%

---

### 3.1.3 Contributi stimati in recettori discreti – siti di monitoraggio delle ricadute

Le simulazioni sono state configurate per stimare ulteriormente i contributi dell'impianto per alcuni inquinanti monitorati in campagne realizzate periodicamente da più di un decennio in postazioni ritenute rappresentative al riguardo. Le presenze indagate hanno interessato alcuni elementi tossici (metalli: As, Cd, Ni e Pb, mercurio gassoso e PCDD/F), disponibili nel periodo di riferimento della simulazione (2018/2019) da misure eseguite a R2-Pozzo di Giavenale (zona impianto), a R3-Socche alla Croce (zona industriale di Schio) e nella postazione di fondo di R4-Chiuppano, presso la scuola materna (per le localizzazioni si vedano le Fig. 2.1. e 2.2). La prima è ritenuta idonea per identificare il ruolo dell'impianto, oltre che per la sua posizione nell'area a ridosso dell'insediamento, anche perché situata in una abitazione stabilmente occupata, costituendo di fatto il recettore sensibile più prossimo all'impianto stesso; la seconda è analogamente rappresentativa dell'impatto dell'area industriale di Schio nel suo complesso, mentre Chiuppano costituisce una ragionevole situazione di fondo, non direttamente influenzata dalle emissioni dell'impianto dal quale dista circa 8 km in linea d'aria.

Le misure disponibili nei siti che si sovrappongono al periodo temporale adottato per la simulazione modellistica sono state effettuate tra il settembre 2018 ed il febbraio 2019 secondo lo schema temporale riassunto nella Tabella 3.6, ed hanno interessato la determinazione delle presenze atmosferiche di benzo(a)pirene, di alcuni metalli in traccia (arsenico, cadmio, nichel, piombo), di diossine e furani e di mercurio gassoso totale (DICA 2019<sup>2</sup>).

Il confronto tra le concentrazioni acquisite dalle campagne e quelle stimate dal modello è sintetizzato nelle Tabelle 3.7-3.10 per i diversi inquinanti considerati. I risultati mostrano in tutti casi come i contributi derivanti dalla simulazione siano ampiamente inferiori ai valori misurati di concentrazione, evidenziando un ruolo estremamente limitato, quando non del tutto trascurabile, per le emissioni dell'impianto, tanto in corrispondenza del sito di Pozzo di Giavenale quanto e soprattutto per i siti di Socche alla Croce e di Chiuppano, con differenze generalmente superiori a qualche ordine di grandezza e con effetti della stagionalità tali da non influenzare significativamente l'entità delle differenze stesse. Più in dettaglio, per i metalli ed il mercurio le ricadute simulate sono 2-3 ordini di grandezza inferiori alle misure nel sito di Pozzo di Giavenale e 3-4 ordini di grandezza inferiori nei siti di Socche alla Croce e di Chiuppano; per il benzo(a)pirene i valori stimati per le campagne estive sono circa 2 ordini di grandezza inferiori a Pozzo di Giavenale e 4 ordini di grandezza inferiori nei siti di Socche alla Croce e di Chiuppano, mentre quelli per le campagne invernali rispettivamente 4 e 5-6 ordini di grandezza inferiori. Per il complesso delle diossine e furani il confronto mostra una situazione leggermente più diversificata tra i siti, in particolare nel periodo estivo: a Pozzo di Giavenale le stime sono 1 ordine di grandezza inferiori ai valori misurati, mentre a Socche alla Croce ed a Chiuppano il valore stimato è rispettivamente 3 e 4 ordini di grandezza inferiore a quello misurato; nelle campagne invernali le differenze tra i siti si attenuano, con contributi stimati circa 3 ordini di grandezza inferiori a quelli misurati a Pozzo di Giavenale e a Socche alla Croce e 4 ordini di grandezza inferiori a Chiuppano.

---

<sup>2</sup> DICA Politecnico di Milano, 2019. La presenza di diossine, idrocarburi policiclici aromatici ed elementi tossici in tracce nell'atmosfera e nel terreno della zona di Schio. Rapporto n° 839.0202.20.72

Tabella 3.6 - Periodi di campionamento disponibili nei siti di monitoraggio delle campagne AVA.

Settimana 1	Campagna estiva		Campagna invernale	
	dal	al	dal	Al
R2 Schio – Pozzo di Giavenale	11/09/2018	18/09/2018	18/02/2019	25/02/2019
R4 Chiuppano - scuola materna	11/09/2018	18/09/2018	18/02/2019	25/02/2019
Settimana 2	dal	al	dal	Al
R2 Schio – Pozzo di Giavenale	18/09/2018	26/09/2018	25/02/2019	04/03/2019
R3 Schio - Socche alla Croce	18/09/2018	26/09/2018	25/02/2019	04/03/2019

Tabella 3.7 – Concentrazioni medie di elementi tossici (ng m<sup>-3</sup>) misurate (prima riga, in corsivo) e stimate dal modello per le campagne 2018-2019. (\* sito non monitorato nella campagna)

Sito	Estate 2018 (settimana I)				Estate 2018 (settimana II)			
	As	Cd	Ni	Pb	As	Cd	Ni	Pb
R2 Pozzo di Giavenale	<i>0,32</i>	<i>0,06</i>	<i>1,16</i>	<i>2,20</i>	<i>0,24</i>	<i>0,08</i>	<i>1,52</i>	<i>1,84</i>
	$6,5 \cdot 10^{-3}$	$2,8 \cdot 10^{-3}$	$2,6 \cdot 10^{-2}$	$2,3 \cdot 10^{-2}$	$6,0 \cdot 10^{-3}$	$6,5 \cdot 10^{-3}$	$2,4 \cdot 10^{-2}$	$2,2 \cdot 10^{-2}$
R4 Chiuppano	<i>0,93</i>	<i>0,11</i>	<i>3,23</i>	<i>4,36</i>	*	*	*	*
	$4,2 \cdot 10^{-5}$	$4,2 \cdot 10^{-5}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$				
R3 Socche alla Croce	*	*	*	*	<i>0,15</i>	<i>0,05</i>	<i>2,40</i>	<i>1,19</i>
					$4,8 \cdot 10^{-4}$	$4,8 \cdot 10^{-4}$	$1,9 \cdot 10^{-3}$	$1,7 \cdot 10^{-3}$
Sito	Inverno 2019 (settimana I)				Inverno 2019 (settimana II)			
	As	Cd	Ni	Pb	As	Cd	Ni	Pb
R2 Pozzo di Giavenale	<i>0,43</i>	<i>0,17</i>	<i>2,21</i>	<i>5,73</i>	<i>0,64</i>	<i>0,25</i>	<i>4,58</i>	<i>7,34</i>
	$2,7 \cdot 10^{-3}$	$2,7 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-2}$	$9,9 \cdot 10^{-3}$	$2,4 \cdot 10^{-3}$	$2,4 \cdot 10^{-3}$	$9,6 \cdot 10^{-3}$	$8,7 \cdot 10^{-3}$
R4 Chiuppano	<i>0,64</i>	<i>0,13</i>	<i>2,60</i>	<i>4,71</i>	*	*	*	*
	$7,4 \cdot 10^{-5}$	$7,4 \cdot 10^{-5}$	$2,9 \cdot 10^{-4}$	$2,7 \cdot 10^{-4}$				
R3 Socche alla Croce	*	*	*	*	<i>0,61</i>	<i>0,18</i>	<i>6,25</i>	<i>5,79</i>
					$8,7 \cdot 10^{-4}$	$8,7 \cdot 10^{-4}$	$3,4 \cdot 10^{-3}$	$3,2 \cdot 10^{-3}$

Tabella 3.8 – Concentrazioni medie di benzo(a)pirene (ng m<sup>-3</sup>) misurate (prima riga, in corsivo) e stimate dal modello per le campagne 2018-2019. (\* sito non monitorato nella campagna)

Sito	Estate 2018 (settimana I)	Estate 2018 (settimana II)
R2 Pozzo di Giavenale	<i>0,006</i>	<i>0,007</i>
	$4,1 \cdot 10^{-5}$	$3,8 \cdot 10^{-5}$
R4 Chiuppano	<i>0,004</i>	*
	$2,6 \cdot 10^{-7}$	
R3 Socche alla Croce	*	<i>0,010</i>
		$3,2 \cdot 10^{-6}$
Sito	Inverno 2019 (settimana I)	Inverno 2019 (settimana II)
R2 Pozzo di Giavenale	<i>0,53</i>	<i>0,51</i>
	$1,8 \cdot 10^{-5}$	$1,6 \cdot 10^{-5}$
R4 Chiuppano	<i>0,64</i>	*
	$4,7 \cdot 10^{-7}$	
R3 Socche alla Croce	*	<i>0,40</i>
		$5,5 \cdot 10^{-6}$

Tabella 3.9 – Concentrazioni medie di diossine e furani (fgI-TEQ m<sup>-3</sup>) misurate (prima riga, in corsivo) e stimate dal modello per le campagne 2018-2019. (\* sito non monitorato nella campagna)

Sito	Estate 2018 (settimana I)	Estate 2018 (settimana II)	Inverno 2019 (settimana I)	Inverno 2019 (settimana II)
R2 Pozzo di Giavenale	<i>6,05</i>	<i>3,31</i>	<i>14,1</i>	<i>15,2</i>
	1,1·10 <sup>-1</sup>	1,1·10 <sup>-1</sup>	4,6·10 <sup>-2</sup>	4,1·10 <sup>-2</sup>
R4 Chiuppano	<i>2,40</i>	*	<i>17,3</i>	*
	7,0·10 <sup>-4</sup>		8,0·10 <sup>-3</sup>	
R3 Socche alla Croce	*	<i>3,63</i>	*	<i>11,3</i>
		8,0·10 <sup>-3</sup>		1,5·10 <sup>-2</sup>

Tabella 3.10 – Concentrazioni medie di mercurio (ng m<sup>-3</sup>) misurate (prima riga, in corsivo) e stimate dal modello per le campagne 2018-2019. (\* sito non monitorato nella campagna)

Sito	Estate 2018 (settimana I)	Estate 2018 (settimana II)	Inverno 2019 (settimana I)	Inverno 2019 (settimana II)
R2 Pozzo di Giavenale	*	<i>2,3</i>	*	<i>1,08</i>
		7,1·10 <sup>-3</sup>		2,9·10 <sup>-3</sup>
R4 Chiuppano	<i>2,0</i> 4,9·10 <sup>-5</sup>	*	<i>0,94</i> 8,8·10 <sup>-5</sup>	*

Dati supplementari di questo tipo, che integrano e confermano nella sostanza quanto osservato, sono resi disponibili anche da una campagna condotta da ARPAV a Pozzo di Giavenale, i cui risultati sono sintetizzati in Tabella 3.11

Tabella 3.11 – Concentrazioni medie misurate a Pozzo di Giavenale durante la campagna ARPA Veneto effettuata tra il 05/06/2018 ed il 20/06/2018 (prima riga, in corsivo) e stimate dal modello.

Inquinante	Concentrazione media 05/06/2018 - 20/06/2018
PM <sub>10</sub> (µg m <sup>-3</sup> )	<i>21</i> 6,0·10 <sup>-3</sup>
BaP (ng m <sup>-3</sup> )	< <i>0,02</i> 1,9·10 <sup>-5</sup>
As (ng m <sup>-3</sup> )	< <i>1</i> 3,3·10 <sup>-3</sup>
Cd (ng m <sup>-3</sup> )	< <i>0,2</i> 3,3·10 <sup>-3</sup>
Ni (ng m <sup>-3</sup> )	<i>1,8</i> 1,3·10 <sup>-2</sup>
Pb (ng m <sup>-3</sup> )	<i>2,1</i> 1,2·10 <sup>-2</sup>
PCB-DL (fg <sub>WHO</sub> -TEQ m <sup>-3</sup> )	<i>3,1*</i> 2,5·10 <sup>-2**</sup>
PCDD/F (fgI-TEQ m <sup>-3</sup> )	<i>0,2</i> 5,4·10 <sup>-2</sup>

\* tossicità equivalente complessiva (PCB-DL + PCDD/F) secondo lo schema WHO 2006

\*\* solo tossicità equivalente PCB-DL secondo lo schema WHO 2006

### 3.2 Deposito al suolo

La distribuzione spaziale del deposito annuo stimato per le polveri emesse dall'impianto è rappresentata nelle Figure 3.9 e 3.10 con riferimento ai due domini spaziali considerati. In accordo con le caratteristiche generali del processo, per sua natura largamente governato dal meccanismo attivo in corrispondenza delle precipitazioni, le distribuzioni appaiono allineate con l'anemologia che caratterizza gli eventi di pioggia registrati nel periodo. La corrispondente rosa dei venti, riportata in Figura 3.11, mostra una prevalente associazione degli eventi piovosi con le componenti provenienti da Nord-Nord Ovest: la forma generale della distribuzione spaziale stimata per i depositi totali appare così allineata lungo tale direzione. Il valore massimo (circa  $10 \text{ mg m}^{-2} \text{ anno}^{-1}$ ) è collocato in posizione pressoché coincidente con la localizzazione dell'impianto, in analogia con i risultati ottenuti nella maggioranza di stime modellistiche condotte per analoghe situazioni emissive.

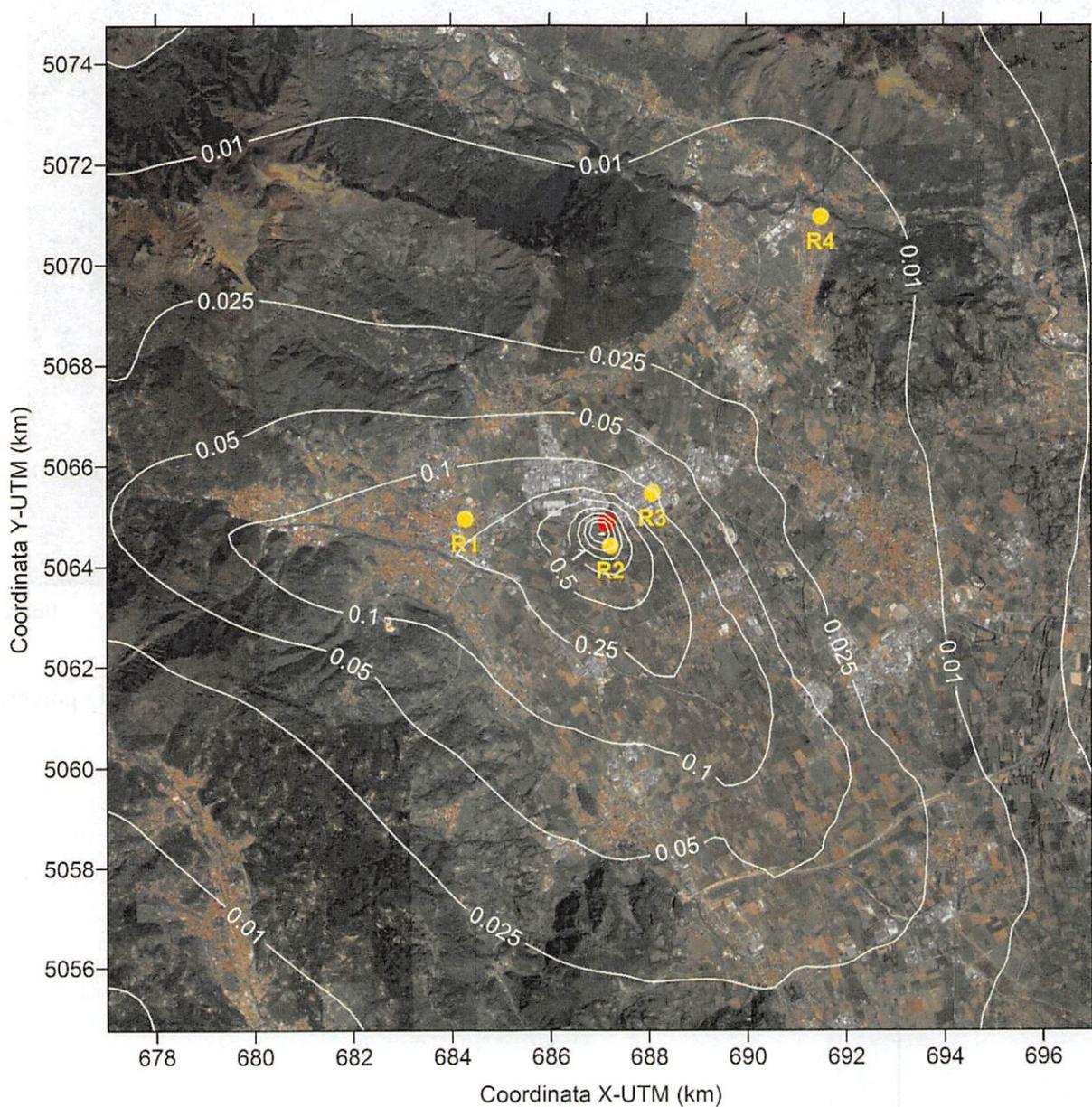


Figura 3.9 - Dominio "grande": distribuzione spaziale del deposito annuo di polveri ( $\text{mg m}^{-2} \text{ anno}^{-1}$ ) dovuto alle emissioni dell'impianto

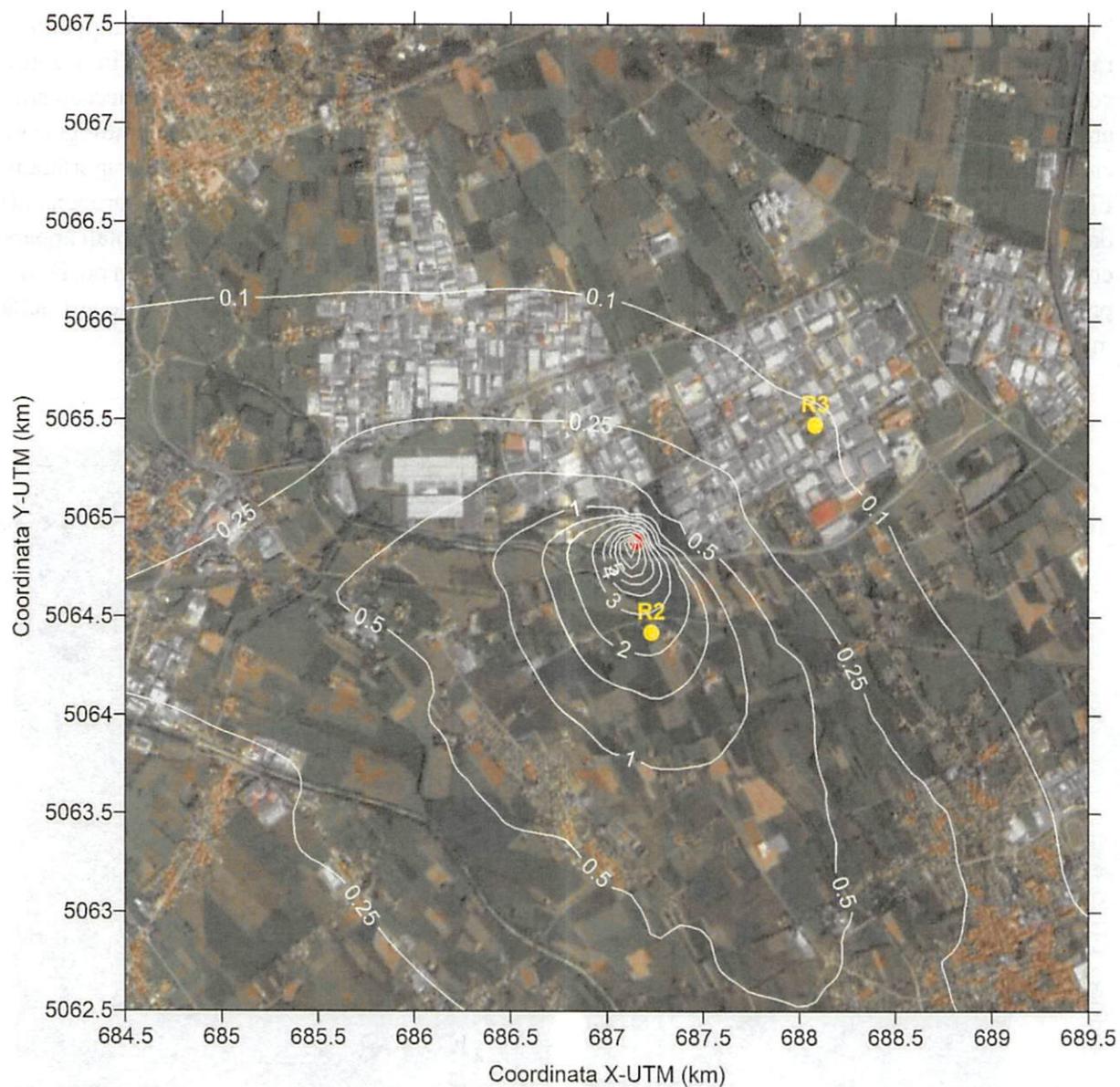


Figura 3.10 - Dominio “piccolo”: distribuzione spaziale del deposito annuo di polveri ( $\text{mg m}^{-2} \text{anno}^{-1}$ ) dovuto alle emissioni dell’impianto

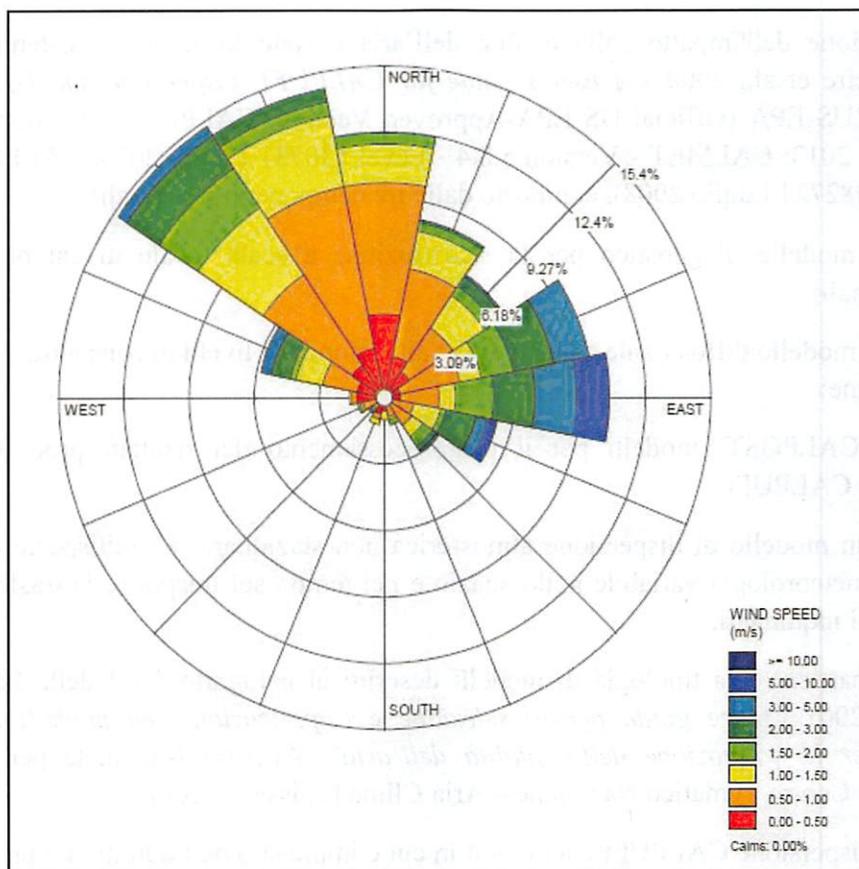


Figura 3.11 - Rosa dei venti nelle ore di pioggia alla quota di 10 m nel periodo di riferimento

---

## Allegato 1 – Caratteristiche del modello CALPUFF

Per la valutazione dell'impatto sulla qualità dell'aria è stato utilizzato il sistema modellistico CALPUFF (Scire et al., 2000 - *A user's guide for CALPUFF dispersion model*), nella versione approvata dall'US-EPA (Official US EPA-Approved Version: CALPUFF - Version 5.8.4 - Level 130731 Luglio 2013; CALMET - Version 5.8.4 - Level 130731 Luglio 2013; CALPOST - Version 6.221 - Level 082724 Luglio 2008), composto dalle tre componenti principali:

- CALMET: modello diagnostico per la ricostruzione a scala locale di campi meteorologici tridimensionali;
- CALPUFF: modello diffusionale a puff per la valutazione dei livelli di concentrazione e dei flussi di deposizione;
- PRTMET, CALPOST: modelli per il postprocessamento dei risultati prodotti dai modelli CALMET e CALPUFF.

CALPUFF è un modello di dispersione atmosferica non stazionario e multispecie che simula gli effetti di una meteorologia variabile nello spazio e nel tempo sul trasporto, la trasformazione e la rimozione degli inquinanti.

CALPUFF appartiene alla tipologia di modelli descritti al paragrafo 3.1.2 della linea guida RTI CTN\_ACE 4/2001 "*Linee guida per la selezione e l'applicazione dei modelli di dispersione atmosferica per la valutazione della qualità dell'aria*", Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, Centro Tematico Nazionale – Aria Clima Emissioni, 2001.

Il modello di dispersione CALPUFF, nel modo in cui è impiegato nell'ambito del presente studio, è classificabile nella tipologia 2 della scheda 9 della norma UNI 10796:2000 "*Valutazione della dispersione in atmosfera di effluenti aeriformi - Guida ai criteri di selezione dei modelli matematici*", ma ha alcune caratteristiche avanzate tali da classificarlo nella tipologia 3 della medesima scheda 9.

Inoltre, le Linee Guida in materia di odori della Regione Lombardia (DGR n. 3018/2012), fra i modelli raccomandati per le valutazioni di impatto olfattivo, indicano i modelli non stazionari a puff oppure a segmenti oltre ai modelli 3D lagrangiani (a puff o a particelle) e i modelli 3D euleriani.

Il modello CALPUFF si basa su un approccio di tipo lagrangiano gaussiano a puff, non stazionario, multistrato e multispecie, e comprende una serie di opzioni per la stima del trasporto e diffusione in atmosfera di emissioni prodotte da diverse configurazioni di sorgenti (puntuale, areale, lineare), in situazioni orografiche semplici o complesse.

Le principali caratteristiche del modello sono:

- la capacità di trattare sorgenti puntuali, lineari, aerali, volumetriche, con caratteristiche variabili nel tempo (flusso di massa dell'inquinante, velocità di uscita dei fumi, temperatura, ecc.);
- la notevole flessibilità relativamente all'estensione del dominio di simulazione, da poche decine di metri (scala locale) a centinaia di chilometri dalla sorgente (mesoscala);
- la possibilità di effettuare simulazioni short-term e long-term: nel primo caso vengono definiti dei casi di studio di alcuni giorni e le concentrazioni sono da considerarsi come tipiche per una data condizione meteorologica; nel secondo caso si ottengono concentrazioni medie per periodi temporali più significativi (ad esempio un anno);

- la capacità di trattare situazioni meteorologiche variabili e complesse, come calma di vento, parametri dispersivi non omogenei, effetti vicino alla sorgente (come l'innalzamento del pennacchio in prossimità dalla sorgente), il building downwash (effetti locali di notevole turbolenza dovuti alla presenza di ostacoli lungo la direzione del flusso), la parziale penetrazione del pennacchio nello strato di inversione, i fenomeni di fumigazione;
- la capacità di trattare condizioni di orografia complessa e caratterizzata da una significativa rugosità, nelle quali gli effetti della fisionomia del terreno influenzano la dispersione degli inquinanti;
- la capacità di trattare effetti a lungo raggio quali le trasformazioni chimiche, trasporto su specchi d'acqua ed interazione tra zone marine e zone costiere;
- la possibilità di applicazione ad inquinanti inerti e polveri, soggetti a rimozione a secco o ad umido, e ad inquinanti reagenti: si possono considerare sia la formazione di inquinanti secondari che il fenomeno di smog fotochimico.

Per poter tener conto della non stazionarietà dei fenomeni, l'emissione di inquinante (plume) viene suddivisa in "pacchetti" discreti di materiale (puff o slug) la cui forma e dinamica dipendono dalle condizioni di rilascio e dalle condizioni meteorologiche locali. In particolare la dinamica dei puff, che simula l'innalzamento del pennacchio, viene descritta con un algoritmo che include i principali effetti che influenzano le modalità di innalzamento: galleggiamento termico e quantità di moto, stratificazione verticale del vento in atmosfere stabili, parziale penetrazione del pennacchio nel livello d'inversione stabile, effetti di depressione dovuti alla presenza del camino (stack-tip downwash) o di edifici (building downwash).

Il contributo di ogni puff alle concentrazioni rilevate presso un recettore viene valutato mediante un metodo "ad istantanea": ad intervalli di tempo regolari (sampling step), ogni puff viene "congelato" e viene calcolato il suo contributo alla concentrazione. Il puff può quindi muoversi, evolversi in forma e dimensione fino all'intervallo successivo. Applicando il principio di sovrapposizione degli effetti, la concentrazione di inquinante in un recettore è quindi calcolata come sommatoria del contributo di tutti i puff vicini, considerando la media di tutti gli intervalli temporali (sampling step) contenuti nel periodo di base, in genere equivalente ad un'ora.

Il contributo di concentrazione al suolo C di un puff presente nel dominio istantanea derivante dalla sua presenza in un generico recettore è descritto dalla seguente relazione:

$$C = \left( \frac{Q}{2\pi\sigma_x\sigma_y} \right) g \exp\left( -\frac{d_a^2}{2\sigma_x^2} \right) \exp\left( -\frac{d_c^2}{2\sigma_y^2} \right)$$

in cui:

Q = massa di inquinante nel puff;

$\sigma_x, \sigma_y$  = coefficienti di dispersione orizzontale e verticale, rispettivamente;

$d_a$  = distanza tra il recettore ed il centro del puff nella direzione del vento;

$d_c$  = distanza tra il recettore ed il centro del puff nella direzione trasversale al vento;

---

$g$  = termine che tiene conto delle riflessioni multiple della copertura e del suolo in funzione dell'altezza dello strato di mescolamento  $h$ , dell'altezza effettiva del centro del puff da terra  $H$  e della dispersione turbolenta lungo la verticale  $\sigma_z$ :

$$g = \frac{Q}{(2\pi)^{0.5} \sigma_z} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \exp\left(-\frac{(H + 2nh)^2}{2\sigma_z^2}\right)$$

In un generico recettore tutti i puff presenti nel dominio di calcolo contribuiscono alla concentrazione totale con un proprio apporto proporzionale alla distanza orizzontale tra il loro baricentro e il recettore, all'altezza del proprio baricentro, al valore delle proprie deviazioni standard ed alla quantità di inquinante contenuto.

Oltre ad essere trasportato dal movimento medio delle masse d'aria, un puff è soggetto all'azione della dispersione turbolenta, che determina il progressivo inglobamento di aria associata a vortici turbolenti di piccole e medie dimensioni, con una conseguente progressiva diminuzione della concentrazione entro il puff ed un aumento irreversibile di omogeneità nella sua distribuzione interna. Per trattare questo aspetto, è consuetudine ipotizzare che il processo di dispersione turbolenta sia descrivibile con una distribuzione della concentrazione di inquinante di forma gaussiana nelle tre direzioni coordinate. I coefficienti di dispersione rappresentano le deviazioni standard delle distribuzioni spaziali delle concentrazioni e forniscono, quindi, una misura della dispersione dei valori di concentrazione attorno all'asse del pennacchio. Le deviazioni standard  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$ ,  $\sigma_z$  delle tre distribuzioni gaussiane lungo gli assi coordinati, dipendono principalmente dalla turbolenza dello strato limite planetario, ma anche dalla geometria della sorgente e dalla spinta di galleggiamento posseduta dal puff.

Le formulazioni parametriche utilizzate per la determinazione dei coefficienti di dispersione considerano il tempo di volo del puff, cioè il tempo trascorso dalla sua emissione, le deviazioni standard della componente trasversale e verticale del vento nel baricentro del puff, il tempo di scala per i movimenti orizzontali e per i movimenti verticali. In particolare, i coefficienti di dispersione risultano direttamente proporzionali alle deviazioni standard delle componenti del vento in quanto queste rappresentano effettivamente la reale capacità disperdente dell'atmosfera.

Il modello è in grado di considerare anche l'effetto di trascinamento al suolo del pennacchio indotto dalla presenza di edifici sottovento alla sorgente di emissione. Il fenomeno, definito come "downwash" nella terminologia anglosassone, è conseguenza della turbolenza meccanica generata dalla presenza dell'edificio nella zona sottovento adiacente all'edificio stesso, e determina un incremento delle concentrazioni massime al suolo ed un avvicinamento della loro localizzazione al punto di emissione. La possibilità che il fenomeno si verifichi e la sua entità dipendono dalla distanza tra l'emissione e gli edifici circostanti e dalle dimensioni relative degli edifici stessi rispetto all'altezza effettiva della sorgente. A tale proposito, l'algoritmo di calcolo considera le interazioni tra ogni singola sorgente e gli edifici che la circondano in funzione della meteorologia e della direzione del vento dominante, provvedendo ad apportare le eventuali correzioni richieste all'innalzamento dell'emissione secondo due distinte procedure (modello di Huber-Snyder, modello di Schulman-Scire) individuate in base all'altezza della sorgente ed alle dimensioni degli edifici.

Il sistema modellistico CALPUFF può correttamente riprodurre fenomeni quali la stagnazione degli inquinanti (calme di vento), il ricircolo dei venti, e la variazione temporale e spaziale delle condizioni meteorologiche.

---

Per quanto riguarda il trattamento delle calme di vento, il modello prevede:

- per i puff rilasciati in atmosfera durante le ore di calma di vento:

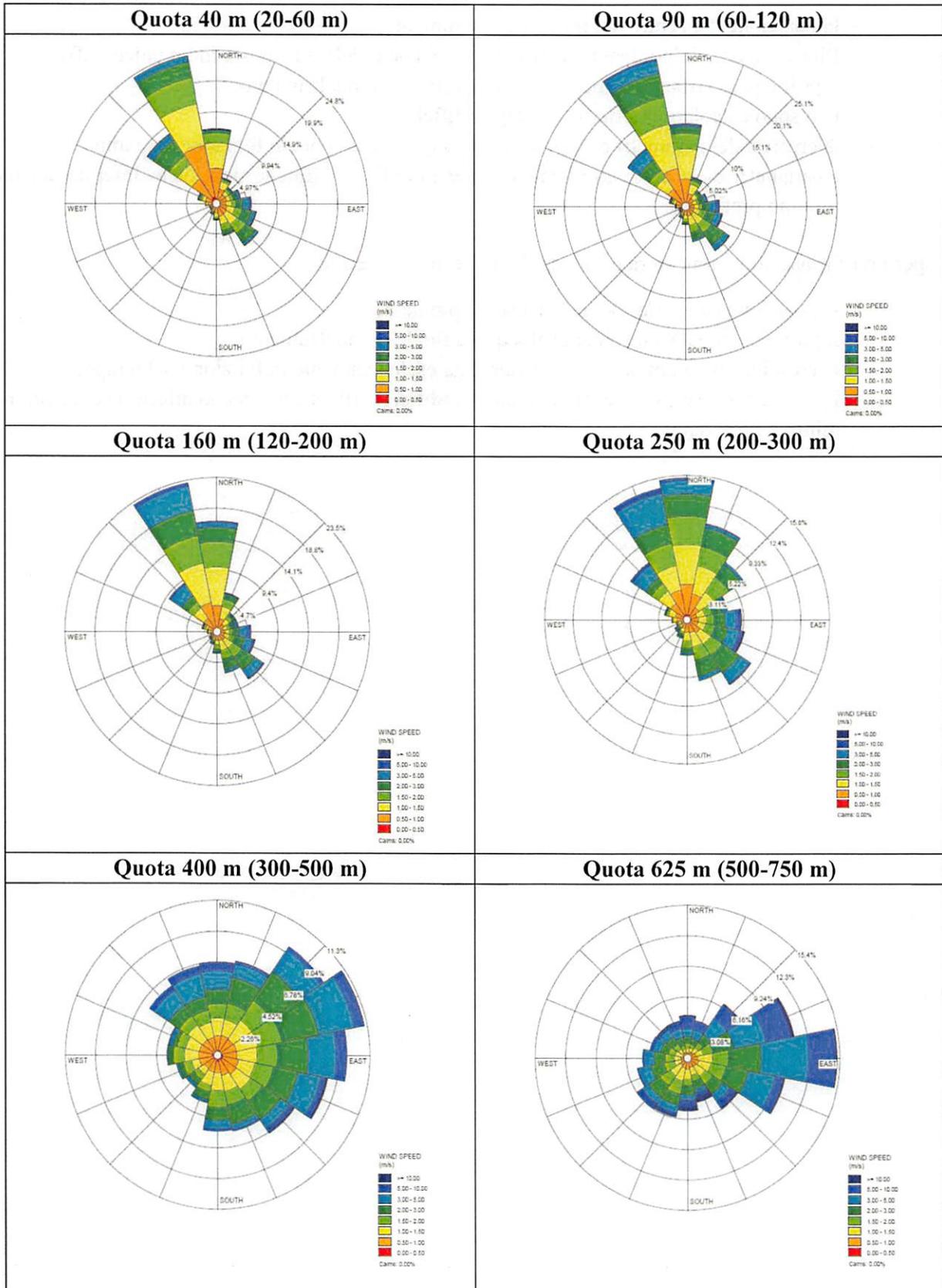
- la posizione del centro del puff rimane immutata;
- l'intera massa di inquinante da rilasciare nel corso dell'ora è posta in un unico puff;
- il puff è posto istantaneamente alla quota finale di innalzamento;
- non sono calcolati gli effetti scia degli edifici;
- la crescita dei parametri  $\sigma_y$  e  $\sigma_z$  è calcolata esclusivamente in funzione del tempo;
- i parametri  $\sigma_v$  e  $\sigma_w$  sono eventualmente modificati affinché non siano inferiori ad un minimo prefissato.

- per i puff rilasciati in atmosfera prima dell'ora di calma di vento:

- la posizione del centro del puff rimane immutata;
- il puff è posto istantaneamente alla quota finale di innalzamento;
- la crescita dei parametri  $\sigma_y$  e  $\sigma_z$  è calcolata esclusivamente in funzione del tempo;
- i parametri  $\sigma_v$  e  $\sigma_w$  sono eventualmente modificati affinché non siano inferiori ad un valore minimo prefissato.

## Allegato 2 – Rose dei venti in quota nel periodo di riferimento

Periodo di riferimento: 01/05/2018 – 30/04/2019



---

### Allegato 3 – Andamento temporale delle emissioni di polveri e NH<sub>3</sub>

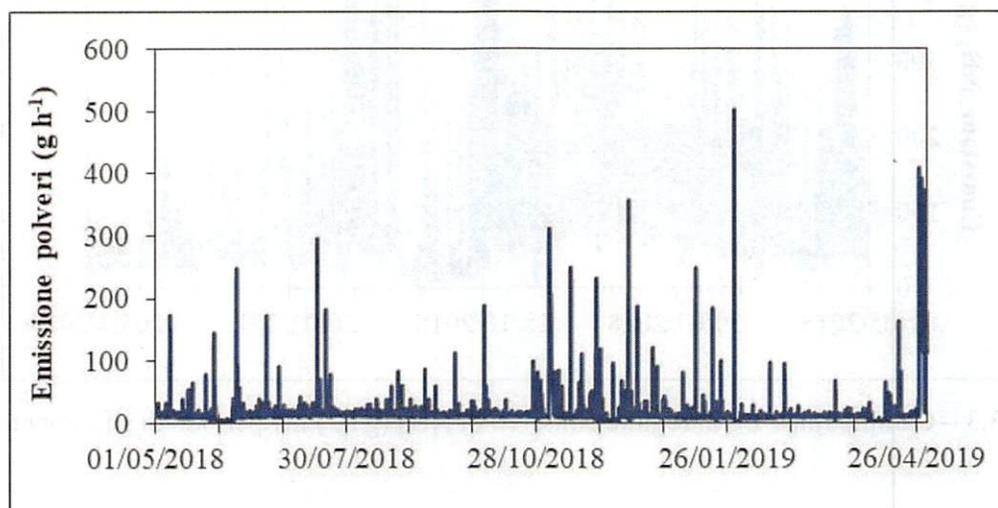


Figura A3.1 – Camino linea 1 e 2: regime emissivo di polveri (g h<sup>-1</sup>) nel periodo di riferimento

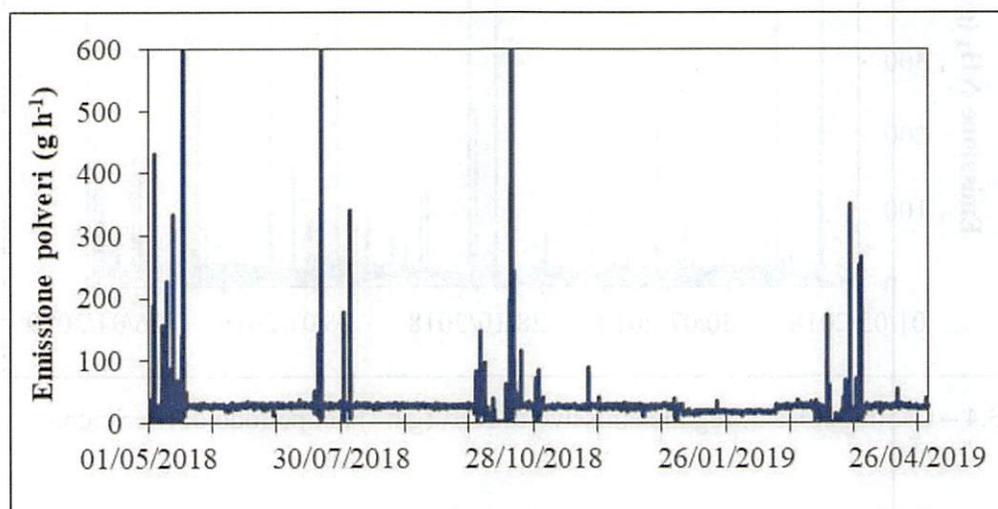


Figura A3.2 – Camino linea 3: regime emissivo di polveri (g h<sup>-1</sup>) nel periodo di riferimento

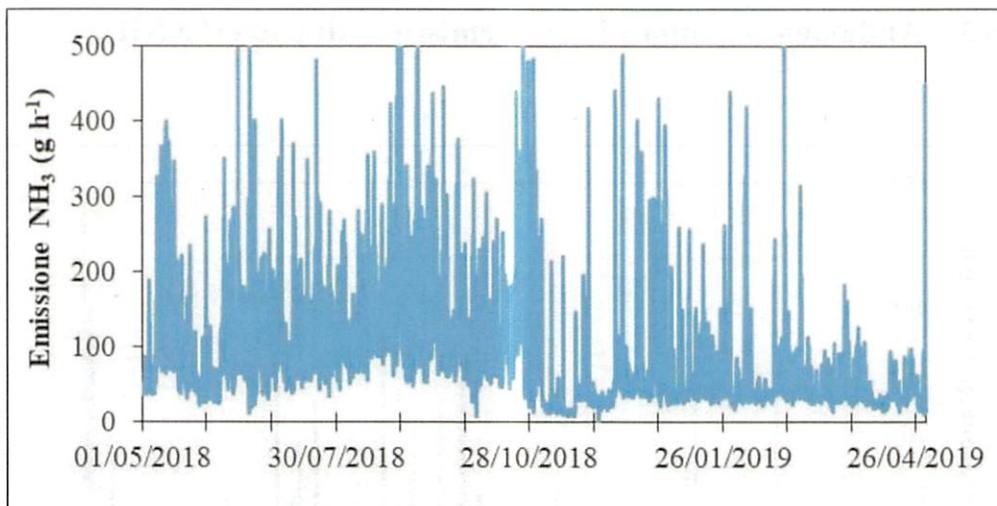


Figura A3.3 – Camino linea 1 e 2: regime emissivo di  $\text{NH}_3$  ( $\text{g h}^{-1}$ ) nel periodo di riferimento

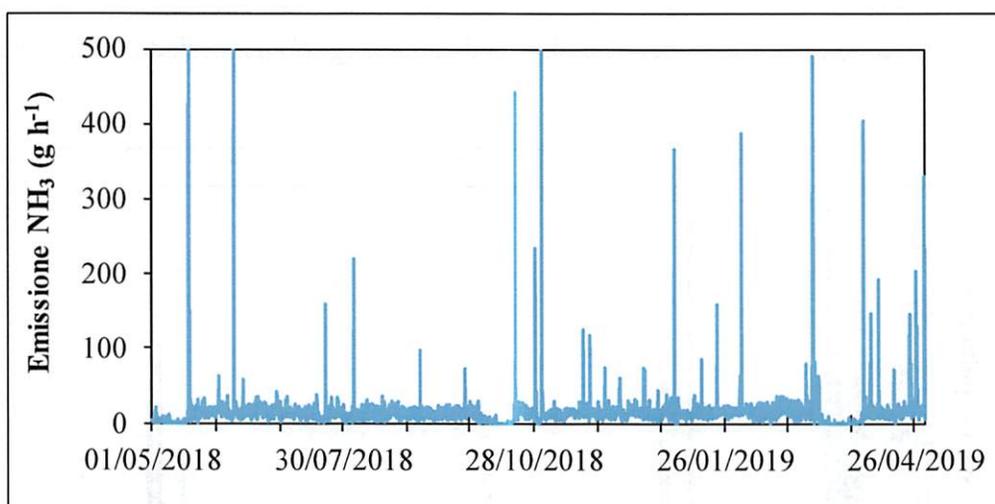


Figura A3.4 – Camino linea 3: regime emissivo di  $\text{NH}_3$  ( $\text{g h}^{-1}$ ) nel periodo di riferimento

## Allegato 4 – Distribuzione spaziale delle ricadute – Dominio “grande”

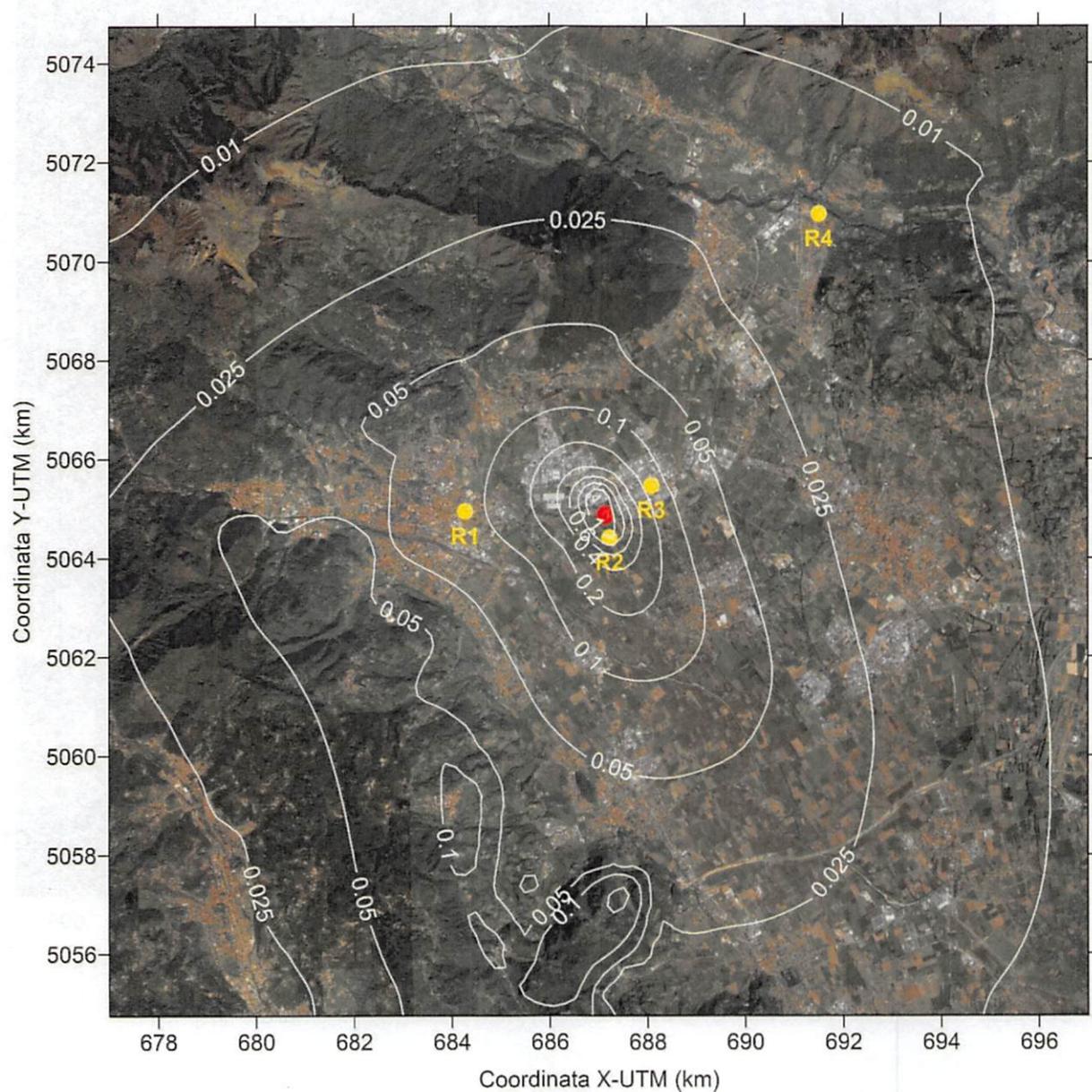


Figura A4.1 – Dominio “grande” – Concentrazioni medie annue di NO<sub>2</sub> ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )

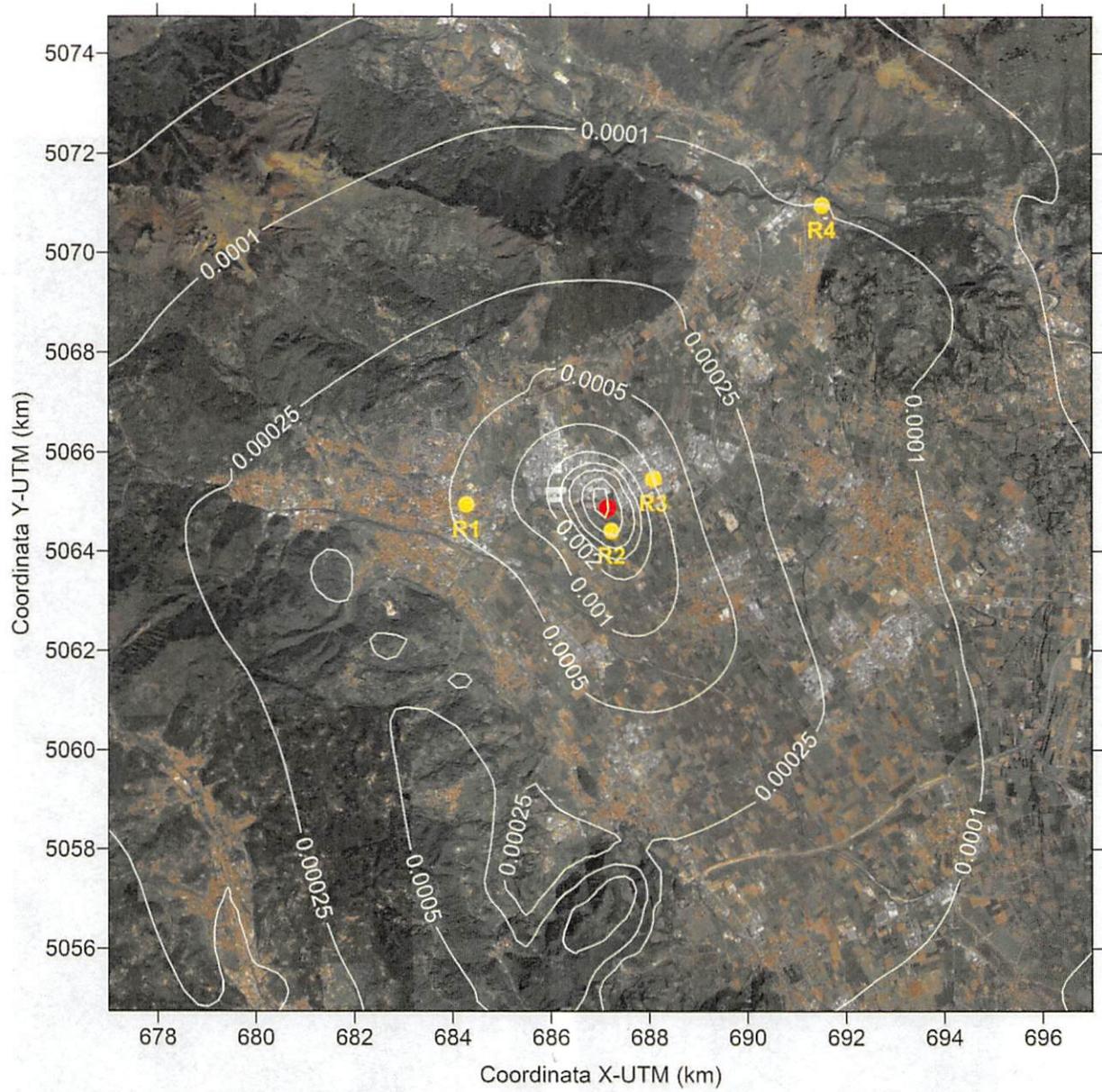


Figura A4.2 – Dominio “grande” – Concentrazioni medie annue di PM<sub>10</sub> ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )

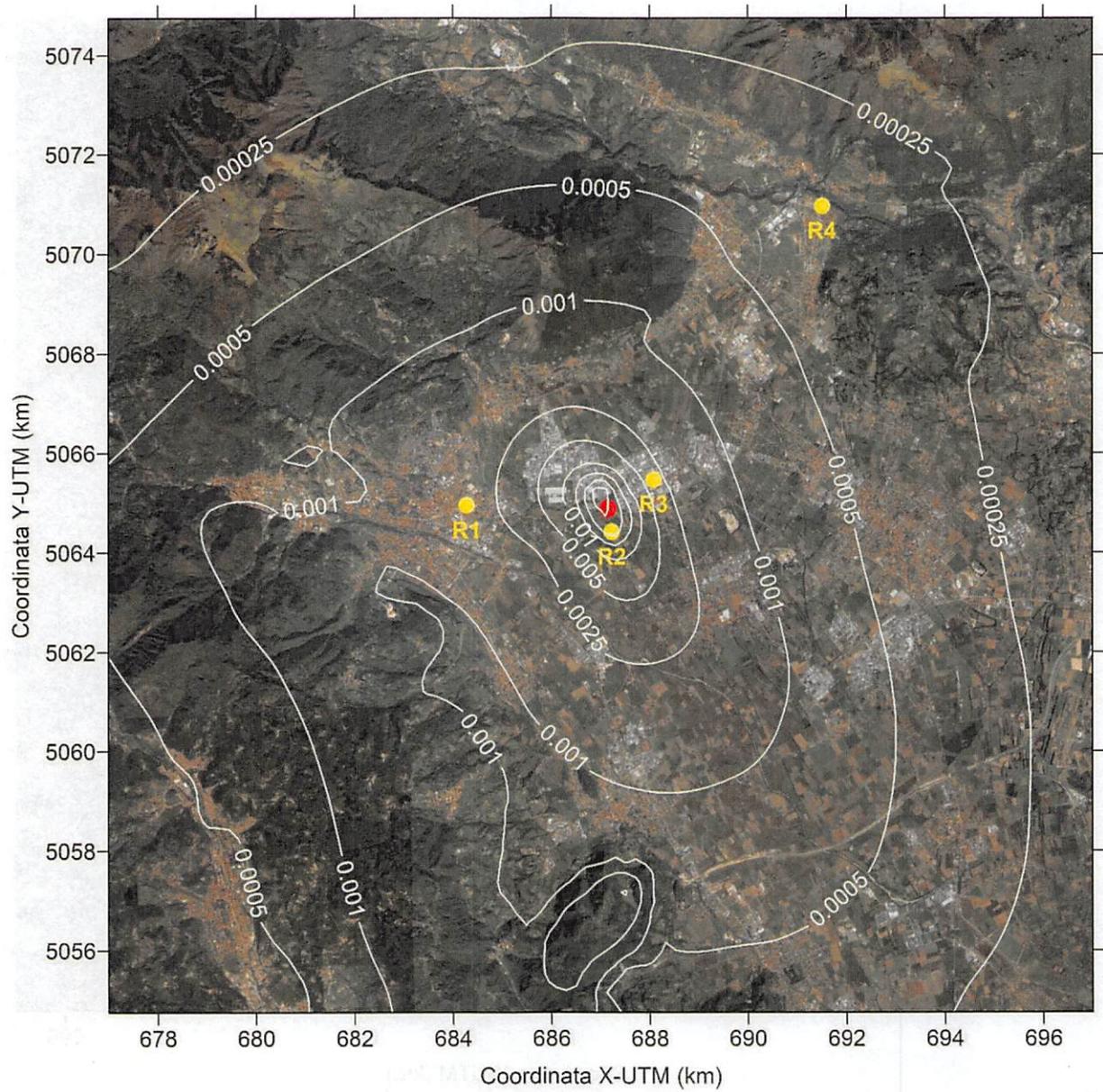


Figura A4.3 – Dominio “grande” – Concentrazioni medie annue di benzo(a)pirene ( $\text{ng m}^{-3}$ )

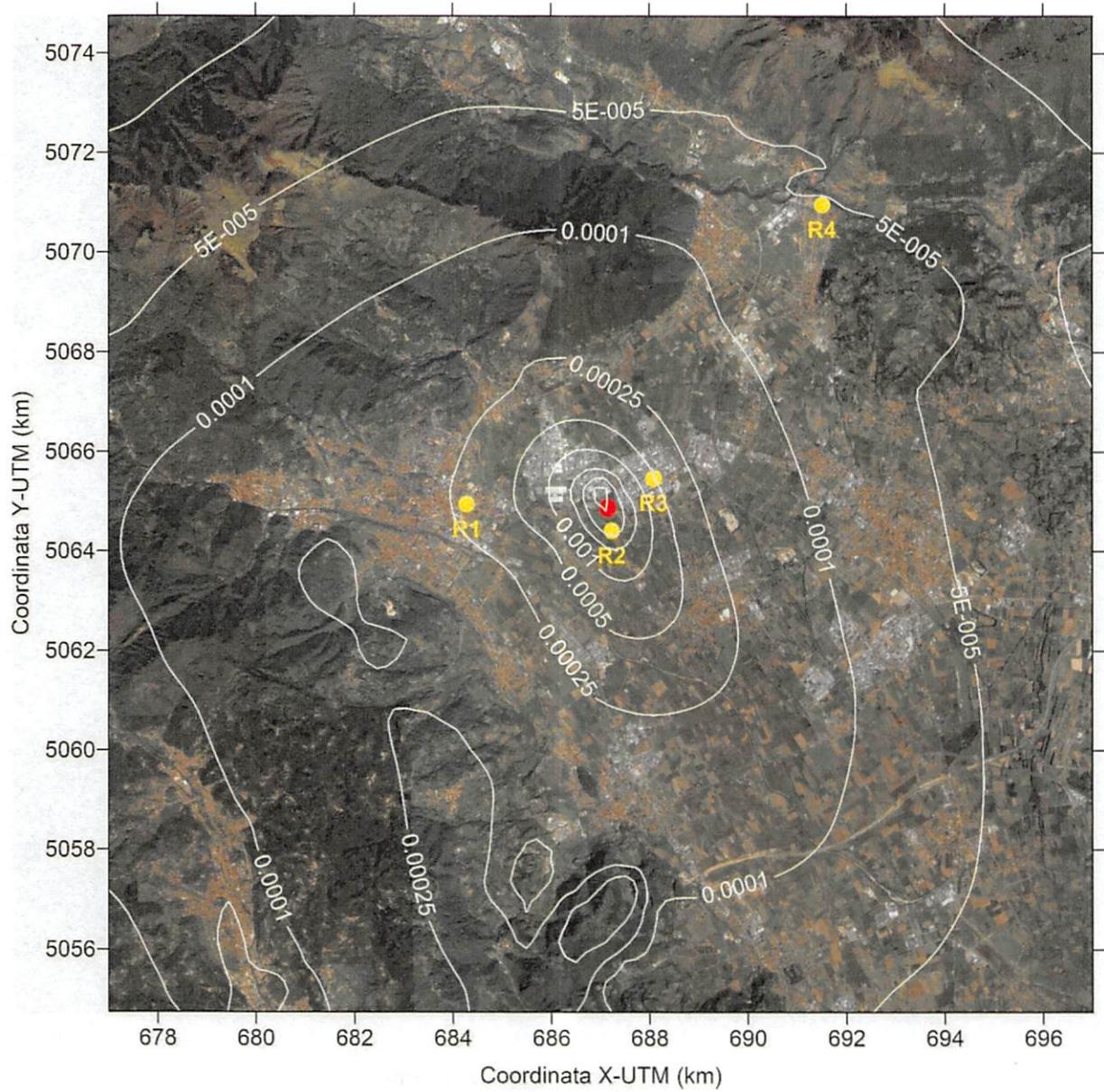


Figura A4.4 – Dominio “grande” – Concentrazioni medie annue di As ( $\text{ng m}^{-3}$ )

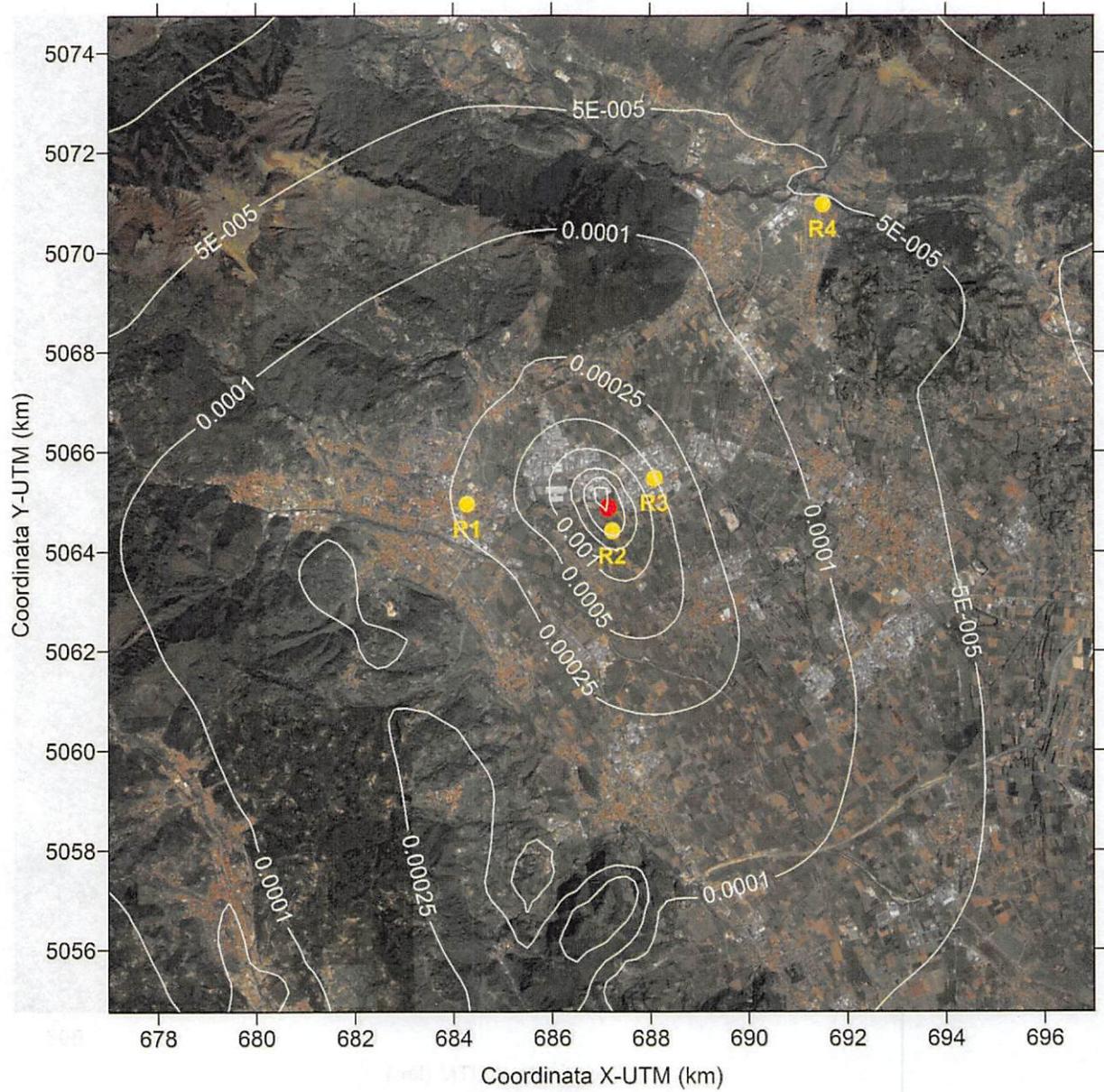


Figura A4.5 – Dominio “grande” – Concentrazioni medie annue di Cd ( $\text{ng m}^{-3}$ )

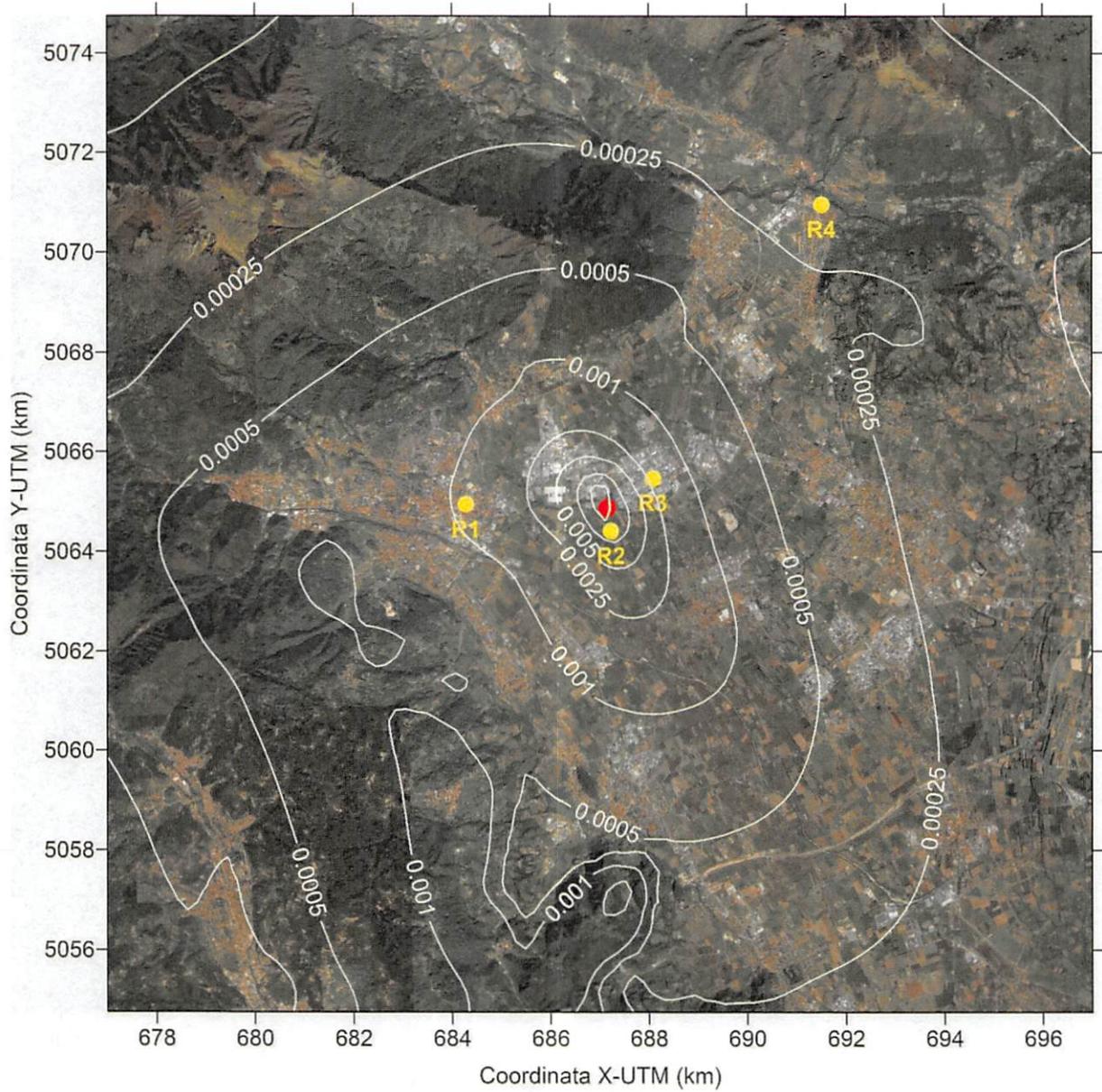


Figura A4.6 – Dominio “grande” – Concentrazioni medie annue di Ni ( $\text{ng m}^{-3}$ )

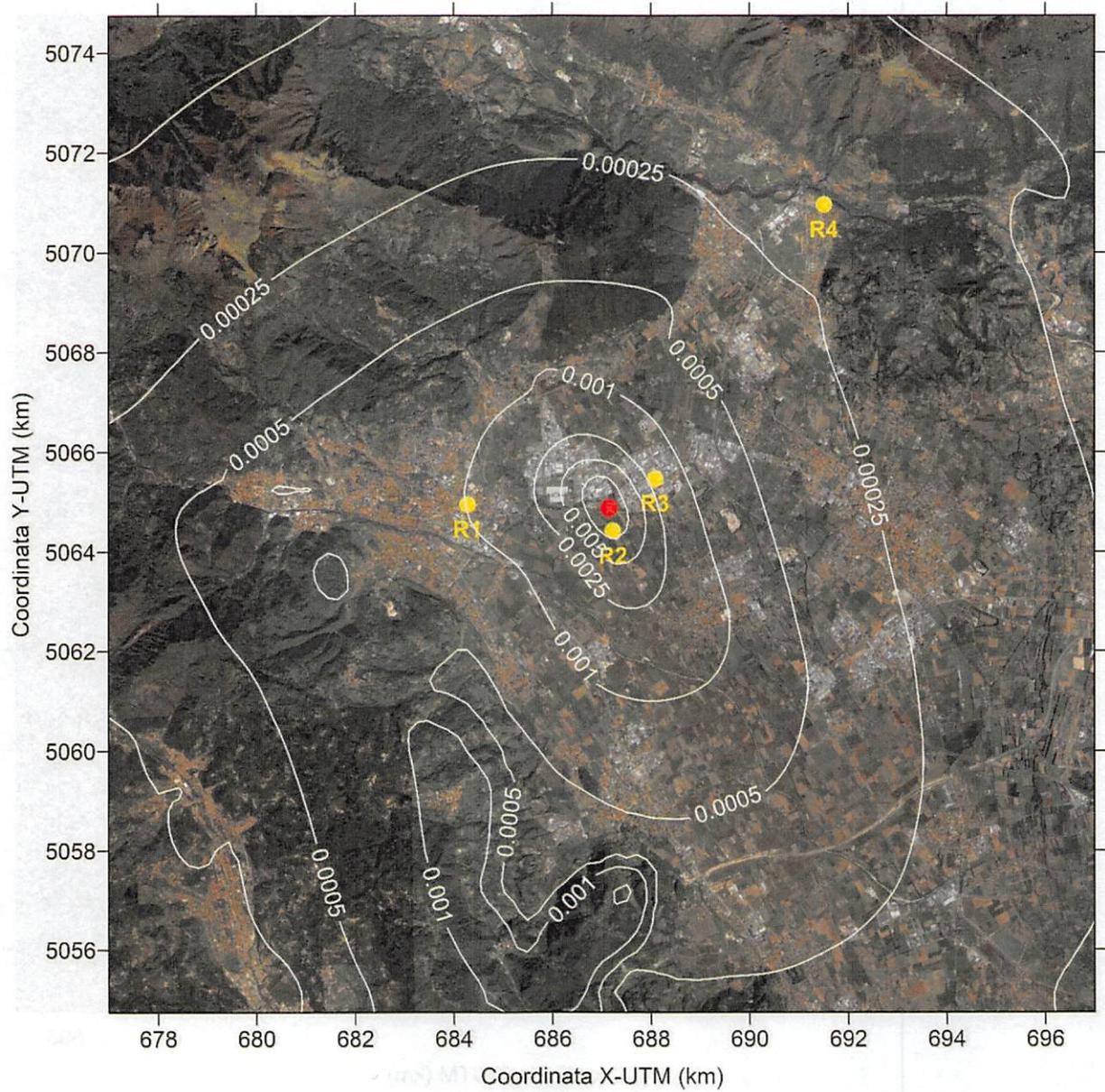


Figura A4.7 – Dominio “grande” – Concentrazioni medie annue di Pb ( $\text{ng m}^{-3}$ )

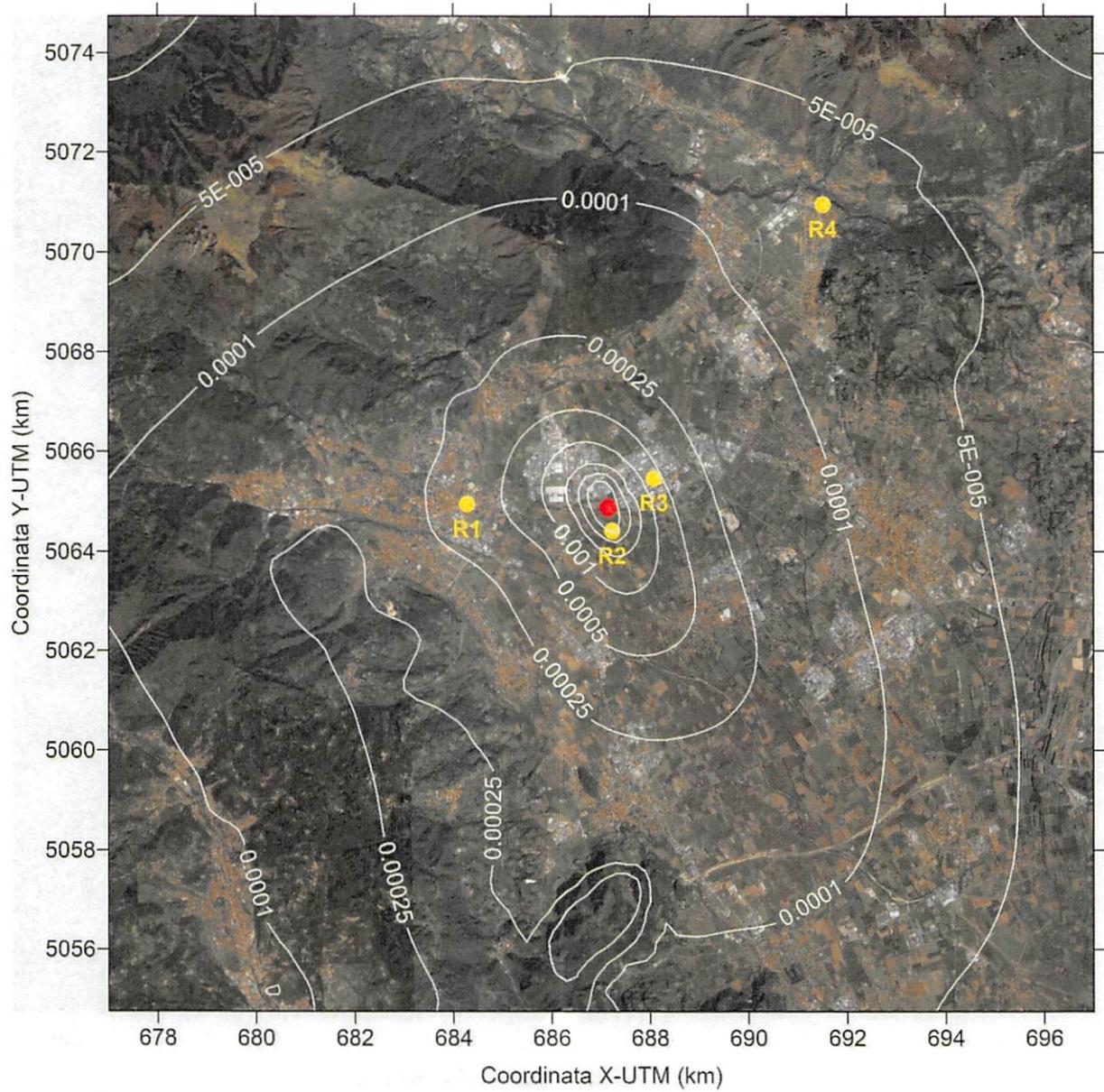


Figura A4.8 – Dominio “grande” – Concentrazioni medie annue di Hg ( $\text{ng m}^{-3}$ )

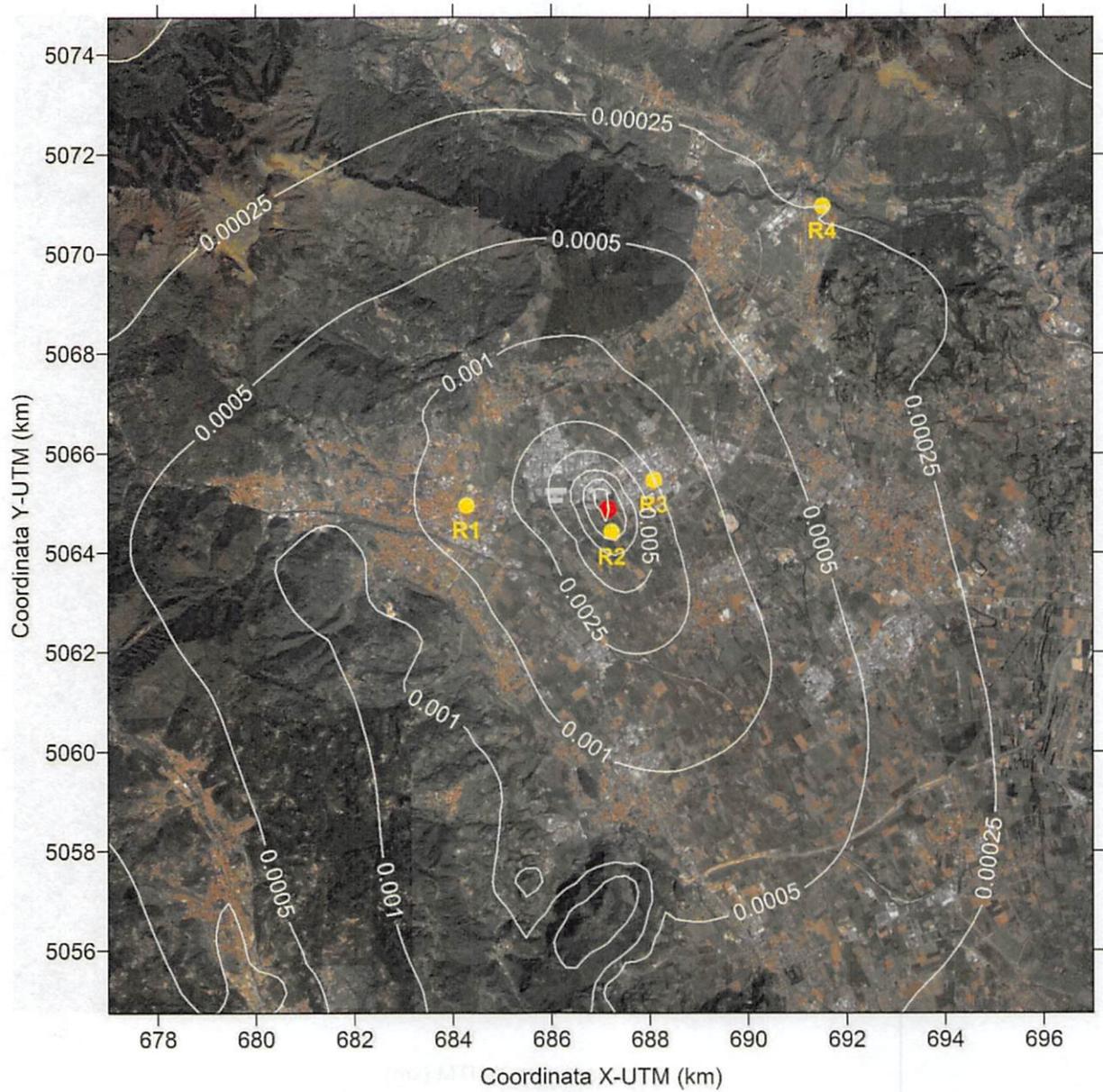


Figura A4.9 – Dominio “grande” – Concentrazioni medie annue di  $\text{NH}_3$  ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )

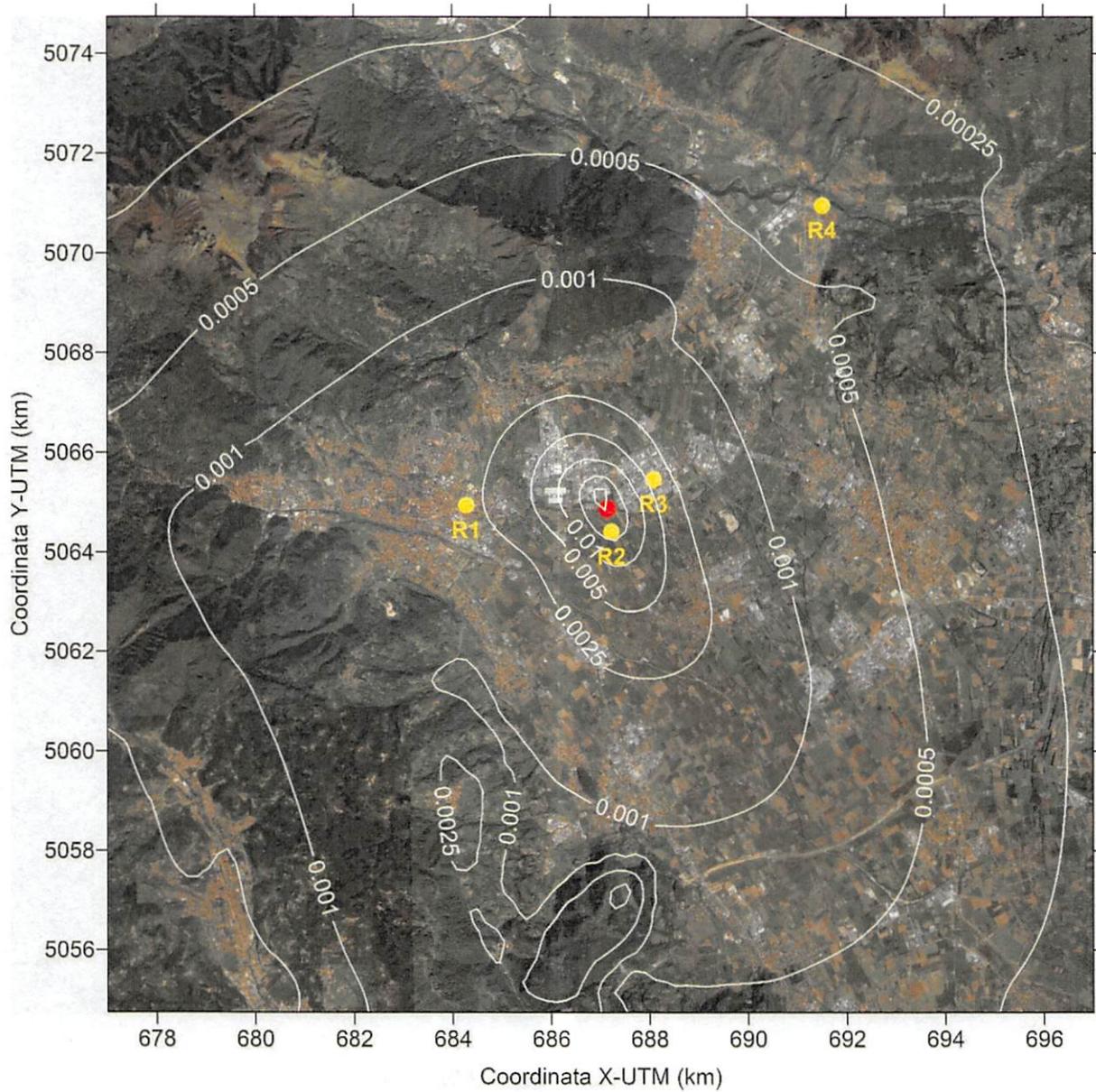


Figura A4.10 – Dominio “grande” – Concentrazioni medie annue di PCB-DL ( $\text{fg}_{\text{WHO-TEQ}} \text{m}^{-3}$ )

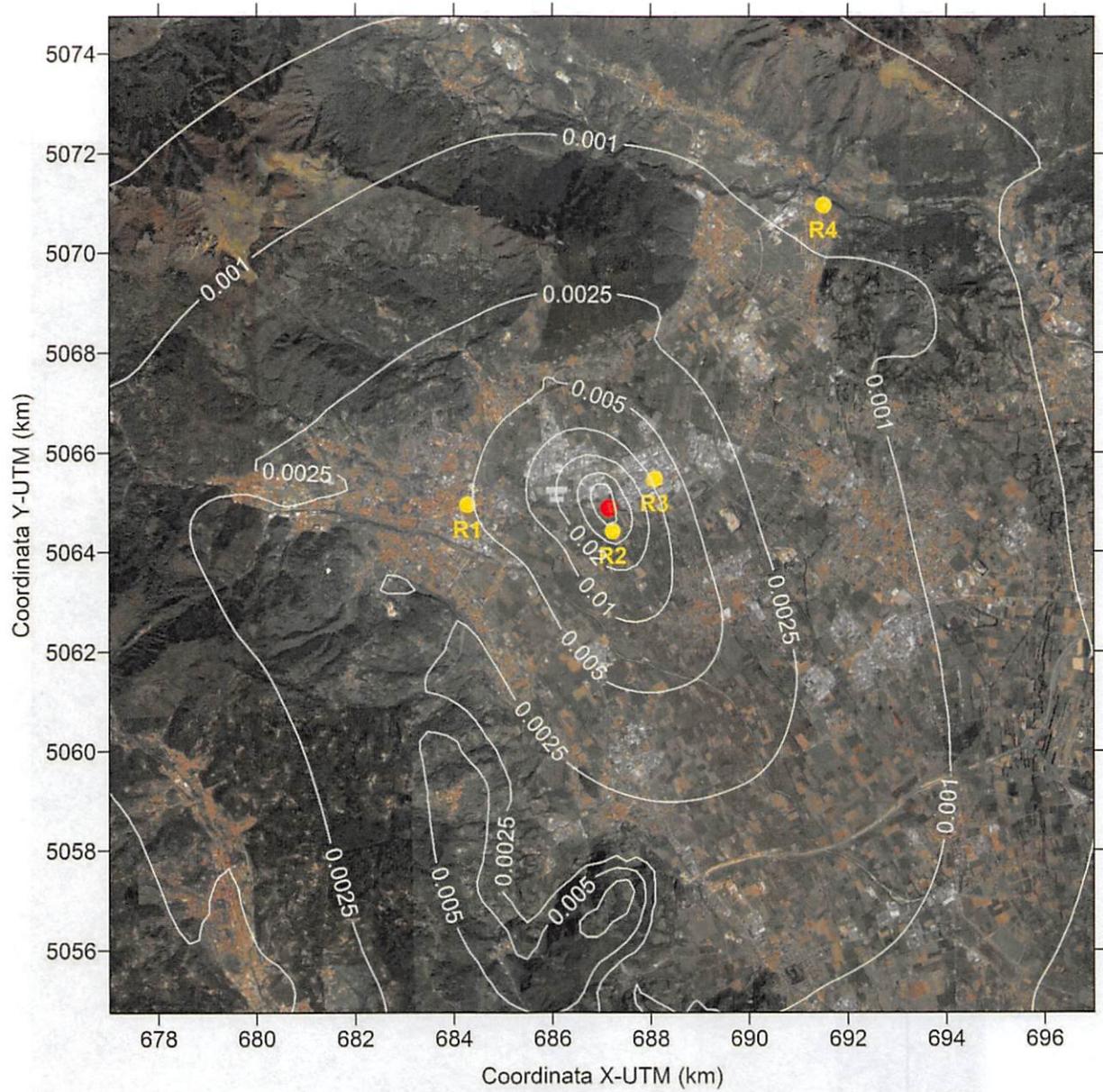


Figura A4.11 – Dominio “grande” – Concentrazioni medie annue di PCDD/F (fgI-TEQ m<sup>-3</sup>)

**Allegato 5 – Distribuzione spaziale delle ricadute – Dominio “piccolo”**

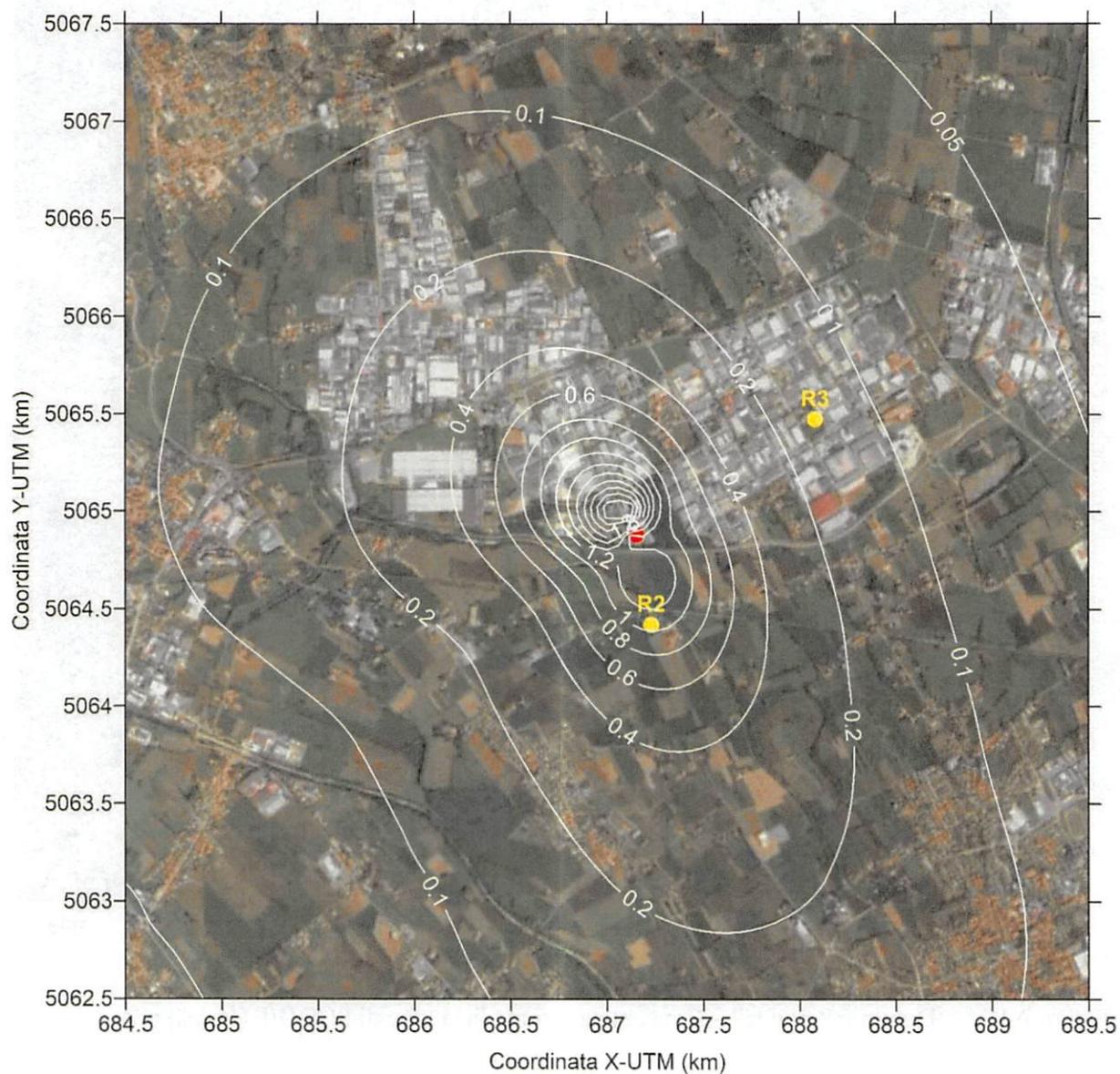


Figura A5.1 – Dominio “piccolo” – Concentrazioni medie annue di NO<sub>2</sub> ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )

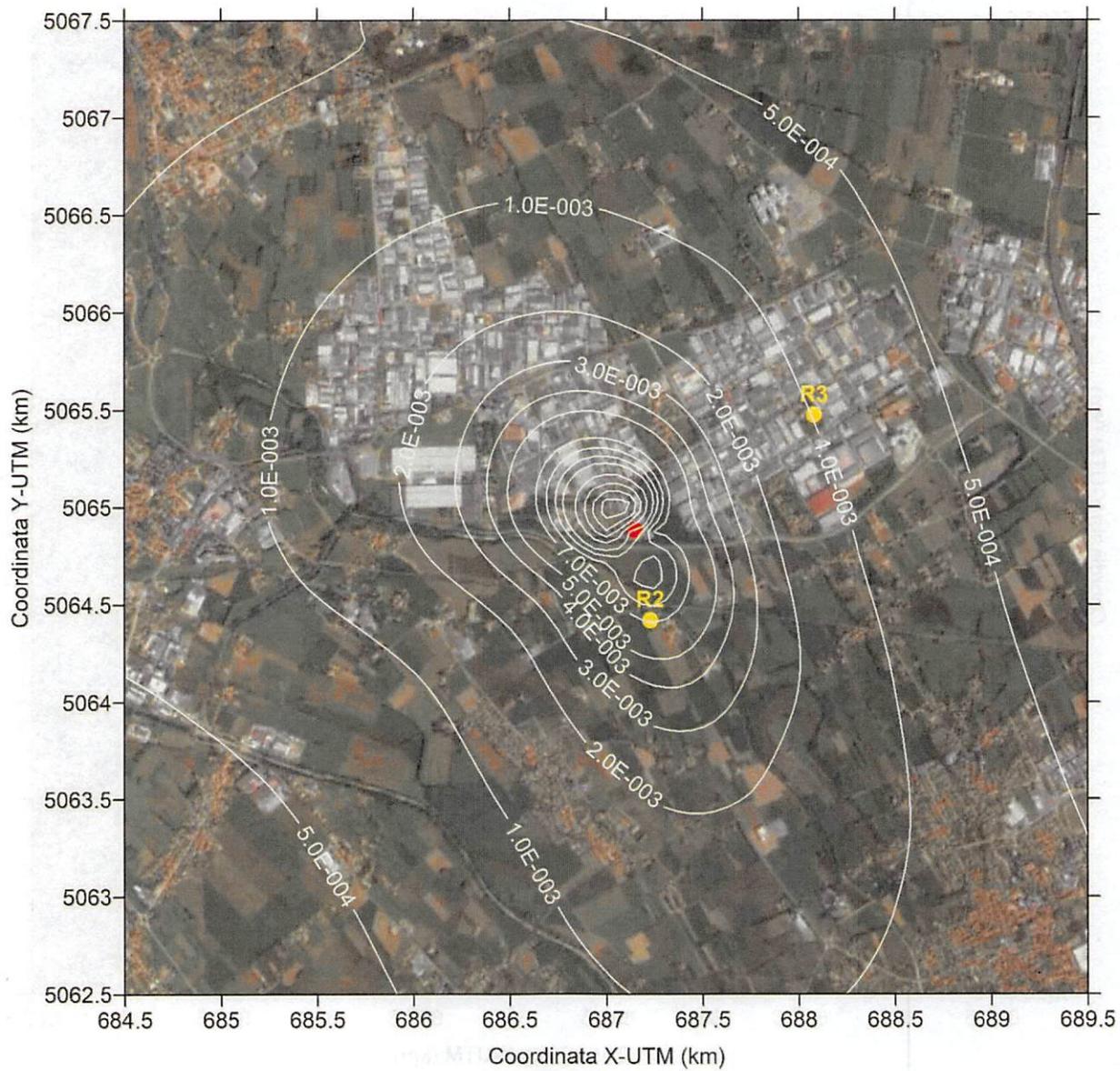


Figura A5.2 – Dominio “piccolo” – Concentrazioni medie annue di PM<sub>10</sub> ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )

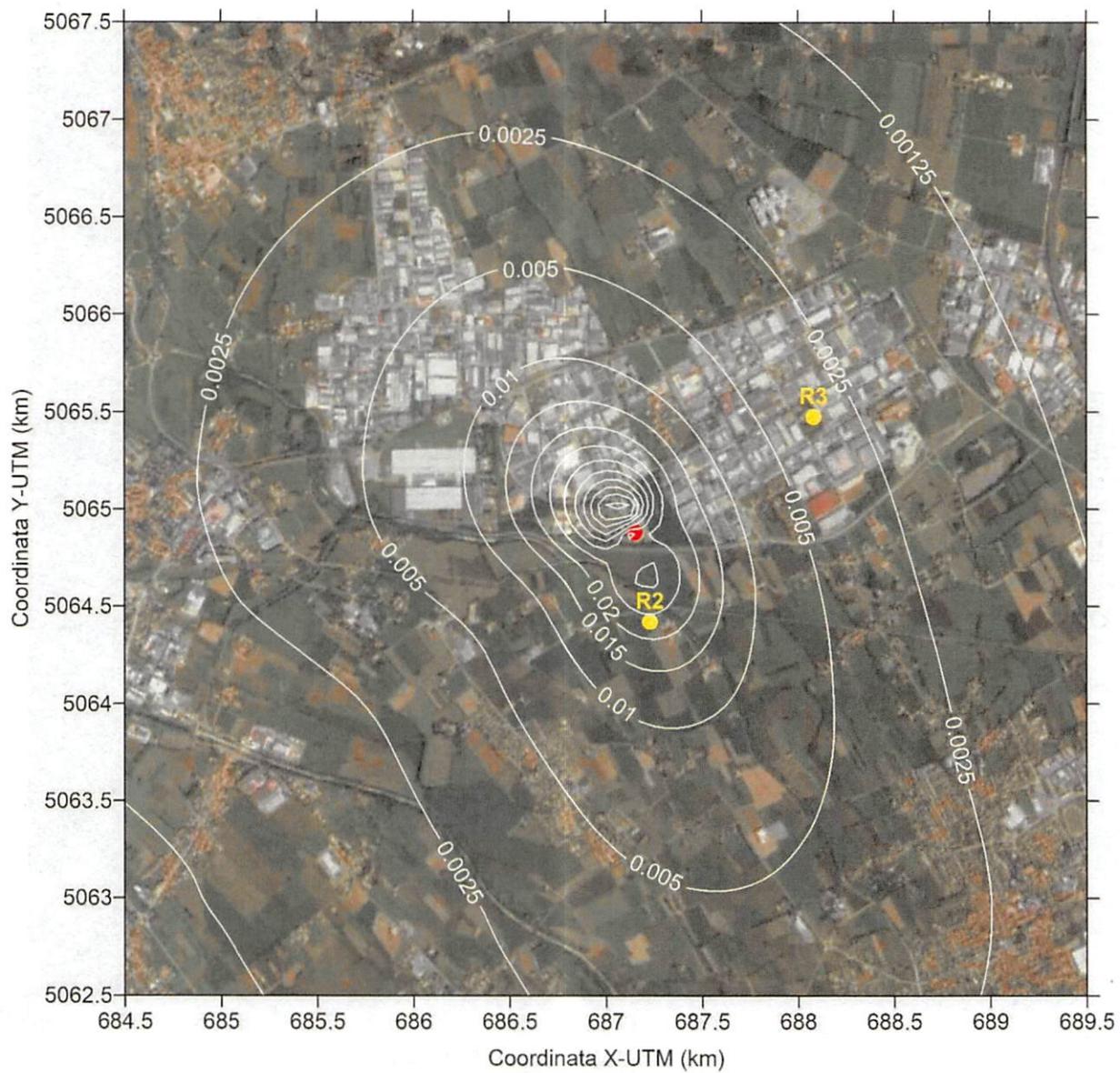


Figura A5.3 – Dominio “piccolo” – Concentrazioni medie annue di benzo(a)pirene ( $\text{ng m}^{-3}$ )

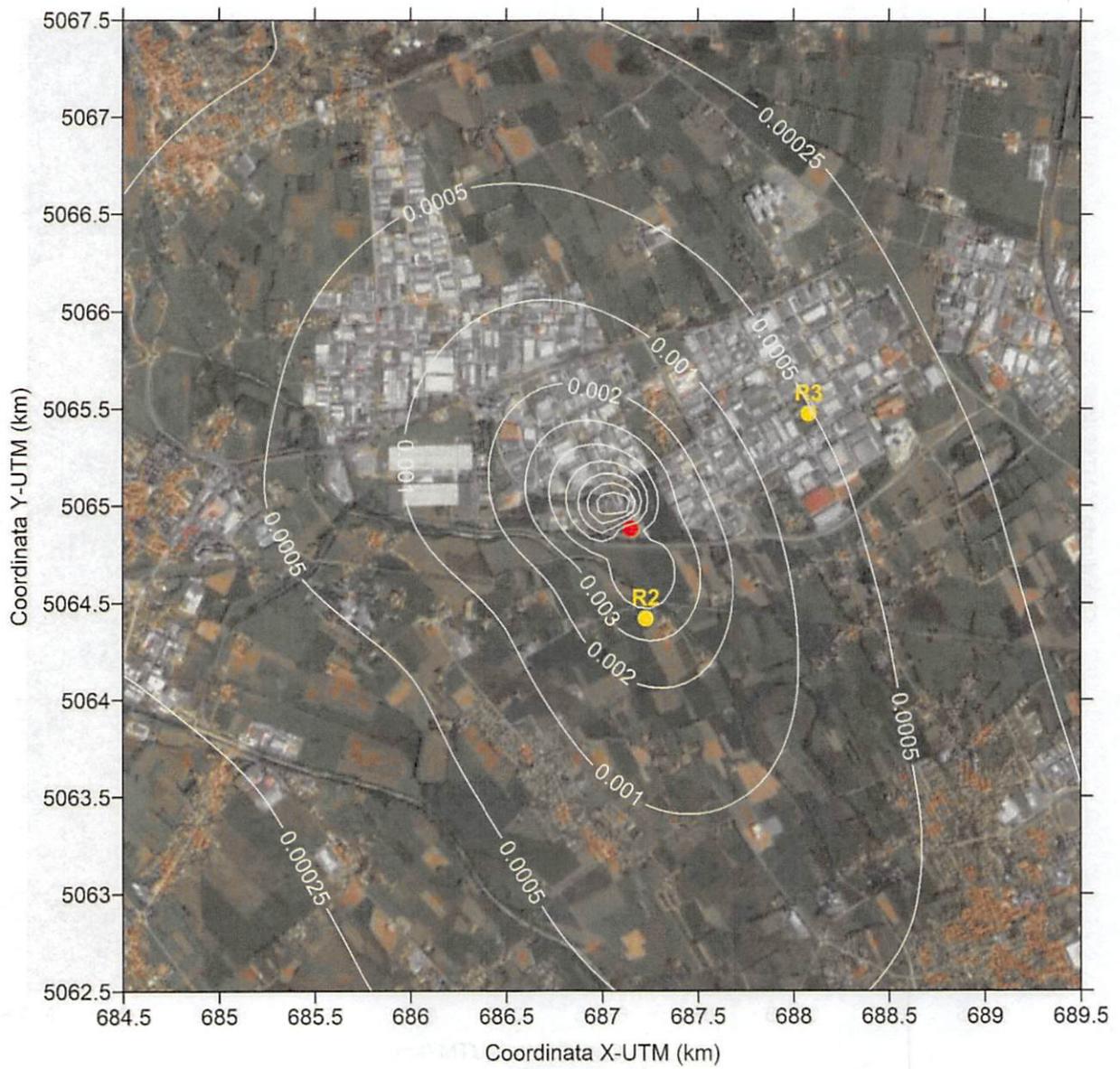


Figura A5.4 – Dominio “piccolo” – Concentrazioni medie annue di As ( $\text{ng m}^{-3}$ )

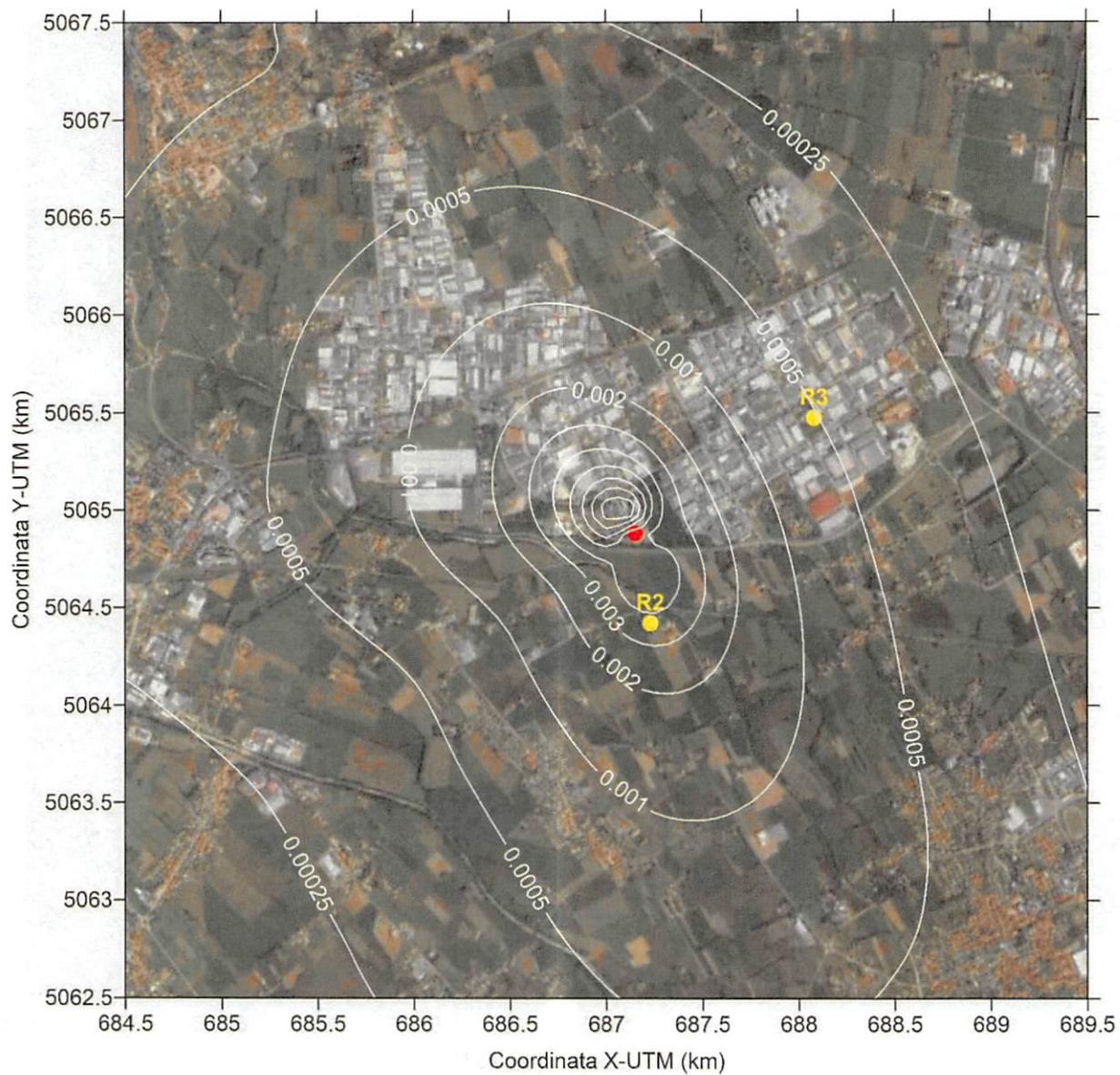


Figura A5.5 – Dominio “piccolo” – Concentrazioni medie annue di Cd ( $\text{ng m}^{-3}$ )

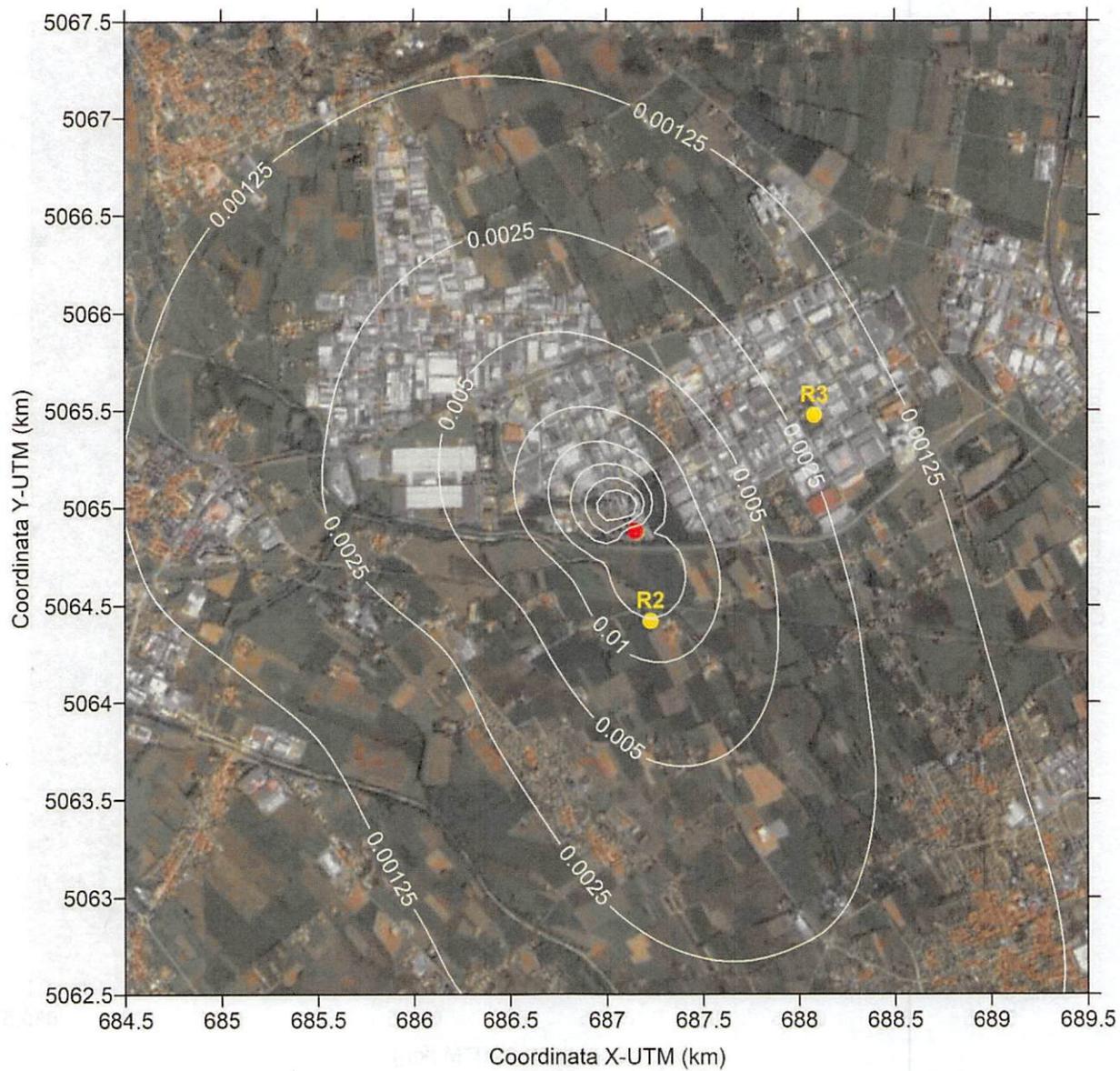


Figura A5.6 – Dominio “piccolo” – Concentrazioni medie annue di Ni ( $\text{ng m}^{-3}$ )

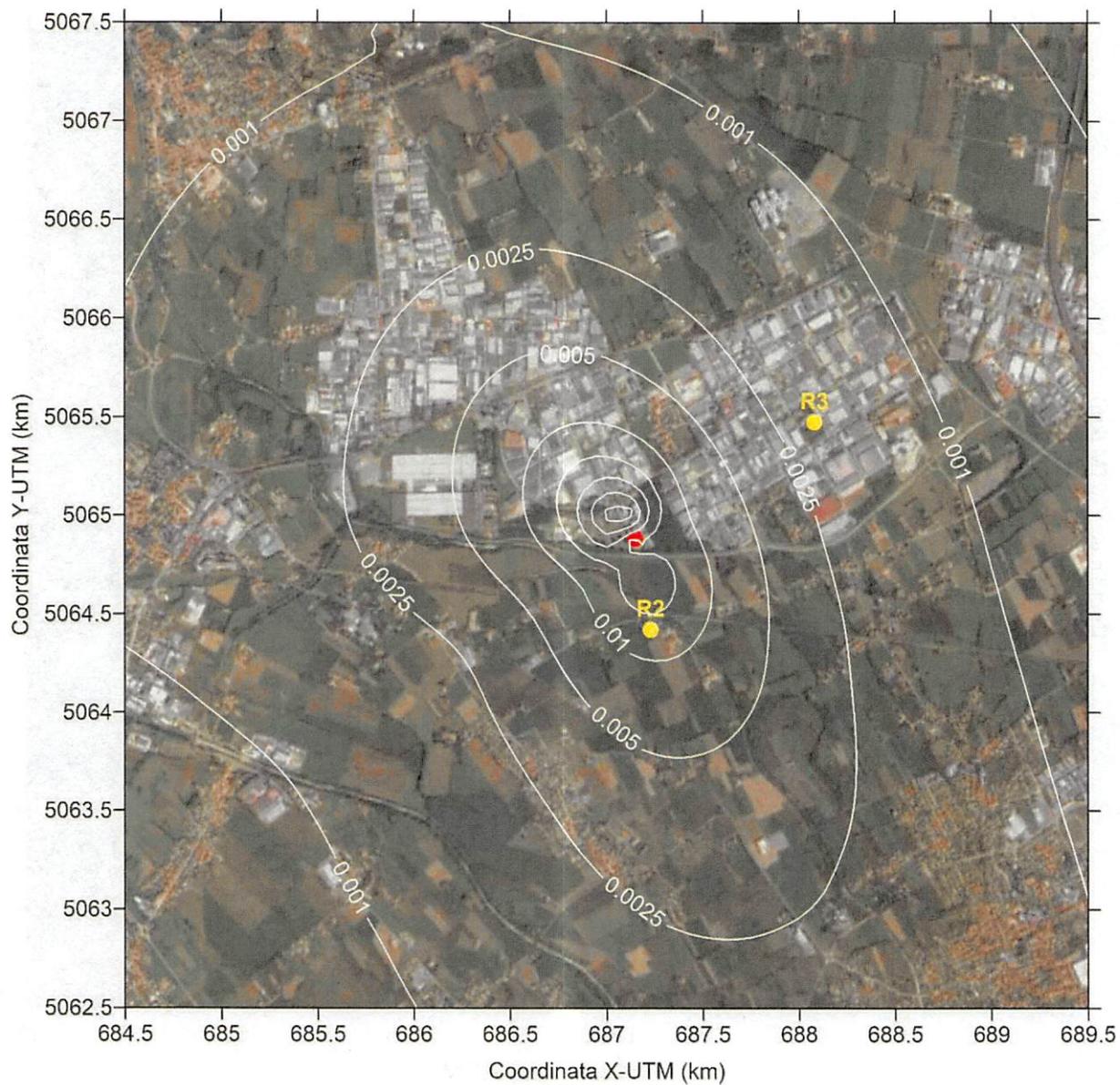


Figura A5.7 – Dominio “piccolo” – Concentrazioni medie annue di Pb ( $\text{ng m}^{-3}$ )

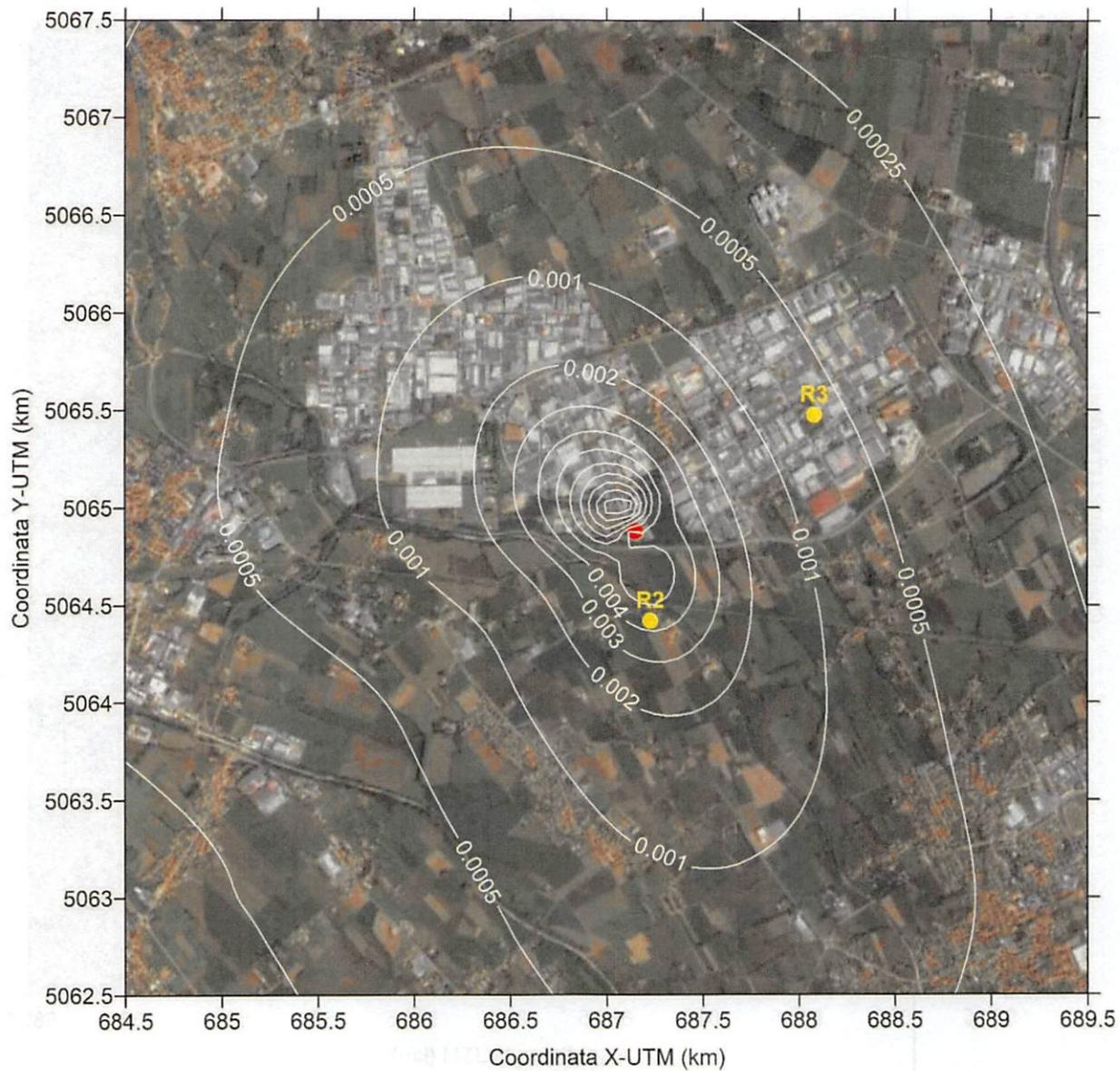


Figura A5.8 – Dominio “piccolo” – Concentrazioni medie annue di Hg ( $\text{ng m}^{-3}$ )

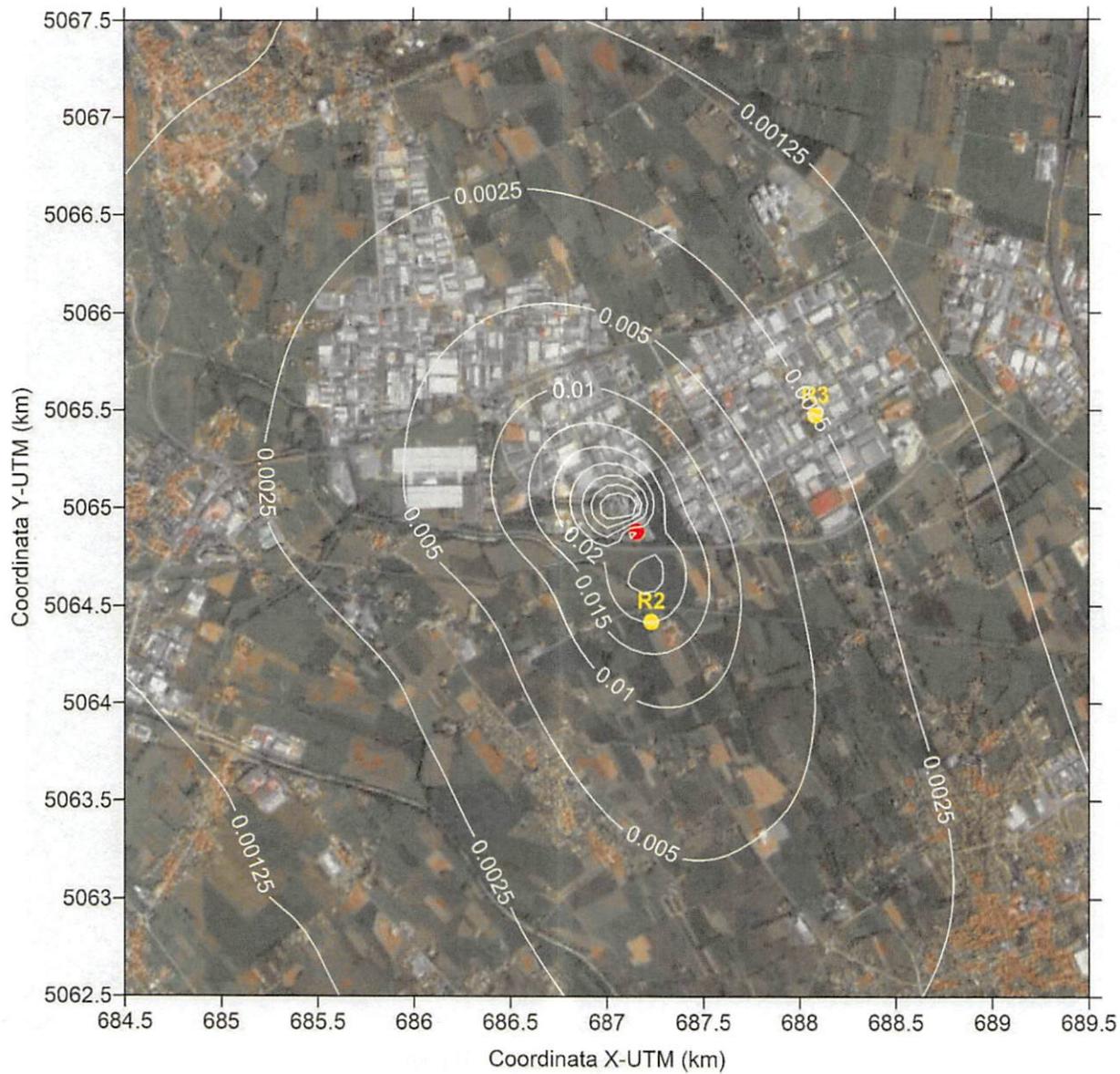


Figura A5.9 – Dominio “piccolo” – Concentrazioni medie annue di  $\text{NH}_3$  ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )

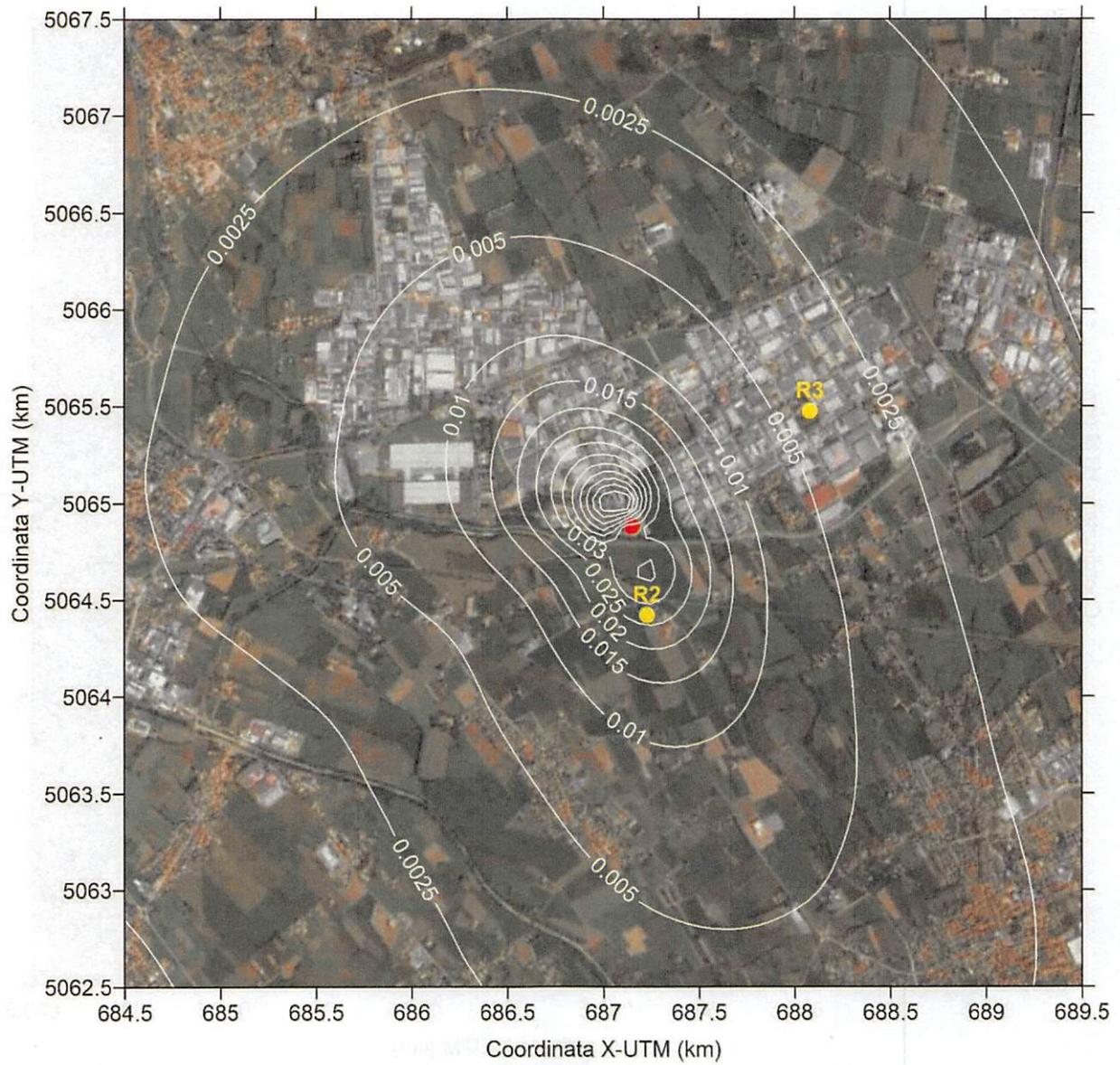


Figura A5.10 – Dominio “piccolo” – Concentrazioni medie annue di PCB-DL ( $\text{fg}_{\text{WHO-TEQ}} \text{m}^{-3}$ )

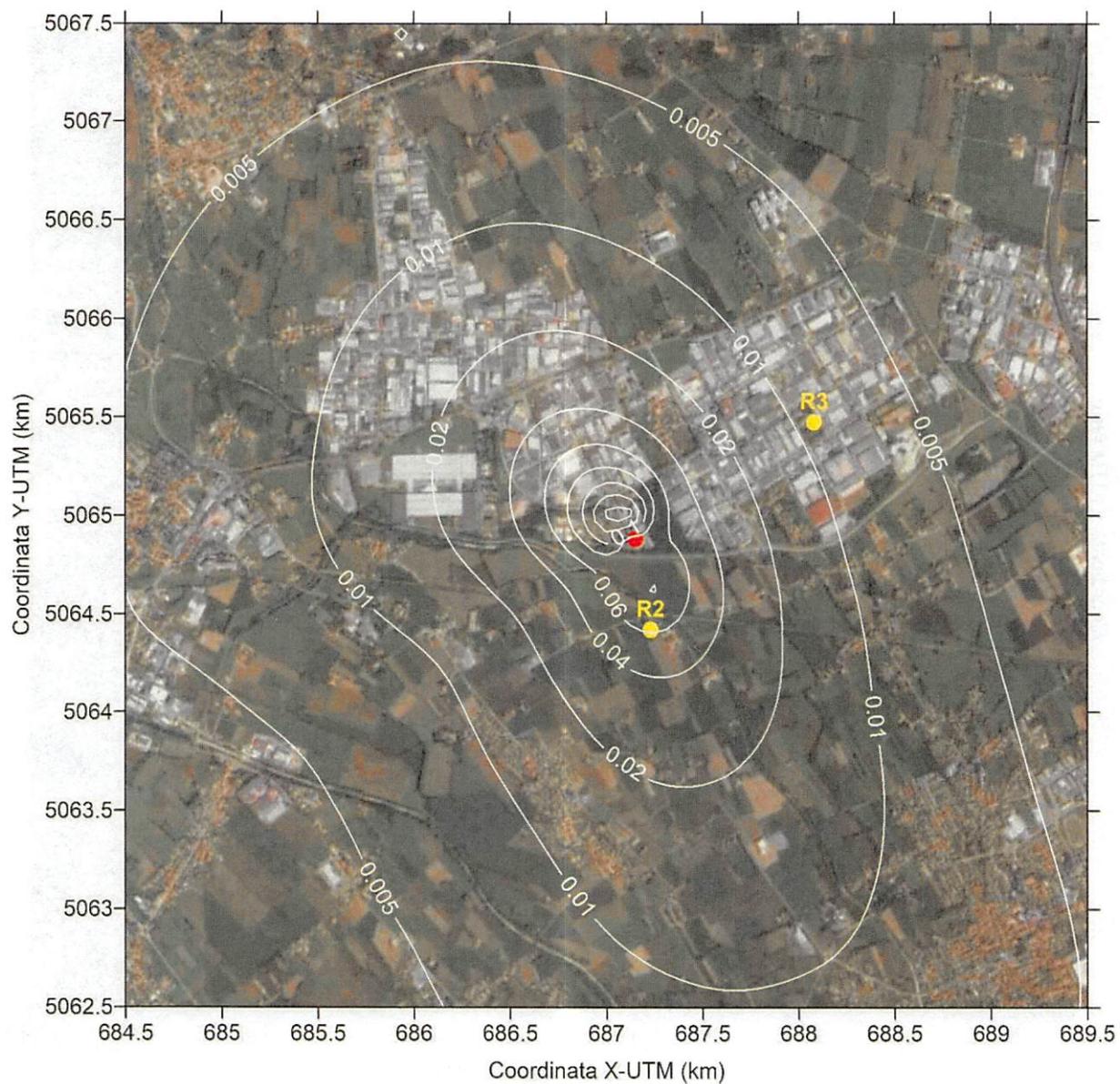


Figura A5.11 – Dominio “piccolo” – Concentrazioni medie annue di PCDD/F (fgI-TEQ m<sup>-3</sup>)