



**D/EP/Lazio**

Dipartimento di Epidemiologia del Servizio Sanitario Regionale - Regione Lazio



Regione Lazio



ARPALAZIO  
AGENZIA REGIONALE PROTEZIONE AMBIENTALE DEL LAZIO

## **Rapporto**

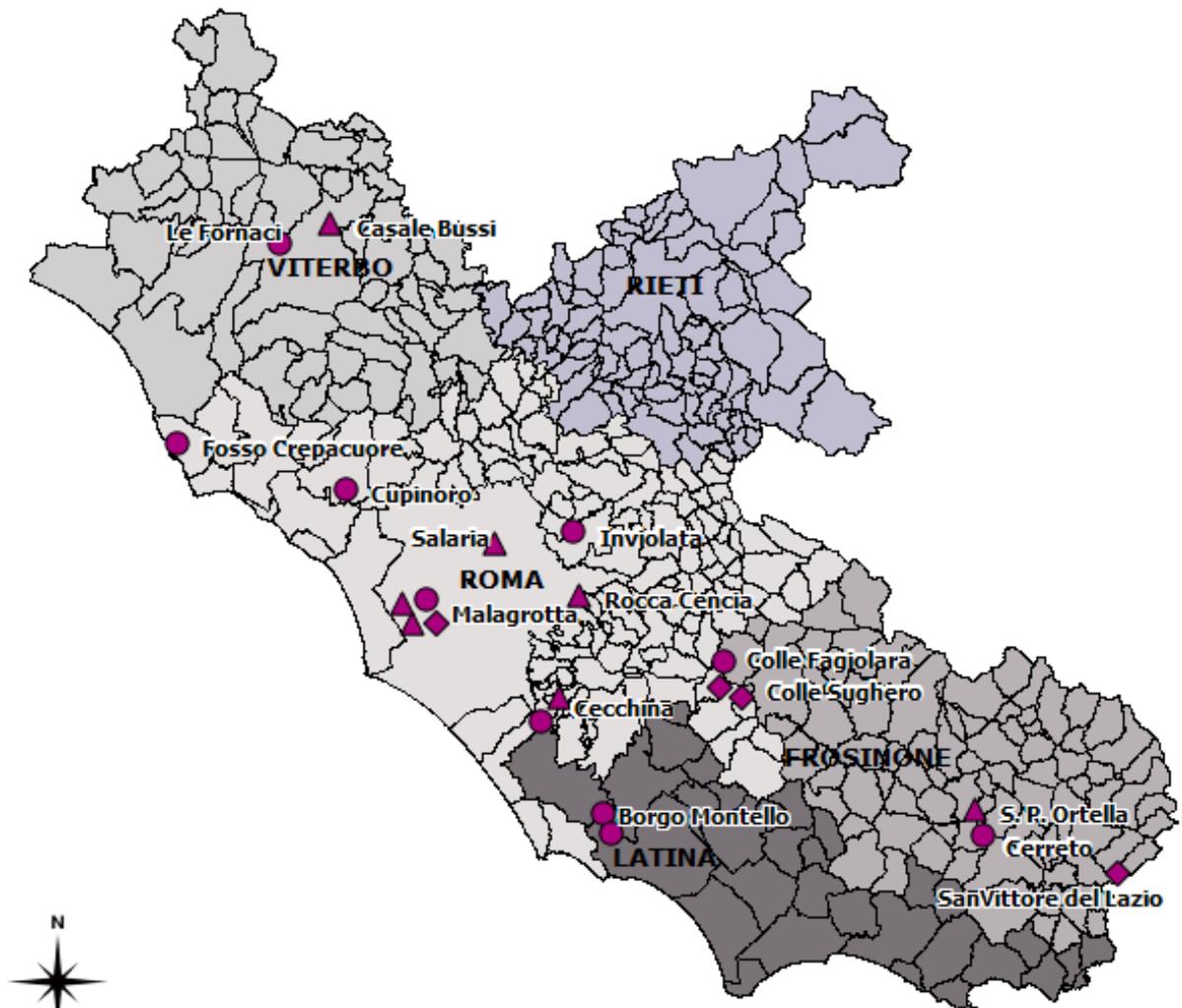
# **“Epidemiologia Rifiuti Ambiente Salute nel Lazio - ERAS Lazio”**

Valutazione epidemiologica dello stato di salute della popolazione  
esposta a processi di raccolta, trasformazione e smaltimento dei  
rifiuti urbani nella regione Lazio

## **Volume 2**



## (D) RAPPORTO AMBIENTE



**LEGENDA**

AIA - Autorizzazione Integrata Ambientale  
CDR- Combustibile Da Rifiuti  
Cmax - Valore massimo di concentrazione annua  
CO - Monossido di carbonio  
Cy - Concentrazione media annua  
H<sub>2</sub>S – Idrogeno solforato  
HCl – Acido cloridrico  
IPA - Idrocarburi Policiclici Aromatici  
IPPC - Integrated Pollution Prevention and Control  
MTD - Migliori Tecniche Disponibili  
NO<sub>2</sub> - Biossido di azoto  
NO<sub>x</sub> – Ossidi di azoto  
O<sub>3</sub> - Ozono  
PBL - Planetary Boundary Layer  
PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> – Particolato  
SME - Sistema di Monitoraggio delle Emissioni  
SO<sub>2</sub> - Biossido di zolfo  
SO<sub>x</sub> – Ossidi di zolfo  
TMB - Trattamento Meccanico Biologico  
VOC/SOV - Sostanze Organiche Volatili

## 1 Introduzione

### 1.1 Obiettivi

La gestione di rifiuti solidi urbani è un processo complesso che interessa diversi ambiti territoriali della regione Lazio, la popolazione e migliaia di lavoratori. Le sostanze potenzialmente tossiche che si generano durante la raccolta, il trattamento e lo smaltimento possono contaminare l'ambiente e da qui la preoccupazione, soprattutto nelle popolazioni che vivono vicino agli impianti di smaltimento rifiuti, che vi possano essere conseguenze sulla salute.

La complessità dei contesti in cui gli impianti di trattamento dei rifiuti sono localizzati rende peraltro difficile la valutazione del loro reale impatto sull'inquinamento ambientale e la salute della popolazione interessata, come dimostra l'inadeguatezza delle prove scientifiche finora a disposizione.

L'obiettivo del Programma ERAS Lazio è quello di contribuire a fare chiarezza su questi due aspetti cruciali.

Per rispondere in maniera esaustiva alla domanda di conoscenza sul tema, il programma ha previsto l'analisi di diversi aspetti del trinomio rifiuti, ambiente e salute.

Per quanto riguarda l'ambiente, lo scopo dello studio è quello di individuare informazioni utili a supportare la valutazione epidemiologica dello stato di salute della popolazione esposta ai processi di trasformazione e smaltimento dei rifiuti urbani nella regione Lazio; gli obiettivi principali possono essere individuati nei seguenti:

- ⇒ Sintesi e sistematizzazione delle conoscenze disponibili sull'argomento;
- ⇒ Analisi della sensibilità ambientale delle aree interessate dagli impianti;
- ⇒ Stima delle emissioni relative a ciascun impianto realizzata da ARPA Lazio.

### 1.2 Articolazione del documento

Il Rapporto Ambiente è articolato in nove capitoli ed in un'appendice, la suddivisione degli argomenti in capitoli è la seguente:

1. Introduzione: descrive gli obiettivi del progetto, la struttura del documento, gli impianti di gestione dei rifiuti urbani oggetto dello studio.
2. Metodologia: illustra la metodologia seguita nell'ambito dello studio;

3. Inquadramento territoriale: fornisce informazioni utili a definire il contesto territoriale in cui è inserito ogni impianto (popolazione, uso del suolo, infrastrutture di trasporto, acque superficiali, aree naturali protette);
4. Stato dell'ambiente: descrive lo stato dell'ambiente delle aree interessate dagli impianti (qualità delle acque, qualità dell'aria) ed i fattori di pressione presenti (emissioni inquinanti atmosferici, acque reflue urbane e industriali, produzione di rifiuti).
5. Controlli e monitoraggi ambientali: illustra le attività di controllo e monitoraggio svolte dall'ARPA Lazio negli impianti di gestione dei rifiuti urbani.
6. Emissioni in aria prodotte dagli impianti: illustra le emissioni in aria prodotte dagli impianti e stima il contributo rispetto al quadro generale.
7. Indagini sperimentali (misure in campo/laboratorio): descrive le campagne di monitoraggio pianificate e realizzate nell'ambito del programma ERAS.
8. Valutazione della qualità dell'aria: descrive per le zone influenzate dagli impianti di gestione dei rifiuti urbani lo stato della qualità dell'aria.
9. Conclusioni: presenta i risultati raggiunti dallo studio.

Nell'appendice sono presenti le schede relative ad ogni singolo impianto contenenti le informazioni anagrafiche, le caratteristiche tecniche degli impianti, il piano di monitoraggio e controllo previsto dall'autorizzazione, l'inquadramento territoriale, lo stato dell'ambiente, la valutazione della qualità dell'aria, la definizione della zona influenzata dall'impianto ed i report delle indagini sperimentali condotte nell'ambito dello studio.

### *1.3 Impianti di gestione rifiuti urbani oggetto dello studio*

Gli impianti di gestione rifiuti urbani oggetto del Programma ERAS Lazio appartengono alle seguenti categorie: discariche, termovalorizzatori e trattamento meccanico biologico.

**Discarica:** costituisce l'anello finale della catena dei rifiuti, è il sito deputato a contenere tutto ciò che è definitivamente rifiuto in quanto non più utilizzabile né riciclabile. A seconda della tipologia di rifiuto che andranno a contenere, le discariche si dividono in tre categorie:

- ⇒ discariche per rifiuti pericolosi;

- ⇒ discariche per rifiuti non pericolosi;
- ⇒ discariche per rifiuti inerti.

Tutte le discariche devono rispettare dei requisiti minimi, richiesti per legge, come garanzia di tutela nei confronti dell'area che ospita il sito.

Questi requisiti sono:

- ⇒ ubicazione: devono essere poste a distanza di sicurezza dai centri abitati ma soprattutto dai punti di approvvigionamento di acque destinate ad uso potabile, dall'alveo di piena di fiumi, laghi e torrenti;
- ⇒ caratteristiche geologiche: devono essere ubicate su suoli stabili per evitare rischi di frane, cedimenti delle pareti e del fondo della discarica stessa.

Nelle discariche il principale fattore di rischio di inquinamento e d'impatto sull'ambiente è determinato dalla possibilità che il percolato, la cui formazione è dovuta al contatto dell'acqua piovana con i rifiuti, inquina la falda idrica sotterranea. E' necessario, pertanto, un sistema di raccolta delle acque piovane e del percolato prodotto dalla discarica (la quale tra le altre caratteristiche ha pareti e fondo impermeabilizzati tramite la deposizione di uno strato di argilla e di un manto di materiale plastico). Il percolato viene aspirato dal fondo della discarica per mezzo di pompe e inviato, attraverso delle condutture, all'impianto di depurazione.

Questa azione deve essere mantenuta in esercizio anche dopo la chiusura della discarica stessa. Dalla decomposizione dei rifiuti, in assenza di ossigeno, si origina un gas, il biogas, composto principalmente da metano e anidride carbonica. Il gas deve essere captato, tramite dei pozzi, ed inviato ad una centrale dove è utilizzato come carburante per produrre energia elettrica. Quello che sfugge in profondità viene bruciato da apposite torce poste sulla superficie delle discariche; una parte, comunque, si libera nell'ambiente ed è responsabile dello sgradevole odore che si avverte in prossimità delle discariche.

Nelle moderne discariche i rifiuti non vengono semplicemente scaricati, ma trattati con la tecnica della "coltivazione"; sono cioè compattati da appositi macchinari e ricoperti di terreno, quindi si procede con un altro strato sovrapposto. In questo modo la discarica può contenere una maggiore quantità di rifiuti.

Quando la discarica è esaurita occorre realizzare una copertura finale con terreno argilloso e vegetale di almeno 30 cm di spessore, sufficiente a consentire l'attecchimento e lo sviluppo della vegetazione: si attua, cioè, la "rinaturalizzazione" della discarica.

**Termovalorizzatori:** Un tempo si parlava di inceneritore solo per indicare il luogo in cui i rifiuti perdevano oltre il 90% del volume e circa il 70% del peso mediante un processo di combustione. Oggi si parla invece di termovalorizzazione intendendo il recupero e l'utilizzo dell'energia prodotta dalla combustione dei rifiuti. A fronte degli indubbi vantaggi, il termovalorizzatore presenta anche degli svantaggi. Infatti l'impatto ambientale degli impianti di termovalorizzazione è legato alle immissioni in atmosfera dei gas di scarico (principalmente anidride carbonica, vapore acqueo e in minor misura diossine, furani e ceneri contenenti metalli pesanti) e alla gestione degli scarti di combustione. Anche l'incenerimento, seppure in quantità abbastanza basse, produce, infatti, delle scorie che si stimano pari al 20-30% circa del peso iniziale dei rifiuti. Tali rimanenze, che hanno forma di ceneri, devono essere smaltite in apposite discariche in quanto contengono sostanze potenzialmente pericolose come i metalli pesanti piombo e cadmio. I moderni sistemi di depurazione mirano a minimizzare l'impatto sull'ambiente dei gas di scarico, attraverso accorgimenti tecnologici quali, ad esempio, l'utilizzo di filtri.

Nella tipologia impiantistica dei termovalorizzatori è possibile includere anche i **Gassificatori:** quest'ultimi sono impianti per il trattamento "termico" dei rifiuti che trasformano la materia organica in essi contenuta attraverso il suo riscaldamento in un ambiente con una piccolissima quantità di ossigeno. In questo particolare processo i rifiuti vengono "scomposti" in parti più piccole fino ad arrivare alla produzione di una parte gassosa (denominata syngas) e una solida o liquida. Si tratta di impianti ancora poco diffusi e il cui utilizzo è in genere limitato a specifiche tipologie di rifiuti (per esempio plastiche, pneumatici, scarti di cartiera, scarti legnosi o agricoli), ma che offrono un rendimento energetico superiore a quello degli inceneritori.

**Trattamento meccanico-biologico (TMB):** è il più comune trattamento "a freddo" dei rifiuti indifferenziati. È una fase essenziale del ciclo dei rifiuti poiché consente, attraverso un processo di selezione (meccanico) e trattamento (biologico), di:

- ⇒ recuperare una ulteriore parte di materiali riciclabile;
- ⇒ operare una opportuna selezione dei rifiuti da avviare all'incenerimento/termovalorizzazione, consentendo una minore emissione di inquinanti e una maggiore resa energetica degli stessi;
- ⇒ ridurre il volume del materiale in vista dello smaltimento finale e quindi un minore ricorso a discariche e termovalorizzatori;

- ⇒ stabilizzare i rifiuti in modo tale che venga minimizzata la formazione dei gas di decomposizione e il percolato.

Gli impianti oggetto dello studio sono 19 (9 discariche, 3 termovalorizzatori e 7 impianti di trattamento meccanico biologico). E' necessario evidenziare che le due linee di termovalorizzazione presenti nel medesimo sito a Colleferro (RM) e gestite da soggetti diversi sono state considerate come un unico impianto, così come le due aree adiacenti di discarica dei rifiuti urbani presenti a Borgo Montello (LT). Inoltre si noti che dei suddetti impianti 13 si trovano nella provincia di Roma, 2 nella provincia di Viterbo, 1 nella provincia di Latina e 2 nella provincia di Frosinone.

<b>DISCARICHE</b>		
<b>Codice</b>	<b>Località</b>	<b>Comune</b>
D1	Malagrotta	Roma
D2	Inviolata	Guidonia
D3	Cecchina	Albano Laziale
D4	Colle Fagiolaro	Colleferro
D5	Le Fornaci	Viterbo
D6	Borgo Montello	Latina
D7	Cerreto	Roccasecca
D8	Cupinoro	Bracciano
D9	Fosso Crepacuore	Civitavecchia
<b>TERMOVALORIZZATORE</b>		
<b>Codice</b>	<b>Località</b>	<b>Comune</b>
T1	Valle Porchio	San Vittore del Lazio
T2	Colle Sughero	Colleferro
T3	Malagrotta (Gassificatore)	Roma
<b>TRATTAMENTO MECCANICO BIOLOGICO</b>		
<b>Codice</b>	<b>Località</b>	<b>Comune</b>
TMB1	S. P. Ortella	Colfelice
TMB2	Cecchina	Albano Laziale
TMB3	Casale Bussi	Viterbo
TMB4	Malagrotta 1	Roma
TMB5	Rocca Cencia	Roma
TMB6	Malagrotta 2	Roma
TMB7	Roma Salaria	Roma

Tabella 1.1. Impianti progetto Eras

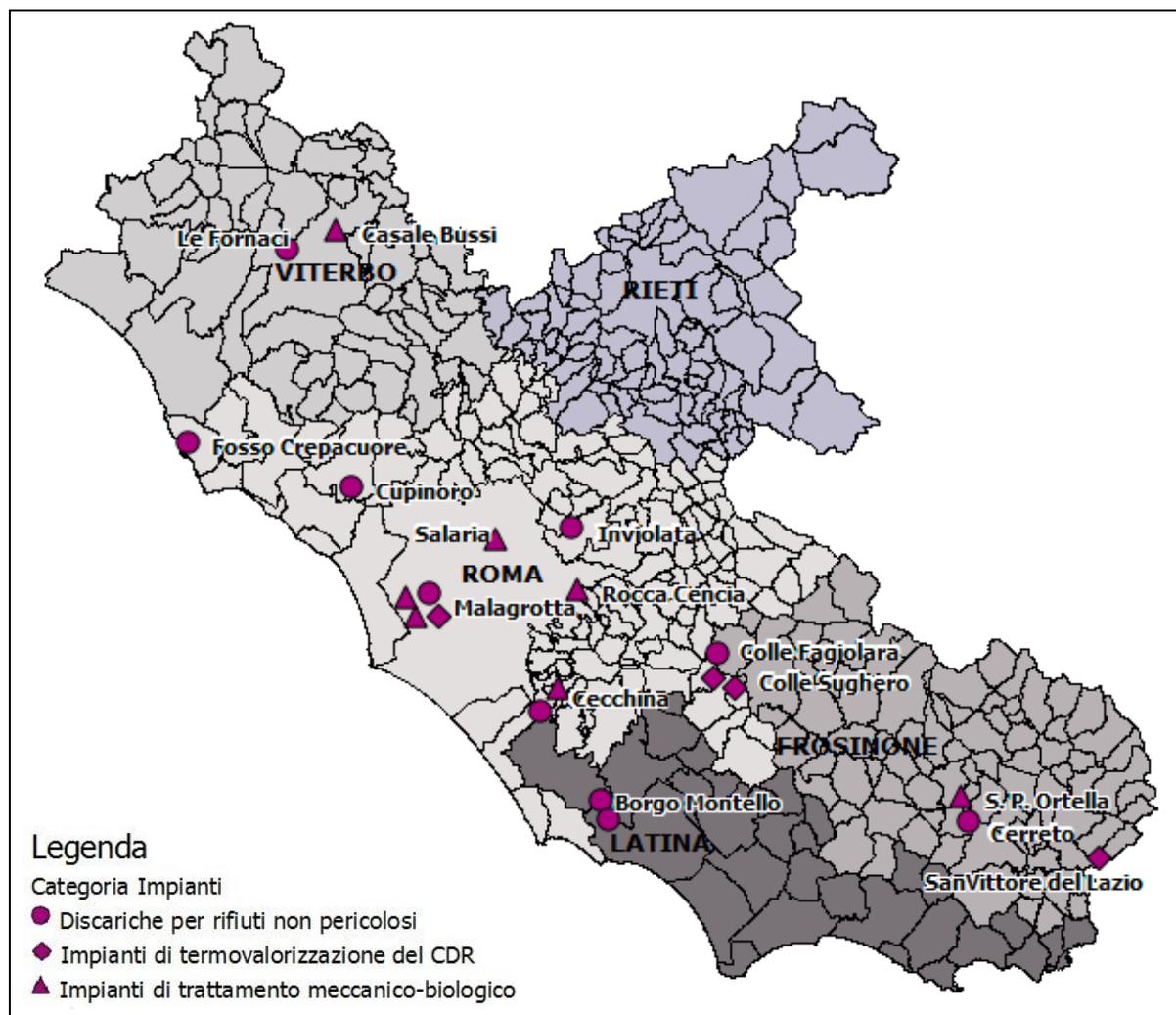


Figura 1.1.Ubicazione impianti Eras

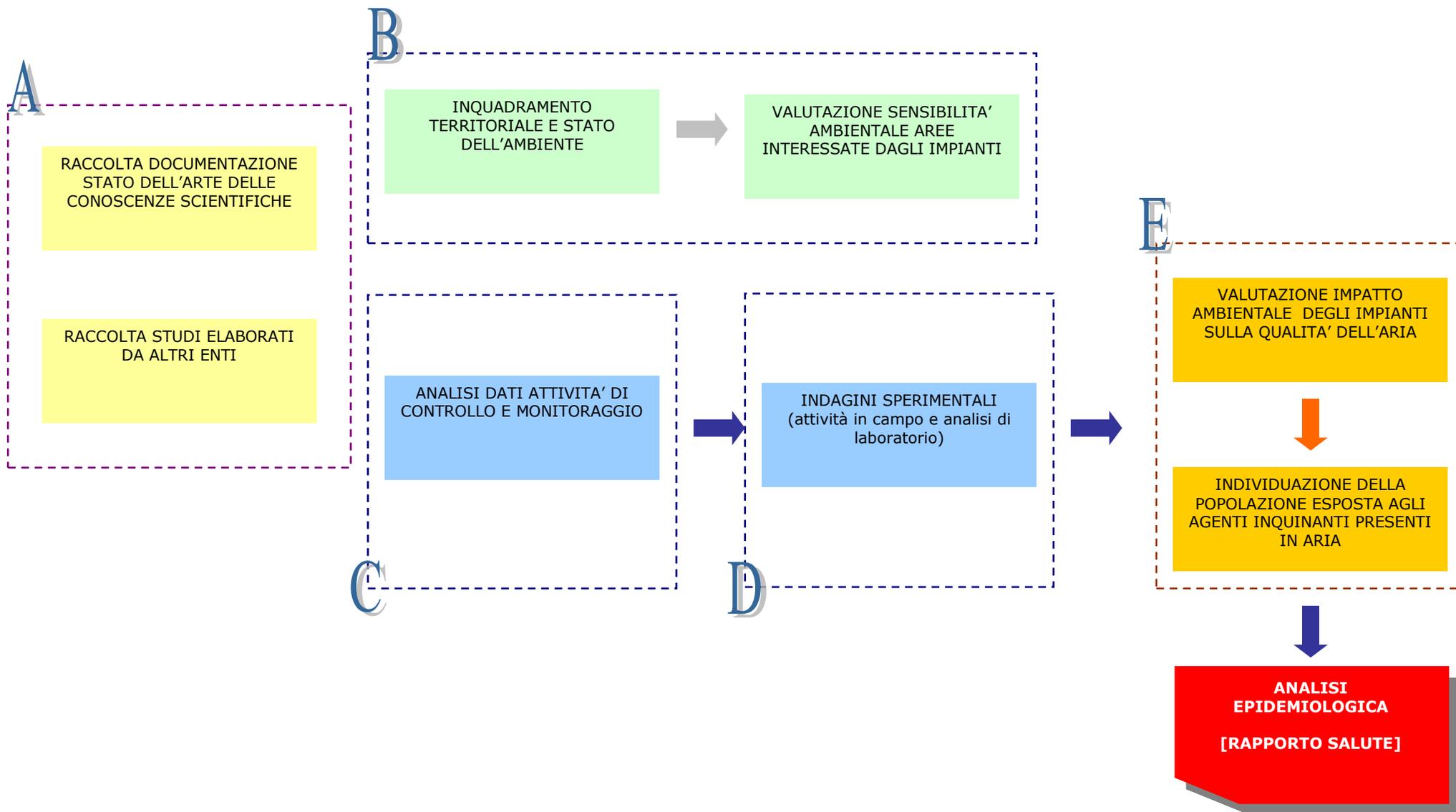
Lo studio ha considerato gli impianti che trattano esclusivamente rifiuti urbani.

## 2 Metodologia

La metodologia utilizzata è composta da cinque fasi principali:

- A – Raccolta documentazione;
- B – Valutazione ambientale delle aree interessate dagli impianti;
- C – Analisi dei dati di controllo e monitoraggio ambientale degli impianti;
- D – Indagini sperimentali (misure in campo/laboratorio);
- E – Individuazione della popolazione esposta agli agenti inquinanti presenti in aria.

**Figura 2.1 Schema metodologia rapporto ambiente**



## 2.1 Raccolta documentazione

Al fine di acquisire elementi utili allo sviluppo e organizzazione del programma si è proceduto alla raccolta della documentazione scientifica inerente alla valutazione dell'impatto ambientale delle tipologie d'impianti (discariche, termovalorizzatori, trattamento meccanico biologico) oggetto dello studio.

La ricerca bibliografica è stata realizzata a partire dal patrimonio dei documenti posseduti dalla Biblioteca ambientale "Paolo Colli" di ARPA Lazio: sono state consultate le riviste di settore, sia cartacee che elettroniche, e le banche di dati in abbonamento all'Agenzia. L'indagine si è estesa anche ai periodici online il cui testo completo può essere letto, distribuito e linkato gratuitamente secondo la filosofia dell'*open access*.

Oltre che nel campo della letteratura periodica la ricerca bibliografica si è svolta anche nell'ambito della reportistica tecnico-scientifica e degli atti di congressi; si è proceduto inoltre ad acquisire, laddove esistenti, i principali e più recenti studi effettuati da altri Enti pubblici riguardanti gli impianti.

## 2.2 Valutazione ambientale delle aree interessate dagli impianti

Si è ritenuto opportuno, prima di effettuare l'analisi degli impatti ambientali degli impianti, realizzare una descrizione delle principali caratteristiche territoriali ed ambientali dell'area su cui insistono le discariche, i termovalorizzatori ed i TMB.

L'ambito territoriale considerato è costituito dai comuni presenti nel raggio di 3km dall'impianto.

Per ogni impianto è stato effettuato:

- ⇒ un inquadramento generale che ha considerato i seguenti aspetti: la popolazione, l'utilizzo del suolo, le infrastrutture di trasporto, i corsi idrici superficiali, le aree naturali protette;
- ⇒ un'analisi dello stato dell'ambiente che si basata principalmente sulle conoscenze derivanti dalle attività di monitoraggio svolte dall'ARPA Lazio. Gli aspetti considerati sono stati: la qualità delle acque superficiali e sotterranee e la qualità dell'aria. Sono stati, inoltre, individuati i principali fattori di pressione e nello specifico: le attività economiche che insistono sul territorio, le emissioni di inquinanti atmosferici, il carico inquinante delle acque reflue urbane ed industriali e la produzione di rifiuti.

### *2.3 Analisi dei dati di controllo e monitoraggio ambientale degli impianti*

Gli impianti di gestione e trattamento rifiuti oggetto dello studio sono soggetti alla disciplina di prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento (IPPC Integrated Pollution Prevention and Control).

La strategia IPPC, comune a tutta l'Unione Europea nasce con la Direttiva 24 settembre 1996 del Consiglio Europeo e fu successivamente rivisitata ed aggiornata nel corso del tempo fino alla Direttiva 24 novembre 2010, attualmente vigente. La finalità della strategia IPPC è quella di aumentare le "prestazioni ambientali" dei complessi industriali soggetti ad autorizzazione.

La prima formulazione di tale disciplina introdusse concetti all'epoca innovativi ai fini della protezione ambientale: essa infatti si fondava sul concetto di approccio integrato alla riduzione dell'inquinamento, approccio ritenuto necessario per raggiungere un elevato livello di protezione dell'ambiente nel suo complesso.

Sulla base dell'esperienza passata si prendeva atto che attività distinte nel controllo delle emissioni nell'aria, nell'acqua o nel terreno anziché proteggere l'ambiente potevano incoraggiare il trasferimento dell'inquinamento tra i vari settori ambientali.

Al fine di prevedere un efficace coordinamento delle attività di controllo, è stata prevista per gli impianti soggetti alla disciplina IPPC un'Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) che comprende tutti gli aspetti ambientali (emissioni in atmosfera, scarichi idrici, gestione dei rifiuti, ...).

I valori limite di emissione stabiliti dall'AIA devono basarsi sulle migliori tecniche disponibili (MTD).

Le MTD costituiscono il secondo pilastro nell'architettura della Direttiva: la protezione dell'ambiente è, infatti, garantita attraverso l'utilizzo delle MTD, che determinano il più efficiente esercizio di un impianto e di conseguenza la generale riduzione, ove non sia possibile l'eliminazione, delle emissioni nell'ambiente.

Particolare attenzione viene posta alla trasparenza stabilendo che, per consentire al pubblico di essere informato sul funzionamento degli impianti e sui possibili effetti per l'ambiente, e garantire la trasparenza delle procedure di autorizzazione, il pubblico deve avere liberamente accesso, prima di qualsiasi decisione, alle informazioni relative alle domande di autorizzazione di nuovi impianti ed ai relativi dati di controllo.

Elemento cardine nella gestione di un impianto è il piano di controllo, definibile come l'insieme di azioni svolte dal gestore e dall'Autorità di controllo che consentono di effettuare, nelle diverse fasi della vita di un impianto, un efficace monitoraggio degli aspetti ambientali dell'attività costituiti dalle emissioni nell'ambiente e dagli impatti sui

corpi recettori, assicurando la base conoscitiva che consente in primo luogo la verifica della sua conformità ai requisiti previsti nella autorizzazione.

Secondo tale approccio innovativo il gestore svolge un ruolo essenziale ai fini del controllo dell'impianto, affiancandosi all'Autorità di controllo.

A tal fine il piano di controllo dell'impianto comprende due parti principali:

- ⇒ controlli a carico del gestore (attraverso il Sistema di Monitoraggio delle Emissioni, SME);
- ⇒ controlli a carico dell'Autorità pubblica di controllo.

Il piano di controllo riguarda le azioni che devono essere effettuate sull'impianto per costruirlo o adeguarlo alle prescrizioni contenute nell'AIA e che riguardano in generale le componenti tecniche e gestionali ivi compreso il controllo delle emissioni. Dal punto di vista dell'Autorità competente questo si tradurrà in un certo numero e tipologia di ispezioni dipendenti dall'entità e dalla durata della costruzione o degli interventi di adeguamento previsti nel progetto presentato dal gestore dell'impianto.

La disciplina comunitaria trovava la prima attuazione in Italia attraverso il Decreto legislativo 18 febbraio 2005 n. 59, norma successivamente confluita, con le modifiche apportate dal Decreto legislativo 3 dicembre 2010 n. 205, all'interno del codice ambientale costituito dal Decreto legislativo 3 aprile 2006 n. 152.

Venivano in tal modo definite le competenze, in materia, delle Agenzie regionali per la protezione dell'ambiente e in particolare erano attribuite:

- ⇒ una funzione istruttoria, con l'espressione del parere, ai fini del rilascio dell'autorizzazione integrata ambientale, per quanto riguarda il monitoraggio ed il controllo degli impianti e delle emissioni nell'ambiente;
- ⇒ una funzione di controllo dell'impianto mediante l'onere di accertare:
  - a) il rispetto delle condizioni dell'AIA;
  - b) la regolarità dei controlli a carico del gestore, con particolare riferimento alla regolarità delle misure e dei dispositivi di prevenzione dell'inquinamento nonché al rispetto dei valori limite di emissione;
  - c) l'ottemperanza del gestore ai propri obblighi di comunicazione e in particolare alla regolare informazione dell'autorità competente e, in caso di inconvenienti o incidenti che influiscano in modo significativo sull'ambiente, alla tempestiva comunicazione dei risultati della sorveglianza delle emissioni del proprio impianto.

Pertanto ARPA Lazio svolge attività tecniche istruttorie e di controllo degli impianti a supporto dell'Autorità amministrativa competente, costituita dalla Provincia,

ad eccezione degli impianti di gestione rifiuti per i quali la competenza è della Regione Lazio. Allo stato attuale, gli impianti autorizzati con autorizzazione integrata ambientale, nella Regione Lazio, sono in totale 116 dei quali 40 riguardano la gestione dei rifiuti.

L'analisi delle attività di controllo e monitoraggio ha costituito un elemento fondamentale per acquisire informazioni utili a costituire il set di input dei dati necessari alla valutazione della qualità dell'aria e ad individuare le ulteriori necessità informative utili allo studio. Gli approfondimenti necessari per quanto riguarda la definizione del quadro ambientale sono state ottenute attraverso lo svolgimento di specifiche indagini sperimentali.

#### 2.4 Indagini sperimentali

Le indagini sperimentali sono state pianificate sulla base dell'analisi delle informazioni esistenti e acquisite nell'ambito delle attività di controllo e monitoraggio svolte dall'ARPA Lazio.

Le campagne sono state svolte con mezzi mobili e centraline rilocabili e sono state finalizzate ad una caratterizzazione della qualità dell'aria delle zone influenzate dalla presenza degli impianti. Durante le campagne sperimentali, sono stati monitorati i seguenti inquinanti: biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), monossido di carbonio (CO), particolato (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>), ozono (O<sub>3</sub>), sostanze organiche volatili, diossine, aldeidi, metalli e idrocarburi policiclici aromatici (IPA).

Contestualmente sono state realizzate campagne sperimentali dedicate alla caratterizzazione delle aree di indagine mediante l'utilizzo combinato di indicatori derivati dall'analisi dei licheni.

<b>Monitoraggi</b>		
<b>Tipo di stazione/parametri rilevati</b>	<b>Laboratorio mobile</b>	<b>Rete regionale</b>
Macroinquinanti	x	x
Aldeidi	x	
VOC	x	
Metalli	x	x
Metalli (associati a particolato fine da 10, 2.5 e 1 micron)	x	
IPA	x	x
Diossine	x	x
PCB	x	x

<b>Monitoraggi</b>		
<b>Tipo di stazione/parametri rilevati</b>	<b>Laboratorio mobile</b>	<b>Rete regionale</b>
H <sub>2</sub> S	x	

Tabella 2.1. Inquinanti sottoposti a monitoraggio

La scelta dei parametri inquinanti da sottoporre a monitoraggio è stata sostanzialmente derivata dalle indicazioni presenti nella normativa, dalla necessità di caratterizzare sostanze potenzialmente derivate dai cicli industriali di interesse e dalla selezione di traccianti indicativi dei percorsi e delle modalità di trasporto e diffusione delle sostanze inquinanti in atmosfera.

La strategia di monitoraggio adottata ad integrazione dei rilievi condotti dalla rete regionale della qualità dell'aria è stata quella di programmare campagne di misura dedicate con il rilevamento di parametri inquinanti specifici mediante criteri di sovrapposizione statistica tra la dimensione spaziale e quella temporale di evoluzione dei fenomeni di inquinamento.

In pratica si è adottata la tecnica di selezionare situazioni territoriali "tipo" sulle quali condurre campagne di rilevamento contemporaneo di "macroinquinanti" (PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>) da confrontare con i trend acquisiti dalla rete fissa e parametri inquinanti specifici (IPA, metalli,..) per la valutazione di possibili impatti diretti e indiretti dei sistemi impiantistici oggetto dello studio.

Tale approccio risulta inoltre consistente alla necessità, associata alle valutazioni epidemiologiche, di fornire elementi a supporto circa lo stato di qualità ambientale in una finestra temporale (1996-2008) rilevante nella valutazione degli indici di esposizione della popolazione

Il complesso delle attività sperimentali ha un duplice obiettivo da un lato contribuire a caratterizzare le aree circostanti gli impianti e quindi supportare la valutazione dei meccanismi di causa-effetto significativamente correlati alle analisi epidemiologiche e dall'altro integrarsi con le valutazioni di tipo modellistico per poter costruire mappe di livelli di contrazione in aria di inquinanti affidabili e funzionali all'individuazione della popolazione esposta.

### *2.5 Individuazione della popolazione esposta agli agenti inquinanti in atmosfera*

L'obiettivo principale dell'indagine è l'acquisizione, la sistematizzazione e la divulgazione delle informazioni relative agli impianti di smaltimento e di

trasformazione dei rifiuti urbani presenti nel Lazio e lo studio della loro possibile influenza sulla salute della popolazione residente nelle immediate vicinanze. Per poter conseguire questo obiettivo, lo studio è stato condotto in modo tale da definire l'esposizione della popolazione della zone interessate agli agenti inquinanti presenti in aria, valutando il più accuratamente possibile l'apporto (e quindi il peso) delle varie sorgenti di emissione degli inquinanti legate al ciclo dei rifiuti urbani. Il punto di partenza è costituito dalla definizione dei livelli di qualità dell'aria a livello regionale, a cui è seguito uno studio di dettaglio per la definizione dei contributi dei singoli impianti di gestione dei rifiuti urbani.

### *2.5.1 La ricostruzione dei livelli di inquinamento sulla regione Lazio*

Il punto di riferimento per la valutare se la qualità dell'aria di un territorio sia o meno congruente con i limiti di legge è la conoscenza della distribuzione spaziale della concentrazione dei vari inquinanti a livello orario o giornaliero. Da tale conoscenza si giunge facilmente alla determinazione della distribuzione spaziale di concentrazione media annua che è uno dei parametri più importanti con cui valutare la qualità dell'aria di una zona.

E' una realtà il fatto che la regione Lazio dispone di una rete regionale di monitoraggio in cui vengono misurate le concentrazioni di una serie di inquinanti previsti attualmente dalla normativa vigente ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2.5}$ ,  $\text{O}_3$ , Benzene, IPA e metalli), ma queste misure realizzate in un numero ridotto di punti sul territorio non consentono di stimare con un'adeguata confidenza la distribuzione spaziale di tali inquinanti. Tra l'altro, il lavoro di interconfronto realizzato negli ultimi anni per valutare quale sia l'incertezza intrinseca alle misure della concentrazione dei vari inquinanti ha evidenziato come tale incertezza sia per nulla trascurabile, anzi sia piuttosto elevata. Se, basandosi su tali misure affette da un elevato grado di incertezza, si adottassero i normali metodi di interpolazione spaziale, la distribuzione spaziale ottenuta non avrebbe alcuna garanzia di essere "parente" della realtà che si vuole stimare.

D'altro canto, ormai l'impiego di modelli matematici che descrivono la variazione nello spazio e nel tempo dei vari campi meteorologici e micrometeorologici ed il trasporto, la dispersione, la deposizione e la trasformazione chimica delle varie specie inquinanti è una realtà consolidata, nonostante sia ancora presente una diffusa sfiducia nel fatto che lo strumento modellistico sia effettivamente efficace. Questa sfiducia è piuttosto curiosa e si basa sulla credenza che tutto ciò che si misura sia vero per definizione e

tutto ciò che si calcola (basandosi sulle leggi della fisica e della chimica) sia per definizione almeno dubbio. La situazione è curiosa, visto che, per esempio, i modelli meteorologici sono ormai alla base della vita quotidiana e sono lo strumento operativo impiegato dalla Protezione Civile per prevedere e gestire le emergenze naturali. L'esempio dei modelli meteorologici è importante perché essi costituiscono il primo degli strumenti impiegati per la ricostruzione spaziale e temporale dei livelli di concentrazione degli inquinanti in aria.

Seguendo quanto prescritto dalla Direttiva 2008/50/CE (e quindi dal D.Lgs. n. 155/2010 che la recepisce), la stima delle distribuzioni spaziali della concentrazione dei vari inquinanti deve essere ottenuta impiegando assieme modelli e misure.

Nello specifico per la regione Lazio, opera in modalità continua una catena modellistica costituita dagli elementi seguenti:

1. il modello meteorologico RAMS che si incarica di ricostruire a livello orario i campi tridimensionali delle diverse variabili meteorologiche e micrometeorologiche. RAMS è un modello ben noto ed operativo in molti centri di previsione meteorologica e la sua capacità di riprodurre le situazioni reali è ben documentata nella letteratura specializzata da più di venti anni. Oltre a ciò, visto che lo si utilizza in maniera ricostruttiva e non predittiva, RAMS assimila costantemente le misure realizzate dalla rete micrometeorologica regionale e dalle stazioni meteorologiche dell'Aeronautica.
2. Il modello fotochimico FARM. FARM è uno dei pochi modelli di trasporto e dispersione degli inquinanti attualmente operativi nelle strutture dedicate al controllo della qualità dell'aria. E' la base modellistica impiegata dal Ministero dell'Ambiente per descrivere l'inquinamento del territorio italiano e per valutare eventuali scenari di risanamento. Le sue capacità predittive e ricostruttive sono ben note e numerosissimi sono gli studi realizzati al fine di confrontare in situazioni tra loro anche molto differenti i livelli di concentrazione dei differenti inquinanti con le rispettive misure. I risultati ottenuti confermano come l'incertezza nelle stime modellistiche sia almeno dello stesso ordine di grandezza dell'incertezza delle misure. Tra l'altro, usandolo in maniera ricostruttiva, si può sfruttare le sue capacità di assimilare le misure ottenute dalla rete fissa di monitoraggio, riducendo ulteriormente l'incertezza intrinseca.

Sulla base di ciò, si è stimata per ogni ora dell'anno la distribuzione spaziale dei vari inquinanti di interesse su tutto il territorio regionale e ogni ora nel campo stimato per

una data specie chimica sono state assimilate le misure relative, ottenendo quindi la miglior fotografia possibile della situazione di inquinamento della zona. Disponendo, poi, dei campi orari, è stato immediato giungere alla distribuzione spaziale media annua per ciascun inquinante, distribuzione che, ai sensi del D.Lgs. n. 155/2010, è la valutazione della qualità dell'aria cui si applicano i limiti specifici per ciascuna sostanza inquinante.

### *2.5.2 L'impronta (footprint) degli impianti di trattamento rifiuti*

Il punto di partenza logico da cui si è sviluppato lo studio è l'ipotesi che ogni impianto di smaltimento o di trasformazione dei rifiuti in attività determini una propria impronta (footprint) sulla qualità dell'aria caratteristica del territorio in cui tale impianto è presente. In sostanza, tale impronta altro non sarebbe che quella porzione di territorio, circostante l'impianto, in cui le emissioni da esso prodotte durante la normale attività determinano una distribuzione di concentrazione con caratteristiche ben definite.

Per concretizzare il concetto, se si considera un generico impianto in attività (un termovalorizzatore o una discarica), è evidente che da tale impianto viene emesso un numero rilevante di sostanze inquinanti delle quali molte sono note e ben quantificabili. Queste non sono ovviamente le uniche emissioni di questi impianti: è infatti ragionevole supporre che vengano emesse anche altre sostanze non facilmente misurabili e quantificabili di cui, però, non è possibile a priori escludere una qualche influenza sulla salute umana. Una volta emesse, queste sostanze vengono trasportate dal campo di moto dei bassi strati dell'atmosfera (Planetary Boundary Layer, PBL) e disperse dalla turbolenza che li caratterizza, e stabiliscono in prossimità del suolo una distribuzione spaziale di concentrazione che varia nel tempo a secondo delle condizioni meteorologiche (campo di moto) e micrometeorologiche (turbolenza) che esse incontrano ora dopo ora.

L'indagine epidemiologica è finalizzata ad individuare delle possibili relazioni causa-effetto tra la presenza di un impianto in funzione e le patologie presentate dalla popolazione che risiede nelle immediate circostanze. Per rendere più oggettiva l'indagine è necessario definire meglio alcuni punti essenziali:

- l'obiettivo (e quindi il limite) di questa indagine è determinare se la concentrazione al livello del suolo che si viene a determinare attorno ad un impianto in attività abbia o meno un'influenza epidemiologica sulla popolazione che vi risiede attorno, senza considerare altre possibili influenze sulla salute umana;
- dato che è presumibile che le aree relativamente vicine all'impianto che si considera siano le più influenzate dalle emissioni inquinanti, potremo trascurare senza commettere un eccessivo errore alcuni fenomeni che hanno luogo nella dispersione degli inquinanti in aria a distanze medio-lunghe dal punto di emissione, come la deposizione secca, la deposizione umida e le trasformazioni chimiche. Questa considerazione è di fondamentale importanza perché, trascurando questi fenomeni (ritenuti ragionevolmente irrilevanti), di fatto si ipotizza che tutte le emissioni siano gassose e tutte vengano disperse allo stesso modo. Quindi, se emettiamo dai vari punti di emissione dell'impianto una quantità unitaria di una sostanza inquinante, essa darà luogo ad una distribuzione spazio-temporale di concentrazione al livello del suolo del tutto uguale a quella derivante dall'emissione unitaria di una sostanza chimicamente del tutto differente. Se, viceversa, emettiamo una ben precisa sostanza inquinante (per esempio gli Ossidi di Azoto -  $\text{NO}_x$ ) dai punti di emissione dell'impianto, otterremo, per esempio, la distribuzione spaziale media annua di concentrazione di tale sostanza da cui è facile individuare il valore massimo di concentrazione annua  $C_{\max}$  e la porzione di territorio entro cui la concentrazione media annua risulta non inferiore ad una frazione  $k$  (es. 0.01) di  $C_{\max}$ , cioè  $C(x,y) \leq k C_{\max}$ . Se, però, emettessimo una sostanza chimicamente molto differente (ad esempio diossine) con un tasso di emissione molto lontano da quello degli Ossidi di Azoto considerati prima (per esempio il tasso di emissione delle diossine sia 1/1000 di quello degli  $\text{NO}_x$ ), la porzione di territorio in cui la concentrazione media annua di questa nuova sostanza non è inferiore ad una frazione  $k$  della concentrazione massima determinata dall'impianto per tale sostanza è esattamente identica a quella ottenuta per gli Ossidi di Azoto;
- possiamo quindi definire footprint di un impianto quella porzione di territorio i cui punti  $P$  di coordinate  $(x,y)$  presentano un indicatore della concentrazione di una qualunque sostanza emessa dall'impianto stesso non inferiore ad una

frazione definita del valore massimo assunto dall'indicatore in questione. Per essere più specifici, nello studio si è considerato come indicatore la concentrazione media annua  $C_y$  e quindi il footprint dell'impianto è il luogo di punti  $P(x,y)$  tali che  $C_y(x,y) \leq kC_{y\max}$ , dove  $k = 0.01$ . Se l'analisi epidemiologica rileverà entro tale area territoriale anomalie sanitarie non rilevate in altre zone, si potrà ragionevolmente ipotizzare che in qualche modo l'impianto ha interferito con la salute della popolazione. Quindi si stabilirà così una relazione causa - effetto tra le attività dell'impianto e la salute di una bene precisa porzione di territorio e di popolazione ivi residente, senza però affermare con certezza quale sia stata la sostanza inquinante responsabile di ciò. L'individuazione di una tale sostanza, se possibile, costituirà una fase successiva dello studio.

Visto che, da quanto si è detto, il footprint di un impianto è determinabile indipendentemente dal tipo di sostanza emessa, ciò che ne determina l'estensione è:

- il numero, la localizzazione spaziale dei vari punti di emissione e la tipologia degli stessi. In particolare, i punti di emissione potranno essere camini o ciminiera, come è il caso della maggior parte delle emissioni provenienti dai termovalorizzatore, o intere superfici, come è il caso delle discariche. Comunque, ogni punto di emissione sarà caratterizzato dalla propria quota di emissione e dalle caratteristiche fisiche dell'emissione (temperatura e velocità delle sostanze emesse, diametro del camino, ecc.);
- l'entità dei tassi di emissione delle singole sorgenti emissive presenti in un dato impianto è di fondamentale importanza, soprattutto in termini relativi. Dato che l'importanza della determinazione del footprint di un impianto sta nel fatto che, una volta nota, essa risulta del tutto indipendente dalla sostanza emessa, ci si troverebbe di fronte ad una difficoltà pratica insormontabile. Per abbattere questa difficoltà, per ogni tipo di impianto si è individuato una sostanza marker caratteristica dell'impianto stesso e si è assunta tale sostanza come rappresentativa di tutto ciò che da quell'impianto viene emesso. In particolare, dato che i termovalorizzatori sono impianti di combustione, la sostanza marker considerata sono gli Ossidi di Azoto  $NO_x$  sempre emessi da tali impianti. L'ipotesi adottata è che qualsiasi altra sostanza emessa, nota o ignota,

possiederà tassi di emissione proporzionali a quelli degli  $\text{NO}_x$  in ogni punto di emissione dell'impianto considerato. Ciò garantisce per il principio della sovrapposizione degli effetti che il footprint degli  $\text{NO}_x$  sarà identico a quello del  $\text{PM}_{10}$ , a quello dell'Acido Cloridrico  $\text{HCl}$ , a quello delle Diossine, ecc. Per quanto riguarda, invece, le discariche, le emissioni relative derivano da ciò che emettono i vari lotti coltivati. Dato che le principali sostanze emesse da una discarica sono sostanze odorigene, la sostanza marker considerata è stata l'Idrogeno Solforato  $\text{H}_2\text{S}$ ;

- le modalità con cui la sostanza si disperde nell'aria. Infatti, la generica sostanza emessa da un generico impianto verrà trasportata dal campo di moto (vento) presente nel PBL e verrà dispersa dalla turbolenza ivi presente, campo di moto e turbolenza che devono essere noti in ogni istante del periodo annuale considerato per la determinazione della concentrazione media annua del generico inquinante. Il modo con cui tale sostanza si disperde nell'aria dipende non solo dalle caratteristiche meteorologiche incontrate, ma anche dalle caratteristiche orografiche della zona considerata. Per poter operativamente giungere ad una stima accurata di come si disperdono le sostanze emesse dai vari impianti presenti nel Lazio, è stato necessario ricostruire con modelli meteorologici la distribuzione spaziale e temporale delle diverse variabili meteorologiche e micrometeorologiche, assimilare tali campi con le misure disponibili e, una volta disponibili queste informazioni, fornirle ad un opportuno modello di simulazione della dispersione degli inquinanti in aria in grado di operare realisticamente nelle diverse realtà territoriali della regione. Come vedremo, l'anno meteorologico preso a riferimento è il 2005 e le ragioni di tale scelta verranno fornite successivamente.

### 3 Inquadramento territoriale

#### 3.1 Discariche

Nella regione Lazio il numero degli impianti di discarica per rifiuti urbani è pari a nove; di seguito si elenca la località con la rispettiva provincia e la data di attivazione di ogni impianto e nella mappa successiva si può osservare la loro distribuzione territoriale.

Localizzazione	Provincia	Data di Attivazione
Malagrotta	Roma	1988
Guidonia	Roma	01/11/1991
Albano	Roma	1995
Colleferro	Roma	01/03/1997
Viterbo	Viterbo	2000
Borgo Montello	Latina	24/09/2001
Roccasecca	Frosinone	28/11/2002
Bracciano	Roma	25/05/2007
Civitavecchia	Roma	05/02/2008

Tabella 3.1. Discariche del Lazio in esame e relativa data di attivazione



Figura 3.1. Inquadramento territoriale delle discariche nella regione Lazio

Per analizzare l'impatto ambientale sul territorio dovuto agli impianti di gestione dei rifiuti urbani, è stato definito di prendere in esame il territorio costituito dai comuni che intercettano il raggio di 3 km con centro ogni discarica, così facendo l'area considerata nel *Rapporto Ambiente* è costituita da 26 comuni della regione Lazio.

Per una maggiore chiarezza dei dati connessi all'area relativa alla singola discarica si è deciso di associare a quest'ultima un codice (da D1 a D9) per individuare con rapidità le informazioni a loro collegate. Al codice D1 sono associati i dati inerenti il territorio di Roma; al codice D2 sono associati i dati inerenti il territorio di Fonte Nuova, Guidonia, Montecelio e Sant'Angelo Romano; il significato degli altri codici è riportato nella figura e tabella successiva.



Figura 3.2. Codici di riferimento per ogni discarica

Codice	Impianto	Comuni
D1	Discarica di Malagrotta	Roma
D2	Discarica di Guidonia	Fonte Nuova
		Guidonia Montecelio
		Sant'Angelo Romano
D3	Discarica di Albano	Albano Laziale
		Aprilia
		Ardea
		Ariccia
		Pomezia
		Roma
D4	Discarica di Colferro	Artena
		Colferro
		Genazzano
		Paliano
		Segni
		Valmontone

Codice	Impianto	Comuni
D5	Discarica di Viterbo	Viterbo
		Montefiascone
D6	Discarica di Borgo Montello	Latina
D7	Discarica di Roccasecca	Arce
		Colfelice
		Pontecorvo
		Roccasecca
		San Giovanni Incarico
D8	Discarica di Bracciano	Bracciano
		Cerveteri
D9	Discarica di Civitavecchia	Civitavecchia

Tabella 3.2. Codici di riferimento delle discariche

### **Popolazione**

La popolazione totale residente nel 2008 nei comuni in osservazione è pari a 3.456.849 abitanti dei quali 2.721.558 sono residenti nel comune di Roma.

Codice	Comune	Popolazione residente nel 2008
D1	Roma	2.721.558
D2	Fonte Nuova	26.981
	Guidonia Montecelio	79.994
	Sant'Angelo Romano	4.218
D3	Albano Laziale	38.992
	Aprilia	67.606
	Ardea	40.124
	Ariccia	18.183
	Pomezia	57.363
	Roma	2.721.558
D4	Artena	13.384

<b>Codice</b>	<b>Comune</b>	<b>Popolazione residente nel 2008</b>
	Colleferro	21.964
	Genazzano	5.902
	Paliano	8.179
	Segni	9.362
	Valmontone	14.655
D5	Viterbo	61.754
	Montefiascone	13.506
D6	Latina	116.320
D7	Arce	5.941
	Colfelice	1.839
	Pontecorvo	13.265
	Roccasecca	7.594
	San Giovanni Incarico	3.440
D8	Bracciano	17.817
	Cerveteri	34.847
D9	Civitavecchia	52.061
<b>Totale comuni</b>		<b>3.456.849</b>
<i>Totale comuni escluso Roma</i>		<i>735.288</i>
<i>Totale provincia di Viterbo</i>		<i>313.087</i>
<i>Totale Provincia di Frosinone</i>		<i>495.866</i>
<i>Totale provincia di Latina</i>		<i>541.215</i>
<i>Totale provincia di Roma</i>		<i>4.085.789</i>
<i>Totale Regione Lazio</i>		<i>5.593.864</i>

Tabella 3.3. Popolazione residente nei comuni limitrofi alle discariche (fonte: ISTAT "Stima del carico inquinante delle acque reflue urbane anno 2005-2008")

### **Utilizzazione Suolo**

Il territorio che interessa le discariche è per circa il 17% costituito da aree ad intensa attività antropica in generale adiacente alle aree ad uso agricolo, si veda al riguardo la Tavola 1 "Fattori di sensibilità ambientale".

<b>Uso del suolo per i comuni in osservazione</b>	<b>Superficie [ha]</b>
Aree agricole	196.058
Aree naturali	74.414
Aree urbane	38.427
Aree industriali e commerciali	16.664
Laghi e bacini	4.354
Servizi	2.698

Uso del suolo per i comuni in osservazione	Superficie [ha]
Reti stradali	1.630
Aree aeroportuali ed eliporti	1.320
Reti ferroviarie	455
Laghi costieri	403
Aree archeologiche	274
Bacini artificiali	110
Aree portuali	86
Altro	3.966
<b>Totale</b>	<b>340.859</b>

Tabella 3.4. Uso del suolo (fonte: Regione Lazio)

Le attività economiche presenti nell'area coinvolgono complessivamente 967.328 addetti dei quali 842.733 nel comune di Roma.

Codice	Comune	Numero di addetti
D1	Roma	842.733
	<i>Totale D1</i>	<i>842.733</i>
D2	Fonte Nuova	1.272
	Guidonia Montecelio	7.422
	Sant'Angelo Romano	111
	<i>Totale D2</i>	<i>8.805</i>
D3	Albano Laziale	6.464
	Aprilia	14.286
	Ardea	2.103
	Ariccia	4.791
	Pomezia	28.127
	Roma	842.733
	<i>Totale D3</i>	<i>898.504</i>
D4	Artena	921
	Colleferro	6.688
	Genazzano	459
	Paliano	1.465
	Segni	850
	Valmontone	970
	<i>Totale D4</i>	<i>11.353</i>
D5	Viterbo	24.442
	Montefiascone	3.071
	<i>Totale D5</i>	<i>27.513</i>
D6	Latina	40.000

<b>Codice</b>	<b>Comune</b>	<b>Numero di addetti</b>
	<i>Totale D6</i>	<i>40.000</i>
D7	Arce	839
	Colfelice	315
	Pontecorvo	2.472
	Roccasecca	1.573
	San Giovanni Incarico	379
	<i>Totale D7</i>	<i>5.578</i>
D8	Bracciano	2.105
	Cerveteri	1.908
	<i>Totale D8</i>	<i>4.013</i>
D9	Civitavecchia	11.522
	<i>Totale D9</i>	<i>11.522</i>
<b>Totale comuni</b>		<b>967.328</b>
<i>Totale provincia di Viterbo</i>		<i>46.791</i>
<i>Totale provincia di Latina</i>		<i>88.185</i>
<i>Totale provincia di Frosinone</i>		<i>101.565</i>
<i>Totale provincia di Roma</i>		<i>1.030.955</i>
<i>Totale Regione Lazio</i>		<i>1.291.766</i>

Tabella 3.5. Numero di addetti nelle attività economiche dei comuni sotto osservazione (fonte ISTAT "Censimento industria e servizi 2001–Classificazione delle attività economiche Ateco 2007")

### **Infrastrutture**

Le principali infrastrutture di trasporto presenti nell'area ospitante le discariche sono elencate nella tabella successiva.

<b>Codice</b>	<b>Principali infrastrutture di trasporto nei comuni in osservazione</b>
D1 (Malagrotta)	Strada dei Parchi (A24), Autostrada del Sole (A1), via Casilina (SS6), Circonvallazione Orientale, linea ferroviaria Roma – Napoli.
D2 (Guidonia)	Autostrada del Sole (A1), via Nomentana, via Palombarese, via dell'Inviolata.
D3 (Albano)	Strada Statale Pontina, via Appia, via Laurentina, linea ferroviaria Roma – Napoli.

<b>Codice</b>	<b>Principali infrastrutture di trasporto nei comuni in osservazione</b>
D4 (Colleferro)	Autostrada Roma-Napoli, via Casilina (SS6), via Tuscolana (SS215), linea ferroviaria Roma-Napoli.
D5 (Viterbo)	Raccordo Civitavecchia-Orte (SS204), strada statale Cassia (SS2), linea ferroviaria Roma - Viterbo, strade provinciali Tuscanese (SP2) e Martana (SP7).
D6 (Borgo Montello)	via Pontina (SS 148), Via Appia (SS 7), linea ferroviaria Roma-Napoli, strade provinciali del Crocefisso e di Santa Maria.
D7 (Roccasecca)	Autostrada del Sole (A1) e via Civita Farnese (SR 82).
D8 (Bracciano)	via Settevene Palo (SP 4a), la quale si raccorda con la via Aurelia (SS1) e con l'autostrada Azzurra (E 80), linea ferroviaria Cerveteri - Ladispoli e servizio Metropolitano di Roma.
D9 (Civitavecchia)	Raccordo Civitavecchia - Viterbo, via Aurelia Nord e linea ferroviaria Roma - Civitavecchia.

### **Acque Superficiali**

Considerando i corpi idrici di riferimento definiti dalla Regione Lazio ai fini della tutela delle acque, nell'area in esame sono presenti i fiumi elencati nella tabella successiva.

<b>Corsi d'acqua "significativi*" che attraversano i comuni in osservazione</b>	<b>Lunghezza del tratto nel territorio in esame [km]</b>	<b>Lunghezza complessiva nel territorio della Regione Lazio [km]</b>
Fiume Tevere	69,1	191,3
Fiume Aniene	29,4	119,3
Fosso Galeria	27,5	27,5
Fiume Arrone	25,2	37,3
Fiume Liri (a valle)	24,6	45,8
Fiume Sacco	23,7	91,5
Fosso Incastri (Rio Grande)	21,4	21,4
Canale Acque medie	21,2	31,7

<b>Corsi d'acqua "significativi*" che attraversano i comuni in osservazione</b>	<b>Lunghezza del tratto nel territorio in esame [km]</b>	<b>Lunghezza complessiva nel territorio della Regione Lazio [km]</b>
Rio Torto (Fosso di Procula)	19,8	19,8
Rio Cremera della Valchetta	18,6	32,5
Fosso della Magliana	18,0	18,0
Fiume Astura	17,8	18,2
Fosso Malafede	17,6	17,6
Fosso Vaccina	17,4	21,5
Torrente Traponzo	17,1	23,5
Fosso Sanguinara	16,5	21,1
Fosso di Tor Sapienza	12,7	14,1
Fiume Melfa	12,4	52,6
Fosso della Torraccia	11,1	17,9
Bacino Ninfa Sisto	11,0	43,0
Canale Acque alte	9,6	29,6
Fiume Liri (a monte)	8,9	54,8
Forma di S. Oliva	8,8	15,8
Fosso dell'Osa	8,3	10,1
Fosso Savo o Centogocce	8,0	13,7
Fosso della Caffarella	7,3	7,3
Fosso Biedano	5,9	25,2
Fosso di S.Vittorino	4,7	14,9
Fosso Passerano	4,6	9,2
Canale Linea Pio	3,3	21,3
Fosso Spaccasassi	3,2	32,6
Fosso Marangone	2,2	14,1
Canale Botte	1,9	21,9
Fosso delle Cadute (Rio Palidoro)	0,1	25,1
<b>Lunghezza totale</b>	<b>508,9</b>	<b>1.161,2</b>

Tabella 3.6. Lunghezza dei corsi d'acqua significativi nei territori in esame (fonte Regione Lazio)  
\*significativi ai sensi del DLgs 152/2006

### **Aree Naturali Protette**

Nell'area in osservazione sono presenti anche delle aree naturali sottoposte a vincoli di tutela.

<b>AREE NATURALI PROTETTE</b>			
<b>Codice</b>	<b>Comune</b>	<b>Denominazione</b>	<b>Superficie comunale che ricade nell'area naturale protetta [ha]</b>
D1	Roma	Monumento Naturale Galeria Antica	31,33
D3		Monumento Naturale Parco della Cellulosa	99,83

<b>AREE NATURALI PROTETTE</b>			
<b>Codice</b>	<b>Comune</b>	<b>Denominazione</b>	<b>Superficie comunale che ricade nell'area naturale protetta [ha]</b>
		Monumento Naturale Quarto degli Ebrei - Tenuta di Mazzalupetto	185,42
		Parco Naturale Regionale Aguzzano	61,25
		Parco Naturale Regionale Appia Antica	3.250,1
		Parco Naturale Regionale Bracciano - Martignano	1.749,88
		Parco Naturale Regionale Pineto	242,9
		Parco Naturale Regionale Veio	7.067,49
		Riserva Naturale Regionale Decima Malafede	6.088,77
		Riserva Naturale Regionale Insugherata	741,38
		Riserva Naturale Regionale Laurentino Acqua Acetosa	154,27
		Riserva Naturale Regionale Marcigliana	4.683,14
		Riserva Naturale Regionale Monte Mario	233,83
		Riserva Naturale Regionale Nomentum	0,02
		Riserva Naturale Regionale Tenuta dei Massimi	863
		Riserva Naturale Regionale Tenuta di Acquafredda	256,8
		Riserva Naturale Regionale Valle dei Casali	467,54
		Riserva Naturale Regionale Valle dell'Aniene	649,97
		Riserva Naturale Statale Litorale Romano	8.137,13
		Riserva Naturale Statale Tenuta di Castelporziano	5.928,99
		D2	Fonte Nuova
Riserva Naturale Regionale Marcigliana	0,86		
Guidonia Montecelio	Parco Naturale Regionale Inviolata		542,31
	Riserva Naturale Regionale Marcigliana		0,35
Sant'Angelo	Riserva Naturale Regionale Macchia		68,98

<b>AREE NATURALI PROTETTE</b>			
<b>Codice</b>	<b>Comune</b>	<b>Denominazione</b>	<b>Superficie comunale che ricade nell'area naturale protetta [ha]</b>
	Romano	di Gattacicia e Macchia del Barco	
D3	Albano Laziale	Parco Naturale Regionale dei Castelli Romani	220,11
	Ariccia	Parco Naturale Regionale dei Castelli Romani	671,14
D4	Artena	Monumento Naturale Lago di Giulianello	158,62
		Parco Naturale Regionale Castelli Romani	3,8
	Genazzano	Monumento Naturale La Selva	25,19
D5	Viterbo	Riserva naturale regionale Valle dell'Arcionello	438,87
		Riserva naturale regionale Lago di Vico	0,17
D6	Latina	Parco Nazionale del Circeo	880,64
D7	Arce	Antica Città di Fregellae e Lago S. Giovanni Incarico	342,72
	Pontecorvo	Monti Aurunci	169,94
	San Giovanni in Carico	Antica Città di Fregellae e Lago S. Giovanni Incarico	229,36
D8	Bracciano	Parco Naturale Regionale Bracciano - Martignano (Caldara di Manziana)	0,77
		Parco Naturale Regionale Bracciano - Martignano	5.046,46
	Cerveteri	Monumento Naturale Palude di Torre Flavia	21,94
<b>Totale</b>			<b>50.173,67</b>

Tabella 3.7. Superfici dei comuni in osservazione che ricadono in aree naturali protette (Fonte Regione Lazio)

<b>SITI DI IMPORTANZA COMUNITARIA (SIC)</b>			
<b>ZONE A PROTEZIONE SPECIALE (ZPS)</b>			
<b>Codice</b>	<b>Comune</b>	<b>Denominazione</b>	<b>Superficie comunale che ricade nel SIC/ZPS [ha]</b>
D1	Roma	SIC Macchia Grande di Ponte Galeria	1.055,74
		SIC Castel Porziano (Querceti Igrofilo)	327,66
D3		SIC Castel Porziano (Fascia Costiera)	427,7
SIC Villa Borghese e Villa Pamphili		341,68	
SIC Lago di Bracciano		39,04	

<b>SITI DI IMPORTANZA COMUNITARIA (SIC)</b>			
<b>ZONE A PROTEZIONE SPECIALE (ZPS)</b>			
<b>Codice</b>	<b>Comune</b>	<b>Denominazione</b>	<b>Superficie comunale che ricade nel SIC/ZPS [ha]</b>
		SIC Sughereta di Castel di Decima	538,41
		ZPS Compr. Bracciano-Martignano	2.181,42
		ZPS Castel Porziano (Tenuta presidenziale)	6.036,52
D2	Sant'Angelo Romano	SIC Macchia di Sant'Angelo Romano	741,76
D3	Pomezia	SIC Antica Lavinium - Pratica di Mare	47,88
		ZPS Castel Porziano (Tenuta Presidenziale)	1,99
D4	Artena	SIC Cerquone - Doganella	6,63
		SIC Maschio dell'Artemisio	0,07
		ZPS Monti Lepini	831,73
	Colleferro	ZPS Monti Lepini	410,2
	Segni	ZPS Monti Lepini	3.340,5
D5	Viterbo	SIC/ZPS Monte Fogliano e Monte Venere	0,03
		SIC/ZPS Monte Romano	1.589,01
		SIC/ZPS Monte Cimino (versante Nord)	0,26
	Montefiascone	SIC/ZPS Monti Vulsini	1.571,19
		SIC/ZPS Lago di Bolsena	1.871,92
D6	Latina	SIC Zone umide a ovest del fiume Astura	0,18
		SIC Laghi Fogliano. Monaci. Caprolace e Pantani dell'Inferno.	740,61
		SIC Dune del Circeo	59,81
		ZPS Parco Nazionale del Circeo	1.232,27
D7	Roccasecca	SIC/ZPS Gole del Fiume Melfa	57,65
	Pontecorvo	ZPS Monti Ausoni e Aurunci	361,05
D8	Bracciano	SIC Caldara di Manziana	0,77
		SIC Monte Papparano	146,3
		SIC Faggete di Monte Raschio e Oriolo	77,33
		SIC Lago di Bracciano	2.229,44
		ZPS Compr. Bracciano-Martignano	5.328,75
		ZPS Comprensorio Tolfetano-Cerite-Manziate	6.388,37
	Cerveteri	SIC Monte Tosto	62,4
		SIC Sughereta del Sasso	110,55
ZPS Torre Flavia		21,94	

<b>SITI DI IMPORTANZA COMUNITARIA (SIC)</b>			
<b>ZONE A PROTEZIONE SPECIALE (ZPS)</b>			
<b>Codice</b>	<b>Comune</b>	<b>Denominazione</b>	<b>Superficie comunale che ricade nel SIC/ZPS [ha]</b>
		ZPS Comprensorio Tolfetano-Cerite-Manziate	5.372,43
D9	Civitavecchia	ZPS Comprensorio Tolfetano-Cerite-Manziate	1.852,11
<b>Totale</b>			<b>45.403,3</b>

Tabella 3.8. Superfici dei comuni in osservazione che ricadono nei SIC o ZPS (fonte Regione Lazio)

### 3.2 Area complessa di Malagrotta

Il territorio di Malagrotta è caratterizzato da un'elevata concentrazione di impianti industriali, quali la raffineria di Roma, il gassificatore, l'impianto di incenerimento dei rifiuti ospedalieri dell'AMA, il "complesso impiantistico di Malagrotta" che è costituito da un impianto di discarica per rifiuti non pericolosi al quale sono collegati due impianti per il trattamento meccanico biologico dei rifiuti, denominati rispettivamente Malagrotta 1 e Malagrotta 2 e cave per l'estrazione di materiali da costruzione.



Figura 3.3. Inquadramento territoriale del "complesso impiantistico di Malagrotta" e del gassificatore nell'area di Malagrotta.

### Popolazione

La popolazione totale residente, nel 2008 nel comune di Roma è pari a 2.721.558 abitanti.

<b>Comune</b>	<b>Popolazione residente nel 2008</b>
Roma	2.721.558
<i>Totale provincia di Roma</i>	<i>4.085.789</i>
<i>Totale Regione Lazio</i>	<i>5.593.864</i>

Tabella 3.9. Popolazione residente nel comune di Roma (fonte: ISTAT "Stima del carico inquinante delle acque reflue urbane anno 2005-2008")

### Utilizzazione Suolo

Il territorio in osservazione è per circa il 31% costituito da aree ad intensa attività antropica, si veda la Tavola 1 "Fattori di sensibilità Ambientale".

<b>Uso del suolo Comune di Roma</b>	<b>Superficie [ha]</b>
Aree agricole	61.567
Aree naturali	26.092
Aree urbane	23.441
Aree industriali e commerciali	9.309
Servizi	1.932
Reti stradali	1.286
Reti ferroviarie	366
Aree archeologiche	259
Aree aeroportuali ed eliporti	243
Laghi e bacini	198
Aree portuali	20
Bacini artificiali	11
Altro	2.899
<b>Totale</b>	<b>127.623</b>

Tabella 3.10. Utilizzo del suolo nel comune di Roma (fonte: Regione Lazio)

Le attività economiche presenti nel comune di Roma coinvolgono complessivamente 842.733 addetti.

<b>Comune</b>	<b>Numero di addetti</b>
Roma	842.733
Totale	842.733
<i>Totale provincia di Roma</i>	<i>1.030.955</i>
<i>Totale Regione Lazio</i>	<i>1.291.766</i>

Tabella 3.11. Numero di addetti nelle attività economiche del comune di Roma (fonte ISTAT "Censimento industria e servizi 2001–Classificazione delle attività economiche Ateco 2007")

## **Infrastrutture**

Le principali infrastrutture di trasporto sono rappresentate dalla Strada dei Parchi (A24), dall'Autostrada del Sole (A1), dalla via Casilina (SS6), dalla Circonvallazione Orientale e dalla linea ferroviaria Roma – Napoli.

## **Acque Superficiali**

Considerando i corpi idrici di riferimento definiti dalla Regione Lazio ai fini della tutela delle acque, nell'area in osservazione sono presenti:

- il Fiume Tevere, il Rio Torto (Fosso di Procula), il Fosso della Caffarella, il Fosso della Magliana, il Fosso della Torraccia, il Fosso dell'Osa, il Fosso di S.Vittorino, il Fosso di Tor Sapienza, il Fosso Galeria, il Fosso Malafede, il Fosso Passerano e il Rio Cremera della Valchetta, appartenenti al bacino idrografico del fiume Tevere;
- il Fiume Aniene, appartenente all'omonimo bacino idrografico;
- il Fiume Arrone, appartenente al bacino idrografico dell'Arrone Sud.

<b>Corsi d'acqua "significativi*" che attraversano i comuni in osservazione</b>	<b>Lunghezza del tratto nel Comune di Roma [km]</b>	<b>Lunghezza complessiva nel territorio della Regione Lazio[km]</b>
Fiume Aniene	29,2	119,3
Fiume Arrone	25,2	37,3
Fiume Tevere	69,1	191,3
Fosso della Caffarella	7,3	7,3
Fosso della Magliana	18,0	18,0
Fosso della Torraccia	11,1	17,9
Fosso dell'Osa	8,3	10,1
Fosso di S.Vittorino	4,7	14,9
Fosso di Tor Sapienza	12,7	14,1
Fosso Galeria	27,5	27,5
Fosso Malafede	17,6	17,6
Fosso Passerano	4,6	9,2
Rio Cremera della Valchetta	18,6	32,5
Rio Torto (Fosso di Procula)	0,7	19,8
<b>Lunghezza totale</b>	<b>254,6</b>	<b>536,8</b>

Tabella 3.12. Lunghezza dei corsi d'acqua significativi che attraversano il comune di Roma (fonte Regione Lazio)

\*significativi ai sensi del DLgs 152/2006

Nella tabella successiva si elencano le superfici di aree naturali sottoposte a vincoli di tutela presenti nel comune di Roma.

<b>AREE NATURALI PROTETTE</b>		
<b>Comune</b>	<b>Denominazione</b>	<b>Superficie comunale che ricade nell'area naturale protetta [ha]</b>
Roma	Monumento Naturale Galeria Antica	31,33
	Monumento Naturale Parco della Cellulosa	99,83
	Monumento Naturale Quarto degli Ebrei - Tenuta di Mazzalupetto	185,42
	Parco Naturale Regionale Aguzzano	61,25
	Parco Naturale Regionale Appia Antica	3.250,10
	Parco Naturale Regionale Bracciano - Martignano	1.749,88
	Parco Naturale Regionale Pineto	242,90
	Parco Naturale Regionale Veio	7.067,49
	Riserva Naturale Regionale Decima Malafede	6.088,77
	Riserva Naturale Regionale Insugherata	741,38
	Riserva Naturale Regionale Laurentino Acqua Acetosa	154,27
	Riserva Naturale Regionale Marcigliana	4.683,14
	Riserva Naturale Regionale Monte Mario	233,83
	Riserva Naturale Regionale Nomentum	0,02
	Riserva Naturale Regionale Tenuta dei Massimi	863,00
	Riserva Naturale Regionale Tenuta di Acquafredda	256,80
	Riserva Naturale Regionale Valle dei Casali	467,54
	Riserva Naturale Regionale Valle dell'Aniene	649,97
	Riserva Naturale Statale Litorale Romano	8.137,13
	Riserva Naturale Statale Tenuta di Castelporziano	5.928,99
<b>Totale</b>		<b>40.893,02</b>

Tabella 3.13. Superficie del comune di Roma che ricade nelle aree naturali protette (Fonte Regione Lazio)

<b>SITI DI IMPORTANZA COMUNITARIA (SIC) ZONE A PROTEZIONE SPECIALE (ZPS)</b>		
<b>Comune</b>	<b>Denominazione</b>	<b>Superficie comunale che ricade nel SIC/ZPS [ha]</b>
Roma	SIC Macchia Grande di Ponte Galeria	1.055,74
	SIC Castel Porziano (Querceti Igrofilii)	327,66
	SIC Castel Porziano (Fascia Costiera)	427,70
	SIC Villa Borghese e Villa Pamphili	341,68
	SIC Lago di Bracciano	39,04
	SIC Sughereta di Castel di Decima	538,41
	ZPS Compr. Bracciano-Martignano	2.181,42
	ZPS Castel Porziano (Tenuta presidenziale)	6.036,52
<b>Totale</b>		<b>10.948,17</b>

Tabella 3.14. Superficie del comune di Roma che ricade nei SIC o ZPS (Fonte Regione Lazio)

### 3.3 Termovalorizzatori

Nella regione Lazio sono attivi quattro impianti di termovalorizzazione dei rifiuti, collocati uno nel comune di San Vittore del Lazio, attivo dal 01/08/2002, due nel comune di Colferro attivi da dicembre 2002 e l'ultimo nel comune di Roma (gassificatore, Malagrotta) avviato nella seconda metà del 2008. Nella figura seguente è illustrata la distribuzione territoriale dei termovalorizzatori.



Figura 3.4. Posizione degli impianti di termovalorizzazione dei rifiuti nella regione Lazio

Per analizzare l'impatto sul territorio dovuto agli impianti di termovalorizzazione è stato stabilito, in analogia con quanto fatto per lo studio delle discariche, di prendere in esame il territorio costituito dai comuni che intercettano il raggio di 3 km con centro ogni termovalorizzatore, così facendo l'area totale di studio è costituita dal territorio di 10 comuni della regione Lazio.

Per una maggiore chiarezza dei dati connessi all'area relativa al singolo impianto si è fissato di associare a quest'ultima un codice (T1...T3) per individuare con rapidità le informazioni a loro collegate.

Al codice T1 sono associati i dati inerenti il territorio di San Vittore del Lazio, Cassino e Cervaro; al codice T2 sono associati i dati inerenti il territorio di Colferro, Artena, Genazzano, Segni, Paliano e Valmontone; al codice T3 i valori relativi l'area di Roma.



Figura 3.5. Codici di riferimento per ogni impianto di termovalorizzazione dei rifiuti urbani della regione Lazio

Codice	Impianto	Comuni
T1	Termovalorizzatore di San Vittore del Lazio	Cassino
		Cervaro
		San Vittore del Lazio
T2	Termovalorizzatori di Colleferro	Colleferro
		Artena
		Genazzano
		Paliano
		Segni
T3	Gassificatore di Malagrotta	Valmontone
		Roma

Tabella 3.15. Codici identificativi degli impianti di termovalorizzazione dei rifiuti urbani.

## **Popolazione**

La popolazione totale residente nel 2008 nei comuni in osservazione è pari a 2.837.878 abitanti dei quali, come si può osservare dalla seguente tabella, 2.721.558 sono residenti nel comune di Roma.

<b>Codice</b>	<b>Comune</b>	<b>Popolazione residente nel 2008</b>
T3	Roma	2.721.558
T2	Colleferro	21.964
	Artena	13.384
	Genazzano	5.902
	Paliano	8.179
	Segni	9.362
	Valmontone	14.655
T1	Cassino	32.962
	Cervaro	7.187
	San Vittore del Lazio	2.725
Totale Comuni		2.837.878
<i>Totale Comuni escluso Roma</i>		<i>116.320</i>
<i>Totale Regione Lazio</i>		<i>5.593.864</i>

Tabella 3.16. Popolazione residente nei comuni limitrofi agli impianti di termovalorizzazione dei rifiuti urbani. (fonte: ISTAT "Stima del carico inquinante delle acque reflue urbane anno 2005-2008")

## **Utilizzazione Suolo**

Il territorio comprendente i termovalorizzatori è per circa il 23% costituito da aree ad intensa attività antropica, si veda la Tavola 1 "Fattori di sensibilità ambientale".

<b>Uso del suolo per i comuni in osservazione</b>	<b>Superficie [ha]</b>
Aree agricole	87.491
Aree naturali	39.941
Aree urbane	25.830
Aree industriali e commerciali	10.275
Servizi	1.990

Uso del suolo per i comuni in osservazione	Superficie [ha]
Reti stradali	1.425
Reti ferroviarie	382
Aree archeologiche	262
aree aeroportuali ed eliporti	243
Laghi e bacini	225
aree portuali	20
Bacini artificiali	11
Altro	3.888
<b>Somma Totale</b>	<b>171.983</b>

Tabella 3.17. Utilizzo del suolo nelle aree in esame (fonte: Regione Lazio)

### Attività economiche

Le attività economiche presenti nell'area coinvolgono complessivamente 865.436 addetti.

Codici	Comune	Addetti
T1	Cassino	10.414
	Cervaro	507
	San Vittore del Lazio	429
	<i>Totale T1</i>	<i>11.350</i>
T2	Artena	921
	Colleferro	6.688
	Genazzano	459
	Paliano	1.465
	Segni	850
	Valmontone	970
	<i>Totale T2</i>	<i>11.353</i>
T3	Roma	842.733
	<i>Totale T3</i>	<i>842.733</i>
<b>Totale comuni</b>		<b>865.436</b>
<i>Totale provincia di Roma</i>		<i>1.030.955</i>
<i>Totale provincia di Frosinone</i>		<i>101.565</i>
<i>Totale Regione Lazio</i>		<i>1.291.766</i>

Tabella 3.18. Numero di addetti nelle attività economiche dei comuni sotto osservazione (fonte ISTAT "Censimento industria e servizi 2001- Classificazione delle attività economiche Ateco 2007")

## **Infrastrutture**

Le principali infrastrutture di trasporto sono rappresentate dall'autostrada del Sole (A1) dalla via Casilina (SS6), dalla linea ferroviaria Roma-Napoli, dalla via Tuscolana (SS215), dalla Strada dei Parchi (A24), dall'Autostrada del Sole (A1) e dalla Circonvallazione Orientale.

## **Acque Superficiali**

Considerando i corpi idrici di riferimento definiti dalla regione Lazio ai fini della tutela delle acque, nell'area in esame sono presenti:

- il fiume Gari e il fiume Rapido appartenenti al bacino idrografico del Liri – Garigliano;
- il fiume Sacco e il fosso Savo (o fosso Centogocce) appartenenti al Bacino Sacco;
- il fiume Tevere, il Rio Torto (fosso di Procula), il Fosso della Caffarella, il fosso della Magliana, il fosso della Torraccia, il Fosso dell'Osa, il Fosso di S.Vittorino, il fosso di Tor Sapienza, il Fosso Galeria, il fosso Malafede, il fosso Passerano e il Rio Cremera della Valchetta, appartenenti al bacino idrografico del fiume Tevere;
- il fiume Aniene, appartenente all'omonimo bacino idrografico;
- il fiume Arrone, appartenente al bacino idrografico dell'Arrone Sud.

<b>Corsi d'acqua "significativi*" che attraversano i comuni in osservazione</b>	<b>Lunghezza del tratto nel territorio in esame [km]</b>	<b>Lunghezza complessiva nel territorio della regione Lazio [km]</b>
Fiume Gari	15,2	17,29
Fiume Rapido	12,8	31,22
Fiume Sacco	23,7	91,5
Fosso Savo o Centogocce	8,0	13,7
Fiume Aniene	29,2	119,3
Fiume Arrone	25,2	37,3
Fiume Tevere	69,1	191,3
Fosso della Caffarella	7,3	7,3
Fosso della Magliana	18,0	18,0
Fosso della Torraccia	11,1	17,9
Fosso dell'Osa	8,3	10,1
Fosso di S.Vittorino	4,7	14,9

<b>Corsi d'acqua "significativi*" che attraversano i comuni in osservazione</b>	<b>Lunghezza del tratto nel territorio in esame [km]</b>	<b>Lunghezza complessiva nel territorio della regione Lazio [km]</b>
Fosso di Tor Sapienza	12,7	14,1
Fosso Galeria	27,5	27,5
Fosso Malafede	17,6	17,6
Fosso Passerano	4,6	9,2
Rio Cremera della Valchetta	18,6	32,5
Rio Torto (Fosso di Procula)	0,7	19,8
<b>Lunghezza totale</b>	<b>314,3</b>	<b>690,5</b>

Tabella 3.19. Lunghezza dei corsi d'acqua significativi nei territori in osservazione e nella regione Lazio (fonte Regione Lazio)

\*significativi ai sensi del DLgs 152/2006

### **Aree Naturali Protette**

Nell'area in osservazione, che comprende i termovalorizzatori, sono presenti anche delle aree naturali sottoposte a vincoli di tutela.

<b>Aree Naturali Protette</b>		
<b>Comune</b>	<b>Denominazione</b>	<b>Superficie comunale che ricade nell'area naturale protetta [ha]</b>
Roma	Monumento Naturale Galeria Antica	31,33
	Monumento Naturale Parco della Cellulosa	99,83
	Monumento Naturale Quarto degli Ebrei - Tenuta di Mazzalupetto	185,42
	Parco Naturale Regionale Aguzzano	61,25
	Parco Naturale Regionale Appia Antica	3.250,10
	Parco Naturale Regionale Bracciano - Martignano	1.749,88
	Parco Naturale Regionale Pineto	242,90
	Parco Naturale Regionale Veio	7.067,49
	Riserva Naturale Regionale Decima Malafede	6.088,77
	Riserva Naturale Regionale Insugherata	741,38
	Riserva Naturale Regionale Laurentino Acqua Acetosa	154,27
	Riserva Naturale Regionale Marcigliana	4.683,14
	Riserva Naturale Regionale Monte Mario	233,83
	Riserva Naturale Regionale Nomentum	0,02
	Riserva Naturale Regionale Tenuta dei Massimi	863,00
Riserva Naturale Regionale Tenuta di Acquafredda	256,80	
Riserva Naturale Regionale Valle dei Casali	467,54	

<b>Aree Naturali Protette</b>		
<b>Comune</b>	<b>Denominazione</b>	<b>Superficie comunale che ricade nell'area naturale protetta [ha]</b>
	Riserva Naturale Regionale Valle dell'Aniene	649,97
	Riserva Naturale Statale Litorale Romano	8.137,13
	Riserva Naturale Statale Tenuta di Castelporziano	5.928,99
Artena	Monumento Naturale Lago di Giulianello	158,62
	Parco Naturale Regionale Castelli Romani	3,80
Genazzano	Monumento Naturale La Selva	25,19
<b>Somma Totale</b>		<b>41.080,63</b>

Tabella 3.20. Superfici dei comuni in osservazione che ricadono in aree naturali protette (Fonte Regione Lazio)

<b>SITI DI IMPORTANZA COMUNITARIA (SIC)</b>		
<b>ZONE A PROTEZIONE SPECIALE (ZPS)</b>		
<b>Comune</b>	<b>Denominazione</b>	<b>Superficie comunale che ricade nel SIC/ZPS [ha]</b>
Roma	SIC Macchia Grande di Ponte Galeria	1.055,74
	SIC Castel Porziano (Querceti Igrofili)	327,66
	SIC Castel Porziano (Fascia Costiera)	427,70
	SIC Villa Borghese e Villa Pamphili	341,68
	SIC Lago di Bracciano	39,04
	SIC Sughereta di Castel di Decima	538,41
	ZPS Compr. Bracciano-Martignano	2.181,42
	ZPS Castel Porziano (Tenuta presidenziale)	6.036,52
Artena	SIC Cerquone - Doganella	6,63
	SIC Maschio dell'Artemisio	0,07
	ZPS Monti Lepini	831,73
Colleferro	ZPS Monti Lepini	410,20
Segni	ZPS Monti Lepini	3.340,50
<b>Somma Totale</b>		<b>15.537,30</b>

Tabella 3.21. Superfici dei comuni in osservazione che ricadono nei SIC o ZPS (Fonte Regione Lazio)

### 3.4 *Trattamento Meccanico Biologico*

Gli impianti di trattamento meccanico biologico presenti nella regione Lazio sono sette, di seguito si elenca la località con la rispettiva provincia e la data di attivazione di ogni impianto.

Localizzazione	Provincia	Data di Attivazione
Colfelice	Frosinone	1997
Albano	Roma	1998
Casale Bussi	Viterbo	2000
Malagrotta	Roma	2003
Rocca Cencia	Roma	2006
Malagrotta	Roma	2008
Roma Salaria	Roma	2008

Tabella 3.22. Località, provincia e data di inizio attività dei TMB presenti nel Lazio



Figura 3.6. Posizione degli impianti di Trattamento Meccanico Biologico dei rifiuti nella regione Lazio.

Per analizzare l'impatto sul territorio dovuto agli impianti di TMB dei rifiuti è stato definito di prendere in esame il territorio costituito da tutti i comuni che intercettano il raggio di 3 km con centro ogni impianto, così facendo l'area totale di studio è costituita dal territorio di 14 comuni della regione Lazio.

Per una maggiore chiarezza dei dati connessi al territorio relativo al singolo impianto si è deciso di associare a quest'ultimo un codice (TMB1, TMB2, ..., TMB7) per individuare con rapidità le informazioni a loro collegate.

Al codice TMB1 sono associati i dati inerenti il territorio di Arce, Colfelice, Pontecorvo, Roccasecca e San Giovanni Incarico; per il significato degli altri codici consultare la tabella successiva.

Codice	Impianto	Comuni
<b>TMB1</b>	TMB di Colfelice	Arce
		Colfelice
		Pontecorvo
		Roccasecca
		San Giovanni Incarico
<b>TMB2</b>	TMB di Albano	Albano Laziale
		Aprilia
		Ardea
		Ariccia
		Pomezia
		Roma
<b>TMB3</b>	TMB di Casale Bussi	Viterbo
		Vitorchiano
<b>TMB4</b>	TMB di Malagrotta	Roma
<b>TMB5</b>	TMB di Rocca Cencia	Monte Compatri
		Roma
<b>TMB6</b>	TMB di Malagrotta	Roma
<b>TMB7</b>	TMB di Roma Salaria	Roma

Tabella 3.23 Codici associati agli impianti di trattamento meccanico biologico dei rifiuti urbani



Figura 3.7. Codici di riferimento per ogni impianto di trattamento meccanico biologico dei rifiuti urbani nella regione Lazio

### **Popolazione**

La popolazione totale residente nel 2008 nei 14 comuni in osservazione è pari a 3.052.032 abitanti dei quali, come si può osservare dalla seguente tabella, 2.721.558 sono residenti nel comune di Roma.

<b>Codice</b>	<b>Comune</b>	<b>Popolazione residente nel 2008</b>
TMB1	Arce	5.941
	Colfelice	1.839
	Pontecorvo	13.265
	Roccasecca	7.594
	San Giovanni Incarico	3.440
TMB2	Albano Laziale	38.992
	Aprilia	67.606
	Ardea	40.124
	Ariccia	18.183

<b>Codice</b>	<b>Comune</b>	<b>Popolazione residente nel 2008</b>
	Pomezia	57.363
	Roma	2.721.558
TMB3	Viterbo	61.754
	Vitorchiano	4.454
TMB4	Roma	2.721.558
TMB5	Monte Compatri	9.918
	Roma	2.721.558
TMB6	Roma	2.721.558
TMB7	Roma	2.721.558
<b>Totale comuni</b>		<b>3.052.032</b>
<i>Totale comuni escluso Roma</i>		<i>330.473</i>
<i>Totale provincia di Viterbo</i>		<i>313.087</i>
<i>Totale provincia di Frosinone</i>		<i>495.866</i>
<i>Totale provincia di Latina</i>		<i>541.215</i>
<i>Totale provincia di Roma</i>		<i>4.085.789</i>
<i>Totale Regione Lazio</i>		<i>5.593.864</i>

Tabella 3.24. Popolazione residente nei comuni limitrofi agli impianti di TMB (fonte: ISTAT "Stima del carico inquinante delle acque reflue urbane anno 2005-2008")

### **Utilizzazione Suolo**

Il territorio che interessa i TMB presenta circa il 20% di aree a forte intensità antropiche si veda la Tavola 1 "Fattori di sensibilità Ambientale".

<b>Uso del suolo per i comuni in osservazione</b>	<b>Superficie [ha]</b>
aree agricole	130.435
aree naturali	49.406
aree urbane	30.433
aree industriali e commerciali	12.509
servizi	2.165
reti stradali	1.538
aree aeroportuali ed eliporti	1.320
reti ferroviarie	411
aree archeologiche	260

Uso del suolo per i comuni in osservazione	Superficie [ha]
laghi e bacini	227
bacini artificiali	98
aree portuali	20
altro	3.577
<b>Totale</b>	<b>232.400</b>

Tabella 3.25. Utilizzo del suolo nelle aree in esame (fonte: Regione Lazio)

Le attività economiche presenti nell'area coinvolgono complessivamente 922.977 addetti dei quali 842.733 nel comune di Roma.

Codice	Comune	Numero di addetti
TMB1	Arce	839
	Colfelice	315
	Pontecorvo	2.472
	Roccasecca	1.573
	San Giovanni Incarico	379
	<i>Totale TMB1</i>	<i>5.578</i>
TMB2	Albano Laziale	6.464
	Aprilia	14.286
	Ardea	2.103
	Ariccia	4.791
	Pomezia	28.127
	Roma	842.733
	<i>Totale TMB2</i>	<i>898.504</i>
TMB3	Viterbo	17.454
	Vitorchiano	426
	<i>Totale TMB3</i>	<i>17.880</i>
TMB5	Monte Compatri	1.015
	Roma	842.733
	<i>Totale TMB5</i>	<i>843.748</i>
TMB4 TMB6 TMB7	Roma	842.733
	<i>Totale TMB4-6-7</i>	<i>842.733</i>
<i>Totale Comuni</i>		<i>922.977</i>
<i>Totale provincia di Viterbo</i>		<i>46.791</i>
<i>Totale provincia di Latina</i>		<i>88.185</i>
<i>Totale provincia di Frosinone</i>		<i>101.565</i>
<i>Totale provincia di Roma</i>		<i>1.030.955</i>
<i>Totale Regione Lazio</i>		<i>1.291.766</i>

Tabella 3.26. Numero di addetti nelle attività economiche dei comuni sotto osservazione (fonte ISTAT "Censimento industria e servizi 2001–Classificazione delle attività economiche Ateco 2007")

## **Infrastrutture**

Le principali infrastrutture di trasporto presenti nel territorio comprendente i TMB sono elencate nella tabella successiva.

<b>Codice</b>	<b>Le principali infrastrutture di trasporto nei comuni in osservazione</b>
TMB1	Autostrada del Sole (A1), via Civita Farnese (SR 82).
TMB2	Strada Statale Pontina, via Appia, via Laurentina, linea ferroviaria Roma - Napoli.
TMB3	raccordo Civitavecchia - Orte (SS204), strada statale Cassia (SS2), linea ferroviaria Roma-Viterbo, strade provinciali Teverina e Ombrone.
TMB4 TMB5 TMB6 TMB7	Strada dei Parchi (A24), Autostrada del Sole (A1), via Casilina (SS6), Circonvallazione Orientale e linea ferroviaria Roma - Napoli.

## **Acque Superficiali**

Considerando i corpi idrici di riferimento definiti dalla Regione Lazio ai fini della tutela delle acque, nell'area comprendente i TMB, sono presenti tutti i fiumi elencati nella tabella successiva con le rispettive lunghezze sia nel territorio in osservazione che nell'intera regione Lazio.

<b>Corsi d'acqua "significativi*" che attraversano i comuni in osservazione</b>	<b>Lunghezza del tratto nel territorio in esame [km]</b>	<b>Lunghezza complessiva nel territorio della Regione Lazio[km]</b>
Fiume Sacco	0,01	91,5
Fiume Liri (a monte)	8,9	54,8
Fiume Liri (a valle)	24,6	45,8
Fiume Melfa	12,4	52,6
Forma di S. Oliva	8,8	15,8
Fiume Aniene	29,2	119,3
Fiume Arrone	25,2	37,3
Fiume Astura	3,8	18,2
Fiume Tevere	69,1	191,3
Fosso della Caffarella	7,3	7,3

<b>Corsi d'acqua "significativi*" che attraversano i comuni in osservazione</b>	<b>Lunghezza del tratto nel territorio in esame [km]</b>	<b>Lunghezza complessiva nel territorio della Regione Lazio[km]</b>
Fosso della Magliana	18,0	18,0
Fosso della Torraccia	11,1	17,9
Fosso dell'Osa	10,1	10,1
Fosso di S.Vittorino	4,7	14,9
Fosso di Tor Sapienza	12,7	14,1
Fosso Galeria	27,5	27,5
Fosso Incastri (Rio Grande)	21,4	21,4
Fosso Malafede	17,6	17,6
Fosso Passerano	4,6	9,2
Fosso Spaccasassi	13,2	32,6
Fosso Biedano (Torrente Biedano)	5,9	25,2
Torrente Traponzo (o Fosso Leia)	12,6	23,5
Rio Cremera della Valchetta	18,6	32,5
Rio Torto (Fosso di Procula)	19,8	19,8
<b>Lunghezza totale</b>	<b>387,1</b>	<b>918,2</b>

Tabella 3.27. Lunghezza dei corsi d'acqua significativi nei territori in osservazione e nella regione Lazio (fonte Regione Lazio)

\*significativi ai sensi del DLgs 152/2006

## **Aree Naturali Protette**

Nell'area in osservazione, che comprende i TMB, sono presenti anche delle aree naturali sottoposte a vincoli di tutela.

<b>AREE NATURALI PROTETTE</b>			
<b>Codice</b>	<b>Comune</b>	<b>Denominazione</b>	<b>Superficie comunale che ricade nell'area naturale protetta [ha]</b>
TMB1	Arce	Antica Città di Fregellae e Lago S. Giovanni Incarico	342,72
	Pontecorvo	Monti Aurunci	169,94
	San Giovanni in Carico	Antica Città di Fregellae e Lago S. Giovanni Incarico	229,36
TMB2	Albano Laziale	Parco Naturale Regionale dei Castelli Romani	220,11
	Ariccia	Parco Naturale Regionale dei Castelli Romani	671,14
TMB2	Roma	Monumento Naturale Galeria Antica	31,33
TMB4		Monumento Naturale Parco della Cellulosa	99,83
TMB5		Monumento Naturale	185,42

<b>AREE NATURALI PROTETTE</b>			
<b>Codice</b>	<b>Comune</b>	<b>Denominazione</b>	<b>Superficie comunale che ricade nell'area naturale protetta [ha]</b>
TMB6		Quarto degli Ebrei - Tenuta di Mazzalupetto	
TMB7		Parco Naturale Regionale Aguzzano	61,25
		Parco Naturale Regionale Appia Antica	3250,1
		Parco Naturale Regionale Bracciano - Martignano	1.749,88
		Parco Naturale Regionale Pineto	242,9
		Parco Naturale Regionale Veio	7067,49
		Riserva Naturale Regionale Decima Malafede	6.088,77
		Riserva Naturale Regionale Insugherata	741,38
		Riserva Naturale Regionale Laurentino Acqua Acetosa	154,27
		Riserva Naturale Regionale Marcigliana	4.683,14
		Riserva Naturale Regionale Monte Mario	233,83
		Riserva Naturale Regionale Nomentum	0,02
		Riserva Naturale Regionale Tenuta dei Massimi	863
		Riserva Naturale Regionale Tenuta di Acquafredda	256,8
		Riserva Naturale Regionale Valle dei Casali	467,54
		Riserva Naturale Regionale Valle dell'Aniene	649,97
		Riserva Naturale Statale Litorale Romano	8.137,13
		Riserva Naturale Statale Tenuta di Castelporziano	5.928,99
TMB3	Viterbo	Riserva naturale regionale Valle dell'Arcionello	438,87

<b>AREE NATURALI PROTETTE</b>			
<b>Codice</b>	<b>Comune</b>	<b>Denominazione</b>	<b>Superficie comunale che ricade nell'area naturale protetta [ha]</b>
		Riserva naturale regionale Lago di Vico	0,17
TMB5	Monte Compatri	Parco Naturale Regionale Castelli Romani	595,9
<b>Somma Totale</b>			<b>37.472,48</b>

Tabella 3.27. Superfici dei comuni in osservazione che ricadono in aree naturali protette (Fonte Regione Lazio)

<b>SITI DI IMPORTANZA COMUNITARIA (SIC)</b>			
<b>ZONE A PROTEZIONE SPECIALE (ZPS)</b>			
<b>Codice</b>	<b>Comune</b>	<b>Denominazione</b>	<b>Superficie comunale che ricade nel SIC/ZPS [ha]</b>
TMB1	Roccasecca	SIC/ZPS Gole del Fiume Melfa	57,65
	Pontecorvo	ZPS Monti Ausoni e Aurunci	361,05
TMB2	Pomezia	SIC Antica Lavinium - Pratica di Mare	47,88
		ZPS Castel Porziano (Tenuta Presidenziale)	1,99
TMB2 TMB4 TMB5 TMB6 TMB7	Roma	SIC Macchia Grande di Ponte Galeria	1.055,74
		SIC Castel Porziano (Querceti Igrofili)	327,66
		SIC Castel Porziano (Fascia Costiera)	427,7
		SIC Villa Borghese e Villa Pamphili	341,68
		SIC Lago di Bracciano	39,04
		SIC Sughereta di Castel di Decima	538,41
		ZPS Compr. Bracciano-Martignano	2.181,42
		ZPS Castel Porziano (Tenuta presidenziale)	6.036,52
TMB3	Viterbo	SIC/ZPS Monte Fogliano e Monte Venere	0,03
		SIC/ZPS Monte Romano	1.589,01
		SIC/ZPS Monte Cimino (versante Nord)	0,26
	Vitorchiano	SIC/ZPS Monte Cimino (versante Nord)	197,01
<b>Somma Totale</b>			<b>13.203,05</b>

Tabella 3.28. Superfici dei comuni in osservazione che ricadono nei SIC o ZPS (Fonte Regione Lazio)

## 4 Stato dell'Ambiente

### 4.1 Qualità delle acque

La Regione Lazio dispone di una rete di monitoraggio della qualità delle acque superficiali (fiumi, laghi e marino-costiere) e delle acque sotterranee (acque di falda) su cui si articola il programma annuale di monitoraggio realizzato dall'ARPA Lazio. Tale programma consente di valutare lo stato e l'evoluzione della qualità delle acque e costituisce un supporto alla pianificazione di interventi di mitigazione e risanamento.

In questo senso, un quadro complessivo può essere delineato sulla base dei risultati di tutta la rete di monitoraggio nei diversi anni.

Il monitoraggio è finalizzato alla caratterizzazione dello stato ecologico e del grado di compromissione degli acquiferi, dovuto alla presenza di sostanze chimiche "pericolose". L'elaborazione dei risultati analitici consente di classificare le acque secondo diverse categorie corrispondenti a una qualità decrescente.

La valutazione della qualità ambientale dei corsi d'acqua è stata effettuata secondo lo schema previsto dal D.Lgs. 152/99 in quanto i nuovi criteri di valutazione previsti dal D.Lgs. 260/2010 prevedono nuove tipologie di monitoraggio (su base triennale) attualmente in fase di esecuzione. In tal modo è possibile fornire un'indicazione dei trend annuali dello stato di qualità secondo un criterio uniforme ed omogeneo.

#### Fiumi e Laghi (Stato Ecologico)

<b>1</b>	<b>Classe 1</b>	<b>Elevato</b>
<b>2</b>	<b>Classe 2</b>	<b>Buono</b>
<b>3</b>	<b>Classe 3</b>	<b>Sufficiente</b>
<b>4</b>	<b>Classe 4</b>	<b>Scadente</b>
<b>5</b>	<b>Classe 5</b>	<b>Pessimo</b>

#### Acque Sotterranee

<b>1</b>	<b>Classe 1</b>	<b>Elevato</b>
<b>2</b>	<b>Classe 2</b>	<b>Buono</b>
<b>3</b>	<b>Classe 3</b>	<b>Sufficiente</b>
<b>4</b>	<b>Classe 4</b>	<b>Scadente</b>
<b>0</b>	<b>Classe 0 <sup>(1)</sup></b>	<b>Naturale o Particolare</b>

- (1) se la presenza di tali sostanze è di origine naturale, così come appurato dalle Regioni o dalle Province autonome, verrà automaticamente attribuita la classe 0.

**Acque di Transizione (TRIX)**

<b>1</b>	<b>Classe 1</b>	<b>Elevato</b>
<b>2</b>	<b>Classe 2</b>	<b>Buono</b>
<b>3</b>	<b>Classe 3</b>	<b>Mediocre</b>
<b>4</b>	<b>Classe 4</b>	<b>Scadente</b>

**Presentazione cromatica delle acque con presenza di sostanze pericolose**

La presenza di sostanze pericolose in concentrazioni superiori ai valori limite fissati nella tabella 2 dell'Allegato 5, parte quarta, del D. Lgs. 152/06 s.m.i. viene rappresentata cromaticamente con le seguenti modalità.

<b>Assente</b>	<b>assenza di sostanze pericolose</b> in concentrazioni superiori ai valori limite fissati dalla normativa
<b>Presente</b>	<b>presenza di sostanze pericolose</b> in concentrazioni superiori ai valori limite fissati dalla normativa

**4.1.1 Discariche**

Per una lettura correlata allo specifico territorio comprendente le discariche si riporta lo stato di qualità delle acque nelle stazioni di misura presenti nell'area (24 stazioni di monitoraggio delle acque superficiali, 6 stazioni di monitoraggio per le acque sotterranee, 2 stazioni di monitoraggio per quelle di transizione e una per il lago di Bracciano).

Per ogni stazione di monitoraggio, nelle tabelle successive, sono riportati gli indici di qualità ambientale secondo la definizione generale prevista per le acque superficiali, sotterranee e di transizione.

Dai risultati ottenuti si evince che, nel periodo di osservazione dal 2006 al 2010, il 37% delle stazioni di monitoraggio presentano uno stato ecologico delle acque "pessimo", il 34% "scadente" e il 29% "sufficiente".

Inoltre il 27% delle stazioni di monitoraggio delle acque superficiali in esame hanno registrato la presenza di sostanze pericolose con valori superiori ai limiti di accettabilità. Per quanto riguarda le acque sotterranee, con riferimento allo stesso periodo 2006-2010, si rileva uno stato di qualità delle acque prevalentemente "buono" in tutte le stazioni monitorate.

Codice Impianto	Bacino idrografico	Codice Punto di campionamento	Tipologia	Corso d'acqua stazione di campionamento	Stato ecologico				
					Anno 2006	Anno 2007	Anno 2008	Anno 2009	Anno 2010
D1/D3	Arrone	4.23	Fiume	Fiume Arrone	3	3	3	3	3
	Arrone	4.24	Fiume	Fiume Arrone	3	3	3	4	3
	Tevere	4.05	Fiume	Fiume Tevere	3	4	4	4	4
	Tevere	4.06	Fiume	Fiume Tevere	3	3	4	3	3
	Tevere	4.07	Fiume	Fiume Tevere	3	3	4	3	3
	Tevere	4.09	Fiume	Fiume Aniene	3	3	3	3	3
	Tevere	4.10	Fiume	Fiume Aniene	3	4	4	4	4
	Tevere	4.11	Fiume	Fiume Aniene	2	3	4	4	4
	Tevere	4.18	Fiume	Fosso Galeria	5	5	5	5	5
	Tevere	4.19	Fiume	Fosso Malafede	3	5	5	4	5
D3	Moscarello	2.08	Fiume	Fosso Leschione	5	4	5	5	4
	Incastri	4.25	Fiume	Fosso Rio Grande	4	4	4	4	4
D4	Sacco	4,15	Fiume	Fiume Sacco	4	4	3	3	3
	Sacco	4,16	Fiume	Fosso Savo	5	5	5	5	5
D6	Moscarello	2.10	Fiume	Fosso Spaccasassi	5	5	5	5	4
	Moscarello	2.11	Fiume	Canale Acque Alte	5	5	5	4	5
	Moscarello	2.12	Fiume	Canale Acque Alte	5	5	5	4	4
	Rio Martino	2.13	Fiume	Canale Acque Medie	3	5	4	3	3
	Rio Martino	2.14	Fiume	Canale Acque Medie	5	5	5	4	5
	Rio Martino	2.15	Fiume	Canale Acque Medie	5	5	4	5	5
	Rio Martino	2.35	Fiume	Fiume Ninfa Sisto	5	5	5	4	5
	Astura	2.28	Fiume	Fiume Astura	5	5	5	5	4
	Astura	2.29	Fiume	Fiume Astura	4	4	4	4	4
D7	Liri-Garigliano	1.08	Fiume	fiume Liri	4	3	3	4	4

Codice Impianto	Bacino idrografico	Codice Punto di campionamento	Tipologia	Corso d'acqua/stazione di campionamento	Sostanze pericolose				
					Anno 2006	Anno 2007	Anno 2008	Anno 2009	Anno 2010
D1/D3	Arrone	4.23	Fiume	Fiume Arrone	Assente	Assente	Presente*	Presente*	Presente*
	Arrone	4.24	Fiume	Fiume Arrone	Assente	Assente	Presente*	Presente	Presente*
	Tevere	4.05	Fiume	Fiume Tevere	Assente	Assente	Presente*	Assente	Assente
	Tevere	4.06	Fiume	Fiume Tevere	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
	Tevere	4.07	Fiume	Fiume Tevere	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
	Tevere	4.09	Fiume	Fiume Aniene	Assente	Assente	Presente*	Presente*	Presente*
	Tevere	4.10	Fiume	Fiume Aniene	Assente	Assente	Presente*	Presente*	Presente*
	Tevere	4.11	Fiume	Fiume Aniene	Assente	Assente	Presente*	Presente*	Presente*
	Tevere	4.18	Fiume	Fosso Galeria	Assente	Assente	Presente*	Presente*	Presente*
	Tevere	4.19	Fiume	Fosso Malafede	Assente	Assente	Presente*	Assente	Assente
D3	Moscarello	2.08	Fiume	Fosso Leschione	Assente	Assente	Assente	Presente*	Presente*
	Incastri	4.25	Fiume	Fosso Rio Grande	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
D4	Sacco	4.15	Fiume	Fiume Sacco	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
	Sacco	4.16	Fiume	Fosso Savo	Assente	Assente	Presente*	Presente	Assente
D6	Moscarello	2.10	Fiume	Fosso Spaccasassi	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
	Moscarello	2.11	Fiume	Canale Acque Alte	Assente	Assente	Presente	Assente	Assente
	Moscarello	2.12	Fiume	Canale Acque Alte	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
	Rio Martino	2.13	Fiume	Canale Acque Medie	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
	Rio Martino	2.14	Fiume	Canale Acque Medie	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
	Rio Martino	2.15	Fiume	Canale Acque Medie	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
	Rio Martino	2.35	Fiume	Fiume Ninfa Sisto	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
	Astura	2.28	Fiume	Fiume Astura	Presente	Presente	Presente	Presente	Assente
	Astura	2.29	Fiume	Fiume Astura	Assente	Presente	Presente	Presente	Assente
D7	Liri-Garigliano	1.08	Fiume	fiume Liri	Assente	Assente	Assente	Presente	Assente

\*presenza solo di arsenico con valori superiori al limite previsto (fonte Regione Lazio e ARPA Lazio)

Acque Sotterranee

Codice Impianto	Bacino idrografico	Codice Punto di campionamento	Tipologia	Corso d'acqua/stazione di campionamento	<b>Chimico base</b>				
					Anno 2006	Anno 2007	Anno 2008	Anno 2009	Anno 2010
D5	Marta	S08	Acque sotterranee	Mensa Alta	2	2	2	2	2
	Marta	S09	Acque sotterranee	Mensa Bassa	2	2	2	2	2
	Tevere Medio Corso	S07.A	Acque sotterranee	Respoglio	2	2	2	2	2
	Marta	S10	Acque sotterranee	Roncone	2	2	2	2	2
	Tevere Medio Corso	S07B	Acque sotterranee	Settecannelle	2	2	2	2	2
D8	Mignone	S.28	Acque sotterranee	Termini	2	2	2	2	3

Codice Impianto	Bacino idrografico	Codice Punto di campionamento	Tipologia	Corso d'acqua/stazione di campionamento	<b>Sostanze Pericolose</b>				
					Anno 2006	Anno 2007	Anno 2008	Anno 2009	Anno 2010
D5	Marta	S08	Acque sotterranee	Mensa Alta	assente	assente	assente	assente	Presente*
	Marta	S09	Acque sotterranee	Mensa Bassa	assente	assente	assente	assente	Presente*
	Tevere Medio Corso	S07.A	Acque sotterranee	Respoglio	assente	assente	assente	assente	Presente
	Marta	S10	Acque sotterranee	Roncone	assente	assente	assente	assente	Presente
	Tevere Medio Corso	S07B	Acque sotterranee	Settecannelle	assente	assente	assente	assente	Presente
D8	Mignone	S.28	Acque sotterranee	Termini	Presente	Presente	Assente	Presente*	Presente

\*presenza solo di arsenico con valori superiori al limite previsto (fonte Regione Lazio e ARPA Lazio)

Laghi

Dai risultati esposti nelle seguenti tabelle, si osserva che lo stato ecologico delle acque del lago di Bracciano, per il periodo di osservazione, è prevalentemente "buono" e che le sostanze pericolose con valori superiori ai limiti di accettabilità sono assenti.

Codice Impianto	Bacino idrografico	Codice Punto di campionamento	Tipologia	Corso d'acqua/stazione di campionamento	Stato Ecologico				
					Anno 2006	Anno 2007	Anno 2008	Anno 2009	Anno 2010
D8	Arrone (ARS)	4.26 58.12	Lago	Lago di Bracciano (centro lago)	2	2	3	2	2

Codice Impianto	Bacino idrografico	Codice Punto di campionamento	Tipologia	Corso d'acqua/stazione di campionamento	Sostanze Pericolose				
					Anno 2006	Anno 2007	Anno 2008	Anno 2009	Anno 2010
D8	Arrone (ARS)	4.26 58.12	Lago	Lago di Bracciano (centro lago)	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente

(fonte Regione Lazio e ARPA Lazio)

Acque di Transizione

L'ossigeno disciolto e i nutrienti, unitamente al parametro clorofilla "a", sono valutati attraverso l'applicazione dell'indice TRIX, al fine di misurare il livello trofico degli ambienti marino - costieri.

L'indice trofico TRIX interviene nella classificazione dello stato ecologico a supporto degli elementi di qualità biologica. L'indice considera le principali componenti degli ecosistemi marini che caratterizzano la produzione primaria: nutrienti e biomassa fitoplanctonica. Riassume, in un valore numerico, una combinazione di alcune variabili (ossigeno disciolto, clorofilla "a", fosforo totale e azoto inorganico disciolto) che definiscono, in una scala di valori da 1 a 10, le condizioni di trofia e il livello di produttività delle aree

costiere. L'indice e la relativa scala trofica rendono dunque possibile la misura dei livelli trofici in termini rigorosamente quantitativi, nonché il confronto tra differenti sistemi costieri, per mezzo di una scala numerica che copre un'ampia gamma di situazioni trofiche, così come queste si presentano lungo tutto lo sviluppo costiero italiano, e più in generale, nella regione mediterranea.

Codice Impianto	Codice Punto di campionamento	Tipologia	Lago	Trix				
				Anno 2006	Anno 2007	Anno 2008	Anno 2009	Anno 2010
D6	2.2	Acque di transizione	Lago di Fogliano	2	3	3	4	4
	2.65	Acque di transizione	Lago di Fogliano	2	4	3	4	4

(fonte Regione Lazio e ARPA Lazio)



Figura 4.1. Posizione dei punti di campionamento della rete di monitoraggio della qualità delle acque superficiali e sotterranee in prossimità delle discariche di rifiuti urbani della regione Lazio.

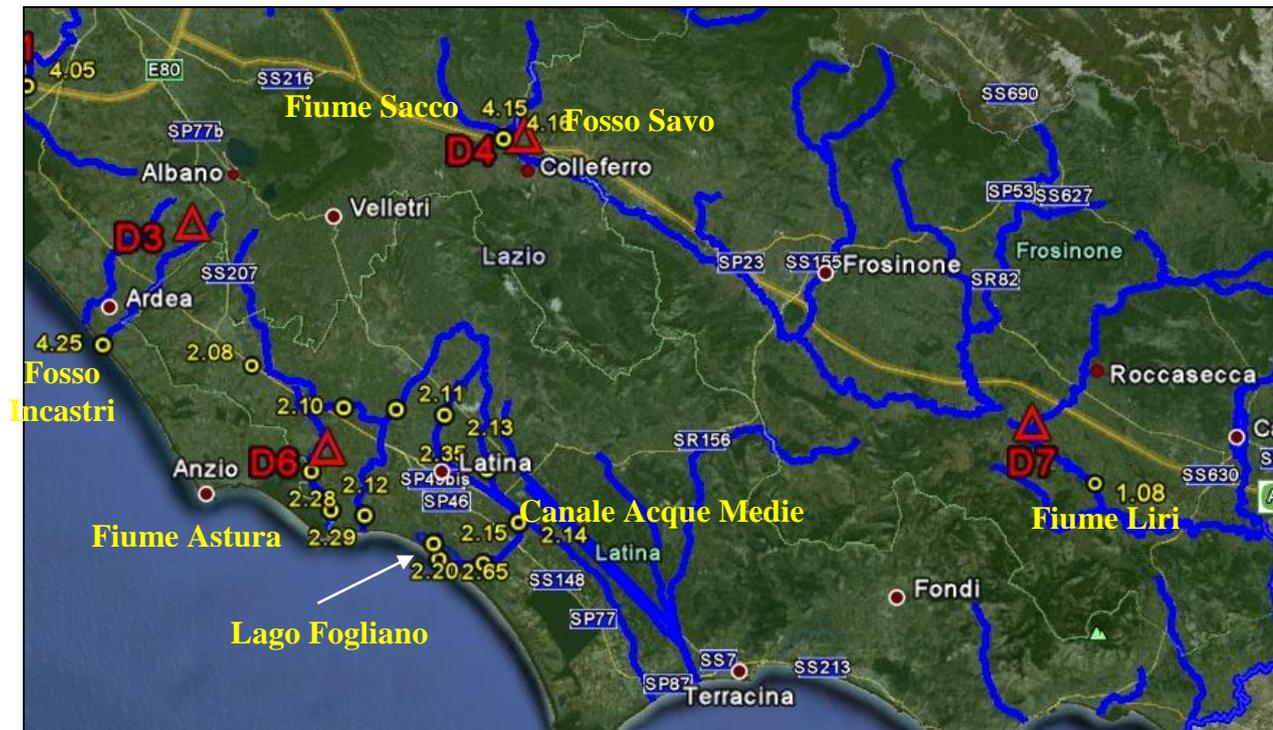


Figura 4.2. Posizione dei punti di campionamento della rete di monitoraggio della qualità delle acque superficiali e sotterranee in prossimità delle discariche di rifiuti urbani della regione Lazio

#### 4.1.2 Area complessa di Malagrotta

Per una lettura correlata allo specifico territorio si riporta lo stato della qualità delle acque superficiali delle 10 stazioni di misura presenti nell'area in esame. Per ogni stazione di monitoraggio, nelle tabelle successive, sono riportati gli indici di qualità ambientale secondo la definizione generale prevista per le acque superficiali.

Bacino idrografico	Codice Punto di campionamento	Tipologia	Corso d'acqua/ stazione di campionamento	Stato ecologico				
				Anno 2006	Anno 2007	Anno 2008	Anno 2009	Anno 2010
Arrone	4.23	Fiume	Fiume Arrone	3	3	3	3	3
Arrone	4.24	Fiume	Fiume Arrone	3	3	3	4	3
Tevere	4.05	Fiume	Fiume Tevere	3	4	4	4	4
Tevere	4.06	Fiume	Fiume Tevere	3	3	4	3	3
Tevere	4.07	Fiume	Fiume Tevere	3	3	4	3	3
Tevere	4.09	Fiume	Fiume Aniene	3	3	3	3	3
Tevere	4.10	Fiume	Fiume Aniene	3	4	4	4	4
Tevere	4.11	Fiume	Fiume Aniene	2	3	4	4	4
Tevere	4.18	Fiume	Fosso Galeria	5	5	5	5	5
Tevere	4.19	Fiume	Fosso Malafede	3	5	5	4	5

Bacino idrografico	Codice Punto di campionamento	Tipologia	Corso d'acqua/stazione di campionamento	<i>Sostanze pericolose</i>				
				Anno 2006	Anno 2007	Anno 2008	Anno 2009	Anno 2010
Arrone	4.23	Fiume	Fiume Arrone	Assente	Assente	Presente*	Presente*	Presente*
Arrone	4.24	Fiume	Fiume Arrone	Assente	Assente	Presente*	Presente	Presente*
Tevere	4.05	Fiume	Fiume Tevere	Assente	Assente	Presente*	Assente	Assente
Tevere	4.06	Fiume	Fiume Tevere	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
Tevere	4.07	Fiume	Fiume Tevere	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
Tevere	4.09	Fiume	Fiume Aniene	Assente	Assente	Presente*	Presente*	Presente*
Tevere	4.10	Fiume	Fiume Aniene	Assente	Assente	Presente*	Presente*	Presente*
Tevere	4.11	Fiume	Fiume Aniene	Assente	Assente	Presente*	Presente*	Presente*
Tevere	4.18	Fiume	Fosso Galeria	Assente	Assente	Presente*	Presente*	Presente*
Tevere	4.19	Fiume	Fosso Malafede	Assente	Assente	Presente*	Assente	Assente

\*presenza solo di arsenico con valori superiori al limite previsto (fonte Regione Lazio e ARPA Lazio)

Dai risultati ottenuti si evince che, nel periodo di osservazione dal 2006 al 2010, il 16% delle stazioni di monitoraggio presentano uno stato ecologico delle acque "pessimo", il 30% "scadente" e il 54% "sufficiente".

Inoltre il 40% delle stazioni di monitoraggio delle acque superficiali in esame hanno registrato la presenza di sostanze pericolose (arsenico) con valori superiori ai limiti di accettabilità.

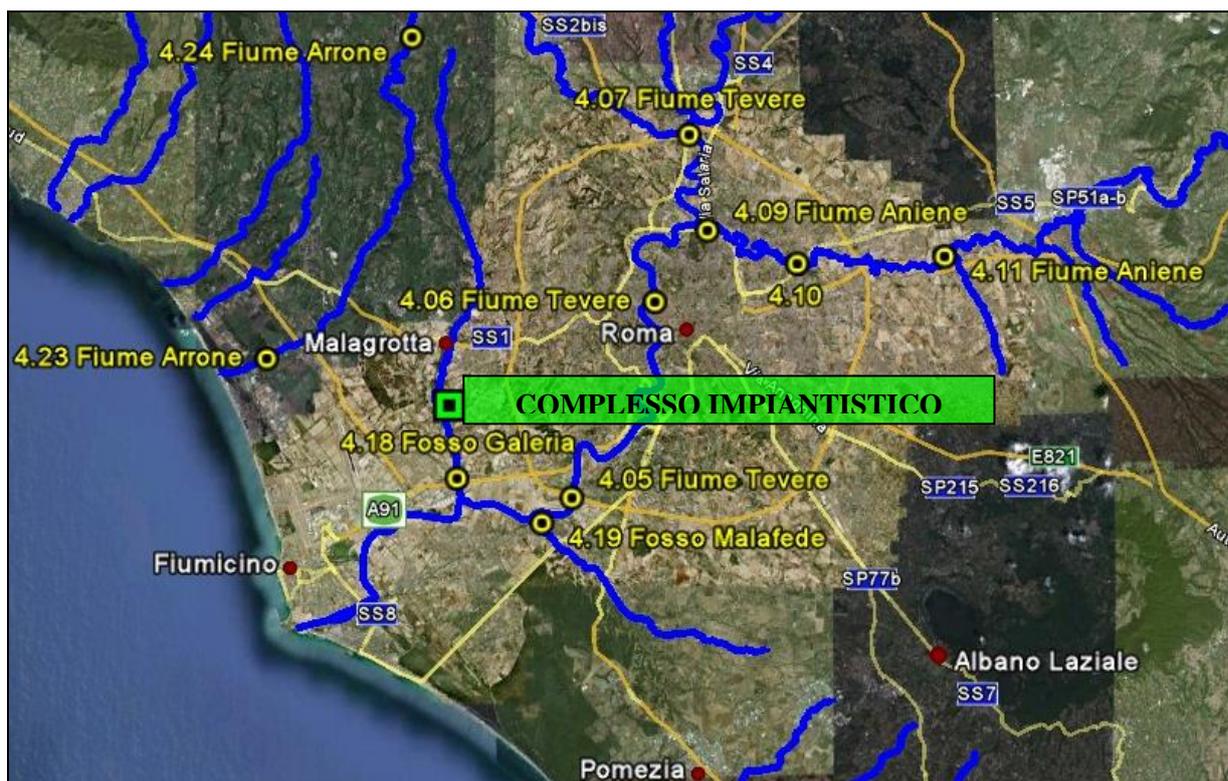


Figura 4.3. Posizione dei punti di campionamento della rete di monitoraggio della qualità delle acque superficiali in prossimità degli impianti di smaltimento dei rifiuti nell'area di Malagrotta.

#### 4.1.3 Termovalorizzatori

Per una lettura correlata allo specifico territorio si riporta lo stato di qualità delle acque delle stazioni di misura presenti nell'area (14 stazioni di monitoraggio delle acque superficiali ed una stazione di monitoraggio per le acque sotterranee).

Il monitoraggio è finalizzato alla caratterizzazione dello stato ecologico e del grado di compromissione degli acquiferi, dovuto alla presenza di sostanze chimiche "pericolose".

Per ogni stazione di monitoraggio, nella tabella successiva, sono riportati gli indici di qualità ambientale secondo la definizione generale prevista per le acque superficiali e sotterranee.

Dai risultati ottenuti si evince che, nel periodo di osservazione dal 2006 al 2010, il 10% delle stazioni di monitoraggio presenta uno stato ecologico delle acque "buono", il 47% "sufficiente", il 24% "scadente" e il 19% "pessimo". Inoltre il 31% delle stazioni di monitoraggio delle acque superficiali in esame hanno registrato la presenza di sostanze pericolose con valori superiori ai limiti di accettabilità.

Per quanto riguarda le acque sotterranee con riferimento periodo 2006-2010, si rileva uno stato di qualità "scadente" nel 2007 e "buono" negli altri anni. Nel periodo 2006-2010 non sono presenti sostanze pericolose con valori superiori ai limiti di accettabilità.

Codice Impianto	Bacino idrografico	Codice Punto di campionamento	Tipologia	Corso d'acqua/stazione di campionamento	Stato ecologico				
					Anno 2006	Anno 2007	Anno 2008	Anno 2009	Anno 2010
T1	Liri Garigliano	1.18	Fiume	Fiume Rapido	2	2	3	2	2
	Liri Garigliano	1.19	Fiume	Fiume Gari	3	2	2	3	3
T2	Sacco	4.15	Fiume	Fiume Sacco	4	4	3	3	3
	Sacco	4.16	Fiume	Fosso Savo	5	5	5	5	5
T3	Arrone	4.23	Fiume	Fiume Arrone	3	3	3	3	3
	Arrone	4.24	Fiume	Fiume Arrone	3	3	3	4	3
	Tevere	4.05	Fiume	Fiume Tevere	3	4	4	4	4
	Tevere	4.06	Fiume	Fiume Tevere	3	3	4	3	3
	Tevere	4.07	Fiume	Fiume Tevere	3	3	4	3	3
	Tevere	4.09	Fiume	Fiume Aniene	3	3	3	3	3
	Tevere	4.1	Fiume	Fiume Aniene	3	4	4	4	4
	Tevere	4.11	Fiume	Fiume Aniene	2	3	4	4	4
	Tevere	4.18	Fiume	Fosso Galeria	5	5	5	5	5
	Tevere	4.19	Fiume	Fosso Malafede	3	5	5	4	5

Codice Impianto	Bacino idrografico	Codice Punto di campionamento	Tipologia	Corso d'acqua/stazione di campionamento	<i>Sostanze pericolose</i>				
					Anno 2006	Anno 2007	Anno 2008	Anno 2009	Anno 2010
T1	Liri Garigliano	1.18	Fiume	Fiume Rapido	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
	Liri Garigliano	1.19	Fiume	Fiume Gari	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
T2	Sacco	4.15	Fiume	Fiume Sacco	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
	Sacco	4.16	Fiume	Fosso Savo	Assente	Assente	Presente*	Presente	Assente
T3	Arrone	4.23	Fiume	Fiume Arrone	Assente	Assente	Presente*	Presente*	Presente*
	Arrone	4.24	Fiume	Fiume Arrone	Assente	Assente	Presente*	Presente	Presente*
	Tevere	4.05	Fiume	Fiume Tevere	Assente	Assente	Presente*	Assente	Assente
	Tevere	4.06	Fiume	Fiume Tevere	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
	Tevere	4.07	Fiume	Fiume Tevere	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
	Tevere	4.09	Fiume	Fiume Aniene	Assente	Assente	Presente*	Presente*	Presente*
	Tevere	4.10	Fiume	Fiume Aniene	Assente	Assente	Presente*	Presente*	Presente*
	Tevere	4.11	Fiume	Fiume Aniene	Assente	Assente	Presente*	Presente	Presente*
	Tevere	4.18	Fiume	Fosso Galeria	Assente	Assente	Presente*	Presente*	Presente*
	Tevere	4.19	Fiume	Fosso Malafede	Assente	Assente	Presente*	Assente	Assente

\*presenza solo di arsenico con valori superiori al limite previsto (fonte Regione Lazio e ARPA Lazio)

## Acque Sotterranee

Codice Impianto	Bacino idrografico	Codice Punto di campionamento	Tipologia	Corso d'acqua/stazione di campionamento	Chimico di base				
					Anno 2006	Anno 2007	Anno 2008	Anno 2009	Anno 2010
T1	Liri Garigliano	S19	Acque sotterranee	Gari Opera di presa	2	4	2	2	2

(fonte Regione Lazio e ARPA Lazio)

Di seguito sono rappresentati i punti di campionamento della rete di monitoraggio della qualità delle acque superficiali considerati.

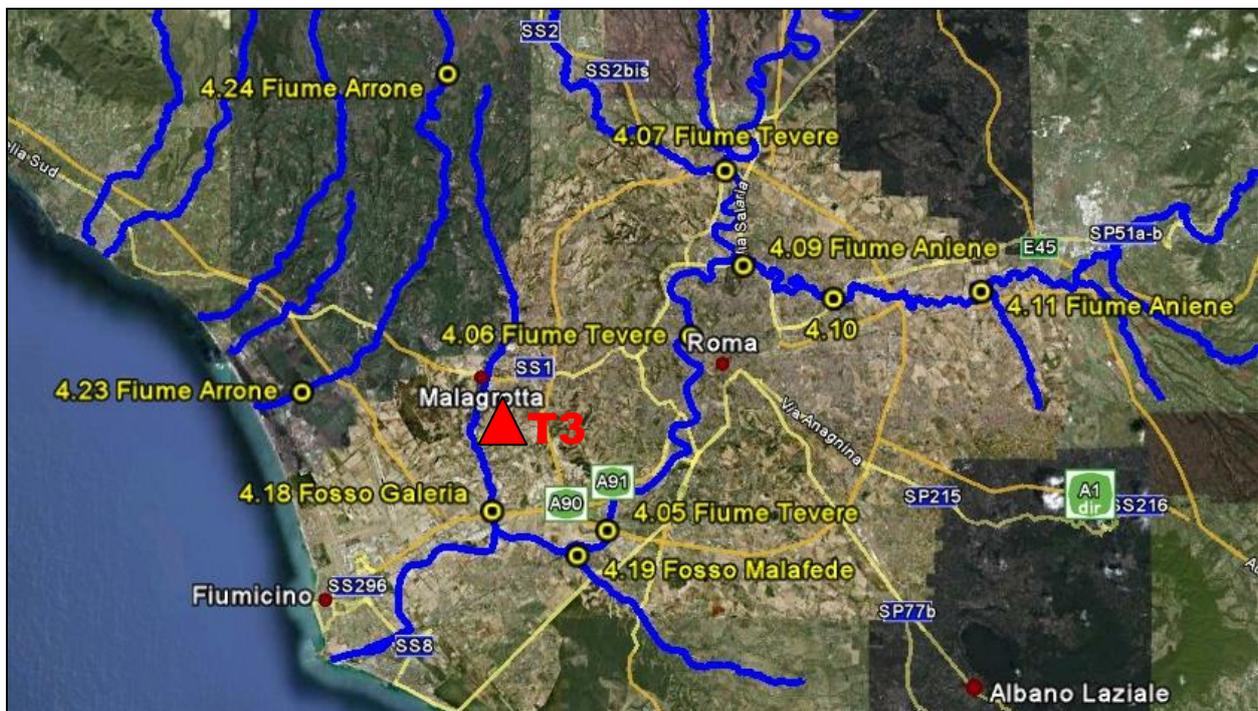


Figura 4.4. Posizione dei punti di campionamento della rete di monitoraggio della qualità delle acque superficiali nell'area del gassificatore di Malagrotta (RM)



Figura 4.5. Posizione dei punti di campionamento della rete di monitoraggio della qualità delle acque superficiali nell'area dei termovalorizzatori di Colleferro (RM)



Figura 4.6. Posizione dei punti di campionamento della rete di monitoraggio della qualità delle acque superficiali e sotterranee nell'area del termovalorizzatore di San Vittore del Lazio (FR)

#### *4.1.4 Trattamento Meccanico Biologico*

Per una lettura correlata allo specifico territorio si riporta lo stato di qualità delle acque delle stazioni di misura presenti nell'area (11 stazioni di monitoraggio delle acque superficiali e 5 stazioni di monitoraggio per le acque sotterranee).

Il monitoraggio è finalizzato alla caratterizzazione dello stato ecologico e del grado di compromissione degli acquiferi, dovuto alla presenza di sostanze chimiche "pericolose".

Per ogni stazione di monitoraggio, nelle tabelle successive, sono riportati gli indici di qualità ambientale secondo la definizione generale prevista per le acque superficiali e sotterranee. Dai risultati ottenuti si evince che, nel periodo di osservazione dal 2006 al 2010, il 44% delle stazioni di monitoraggio presenta uno stato ecologico delle acque "sufficiente", il 45% "scadente" e l'11% "pessimo". Inoltre il 31% delle stazioni di monitoraggio delle acque superficiali in esame hanno registrato la presenza di sostanze pericolose con valori superiori ai limiti di accettabilità.

Codice Impianto	Bacino idrografico	Codice Punto di campionamento	Tipologia	Corso d'acqua/ stazione di campionamento	Stato ecologico				
					Anno 2006	Anno 2007	Anno 2008	Anno 2009	Anno 2010
TMB1	LiriGarigliano	1.08	Fiume	fiume Liri	4	3	3	4	4
TMB2	Moscarello	2.08	Fiume	Fosso Leschione	5	4	5	5	4
	Incastri	4.25	Fiume	Fosso Rio Grande	4	4	4	4	4
TMB2	Arrone	4.24	Fiume	Fiume Arrone	3	3	3	4	3
	Tevere	4.05	Fiume	Fiume Tevere	3	4	4	4	4
TMB4	Tevere	4.06	Fiume	Fiume Tevere	3	3	4	3	3
TMB5	Tevere	4.07	Fiume	Fiume Tevere	3	3	4	3	3
	Tevere	4.09	Fiume	Fiume Aniene	3	3	3	3	3
TMB6	Tevere	4.10	Fiume	Fiume Aniene	3	4	4	4	4
TMB7	Tevere	4.11	Fiume	Fiume Aniene	2	3	4	4	4
	Tevere	4.19	Fiume	Fosso Malafede	3	5	5	4	5

Codice Impianto	Bacino idrografico	Codice Punto di campionamento	Tipologia	Corso d'acqua/ stazione di campionamento	Sostanze pericolose				
					Anno 2006	Anno 2007	Anno 2008	Anno 2009	Anno 2010
TMB1	LiriGarigliano	1.08	Fiume	fiume Liri	Assente	Assente	Assente	Presente	Assente
TMB2	Moscarello	2.08	Fiume	Fosso Leschione	Assente	Assente	Assente	Presente	Presente
	Incastri	4.25	Fiume	Fosso Rio Grande	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
TMB2	Arrone	4.24	Fiume	Fiume Arrone	Assente	Assente	Presente*	Presente	Presente*
	Tevere	4.05	Fiume	Fiume Tevere	Assente	Assente	Presente*	Assente	Assente
TMB4	Tevere	4.06	Fiume	Fiume Tevere	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
TMB5	Tevere	4.07	Fiume	Fiume Tevere	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
	Tevere	4.09	Fiume	Fiume Aniene	Assente	Assente	Presente*	Presente*	Presente*
TMB6	Tevere	4.10	Fiume	Fiume Aniene	Assente	Assente	Presente*	Presente*	Presente*
TMB7	Tevere	4.11	Fiume	Fiume Aniene	Assente	Assente	Presente*	Presente*	Presente*
	Tevere	4.19	Fiume	Fosso Malafede	Assente	Assente	Presente*	Assente	Assente

\*presenza solo di arsenico con valori superiori al limite previsto (fonte Regione Lazio e ARPA Lazio)

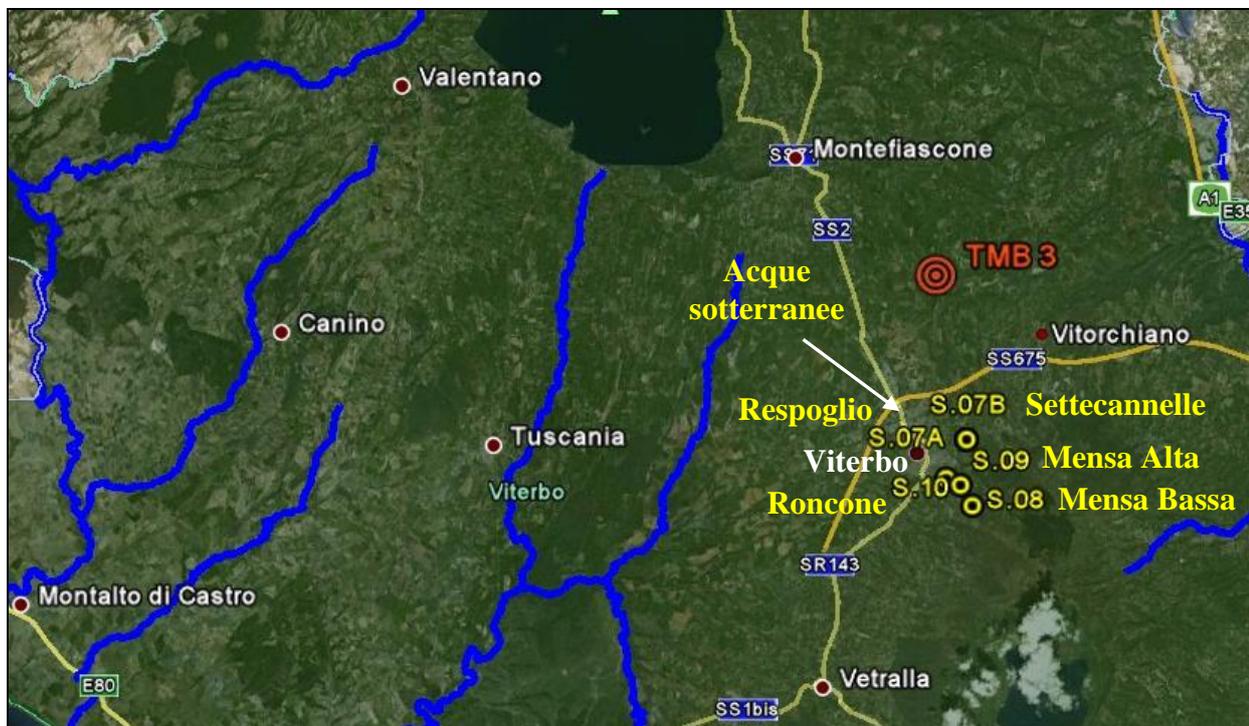
Per quanto riguarda le acque sotterranee, con riferimento allo stesso periodo 2006-2010, si rileva uno stato di qualità delle acque "buono" in tutte le stazioni monitorate. Nel periodo 2006-2009 non sono presenti sostanze pericolose con valori superiori ai limiti di accettabilità, tali sostanze compaiono nell'anno 2010.

Codice Impianto	Bacino idrografico	Codice Punto di campionamento	Tipologia	Corso d'acqua/stazione di campionamento	Chimico base				
					Anno 2006	Anno 2007	Anno 2008	Anno 2009	Anno 2010
TMB3	Marta	S08	Acque sotterranee	Mensa Alta	2	2	2	2	2
	Marta	S09	Acque sotterranee	Mensa Bassa	2	2	2	2	2
	Tevere Medio Corso	S07.A	Acque sotterranee	Respoglio	2	2	2	2	2
	Marta	S10	Acque sotterranee	Roncone	2	2	2	2	2
	Tevere Medio Corso	S07B	Acque sotterranee	Settecannelle	2	2	2	2	2

Codice Impianto	Bacino idrografico	Codice Punto di campionamento	Tipologia	Corso d'acqua/stazione di campionamento	Sostanze Pericolose				
					Anno 2006	Anno 2007	Anno 2008	Anno 2009	Anno 2010
TMB3	Marta	S08	Acque sotterranee	Mensa Alta	assente	assente	assente	assente	Presente
	Marta	S09	Acque sotterranee	Mensa Bassa	assente	assente	assente	assente	Presente
	Tevere Medio Corso	S07.A	Acque sotterranee	Respoglio	assente	assente	assente	assente	Presente
	Marta	S10	Acque sotterranee	Roncone	assente	assente	assente	assente	Presente
	Tevere Medio Corso	S07B	Acque sotterranee	Settecannelle	assente	assente	assente	assente	Presente

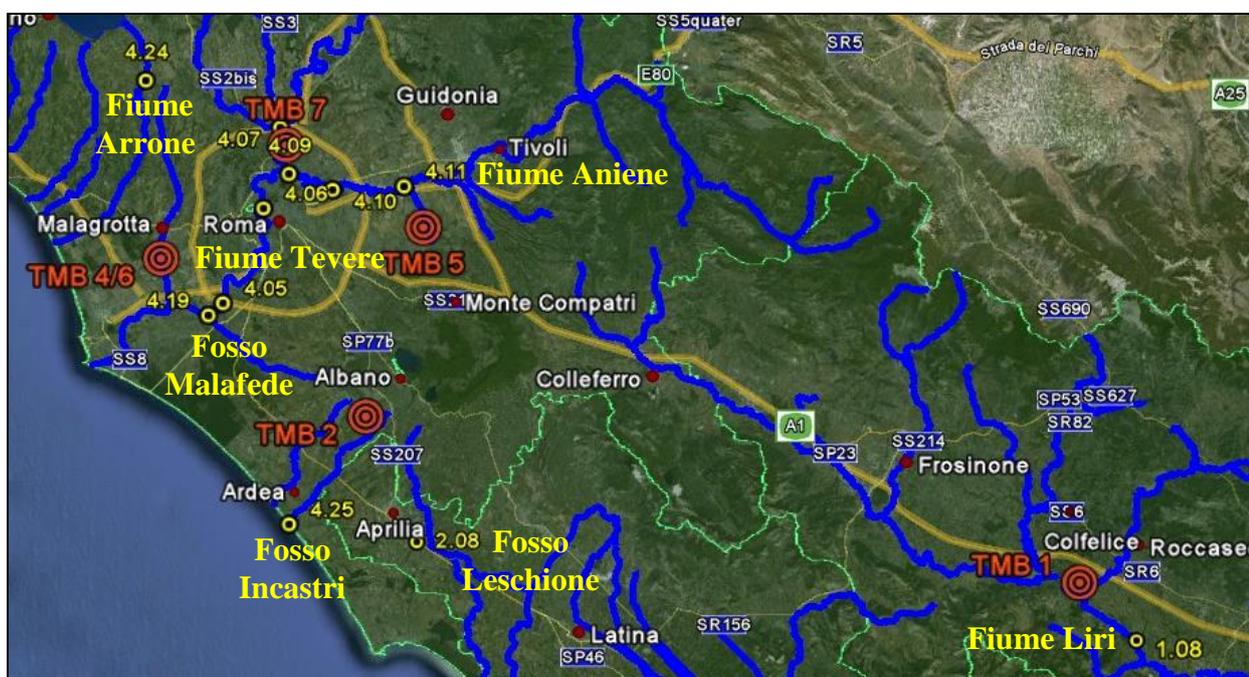
(fonte Regione Lazio e ARPA Lazio)

Nelle figure seguenti si mostra la posizione dei punti di campionamento della rete di monitoraggio della qualità delle acque superficiali e sotterranee nelle aree ospitanti i TMB.



Fig

ura 4.7. Posizione dei punti di campionamento della rete di monitoraggio della qualità delle acque sotterranee in prossimità dell'impianto TMB di Viterbo.



Fig

ura 4.8. Posizione dei punti di campionamento della rete di monitoraggio della qualità delle acque superficiali nelle aree ospitanti i TMB.

## 4.2 Qualità dell'aria

L'ARPA Lazio effettua il monitoraggio della qualità dell'aria ai fini della valutazione della distribuzione su tutto il territorio regionale della concentrazione al suolo delle principali sostanze inquinanti (biossido di zolfo, biossido di azoto, monossido di carbonio, benzene, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> e ozono). L'attività di monitoraggio viene condotta impiegando in maniera coordinata e finalizzata alla descrizione dell'intera realtà regionale: misure in siti fissi (la tradizionale rete di monitoraggio della qualità dell'aria), misure con sistemi mobili e modelli di calcolo.

### 4.2.1 Discariche

La rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria è attualmente costituita da 37 stazioni fisse, in particolare, nei comuni ospitanti le discariche vi sono 27 centraline delle quali 17 sono ubicate nel comune di Roma. Le medie degli inquinanti maggiormente significativi sono riportate nelle tabelle successive. Si osservi che, nel periodo 2006-2010, le stazioni che registrano superamenti del valore limite del biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) sono quelle situate a Roma e a Latina. Per il particolato atmosferico (PM<sub>10</sub>) i valori superiori ai limiti previsti dalla normativa vigente sono stati registrati in alcune stazioni di Roma, di Colleferro e di Segni nel periodo 2006-2007.

Indici della qualità dell'aria calcolati sulla media delle stazioni di monitoraggio di Roma							
Inquinanti	Dato	Valore limite	2006	2007	2008	2009	2010
<b>Benzene-C<sub>6</sub>H<sub>6</sub></b>	media annua [µg/m <sup>3</sup> ]	5 µg/m <sup>3</sup>	4,2	3,0	2,6	2,3	2,2
<b>Ossido di Carbonio - CO</b>	media annua [mg/m <sup>3</sup> ]	(*)	1,2	0,9	0,8	0,8	0,7
	numero superamenti	10 mg/m <sup>3</sup> Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Biossido di Azoto - NO<sub>2</sub></b>	media annua	40 µg/m <sup>3</sup>	68,3	59,8	51,9	54,4	52,2

Indici della qualità dell'aria calcolati sulla media delle stazioni di monitoraggio di Roma							
Inquinanti	Dato	Valore limite	2006	2007	2008	2009	2010
	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]						
	numero superamenti	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 18 volte l'anno	17	14	4	4	3
<b>Ozono - O<sub>3</sub></b>	Media Annua [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	(*)	43,5	38,4	39,1	41,1	43,5
	Numero di superamenti	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Media su 8 ore massima giornaliera	15	15	15	16	24
<b>Particolato atmosferico - PM<sub>10</sub></b>	media annua [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	43,3	40,3	35,2	34,4	30,6
	numero superamenti	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 35 volte l'anno	87	78	49	41	24
<b>Ossidi di Zolfo - SO<sub>2</sub></b>	Media annua nel periodo 1 ottobre - 31 marzo [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1,5	1,8	1,3	1,2	1,0

(\*) non è previsto dalla normativa

(fonte: ARPA Lazio)

Nell'area di Malagrotta è stata installata nel 2010 una stazione di monitoraggio della rete regionale di qualità dell'aria. Si riportano nella tabella seguente i valori misurati nel periodo 22/02/2010 - 28/12/2010 e quelli del 2011.

Indici qualità dell'aria: valore medio delle concentrazioni rilevate dalla stazione di monitoraggio di Malagrotta				
Inquinanti	Dato	Valore limite	dal 22/02/2010 al 28/12/2010	2011
<b>Benzene - C<sub>6</sub>H<sub>6</sub></b>	media annua [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.6	0.8
<b>Biossido di Azoto - NO<sub>2</sub></b>	media annua [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	22	32
	numero superamenti	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 18 volte l'anno	0	0

<b>Indici qualità dell'aria: valore medio delle concentrazioni rilevate dalla stazione di monitoraggio di Malagrotta</b>				
<b>Inquinanti</b>	<b>Dato</b>	<b>Valore limite</b>	<b>dal 22/02/2010 al 28/12/2010</b>	<b>2011</b>
<b>Particolato atmosferico - PM<sub>10</sub></b>	media annua [µg/m <sup>3</sup> ]	40 µg/m <sup>3</sup>	20	27
	numero superamenti	50 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 35 volte l'anno	1	27
<b>Ossidi di Zolfo - SO<sub>2</sub></b>	Media annua nel periodo 1 ottobre - 31 marzo [µg/m <sup>3</sup> ]	20 µg/m <sup>3</sup>	Il periodo di misura non consente il calcolo del valore.	2.3

(fonte: ARPA Lazio)

(\*) non è previsto dalla normativa

<b>Indici qualità dell'aria: valore medio delle concentrazioni rilevate dalla stazione di monitoraggio di Civitavecchia</b>							
<b>Inquinanti</b>	<b>Dato</b>	<b>Valore limite</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
<b>Ossido di Carbonio - CO</b>	media annua [mg/m <sup>3</sup> ]	(*)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3
	numero superamenti	10 mg/m <sup>3</sup> Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	0	0	0	0	0
<b>Biossido di Azoto - NO<sub>2</sub></b>	media annua [µg/m <sup>3</sup> ]	40 µg/m <sup>3</sup>	34	31	25	26	25
	numero superamenti	200 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 18 volte l'anno	0	0	0	0	0
<b>Particolato atmosferico - PM<sub>10</sub></b>	media annua [µg/m <sup>3</sup> ]	40 µg/m <sup>3</sup>	27	26	25	24	22
	numero superamenti	50 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 35 volte l'anno	11	7	6	5	0
<b>Ossidi di Zolfo - SO<sub>2</sub></b>	Media annua nel periodo 1 ottobre - 31 marzo [µg/m <sup>3</sup> ]	20 µg/m <sup>3</sup>	3.3	3.1	2.3	2.0	0.8

(fonte: ARPA Lazio)

Indici qualità dell'aria: valore medio delle concentrazioni rilevate dalla stazione di monitoraggio di Aprilia							
Inquinanti	Dato	Valore limite	2006	2007	2008	2009	2010
<b>Biossido di Azoto - NO<sub>2</sub></b>	media annua [µg/m <sup>3</sup> ]	40 µg/m <sup>3</sup>	30	26	24	28	23
	numero superamenti	200 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 18 volte l'anno	1	0	0	1	0
<b>Particolato atmosferico - PM<sub>10</sub></b>	media annua [µg/m <sup>3</sup> ]	40 µg/m <sup>3</sup>	-	-	25	24	22
	numero superamenti	50 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 35 volte l'anno	-	-	7	5	4
<b>Ossidi di Zolfo - SO<sub>2</sub></b>	Media annua nel periodo 1 ottobre - 31 marzo [µg/m <sup>3</sup> ]	20 µg/m <sup>3</sup>	0,8	0,9	0,7	1	nd

(fonte: ARPA Lazio)

Indici qualità dell'aria: valore medio delle stazioni di monitoraggio di Colleferro e Segni							
Inquinanti	Dato	Valore limite	2006	2007	2008	2009	2010
<b>Ossido di Carbonio - CO</b>	media annua [mg/m <sup>3</sup> ]	(*)	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4
	numero superamenti	10 mg/m <sup>3</sup> Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	0	0	0	0	0
<b>Biossido di Azoto - NO<sub>2</sub></b>	media annua [µg/m <sup>3</sup> ]	40 µg/m <sup>3</sup>	43	39	33	38	37
	numero superamenti	200 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 18 volte l'anno	0	0	0	0	0
<b>Ozono - O<sub>3</sub></b>	media annua [µg/m <sup>3</sup> ]	(*)	40	37	38	33	38
	numero di superamenti	120 µg/m <sup>3</sup> Media su 8 ore massima giornaliera	35	19	12	7	17
<b>Particolato atmosferico - PM<sub>10</sub></b>	media annua [µg/m <sup>3</sup> ]	40 µg/m <sup>3</sup>	49	44	38	38	35
	Numero superamenti	50 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 35 volte l'anno	105	99	62	67	53
<b>Ossidi di Zolfo - SO<sub>2</sub></b>	media annua nel periodo 1 ottobre - 31 marzo [µg/m <sup>3</sup> ]	20 µg/m <sup>3</sup>	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9

(fonte: ARPA Lazio)

<b>Indici qualità dell'aria: valore medio delle concentrazioni rilevate dalla stazione di monitoraggio di Latina</b>							
<b>Inquinanti</b>	<b>Dato</b>	<b>Valore limite</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
<b>Benzene - C<sub>6</sub>H<sub>6</sub></b>	media annua [µg/m <sup>3</sup> ]	5 µg/m <sup>3</sup>	-	1.7	3	2.1	1.8
<b>Ossido di Carbonio - CO</b>	media annua [mg/m <sup>3</sup> ]	(*)	0.8	0.7	0.6	0.5	0.6
	numero superamenti	10 mg/m <sup>3</sup> media massima giornaliera calcolata su 8 ore	0	0	0	0	nd
<b>Biossido di Azoto - NO<sub>2</sub></b>	media annua [µg/m <sup>3</sup> ]	40 µg/m <sup>3</sup>	57	53	50	61	51
	numero superamenti	200 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 18 volte l'anno	14	13	4	6	6
<b>Ozono - O<sub>3</sub></b>	Media annua	(*)	50	45	46	44	45
	Numero di superamenti	120 µg/m <sup>3</sup> media su 8 ore massima giornaliera nell'anno	10	10	2	1	0
<b>Particolato atmosferico - PM<sub>10</sub></b>	media annua [µg/m <sup>3</sup> ]	40 µg/m <sup>3</sup>	35	33	29	31	30
	numero superamenti	50 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 35 volte l'anno	64	41	29	26	28
<b>Ossidi di Zolfo - SO<sub>2</sub></b>	Media annua nel periodo 1 ottobre - 31 marzo [µg/m <sup>3</sup> ]	20 µg/m <sup>3</sup>	1.1	0.9	0.8	0.9	1.1

(fonte: ARPA Lazio)

<b>Indici qualità dell'aria: valore medio delle concentrazioni rilevate dalla stazione di monitoraggio di Guidonia</b>							
<b>Inquinanti</b>	<b>Dato</b>	<b>Valore limite</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
<b>Biossido di Azoto - NO<sub>2</sub></b>	media annua [µg/m <sup>3</sup> ]	40 µg/m <sup>3</sup>	43	42	38	36	30
	numero superamenti	200 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 18 volte l'anno	0	0	0	0	0
<b>Particolato atmosferico - PM<sub>10</sub></b>	media annua [µg/m <sup>3</sup> ]	40 µg/m <sup>3</sup>	40	36	30	29	26
	Numero superamenti	50 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 35 volte l'anno	89	54	36	26	13
<b>Ossidi di Zolfo - SO<sub>2</sub></b>	Media annua nel periodo 1 ottobre - 31 marzo [µg/m <sup>3</sup> ]	20 µg/m <sup>3</sup>	0,6	0,5	0,5	0,5	0,7

(fonte: ARPA Lazio)

#### 4.2.2 Area Complessa di Malagrotta

Nel comune di Roma sono presenti 17 stazioni di monitoraggio della rete regionale della qualità dell'aria, tra queste è compresa la stazione denominata "Malagrotta" divenuta operativa nel mese di febbraio 2010 e posizionata sul retro del plesso scolastico "Nando Martellini" sito in via Ildebrando della Giovanna (località Massimina). Si riportano nella tabella seguente le medie degli inquinanti maggiormente significativi rilevati dalla suddetta centralina dal 22 Febbraio 2010 al 31 Dicembre 2011, tali valori risultano inferiori ai limiti previsti dalla normativa vigente.

<b>Indici qualità dell'aria: valore medio delle concentrazioni rilevate dalla stazione di monitoraggio di Malagrotta</b>				
<b>Inquinanti</b>	<b>Dato</b>	<b>Valore limite</b>	<b>dal 22/02/2010 al 28/12/2010</b>	<b>2011</b>
<b>Benzene - C<sub>6</sub>H<sub>6</sub></b>	media annua [µg/m <sup>3</sup> ]	5 µg/m <sup>3</sup>	0.6	0.8
<b>Biossido di Azoto - NO<sub>2</sub></b>	media annua [µg/m <sup>3</sup> ]	40 µg/m <sup>3</sup>	22	32
	numero superamenti	200 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 18 volte l'anno	0	0
<b>Particolato atmosferico - PM<sub>10</sub></b>	media annua [µg/m <sup>3</sup> ]	40 µg/m <sup>3</sup>	20	27
	numero superamenti	50 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 35 volte l'anno	1	27
<b>Ossidi di Zolfo - SO<sub>2</sub></b>	Media annua nel periodo 1 ottobre - 31 marzo [µg/m <sup>3</sup> ]	20 µg/m <sup>3</sup>	Il periodo di misura non consente il calcolo del valore.	2.3

(fonte: ARPA Lazio)

(\*) non è previsto dalla normativa

Nella tabella successiva sono riportate le medie degli inquinanti maggiormente significativi delle restanti centraline di monitoraggio della qualità dell'aria presenti nel comune di Roma. Si osservi che, nel periodo 2006-2010, le medie ottenute rivelano superamenti del valore limite del biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) e del particolato atmosferico (PM<sub>10</sub>).

<b>Indici della qualità dell'aria: media delle concentrazioni rilevate nelle stazioni di monitoraggio di Roma</b>							
<b>Inquinanti</b>	<b>Dato</b>	<b>Valore limite</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
<b>Benzene - C<sub>6</sub>H<sub>6</sub></b>	media annua [µg/m <sup>3</sup> ]	5 µg/m <sup>3</sup>	4,2	3,0	2,6	2,3	2,2
<b>Ossido di Carbonio - CO</b>	media annua [mg/m <sup>3</sup> ]	(*)	1,2	0,9	0,8	0,8	0,7
	numero superamenti	10 mg/m <sup>3</sup> Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Biossido di Azoto - NO<sub>2</sub></b>	media annua [µg/m <sup>3</sup> ]	40 µg/m <sup>3</sup>	68,3	59,8	51,9	54,4	52,2
	numero superamenti	200 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 18 volte l'anno	17	14	4	4	3
<b>Ozono - O<sub>3</sub></b>	Media Annua [µg/m <sup>3</sup> ]	(*)	43,5	38,4	39,1	41,1	43,5
	Numero di superamenti	120 µg/m <sup>3</sup> Media su 8 ore massima giornaliera	15	15	15	16	24
<b>Particolato atmosferico - PM<sub>10</sub></b>	media annua [µg/m <sup>3</sup> ]	40 µg/m <sup>3</sup>	43,3	40,3	35,2	34,4	30,6
	numero superamenti	50 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 35 volte l'anno	87	78	49	41	24
<b>Ossidi di Zolfo - SO<sub>2</sub></b>	Media annua nel periodo 1 ottobre - 31 marzo [µg/m <sup>3</sup> ]	20 µg/m <sup>3</sup>	1,5	1,8	1,3	1,2	1,0

(\*) non è previsto dalla normativa (fonte: ARPA Lazio)

## 4.2.3 Termovalorizzatori

Nei comuni ospitanti i termovalorizzatori sono presenti 21 centraline della rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria, di queste, 17 sono ubicate nel comune di Roma. Le medie degli inquinanti maggiormente significativi sono riportate nelle tabelle successive. Si osservi che, nel periodo 2006-2010, le stazioni che registrano superamenti del valore limite del biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) sono quelle situate a Roma e Cassino. Per il particolato atmosferico (PM<sub>10</sub>) i valori superiori ai limiti previsti dalla normativa vigente sono stati registrati nelle stazioni di Roma, di Colferro, di Segni e Cassino.

Dati qualità dell'aria stazione di monitoraggio di Cassino							
Inquinanti	Dato	Valore limite	2006	2007	2008	2009	2010
<b>Ossido di Carbonio - CO</b>	media annua [mg/m <sup>3</sup> ]	(*)	1,2	0,9	0,8	0,8	n.d.
	numero superamenti	10 mg/m <sup>3</sup> Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	0	0	0	0	n.d.
<b>Biossido di Azoto - NO<sub>2</sub></b>	media annua [µg/m <sup>3</sup> ]	40 µg/m <sup>3</sup>	59	57	50	46	45
	numero superamenti	200 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 18 volte l'anno	0	12	0	0	0
<b>Particolato atmosferico - PM<sub>10</sub></b>	media annua [µg/m <sup>3</sup> ]	40 µg/m <sup>3</sup>		36	37	36	31
	Numero superamenti	50 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 35 volte l'anno		54	62	63	47
<b>Ossidi di Zolfo - SO<sub>2</sub></b>	Media annua nel periodo 1 ottobre - 31 marzo [µg/m <sup>3</sup> ]	20 µg/m <sup>3</sup>	1,1	1,2	1,4	1,4	0,8

(\*) non è previsto dalla normativa (fonte: ARPA Lazio)

Indice qualità dell'aria: valore medio delle stazioni di monitoraggio di Colferro e Segni							
Inquinanti	Dato	Valore limite	2006	2007	2008	2009	2010
<b>Ossido di Carbonio - CO</b>	media annua [mg/m <sup>3</sup> ]	(*)	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4
	numero superamenti	10 mg/m <sup>3</sup> media massima giornaliera calcolata su 8 ore	0	0	0	0	0
<b>Biossido di Azoto - NO<sub>2</sub></b>	media annua [µg/m <sup>3</sup> ]	40 µg/m <sup>3</sup>	43	39	33	38	37
	numero superamenti	200 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 18 volte l'anno	0	0	0	0	0
<b>Ozono - O<sub>3</sub></b>	media annua [µg/m <sup>3</sup> ]	(*)	40	37	38	33	38
	numero di superamenti	120 µg/m <sup>3</sup> media su 8 ore massima giornaliera	69	38	24	14	33
<b>Particolato atmosferico - PM<sub>10</sub></b>	media annua [µg/m <sup>3</sup> ]	40 µg/m <sup>3</sup>	49	44	38	38	35
	Numero superamenti	50 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 35 volte l'anno	105	99	62	67	53
<b>Ossidi di Zolfo - SO<sub>2</sub></b>	media annua nel periodo 1 ottobre - 31 marzo [µg/m <sup>3</sup> ]	20 µg/m <sup>3</sup>	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9

(fonte: ARPA Lazio)

Indici della qualità dell'aria: media delle concentrazioni rilevate nelle stazioni di monitoraggio di Roma							
Inquinanti	Dato	Valore limite	2006	2007	2008	2009	2010
<b>Benzene - C<sub>6</sub>H<sub>6</sub></b>	media annua [µg/m <sup>3</sup> ]	5 µg/m <sup>3</sup>	4,2	3,0	2,6	2,3	2,2
<b>Ossido di Carbonio - CO</b>	media annua [mg/m <sup>3</sup> ]	(*)	1,2	0,9	0,8	0,8	0,7
	numero superamenti	10 mg/m <sup>3</sup> Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

<b>Indici della qualità dell'aria: media delle concentrazioni rilevate nelle stazioni di monitoraggio di Roma</b>							
<b>Inquinanti</b>	<b>Dato</b>	<b>Valore limite</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
<b>Biossido di Azoto - NO<sub>2</sub></b>	media annua [µg/m <sup>3</sup> ]	40 µg/m <sup>3</sup>	68,3	59,8	51,9	54,4	52,2
	numero superamenti	200 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 18 volte l'anno	16,8	14,2	4,1	4,3	3,1
<b>Ozono - O<sub>3</sub></b>	Media Annua [µg/m <sup>3</sup> ]	(*)	43,5	38,4	39,1	41,1	43,5
	Numero di superamenti	120 µg/m <sup>3</sup> Media su 8 ore massima giornaliera	15,0	14,7	15,4	16,0	23,9
<b>Particolato atmosferico - PM<sub>10</sub></b>	media annua [µg/m <sup>3</sup> ]	40 µg/m <sup>3</sup>	43,3	40,3	35,2	34,4	30,6
	numero superamenti	50 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 35 volte l'anno	87,5	78,4	48,8	41,5	23,5
<b>Ossidi di Zolfo - SO<sub>2</sub></b>	Media annua nel periodo 1 ottobre - 31 marzo [µg/m <sup>3</sup> ]	20 µg/m <sup>3</sup>	1,5	1,8	1,3	1,2	1,0

<b>Indici qualità dell'aria: valore medio delle concentrazioni rilevate dalla stazione di monitoraggio di Malagrotta</b>				
<b>Inquinanti</b>	<b>Dato</b>	<b>Valore limite</b>	<b>dal 22/02/2010 al 28/12/2010</b>	<b>2011</b>
<b>Benzene - C<sub>6</sub>H<sub>6</sub></b>	media annua [µg/m <sup>3</sup> ]	5 µg/m <sup>3</sup>	0.6	0.8
<b>Ossido di Carbonio - CO</b>	media annua [mg/m <sup>3</sup> ]	(*)	-----	-----
	numero superamenti	10 mg/m <sup>3</sup> Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	-----	-----
<b>Biossido di Azoto - NO<sub>2</sub></b>	media annua [µg/m <sup>3</sup> ]	40 µg/m <sup>3</sup>	22	32
	numero superamenti	200 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 18 volte l'anno	0	0
<b>Particolato atmosferico -</b>	media annua [µg/m <sup>3</sup> ]	40 µg/m <sup>3</sup>	20	27

<b>Indici qualità dell'aria: valore medio delle concentrazioni rilevate dalla stazione di monitoraggio di Malagrotta</b>				
<b>Inquinanti</b>	<b>Dato</b>	<b>Valore limite</b>	<b>dal 22/02/2010 al 28/12/2010</b>	<b>2011</b>
<b><i>PM<sub>10</sub></i></b>	numero superamenti	50 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 35 volte l'anno	1	27
<b><i>Ossidi di Zolfo - SO<sub>2</sub></i></b>	Media annua nel periodo 1 ottobre - 31 marzo [µg/m <sup>3</sup> ]	20 µg/m <sup>3</sup>	Il periodo di misura non consente il calcolo del valore.	2.3

(\*) non è previsto dalla normativa (fonte: ARPA Lazio)

4.2.4 *Trattamento Meccanico Biologico*

Nel territorio comprendente gli impianti TMB vi sono 20 centraline delle quali 17 sono ubicate nel comune di Roma. Le medie degli inquinanti maggiormente significativi sono riportate nelle tabelle successive. Si osservi che, nel periodo 2006-2010, le stazioni che registrano superamenti del valore limite, media annua del biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), sono quelle situate a Roma e a Viterbo (solo nel 2008). Per il particolato atmosferico (PM<sub>10</sub>) i valori della concentrazione media annua superiori al limite previsto dalla normativa vigente sono stati registrati nelle stazioni di Roma; quest'ultime, presentano, inoltre, un numero di superamenti della media giornaliera (dal 2006 al 2009) maggiore del limite annuo consentito.

<b>Indici della qualità dell'aria: media delle concentrazioni rilevate nelle stazioni di monitoraggio di Roma</b>							
<b>Inquinanti</b>	<b>Dato</b>	<b>Valore limite</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
<b>Benzene - C<sub>6</sub>H<sub>6</sub></b>	media annua [µg/m <sup>3</sup> ]	5 µg/m <sup>3</sup>	4,2	3,0	2,6	2,3	2,2
	media annua [mg/m <sup>3</sup> ]	(*)	1,2	0,9	0,8	0,8	0,7
<b>Ossido di Carbonio - CO</b>	numero superamenti	10 mg/m <sup>3</sup> Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	media annua [µg/m <sup>3</sup> ]	40 µg/m <sup>3</sup>	68,3	59,8	51,9	54,4	52,2
<b>Biossido di Azoto - NO<sub>2</sub></b>	numero superamenti	200 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 18 volte l'anno	17	14	4	4	3
	Media Annuale [µg/m <sup>3</sup> ]	(*)	43,5	38,4	39,1	41,1	43,5
<b>Ozono - O<sub>3</sub></b>	Numero di superamenti	120 µg/m <sup>3</sup> Media su 8 ore massima giornaliera	15	15	15	16	24
	media annua [µg/m <sup>3</sup> ]	40 µg/m <sup>3</sup>	43,3	40,3	35,2	34,4	30,6
<b>Particolato atmosferico - PM<sub>10</sub></b>	numero superamenti	50 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 35 volte l'anno	87	78	49	41	24

<b>Indici della qualità dell'aria: media delle concentrazioni rilevate nelle stazioni di monitoraggio di Roma</b>							
<b>Inquinanti</b>	<b>Dato</b>	<b>Valore limite</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
<b>Ossidi di Zolfo - SO<sub>2</sub></b>	Media annua nel periodo 1 ottobre - 31 marzo [µg/m <sup>3</sup> ]	20 µg/m <sup>3</sup>	1,5	1,8	1,3	1,2	1,0

(\*) non è previsto dalla normativa (fonte: ARPA Lazio)

<b>Indici qualità dell'aria: valore medio delle concentrazioni rilevate dalla stazione di monitoraggio di Malagrotta</b>				
<b>Inquinanti</b>	<b>Dato</b>	<b>Valore limite</b>	<b>dal 22/02/2010 al 28/12/2010</b>	<b>2011</b>
<b>Benzene - C<sub>6</sub>H<sub>6</sub></b>	media annua [µg/m <sup>3</sup> ]	5 µg/m <sup>3</sup>	0.6	0.8
<b>Biossido di Azoto - NO<sub>2</sub></b>	media annua [µg/m <sup>3</sup> ]	40 µg/m <sup>3</sup>	22	32
	numero superamenti	200 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 18 volte l'anno	0	0
<b>Particolato atmosferico - PM<sub>10</sub></b>	media annua [µg/m <sup>3</sup> ]	40 µg/m <sup>3</sup>	20	27
	numero superamenti	50 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 35 volte l'anno	1	27
<b>Ossidi di Zolfo - SO<sub>2</sub></b>	Media annua nel periodo 1 ottobre - 31 marzo [µg/m <sup>3</sup> ]	20 µg/m <sup>3</sup>	Il periodo di misura non consente il calcolo del valore.	2.3

(fonte: ARPA Lazio)

<b>Indici qualità dell'aria: valore medio delle concentrazioni rilevate dalla stazione di monitoraggio di Aprilia</b>							
<b>Inquinanti</b>	<b>Dato</b>	<b>Valore limite</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
<b>Biossido di Azoto-NO<sub>2</sub></b>	media annua [µg/m <sup>3</sup> ]	40 µg/m <sup>3</sup>	30	26	24	28	23
	numero superamenti	200 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 18 volte l'anno	1	0	0	1	0
<b>Particolato atmosferico PM<sub>10</sub></b>	media annua [µg/m <sup>3</sup> ]	40 µg/m <sup>3</sup>	-	-	25	24	22
	numero superamenti	50 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 35 volte l'anno	-	-	7	5	4

Indici qualità dell'aria: valore medio delle concentrazioni rilevate dalla stazione di monitoraggio di Aprilia							
Inquinanti	Dato	Valore limite	2006	2007	2008	2009	2010
<b>Ossidi di Zolfo - SO<sub>2</sub></b>	Media annua nel periodo 1 ottobre - 31 marzo [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,8	0,9	0,7	1	nd

(fonte: ARPA Lazio)

Indici qualità dell'aria: valore medio delle concentrazioni rilevate dalla stazione di monitoraggio di Viterbo							
Inquinanti	Dato	Valore limite	2006	2007	2008	2009	2010
<b>Benzene - C<sub>6</sub>H<sub>6</sub></b>	media annua [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2,4	2,1	1,9	1,8	1,5
<b>Ossido di Carbonio - CO</b>	media annua [ $\text{mg}/\text{m}^3$ ]	(*)	0,7	0,7	0,5	0,4	0,5
	numero superamenti	10 $\text{mg}/\text{m}^3$ Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	0	0	0	0	0
<b>Biossido di Azoto - NO<sub>2</sub></b>	media annua [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	37	37	48	33	31
	numero superamenti	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 18 volte l'anno	0	0	1	0	0
<b>Particolato atmosferico - PM<sub>10</sub></b>	media annua [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	29	27	26	24	23
	numero superamenti	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 35 volte l'anno	22	13	14	5	4
<b>Ossidi di Zolfo - SO<sub>2</sub></b>	Media annua nel periodo 1 ottobre - 31 marzo [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1,4	1,3	0,9	1	1

(\*) non è previsto dalla normativa (fonte: ARPA Lazio)

### 4.3 Fattori di pressione

Le attività economiche, a seconda della tipologia e della dimensione, possono costituire un fattore di pressione ambientale.

#### 4.3.1 Discariche

Nel territorio ospitante le discariche dei rifiuti urbani, le attività economiche che vedono impegnate il maggior numero di addetti sono quelle di tipo immobiliare, noleggio, informatica, ricerca e servizi alle imprese nella città di Roma mentre nei restanti comuni prevale l'attività manifatturiera.

Nella tabella successiva si elencano, in ordine decrescente rispetto al numero di addetti nei comuni in osservazione, la tipologia di attività presente nel territorio in esame e per un confronto immediato sono stati anche calcolati, per ogni tipo di attività, il numero di addetti nel solo comune di Roma e quelli nell'intera regione Lazio.

Tipologia attività	Numero addetti comune di Roma	Numero addetti nei comuni in osservazione	Numero addetti nella regione Lazio
Attività immobiliari, noleggio, informatica, ricerca, servizi alle imprese	142 354	157 677	174 068
Amministrazione pubblica	121 777	132 106	153 187
Trasporti magazzinaggio e comunicazioni	97 869	109 808	146 611
Commercio all'ingrosso e al dettaglio, riparazione di autoveicoli, motocicli e di beni personali per la casa	82 400	98 784	130 589
Attività manifatturiere	50 998	89 898	161 141
Sanità e assistenza sociale	74 848	86 855	113 651
Istruzione	66 002	81 700	128 002
Altri servizi pubblici, sociali e personali	62 054	67 346	74 997
Attività finanziarie	52 303	55 947	63 896
Costruzioni	41 869	49 772	73 589
Alberghi e ristoranti	39 938	43 337	54 358
Produzione e distribuzione di energia elettrica, gas e acqua	8 496	10 069	12 855
Agricoltura, caccia e silvicoltura	972	1 263	1 909
Estrazione di minerali	786	1 182	2 152
Pesca, piscicoltura e servizi connessi	67	226	761
<b>Somma Totale</b>	<b>842 733</b>	<b>985 970</b>	<b>1 291 766</b>

Tabella 4.1. Tipologia di attività e rispettivi addetti nei comuni in osservazione (fonte ISTAT, Censimento industria e servizi 2001 - Classificazione delle attività economiche Ateco2007)

Nel territorio ospitante le discariche sono presenti 39 impianti industriali (esclusi gli impianti inerenti la gestione dei rifiuti) soggetti ad Autorizzazione Integrata Ambientale (ai sensi del D.Lgs 152/2006 succ. mod e int) dei quali 16 hanno sede nel comune di Roma. Nella tabella 4.2 si indicano il numero e la categoria dei suddetti impianti.

<b>Numero Impianti</b>	<b>Categoria</b>
7	Attività energetiche
9	Produzione e trasformazione dei metalli
5	Industria dei prodotti minerali
8	Industria chimica
10	Altre attività

Tabella 4.2. Numero di impianti industriali per categoria di appartenenza

Inoltre, nelle tabelle successive, si espongono anche la ragione sociale ed il comune della sede delle singole attività industriali in base alla categoria d'appartenenza.

<b>Comune</b>	<b>Ragione Sociale</b>	<b>Attività energetiche</b>
Roma	Aceaelectrabel Montemartini	centrali elettriche
Roma	Raffineria di Roma	raffineria
Roma	Secosvim	centrali elettriche
Roma	Termica Colleferro	centrali elettriche
Roma	Aceaelectrabel Produzione Tor di Valle	centrali elettriche
Civitavecchia	Enel Produzioni Torrevaldaliga Nord	centrali elettriche
Civitavecchia	Tirreno Power Torrevaldaliga Sud	centrali elettriche

Tabella 4.3. Elenco degli impianti industriali di produzione energetica

<b>Comune</b>	<b>Ragione Sociale</b>	<b>Produzione e trasformazione dei metalli</b>
Aprilia	Centro Laminati	trasformazione dei metalli non ferrosi
Latina	Procan	trasformazione dei metalli ferrosi
Latina	Sicamb	trattamento in superficie dei metalli
Roma	Galvanica Bruni	trattamento in superficie dei metalli

<b>Comune</b>	<b>Ragione Sociale</b>	<b>Produzione e trasformazione dei metalli</b>
Roma	Galvanica Italia	trattamento in superficie dei metalli
Albano laziale	Galvanica romana	trattamento in superficie dei metalli
Roma	Ossidal sistemi	trattamento in superficie dei metalli
Roma	Romazinc	trasformazione dei metalli ferrosi
Roma	Trattamenti galvanici industriali	trattamento in superficie dei metalli

Tabella 4.4. Elenco degli impianti industriali di produzione e trasformazione dei metalli

<b>Comune</b>	<b>Ragione Sociale</b>	<b>Industria dei prodotti minerali</b>
Aprilia	OI-Manufacturing Italy	fabbricazione vetro
Guidonia Montecelio	Buzzi Unicem	cementificio
Artena	Fassa	cementificio
Roma	Fornaci	fabbricazione prodotti ceramici
Colleferro	Italcementi	cementificio

Tabella 4.5. Elenco degli impianti di industria dei prodotti minerali

<b>Comune</b>	<b>Ragione Sociale</b>	<b>Industria chimica</b>
Aprilia	Abbott	impianto per la fabbricazione prodotti farmaceutici
Aprilia	Acraf	impianto per la fabbricazione prodotti farmaceutici
Latina	Chemtura Italy	impianto chimico
Latina	Ibi	impianto per la fabbricazione prodotti farmaceutici
Aprilia	Recordati	impianto per la fabbricazione prodotti farmaceutici
Colleferro	Avio	impianto chimico
Pomezia	Menarini	impianto per la fabbricazione prodotti farmaceutici
Pomezia	Procter & Gamble	impianto per la fabbricazione prodotti farmaceutici

Tabella 4.6. Elenco degli impianti di industria chimica

<b>Comune</b>	<b>Ragione Sociale</b>	<b>Altre attività</b>
Aprilia	Crown Italprint	trattamento in superficie di materie
Aprilia	Ilsap	impianti per l'eliminazione di carcasse
Aprilia	Kraft Foods Italia	industria alimentare
Roma	Birra peroni	industria alimentare
Roma	Centrale del latte	trasformazione del latte
Roma	Centro carni di roma	macello
Ariccia	Centro grassi Ariccia	Impianti per l'eliminazione di carcasse
Pomezia	Mida	Impianti per l'eliminazione di carcasse
Roma	Romana macinazione	industria alimentare
Roma	Tor Cervara alimentare	macello

Tabella 4.7. Elenco degli impianti industriali con le rispettive attività e ragione sociale

Stima delle emissioni di inquinanti atmosferici

Le principali sorgenti di emissione in atmosfera presenti nell'area sono costituite

- ↘ dagli impianti sopra elencati;
- ↘ dalle grandi infrastrutture di trasporto presenti nell'area;
- ↘ dalle emissioni diffuse all'interno dei confini amministrativi dei comuni presenti nell'area in esame.

Nell'ambito del piano di risanamento della qualità dell'aria, approvato con Delibera del Consiglio Regionale n.66 del 10 dicembre 2009 (pubblicato sul supplemento ordinario del BUR n.11 del 20 marzo 2010) la Regione Lazio si è avvalsa di una articolata stima delle emissioni di sostanze inquinanti a livello comunale per le diverse tipologie di sorgenti (industria, traffico, ecc.).

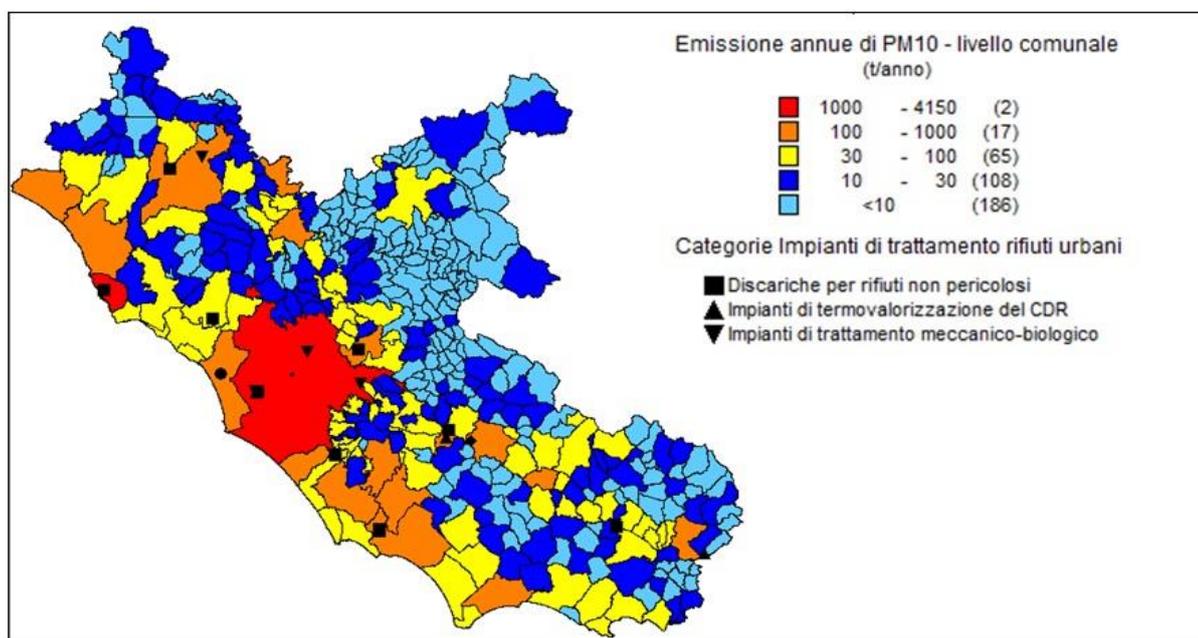
Nella tabella successiva sono riportate le emissioni stimate a livello annuo (t/anno) per i comuni sotto osservazione, la rispettiva provincia e regione al fine di consentire un agevole confronto relativo alla "potenziale" criticità dell'area.

CODICE	COMUNI	INQUINANTE [t/anno]					
		CO	NH <sub>3</sub>	NMHC	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>
D1	Roma	96.984	1.846	26.688	24.322	4.149	4.555
D2	Fonte Nuova, Guidonia Montecelio, Sant'Angelo Romano	7.289	295	2.386	4.003	410	825
D3	Albano Laziale, Aprilia, Ardea, Ariccia, Pomezia e Roma	107.221	2.724	31.659	27.337	4.636	5.069
D4	Artena, Colleferro, Genazzano, Paliano, Segni, Valmontone	6.845	387	1.538	4.405	337	708
D5	Viterbo e Montefiascone	2.945	770	1.580	1.134	244	45
D6	Latina	10.147	968	4.533	1.934	455	69
D7	Arce, Colfelice, Pontecorvo, Roccasecca, San Giovanni Incarico.	3.181	239	710	1.100	176	128

CODICE	COMUNI	INQUINANTE [t/anno]					
		CO	NH <sub>3</sub>	NMHC	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>
D8	Bracciano e Cerveteri	3.069	226	913	667	131	25
D9	Civitavecchia	12.027	96	4.629	8.441	638	5.720
<b>Confronto</b>	<b>Totale Comuni</b>	<b>152.724</b>	<b>5.705</b>	<b>47.948</b>	<b>49.021</b>	<b>7.027</b>	<b>12.589</b>
	<i>Provincia Viterbo</i>	<i>19.652</i>	<i>3.469</i>	<i>6.990</i>	<i>12.232</i>	<i>1.933</i>	<i>9.630</i>
	<i>Provincia di Frosinone</i>	<i>34.234</i>	<i>3.015</i>	<i>12.429</i>	<i>12.624</i>	<i>1.854</i>	<i>695</i>
	<i>Provincia di Latina</i>	<i>33.278</i>	<i>3.744</i>	<i>16.394</i>	<i>6.778</i>	<i>1.508</i>	<i>475</i>
	<i>Provincia di Roma</i>	<i>181.122</i>	<i>5.317</i>	<i>53.349</i>	<i>55.629</i>	<i>8.103</i>	<i>13.082</i>
	<i>Regione Lazio</i>	<i>275.121</i>	<i>17.163</i>	<i>94.062</i>	<i>89.292</i>	<i>13.873</i>	<i>23.938</i>

Tabella 4.8. Stima delle emissioni annue di inquinanti atmosferici

Stima delle emissioni annue comunali del particolato fine (PM<sub>10</sub>) per tutta la regione Lazio.

Figura 4.1. Stima emissioni PM<sub>10</sub>

**Acque Reflue urbane e industriali**

La stima del carico inquinante delle acque reflue urbane dovuto alle sostanze biodegradabili prodotte dalle attività domestiche ed economiche nel 2008 è riportato nella tabella seguente.

Comuni	Popolazione residente nel 2008	Popolazione presente non residente	Popolazione in case sparse	Lavoratori e studenti pendolari	Posti letto alberghi, campeggi e alloggi per turisti	Abitanti in seconde case (non destinate a turisti)	Ristoranti e bar	Micro industria	Piccola, media e grande industria	Abitanti equivalenti totali urbani (Aetu)	Abitanti equivalenti totali (Aet)
Albano Laziale	38 992	992	-299	-985	475	3 653	5 179	3 388	10 433	51 395	61 827
Aprilia	67 606	1 655	-1 903	-1 040	249	9 897	11 922	8 763	338 431	97 148	435 579
Arce	5 941	122	-1 332	-346	23	1 580	697	293	3 133	6 978	10 111
Ardea	40 124	1 017	-944	-1 922	6 595	40 144	4 617	2 919	24 107	92 549	116 656
Ariccia	18 183	620	-171	-216	273	1 812	3 289	4 401	24 919	28 191	53 110
Artena	13 384	196	0	-658	191	1 926	1 223	604	1 958	16 866	18 824
Bracciano	17 817	638	-2 025	99	1 796	1 581	4 507	760	1 228	25 172	26 401
Cerveteri	34 847	2 115	-4 399	-1 701	162	16 774	4 464	2 070	956	54 331	55 287
Civitavecchia	52 061	1 207	-1 367	250	2 068	2 795	12 942	4 007	93 089	73 962	167 051
Colfelice	1 839	39	-563	-75	0	362	126	118	46 884	1 846	48 730
Colleferro	21 964	578	-41	699	75	1 500	4 609	2 005	6 844	31 388	38 232
Fonte Nuova	26 981	566	-2 021	-1 999	233	1 683	1 633	305	276	27 380	27 656
Genazzano	5 902	145	-564	-255	116	1 334	851	270	44	7 799	7 843
Guidonia Montecelio	79 994	1 970	-1 094	-4 040	501	6 780	6 744	3 629	28 975	94 483	123 458
Latina	116 320	2 843	-11 444	2 385	5 771	15 945	35 806	13 737	150 911	181 363	332 274
Montefiascone	13 506	159	-903	-177	1 239	467	2 938	4 033	2 759	21 262	24 021
Paliano	8 179	212	-1 645	-208	44	1 966	1 346	1 139	9 640	11 032	20 672
Pomezia	57 363	1 291	-4 433	4 218	2 931	24 326	20 601	9 245	448 928	115 543	564 471
Pontecorvo	13 265	45	-4 984	-349	0	1 815	1 064	307	858	11 163	12 021
Roccasecca	7 594	168	-3 644	-165	13	1 065	1 340	823	933	7 194	8 127

Comuni	Popolazione residente nel 2008	Popolazione presente non residente	Popolazione in case sparse	Lavoratori e studenti pendolari	Posti letto alberghi, campeggi e alloggi per turisti	Abitanti in seconde case (non destinate a turisti)	Ristoranti e bar	Micro industria	Piccola, media e grande industria	Abitanti equivalenti totali urbani (Aetu)	Abitanti equivalenti totali (Aet)
Roma	2 721 558	148 840	-26 657	52 792	127 820	217 637	881 577	140 562	1 281 723	4 264 128	5 545 851
San Giovanni Incarico	3 440	42	-1 159	-212	0	566	449	140	554	3 266	3 820
Sant'Angelo Romano	4 218	125	-1 342	-260	38	1 166	372	78	17	4 395	4 412
Segni	9 362	231	-1 617	-596	207	2 683	788	1 121	994	12 180	13 174
Valmontone	14 655	241	-673	-654	23	1 390	2 854	1 159	893	18 994	19 887
Viterbo	61 754	3 025	-7 780	3 562	1 855	10 242	19 815	18 630	19 971	111 103	131 075
<b>Totale</b>	<b>3 456 842</b>	<b>169 082</b>	<b>-83 004</b>	<b>48 147</b>	<b>152 698</b>	<b>371 089</b>	<b>1 031 754</b>	<b>224 504</b>	<b>2 499 460</b>	<b>5 371 111</b>	<b>7 870 571</b>
<b>Totale Lazio</b>	<b>5 593 864</b>	<b>229 786</b>	<b>-318 765</b>	<b>2 596</b>	<b>266 749</b>	<b>948 845</b>	<b>1 458 908</b>	<b>492 809</b>	<b>3 857 201</b>	<b>8 674 792</b>	<b>12 531 993</b>

Tabella 4.9. (fonte: Stime del carico inquinante delle acque reflue urbane, 2010, ISTAT)

Naturalmente il carico inquinante "potenziale" è poi soggetto, in generale, a sistemi di trattamento quali depuratori, depuratori industriali e altri sistemi in grado di ridurre l'impatto complessivo sul territorio.

**Rifiuti**

La produzione di rifiuti urbani può essere stimata utilizzando il dato regionale 2007 di produzione pro capite di rifiuti urbani (604 kg/abitante \* anno). In base a tale calcolo, si registra nell'area interessata dalle discariche, una produzione di rifiuti urbani, pari a 2.083.488 tonnellate all'anno.

<b>Codici</b>	<b>Comune</b>	<b>Popolazione residente nel 2008</b>	<b>Produzione rifiuti urbani [t]</b>
D1	Roma	2.721.558	1.643.821
D2	Fonte Nuova	26.981	16.296
	Guidonia Montecelio	79.994	48.316
	Sant'Angelo Romano	4.218	2.548
D3	Albano Laziale	38.992	23.551
	Aprilia	67.606	40.834
	Ardea	40.124	24.235
	Ariccia	18.183	10.983
	Pomezia	57.363	34.647
	Roma	2.721.558	1.643.821
D4	Artena	13.384	8.084
	Colleferro	21.964	13.266
	Genazzano	5.902	3.565
	Paliano	8.179	4.94
	Segni	9.362	5.655
	Valmontone	14.655	8.851
D5	Viterbo	61.754	37.299
	Montefiascone	13.506	8.158
D6	Latina	116.32	70.257
D7	Arce	5.941	3.588
	Colfelice	1.839	1.11
	Pontecorvo	13.265	8.012
	Roccasecca	7.594	4.587
	San Giovanni Incarico	3.44	2.078
D8	Bracciano	17.817	10.761
	Cerveteri	34.847	21.047
D9	Civitavecchia	52.061	31.445
<b>Totale comuni</b>		<b>3.456.849</b>	<b>2.083.488</b>

Tabella 4.10. Stima della produzione dei rifiuti urbani nei comuni in esame  
(Fonte: elaborazione dati ISTAT e Rapporto rifiuti 2008, ISPRA)

Anche nel 2008 nella Regione Lazio sono state prodotte oltre 3,3 milioni di tonnellate di rifiuti urbani collocandosi così tra le prime cinque regioni per produzione pro capite.

#### 4.3.2 Area Complessa di Malagrotta

Le attività economiche, a seconda della tipologia e della dimensione, possono costituire un fattore di pressione ambientale.

Nel territorio del comune di Roma le attività economiche che vedono impegnate il maggior numero di addetti sono quelle di tipo immobiliari, noleggio, informatica, ricerca e servizi alle imprese (142.354 addetti che rappresentano circa il 17 % del totale). Le attività riguardanti l'impiego nelle pubbliche amministrazioni impegnano 121.777 addetti (circa il 14 % del totale).

Tipologia attività	Numero addetti
Attività immobiliari, noleggio, informatica, ricerca, servizi alle imprese	142.354
Amministrazione pubblica	121.777
Trasporti magazzinaggio e comunicazioni	97.869
Commercio all'ingrosso e al dettaglio, riparazione di autoveicoli, motocicli e di beni personali per la casa	82.400
Sanità e assistenza sociale	74.848
Istruzione	66.002
Altri servizi pubblici, sociali e personali	62.054
Attività finanziarie	52.303
Attività manifatturiere	50.998
Costruzioni	41.869
Alberghi e ristoranti	39.938
Produzione e distribuzione di energia elettrica, gas e acqua	8.496
Agricoltura, caccia e silvicoltura	972
Estrazione di minerali	786
Pesca, piscicoltura e servizi connessi	67
<b>Totale</b>	<b>842.733</b>

Tabella 4.11. Elenco delle tipologie delle attività e del rispettivo numero di addetti (fonte ISTAT, Censimento industria e servizi 2001-Classificazione delle attività economiche Ateco 2007)

Inoltre, nel comune di Roma, sono presenti 16 impianti industriali soggetti ad Autorizzazione Integrata Ambientale (ai sensi del D.lgs. 152/2006 succ. mod e int). Nelle tabelle successive si indicano il numero degli impianti, la categoria d'appartenenza ed in funzione di quest'ultima si elencano anche la ragione sociale ed il comune della sede di ogni singolo impianto.

<b>Numero Impianti</b>	<b>Categoria</b>
5	Attività energetiche
5	Produzione e trasformazione dei metalli
1	Industria dei prodotti minerali
0	Industria chimica
5	Altre attività

Tabella 4.12. Numero di impianti industriali per categoria di appartenenza

<b>Comune</b>	<b>Ragione Sociale</b>	<b>Attività energetiche</b>
Roma	Aceaelectrabel Montemartini	centrali elettriche
Roma	Raffineria di Roma	raffineria
Roma	Secosvim	centrali elettriche
Roma	Termica Colleferro	centrali elettriche
Roma	Aceaelectrabel Produzione Tor di Valle	centrali elettriche

Tabella 4.13. Elenco degli impianti industriali di produzione energetica

<b>Comune</b>	<b>Ragione Sociale</b>	<b>Produzione e trasformazione dei metalli</b>
Roma	Galvanica Bruni	trattamento in superficie dei metalli
Roma	Galvanica Italia	trattamento in superficie dei metalli
Roma	Ossidal sistemi	trattamento in superficie dei metalli
Roma	Romazinc	trasformazione dei metalli ferrosi
Roma	Trattamenti galvanici industriali	trattamento in superficie dei metalli

Tabella 4.14. Elenco degli impianti industriali di produzione e trasformazione dei metalli

<b>Comune</b>	<b>Ragione Sociale</b>	<b>Industria dei prodotti minerali</b>
Roma	Fornaci	fabbricazione prodotti ceramici

Tabella 4.15. Elenco degli impianti di industria dei prodotti minerali

<b>Comune</b>	<b>Ragione Sociale</b>	<b>Altre Attività</b>
Roma	Birra peroni	industria alimentare
Roma	Centrale del latte	trasformazione del latte
Roma	Centro carni di roma	macello
Roma	Romana macinazione	industria alimentare
Roma	Tor Cervara alimentare	macello

Tabella 4.16. Elenco degli impianti industriali con le rispettive attività e ragione sociale

Stima delle emissioni di inquinanti atmosferici

Nell'ambito del piano di risanamento della qualità dell'aria, approvato con Delibera del Consiglio Regionale n.66 del 10 dicembre 2009 (pubblicato sul supplemento ordinario del BUR n.11 del 20 marzo 2010) la Regione Lazio si è avvalsa di una articolata stima delle emissioni di sostanze inquinanti a livello comunale per le diverse tipologie di sorgenti (industria, traffico, ecc.).

Nella tabella successiva sono riportate le emissioni stimate a livello annuo (t/anno) per l'area di indagine e quelle relative all'intera provincia e regione al fine di consentire un agevole confronto relativo alla "potenziale" criticità dell'area.

Comune	Inquinante [t/anno]					
	CO	NH <sub>3</sub>	NMHC	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>
Comune di Roma	96.984	1.846	26.688	24.322	4.149	4.555
<i>Provincia di Roma</i>	<i>181.122</i>	<i>5.317</i>	<i>53.349</i>	<i>55.629</i>	<i>8.103</i>	<i>13.082</i>
<i>Regione Lazio</i>	<i>275.121</i>	<i>17.163</i>	<i>94.062</i>	<i>89.292</i>	<i>13.873</i>	<i>23.938</i>

Tabella 4.17. Stima delle emissioni annue di inquinanti atmosferici

Acque reflue urbane e industriali

La stima del carico inquinante delle acque reflue urbane dovuto alle sostanze biodegradabili prodotte dalle attività domestiche ed economiche nel 2008 è riportato nella tabella seguente.

Comune	Popolazione residente nel 2008	Popolazione presente non residente	Popolazione in case sparse	Lavoratori e studenti pendolari	Posti letto alberghi, campeggi e alloggi per turisti	Abitanti in seconde case (non destinate a turisti)	Ristoranti e bar	Micro industria	Piccola, media e grande industria	Abitanti equivalenti totali urbani (Aetu)	Abitanti equivalenti totali (Aet)
Roma	2721558	148.840	-26.657	52.792	127.820	217.637	881577	140562	1281723	4264128	5545851
totali	2721558	148.840	-26.657	52.792	127.820	217.637	881577	140562	1281723	4264128	5545851

Tabella 4.18. (fonte: Stime del carico inquinante delle acque reflue urbane, 2010, ISTAT)

Naturalmente il carico inquinante "potenziale" è poi soggetto in generale a sistemi di trattamento quali depuratori, depuratori industriali e altri sistemi in grado di ridurre l'impatto complessivo sul territorio.

Rifiuti

La produzione di rifiuti urbani può essere stimata utilizzando il dato regionale 2007 di produzione pro capite di rifiuti urbani (604 kg/abitante\*anno).

COMUNE	Popolazione residente nel 2008	Produzione rifiuti urbani [t]
Roma	2.721.558	1.643.821
<b>Totali</b>	<b>2.721.558</b>	<b>1.643.821</b>

Tabella 4.19. Rifiuti prodotti nel comune di Roma (Fonte: ISTAT, Rapporto rifiuti 2008, ISPRA)

### 4.3.3 Termovalorizzatori

Nel territorio dei comuni in osservazione (Roma, Cassino, Cervaro, San Vittore del Lazio, Artena, Colferro, Genazzano, Paliano, Segni e Valmontone) le attività economiche che vedono impegnate il maggior numero di addetti sono quelle di tipo immobiliari, noleggio, informatica, ricerca e servizi alle imprese per la città di Roma e quelle manifatturiere per i comuni restanti.

Tipologia attività	Numero addetti solo a Roma	Numero addetti nei comuni in osservazione	Numero addetti nella regione Lazio
Attività immobiliari, noleggio, informatica, ricerca, servizi alle imprese	142 354	143 774	174 068
Amministrazione pubblica	121 777	123 322	153 187
Trasporti magazzinaggio e comunicazioni	97 869	99 506	146 611
Commercio all'ingrosso e al dettaglio, riparazione di autoveicoli, motocicli e di beni personali per la casa	82 400	83 940	130 589
Sanità e assistenza sociale	74 848	77 098	113 651
Istruzione	66 002	69 673	128 002
Altri servizi pubblici, sociali e personali	62 054	63 282	74 997
Attività manifatturiere	50 998	57 684	161 141
Attività finanziarie	52 303	52 779	63 896
Costruzioni	41 869	43 354	73 589
Alberghi e ristoranti	39 938	40 358	54 358
Produzione e distribuzione di energia elettrica, gas e acqua	8 496	8 778	12 855
Agricoltura, caccia e silvicoltura	972	1 024	1 909
Estrazione di minerali	786	797	2 152
Pesca, piscicoltura e servizi connessi	67	67	761
<b>Somma Totale</b>	<b>842 733</b>	<b>865 436</b>	<b>1 291 766</b>

Tabella 4.20. Tipo di attività e rispettivo numero di addetti nei comuni in osservazione (fonte: ISTAT, Censimento industria e servizi 2001-Classificazione delle attività economiche Ateco2007)

Nel territorio ospitante i termovalorizzatori ci sono 19 impianti industriali soggetti ad Autorizzazione Integrata Ambientale (ai sensi del D.lgs. 152/2006 succ. mod e int) dei quali 16 nel comune di Roma. La categoria a cui gli impianti appartengono è espressa nella tabella 4.21.

<b>Numero Impianti</b>	<b>Categoria</b>
5	Attività energetiche
5	Produzione e trasformazione dei metalli
3	Industria dei prodotti minerali
1	Industria chimica
5	Altre attività

Tabella 4.21. Numero di impianti industriali per categoria di appartenenza

Nelle tabelle successive si espongono anche la ragione sociale ed il comune della sede delle singole attività industriali in base alla categoria di appartenenza.

<b>Comune</b>	<b>Ragione Sociale</b>	<b>Attività energetiche</b>
Roma	Aceaelectrabel Montemartini	centrali elettriche
Roma	Raffineria di Roma	raffineria
Roma	Secosvim	centrali elettriche
Roma	Termica Colleferro	centrali elettriche
Roma	Aceaelectrabel Produzione Tor di Valle	centrali elettriche

Tabella 4.22. Elenco degli impianti industriali di produzione energetica

<b>Comune</b>	<b>Ragione Sociale</b>	<b>Produzione e trasformazione dei metalli</b>
Roma	Galvanica Bruni	trattamento in superficie dei metalli
Roma	Galvanica Italia	trattamento in superficie dei metalli
Roma	Ossidal sistemi	trattamento in superficie dei metalli
Roma	Romazinc	trasformazione dei metalli ferrosi
Roma	Trattamenti galvanici industriali	trattamento in superficie dei metalli

Tabella 4.23. Elenco degli impianti industriali di produzione e trasformazione dei metalli

<b>Comune</b>	<b>Ragione Sociale</b>	<b>Industria dei prodotti minerali</b>
Artena	Fassa	cementificio
Roma	Fornaci	fabbricazione prodotti ceramici
Colleferro	Italcementi	cementificio

Tabella 4.24. Elenco degli impianti di industria dei prodotti minerali

<b>Comune</b>	<b>Ragione Sociale</b>	<b>Industria chimica</b>
Colleferro	Avio	impianto chimico

Tabella 4.25. Impianto di industria chimica

<b>Comune</b>	<b>Ragione Sociale</b>	<b>Altre attività</b>
Roma	Birra peroni	industria alimentare
Roma	Centrale del latte	trasformazione del latte
Roma	Centro carni di roma	macello
Roma	Romana macinazione	industria alimentare
Roma	Tor Cervara alimentare	macello

Tabella 4.26. Elenco degli impianti industriali con le rispettive attività e ragione sociale

### **Stima delle emissioni di inquinanti atmosferici**

Le principali sorgenti di emissione in atmosfera presenti nell'area sono costituite

- ↘ dagli impianti sopra elencati;
- ↘ dalle grandi infrastrutture di trasporto presenti nell'area;
- ↘ dalle emissioni diffuse all'interno dei confini amministrativi dei comuni presenti nell'area in esame.

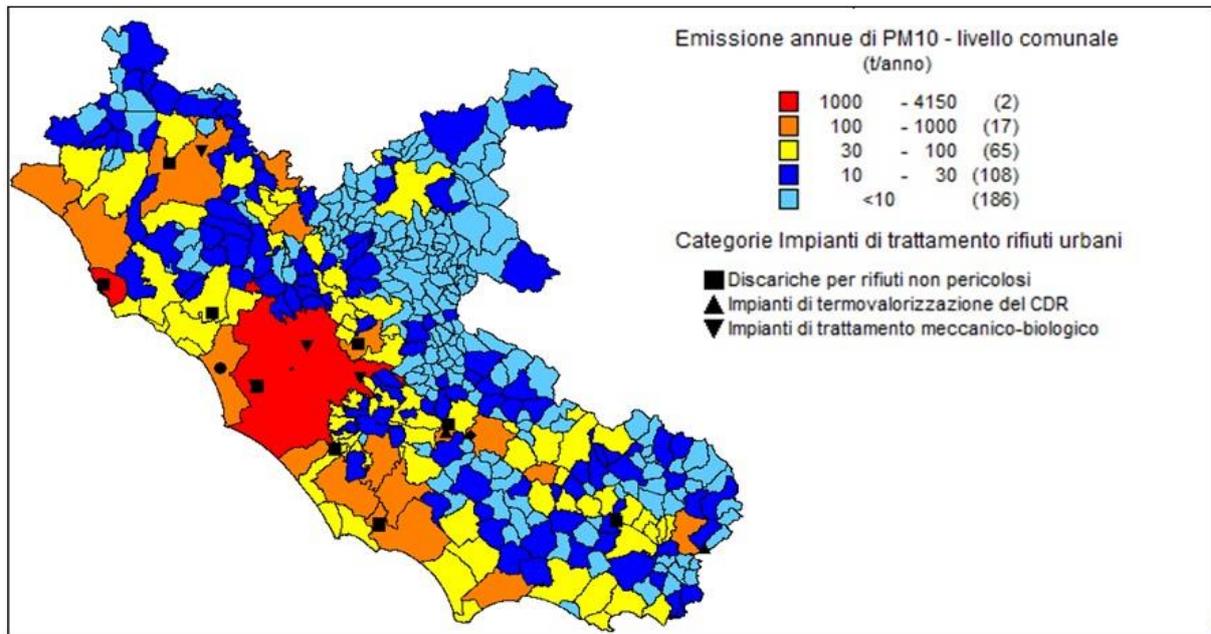
Nell'ambito del piano di risanamento della qualità dell'aria, approvato con Delibera del Consiglio Regionale n.66 del 10 dicembre 2009 (pubblicato sul supplemento ordinario del BUR n.11 del 20 marzo 2010) la Regione Lazio si è avvalsa di una articolata stima delle emissioni di sostanze inquinanti a livello comunale per le diverse tipologie di sorgenti (industria, traffico, ecc.).

Nella tabella successiva sono riportate le emissioni stimate a livello annuo (t/anno) per l'area di indagine e quelle relative all'intera provincia e regione al fine di consentire un agevole confronto relativo alla "potenziale" criticità dell'area.

Comuni	Inquinante [t/anno]					
	CO	NH <sub>3</sub>	NMHC	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>
Cassino, Cervaro e San Vittore del Lazio	3.483	146	975	1.132	134	29
Artena, Colferro, Genazzano, Paliano, Segni e Valmontone	6.845	387	1.538	4.405	337	708
Roma	96.984	1.846	26.688	24.322	4.149	4.555
<i>Provincia di Roma</i>	181.122	5.317	53.349	55.629	8.103	13.082
<i>Provincia di Frosinone</i>	34.234	3.015	12.429	12.624	1.854	695
<i>Regione Lazio</i>	275.121	17.163	94.062	89.292	13.873	23.938

Tabella 4.27. Stima delle emissioni annue di inquinanti atmosferici

Nella figura seguente è rappresentata la stima delle emissioni annue comunali del particolato fine (PM<sub>10</sub>) per tutta la regione Lazio.

Figura 4.2. Stima emissioni PM<sub>10</sub>

Acque Reflue urbane e industriali

La stima del carico inquinante delle acque reflue urbane dovuto alle sostanze biodegradabili prodotte dalle attività domestiche ed economiche nel 2008 è riportato nella tabella seguente.

Comuni	Popolazione residente nel 2008	Popolazione presente non residente	Popolazione e in case sparse	Lavoratori e studenti pendolari	Posti letto alberghi, campeggi e alloggi per turisti	Abitanti in seconde case (non destinate a turisti)	Ristoranti e bar	Micro industria	Piccola, media e grande industria	Abitanti equivalenti totali urbani (Aetu)	Abitanti equivalenti totali (Aet)
Cassino	32.962,0	1.252	-4.289	3.990	1.812	3.425	8.907,83	2.493,358	28.131,77	50.553,19	78.684,96
Cervaro	7.186,5	132	-1.494	-525	19	1.823	742,39	1.354,107	291,16	9.238,00	9.529,16
San Vittore del Lazio	2.724,5	61	-662	-103	0	470	433,50	963,455	689,68	3.887,46	4.577,14
Artena	13.384	196	0	-658	191	1.926	1.223	604	1.958	16.866	18.824
Colleferro	21.964	578	-41	699	75	1.500	4.609	2.005	6.844	31.388	38.232
Genazzano	5.902	145	-564	-255	116	1.334	851	270	44	7.799	7.843
Paliano	8.179	212	-1.645	-208	44	1.966	1.346	1.139	9.640	11.032	20.672
Segni	9.362	231	-1.617	-596	207	2.683	788	1.121	994	12.180	13.174
Valmontone	14.655	241	-673	-654	23	1.390	2.854	1.159	893	18.994	19.887
Roma	2.721558	148.840	-26.657	52.792	127.820	217.637	881577	140562	1.281723	4.264.128	5.545.851
<b>Totale</b>	<b>2.837876</b>	<b>151.888</b>	<b>-37.642</b>	<b>54.482</b>	<b>130.307</b>	<b>234.154</b>	<b>903.332</b>	<b>151.669</b>	<b>1.331.208</b>	<b>4.426.065</b>	<b>5.757.274</b>
<b>Totale Lazio</b>	<b>5 593 864</b>	<b>229 786</b>	<b>-318 765</b>	<b>2 596</b>	<b>266 749</b>	<b>948 845</b>	<b>1 458 908</b>	<b>492 809</b>	<b>3 857 201</b>	<b>8 674 792</b>	<b>12 531 993</b>

Tabella 4.28. (fonte: Stime del carico inquinante delle acque reflue urbane, 2010, ISTAT)

Naturalmente il carico inquinante "potenziale" è poi soggetto in generale a sistemi di trattamento quali depuratori, depuratori industriali e altri sistemi in grado di ridurre l'impatto complessivo sul territorio.

**Rifiuti**

La produzione di rifiuti urbani può essere stimata utilizzando il dato regionale 2007 di produzione pro capite di rifiuti urbani (604 kg/abitante\*anno). In base a tale calcolo, si registra nell'area interessata dai termovalorizzatori, una produzione di rifiuti urbani, pari a 1.714.078 tonnellate all'anno.

<b>Codici</b>	<b>COMUNE</b>	<b>Popolazione residente nel 2008</b>	<b>Produzione rifiuti urbani [t]</b>
<b>T1</b>	Cassino	32.962	19.909
	Cervaro	7.187	4.341
	San Vittore nel Lazio	2.725	1.646
<b>T2</b>	Artena	13.384	8.084
	Colleferro	21.964	13.266
	Genazzano	5.902	3.565
	Paliano	8.179	4.940
	Segni	9.362	5.655
	Valmontone	14.655	8.851
<b>T3</b>	Roma	2.721.558	1.643.821
<b>Totale</b>		<b>2.837.878</b>	<b>1.714.078</b>

Tabella 4.29. Produzione dei rifiuti nei comuni in osservazione (Fonte: ISTAT, Rapporto rifiuti 2008, ISPRA)

#### 4.3.4 *Trattamento Meccanico Biologico*

Nel territorio ospitante gli impianti di trattamento meccanico e biologico dei rifiuti urbani, le attività economiche che vedono impegnate il maggior numero di addetti sono quelle di tipo immobiliare, noleggio, informatica, ricerca e servizi alle imprese nella città di Roma e l'attività manifatturiera nei restanti comuni.

Nella tabella successiva si elencano, in ordine decrescente rispetto al numero di addetti nei comuni in osservazione, la tipologia di attività presente nell'area in esame e per un confronto immediato sono stati anche calcolati, per ogni tipo di attività, il numero di addetti nel solo comune di Roma e quelli nell'intera regione Lazio.

<b>Tipologia attività</b>	<b>Numero addetti solo a Roma</b>	<b>Numero addetti nei comuni in osservazione</b>	<b>Numero addetti nella regione Lazio</b>
Attività immobiliari, noleggio, informatica, ricerca, servizi alle imprese	142 354	152 849	174 068
Amministrazione pubblica	121 777	126 002	153 187
Trasporti magazzino e comunicazioni	97 869	104 144	146 611
Commercio all'ingrosso e al dettaglio, riparazione di autoveicoli, motocicli e di beni personali per la casa	82 400	91 005	130 589
Sanità e assistenza sociale	74 848	80 541	113 651
Attività manifatturiere	50 998	76 954	161 141
Istruzione	66 002	72 491	128 002
Altri servizi pubblici, sociali e personali	62 054	64 479	74 997
Attività finanziarie	52 303	54 100	63 896
Costruzioni	41 869	45 839	73 589
Alberghi e ristoranti	39 938	41 892	54 358
Produzione e distribuzione di energia elettrica, gas e acqua	8 496	8 928	12 855
Agricoltura, caccia e silvicoltura	972	1 041	1 909
Estrazione di minerali	786	887	2 152
Pesca, piscicoltura e servizi connessi	67	111	761
<b>Totale</b>	<b>842 733</b>	<b>921 263</b>	<b>1 291 766</b>

Tabella 4.30. Tipo di attività e rispettivo numero di addetti nei comuni in osservazione (fonte ISTAT, Censimento industria e servizi 2001 Classificazione delle attività economiche Ateco2007)

Nel territorio ospitante gli impianti TMB ci sono 28 impianti industriali soggetti ad Autorizzazione Integrata Ambientale (ai sensi del D.Lgs 152/2006 succ. mod e int) dei

quali 16 nel comune di Roma. Di seguito si elencano il numero, la categoria e, in funzione di quest'ultima, la ragione sociale e il comune della sede di ogni singolo impianto.

<b>Numero Impianti</b>	<b>Categoria</b>
5	Attività energetiche
7	Produzione e trasformazione dei metalli
2	Industria dei prodotti minerali
5	Industria chimica
10	Altre attività

Tabella 4.31. Numero di impianti industriali per categoria di appartenenza

<b>Comune</b>	<b>Ragione Sociale</b>	<b>Attività energetiche</b>
Roma	Aceaelectrabel Montemartini	centrali elettriche
Roma	Raffineria di Roma	raffineria
Roma	Secosvim	centrali elettriche
Roma	Termica Colleferro	centrali elettriche
Roma	Aceaelectrabel Produzione Tor di Valle	centrali elettriche

Tabella 4.32. Elenco degli impianti di produzione elettrica

<b>Comune</b>	<b>Ragione Sociale</b>	<b>Produzione e trasformazione dei metalli</b>
Aprilia	Centro Laminati	trasformazione dei metalli non ferrosi
Roma	Galvanica Bruni	trattamento in superficie dei metalli
Roma	Galvanica Italia	trattamento in superficie dei metalli
Albano laziale	Galvanica romana	trattamento in superficie dei metalli
Roma	Ossidal sistemi	trattamento in superficie dei metalli
Roma	Romazinc	trasformazione dei metalli ferrosi
Roma	Trattamenti galvanici industriali	trattamento in superficie dei metalli

Tabella 4.33. Elenco degli impianti di produzione e trasformazione dei metalli

<b>Comune</b>	<b>Ragione Sociale</b>	<b>Industria dei prodotti minerali</b>
Aprilia	OI-Manufacturing Italy	fabbricazione vetro
Roma	Fornaci	fabbricazione prodotti ceramici

Tabella 4.34. Elenco degli impianti di industria dei prodotti minerali

<b>Comune</b>	<b>Ragione Sociale</b>	<b>Industria chimica</b>
Aprilia	Abbott	impianto per la fabbricazione prodotti farmaceutici
Aprilia	Acraf	impianto per la fabbricazione prodotti farmaceutici
Aprilia	Recordati	impianto per la fabbricazione prodotti farmaceutici
Pomezia	Menarini	impianto per la fabbricazione prodotti farmaceutici
Pomezia	Procter & Gamble	impianto per la fabbricazione prodotti farmaceutici

Tabella 4.35. Elenco degli impianti di industria chimica

<b>Comune</b>	<b>Ragione Sociale</b>	<b>Altre attività</b>
Aprilia	Crown Italprint	trattamento in superficie di materie
Aprilia	Ilsap	Impianti per l'eliminazione di carcasse
Aprilia	Kraft Foods Italia	industria alimentare
Roma	Birra peroni	industria alimentare
Roma	Centrale del latte	trasformazione del latte
Roma	Centro carni di roma	macello
Ariccia	Centro grassi Ariccia	Impianti per l'eliminazione di carcasse
Pomezia	Mida	Impianti per l'eliminazione di carcasse
Roma	Romana macinazione	industria alimentare
Roma	Tor Cervara alimentare	macello

Tabella 4.36. Elenco degli impianti industriali con le rispettive attività e ragione sociale

### **Stima delle emissioni di inquinanti atmosferici**

Le principali sorgenti di emissione in atmosfera presenti nell'area sono costituite

- ↳ dagli impianti sopra elencati;
- ↳ dalle grandi infrastrutture di trasporto presenti nell'area;

- ↳ dalle emissioni diffuse all'interno dei confini amministrativi dei comuni presenti nell'area in esame.

Nell'ambito del piano di risanamento della qualità dell'aria, approvato con Delibera del Consiglio Regionale n.66 del 10 dicembre 2009 (pubblicato sul supplemento ordinario del BUR n.11 del 20 marzo 2010) la Regione Lazio si è avvalsa di una articolata stima delle emissioni di sostanze inquinanti a livello comunale per le diverse tipologie di sorgenti (industria, traffico, ecc.).

Nella tabella successiva sono riportate le emissioni stimate a livello annuo (t/anno) per l'area di indagine e quelle relative all'intera provincia e regione al fine di consentire un agevole confronto relativo alla "potenziale" criticità dell'area.

CODICE	COMUNI	Inquinante [t/anno]					
		CO	NH <sub>3</sub>	NMHC	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>
TMB1	Arce, Colfelice, Pontecorvo, Roccasecca e San Giovanni Incarico.	3.181	239	710	1.100	176	128
TMB2	Albano Laziale, Aprilia, Ardea, Ariccia, Pomezia e Roma	107.221	2.724	31.659	27.337	4.636	5.069
TMB3	Viterbo e Vitorchiano	2.487	761	1.421	946	207	40
TMB5	Monte Compatri e Roma	98.555	1.880	27.076	24.736	4.214	4.587
TMB4 TMB6 TMB7	Roma	96.984	1.846	26.688	24.322	4.149	4.555
<b>Totale comuni</b>		<b>114.460</b>	<b>3.758</b>	<b>34.178</b>	<b>29.797</b>	<b>5.084</b>	<b>5.269</b>
<i>Provincia Viterbo</i>		<i>19652</i>	<i>3469</i>	<i>6990</i>	<i>12232</i>	<i>1933</i>	<i>9630</i>
<i>Provincia di Frosinone</i>		<i>34234</i>	<i>3015</i>	<i>12429</i>	<i>12624</i>	<i>1854</i>	<i>695</i>
<i>Provincia di Latina</i>		<i>33278</i>	<i>3744</i>	<i>16394</i>	<i>6778</i>	<i>1508</i>	<i>475</i>
<i>Provincia di Roma</i>		<i>181122</i>	<i>5317</i>	<i>53349</i>	<i>55629</i>	<i>8103</i>	<i>13082</i>
<i>Regione Lazio</i>		<i>275121</i>	<i>17163</i>	<i>94062</i>	<i>89292</i>	<i>13873</i>	<i>23938</i>

Tabella 4.37. Stima delle emissioni annue di inquinanti atmosferici

Acque Reflue urbane e industriali

La stima del carico inquinante delle acque reflue urbane dovuto alle sostanze biodegradabili prodotte dalle attività domestiche ed economiche nel 2008 è riportato nella tabella seguente.

Comuni	Popolazione residente nel 2008	Popolazione presente non residente	Popolazione in case sparse	Lavoratori e studenti pendolari	Posti letto alberghi, campeggi e alloggi per turisti	Abitanti in seconde case (non destinate a turisti)	Ristoranti e bar	Microindustria	Piccola, media e grande industria	Abitanti equivalenti totali urbani (Aetu)	Abitanti equivalenti totali (Aet)
Albano Laziale	38 992	992	-299	-985	475	3 653	5 179	3 388	10 433	51 395	61 827
Aprilia	67 606	1 655	-1 903	-1 040	249	9 897	11 922	8 763	338 431	97 148	435 579
Arce	5 941	122	-1 332	-346	23	1 580	697	293	3 133	6 978	10 111
Ardea	40 124	1 017	-944	-1 922	6 595	40 144	4 617	2 919	24 107	92 549	116 656
Ariccia	18 183	620	-171	-216	273	1 812	3 289	4 401	24 919	28 191	53 110
Colfelice	1 839	39	-563	-75	0	362	126	118	46 884	1 846	48 730
Monte Compatri	9 918	262	-515	-571	361	1 174	1 763	1 896	3 589	14 288	17 877
Pomezia	57 363	1 291	-4 433	4 218	2 931	24 326	20 601	9 245	448 928	115 543	564 471
Pontecorvo	13 265	45	-4 984	-349	0	1 815	1 064	307	858	11 163	12 021
Roccasecca	7 594	168	-3 644	-165	13	1 065	1 340	823	933	7 194	8 127
Roma	2 721 558	148 840	-26 657	52 792	127 820	217 637	881 577	140 562	1 281 723	4 264 128	5 545 851
San Giovanni Incarico	3 440	42	-1 159	-212	0	566	449	140	554	3 266	3 820
Viterbo	61 754	3 025	-7 780	3 562	1 855	10 242	19 815	18 630	19 971	111 103	131 075
Vitorchiano	4 454	76	-527	-240	210	832	656	1 299	2 869	6 760	9 628
<b>Totale</b>	<b>3 052 028</b>	<b>158 194</b>	<b>-54 911</b>	<b>54 451</b>	<b>140 805</b>	<b>315 105</b>	<b>953 095</b>	<b>192 785</b>	<b>2 207 332</b>	<b>4 811 552</b>	<b>7 018 884</b>
<b>Totale Lazio</b>	<b>5 593 864</b>	<b>229 786</b>	<b>-318 765</b>	<b>2 596</b>	<b>266 749</b>	<b>948 845</b>	<b>1 458 908</b>	<b>492 809</b>	<b>3 857 201</b>	<b>8 674 792</b>	<b>12 531 993</b>

Tabella 4.38. (fonte: Stime del carico inquinante delle acque reflue urbane, 2010, ISTAT)

Naturalmente il carico inquinante "potenziale" è poi soggetto in generale a sistemi di trattamento quali depuratori, depuratori industriali e altri sistemi in grado di ridurre l'impatto complessivo sul territorio.

**Rifiuti**

La produzione di rifiuti urbani può essere stimata utilizzando il dato regionale 2007 di produzione pro capite di rifiuti urbani (604 kg/ab.\*anno). In base a tale calcolo, si registra nell'area interessata dai TMB, una produzione di rifiuti urbani, pari a 1.843.425 tonnellate all'anno.

<b>Codice</b>	<b>Comune</b>	<b>Popolazione residente nel 2008</b>	<b>Produzione rifiuti urbani [t]</b>
TMB1	Arce	5 941	3 588
	Colfelice	1 839	1 110
	Pontecorvo	13 265	8 012
	Roccasecca	7 594	4 587
	San Giovanni Incarico	3 440	2 078
TMB2	Albano Laziale	38 992	23 551
	Aprilia	67 606	40 834
	Ardea	40 124	24 235
	Ariccia	18 183	10 983
	Pomezia	57 363	34 647
	Roma	2 721 558	1 643 821
TMB3	Viterbo	61 754	37 299
	Vitorchiano	4 454	2 690
TMB5	Monte Compatri	9 918	5 990
	Roma	2 721 558	1 643 821
TMB4 TMB6 TMB7	Roma	2 721 558	1 643 821
<b>Totale comuni</b>		<b>3 052 031</b>	<b>1 843 425</b>

Tabella 4.39. Produzione dei rifiuti nei comuni in osservazione (Fonte: ISTAT, Rapporto rifiuti 2008, ISPRA)

## 5 Controlli e monitoraggi ambientali

Gli impianti oggetto del programma ERAS sono assoggettati alla disciplina IPPC e svolgono quindi la loro attività sulla base dell'Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA).

La maggior parte di tali impianti esercitava la propria attività già nel periodo precedente all'entrata in vigore della disciplina AIA, in forza di specifiche autorizzazioni settoriali. Tali autorizzazioni contenevano prescrizioni cui gli impianti dovevano attenersi nello svolgimento delle loro attività, in particolare riguardanti i limiti alle emissioni prodotte, e ARPA Lazio svolgeva un'attività di controllo del rispetto delle suddette prescrizioni.

Le nuove autorizzazioni rilasciate in accordo alla normativa AIA introducono invece disposizioni molto più specifiche e dettagliate relativamente alla gestione e al controllo dell'impianto. Il gestore diventa un attore fondamentale di questo processo poiché diventa il primo soggetto cui è attribuito l'onere di controllare il rispetto delle condizioni di esercizio dell'impianto, mentre ad ARPA Lazio compete la verifica della regolarità dei controlli a carico del gestore e lo svolgimento di verifiche ispettive che sono prerogativa dell'ente di controllo.

Pertanto per ciascuna delle autorizzazioni AIA rilasciate nella Regione Lazio è previsto il controllo da parte di ARPA Lazio, tale controllo è programmato con cadenza annuale, e prevede una ispezione presso l'impianto e relative attività di campionamento e analisi. Le risultanze di tale attività confluiscono alla fine in una relazione che l'Agenzia trasmette all'Autorità competente che ha rilasciato il provvedimento autorizzativo.

È evidente quindi come le attività di controllo effettuate siano molto più articolate e complesse di quelle previste in forza delle precedenti autorizzazioni di settore.

Le relazioni conclusive delle attività, a seguito della innovazione introdotta dalla disciplina AIA, forniscono probabilmente il primo rendiconto complessivo e unitario che descrive la gestione ambientale degli impianti autorizzati e i relativi impatti.

Tenuto conto del ritardo nel recepimento in Italia della normativa europea, dei complessi iter istruttori che hanno coinvolto le diverse amministrazioni nel rilascio delle autorizzazioni integrate ambientali e del tempo che è stato necessario agli impianti per adeguarsi alla nuova disciplina, si può affermare che la maggioranza degli impianti ricadenti nella disciplina AIA è entrato a regime a partire dal 2009.

Gli impianti di gestione dei rifiuti urbani oggetto dello studio, dal 2009 ad oggi, sono stati oggetto almeno di una verifica ispettiva.

### 5.1 Discariche

Le attività di controllo di una discarica prevedono la verifica delle modalità di gestione dei rifiuti ricevuti, il monitoraggio delle emissioni prodotte nell'ambiente e dei consumi di risorse naturali conseguenti all'esercizio dell'impianto.

In relazione al primo aspetto sono effettuate verifiche periodiche delle caratteristiche dei rifiuti ammessi in discarica, in accordo al Decreto 3 agosto 2005 che definisce i criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica; in tale ambito sono monitorate anche le quantità di rifiuti gestiti, che devono essere coerenti con la potenzialità di trattamento della discarica.

L'impatto ambientale dovuto alle attività di gestione è tenuto sotto controllo attraverso il monitoraggio delle emissioni prodotte dalla discarica.

Un primo tipo di emissioni riguarda quelle in atmosfera. Esse si originano in seguito ai processi di degradazione microbica, in assenza d'aria, cui è soggetto il materiale organico di cui sono costituiti i rifiuti: il prodotto finale di tale fenomeno è un gas, denominato biogas. Per una corretta gestione della discarica il biogas deve essere costantemente allontanato dal corpo dei rifiuti mediante captazione e la sua successiva gestione avviene in un impianto di combustione appositamente dedicato che consente anche il recupero di energia dal calore prodotto nella combustione. In tale processo sono monitorate le caratteristiche qualitative del biogas con analisi di appropriati parametri chimico fisici al fine di verificarne l'idoneità alla successiva combustione; parallelamente viene effettuata un'attività di controllo delle emissioni prodotte dall'impianto di combustione del biogas, mediante campionamento degli effluenti gassosi e analisi di molteplici parametri, tra cui polveri e ossidi di azoto, per verificarne la conformità ai limiti previsti dall'autorizzazione.

Un altro contaminante monitorato in una discarica è il cosiddetto percolato, refluo liquido che si origina in seguito alla infiltrazione di acqua nella massa dei rifiuti e alla loro decomposizione: il percolato è analizzato attraverso la determinazione di numerosi parametri chimico fisici al fine di tenerne sotto controllo le caratteristiche qualitative per garantire una gestione appropriata.

Nella gestione di una discarica si originano anche acque reflue, in particolare le acque di dilavamento dei piazzali e quelle di copertura della discarica, che devono essere opportunamente trattate prima di essere recapitate nel corpo recettore; tali acque sono sottoposte a controllo analitico prima di essere scaricate.

Particolare attenzione è poi rivolta al monitoraggio delle caratteristiche qualitative delle acque di falda sottostanti la discarica: a tal fine ogni discarica è dotata di numerosi piezometri, cioè pozzi dai quali è possibile emungere le acque di falda per il loro controllo. In tali circostanze per ogni campione di acqua esaminato sono effettuate analisi di numerosi parametri inorganici, tra cui i metalli, ed organici, quali solventi, pesticidi IPA e PCB.

In relazione all'impatto acustico viene verificato che le operazioni all'interno della discarica avvengano nel rispetto dei limiti di accettabilità del rumore, mediante l'esecuzione di campagne di misurazione effettuate presso la discarica e nelle sue immediate vicinanze.

Da ultimo è tenuto sotto controllo l'impatto sulle risorse naturali causato dal funzionamento dell'impianto di discarica nel suo complesso, monitorando i consumi di materie prime e ausiliarie, di risorse idriche, di energia elettrica e termica e di combustibili e verificando che tali consumi siano coerenti con le necessità operative.

## *5.2 Area complessa di Malagrotta*

L'area complessa di Malagrotta è caratterizzato da un'elevata presenza di impianti industriali, quali la raffineria di Roma, il gassificatore, l'impianto di incenerimento dei rifiuti ospedalieri dell'AMA, il "complesso impiantistico di Malagrotta" che è costituito da un impianto di discarica per rifiuti non pericolosi al quale sono collegati due impianti per il Trattamento Meccanico Biologico dei rifiuti, denominati rispettivamente Malagrotta 1 e Malagrotta 2 e cave per l'estrazione di materiali da costruzione. Per quanto riguarda gli impianti di gestione dei rifiuti le attività di controllo e monitoraggio della discarica sono state descritte nel paragrafo precedente, mentre per quanto riguarda il termovalorizzatore e gli impianti di trattamento meccanico biologico, vengono descritte nei paragrafi seguenti.

### 5.3 Termovalorizzatori

Questa tipologia di impianti richiedono un controllo particolarmente importante per ciò che riguarda le emissioni in atmosfera: tali impianti infatti sono deputati alla combustione della frazione secca a più alto potere calorifico costituita dal combustibile da rifiuti (CDR) ottenuta dal trattamento mediante separazione e vagliatura del rifiuto urbano indifferenziato.

Tali impianti sono pertanto dotati di particolari sistemi, denominati SMCE, in grado di misurare e registrare in continuo nell'effluente gassoso emesso le concentrazioni di numerose sostanze, quali CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, polveri totali, TOC, HCl e HF.

In ogni caso anche su tali impianti l'attività di controllo parte dalla verifica del ciclo tecnologico e sulla congruità del CDR ricevuto presso l'impianto ai fini della sua successiva combustione: a tal fine sono verificate le caratteristiche qualitative del CDR. Nel processo di combustione sono poi monitorati in continuo i parametri sopra citati, ma sono comunque svolti regolari campionamenti dell'effluente gassoso per verificare puntualmente l'efficacia dei sistemi di abbattimento adottati. A tal fine sono monitorati numerosi parametri come polveri, acidi, composti organici volatili, ossidi, metalli, IPA, diossine.

Particolare attenzione è poi rivolta al controllo della gestione dei rifiuti prodotti nel corso dell'attività: ci si riferisce in particolare ai residui di combustione, nonché a quelli derivanti dal sistema di trattamento delle acque reflue. L'organo di controllo accerta che tali rifiuti siano gestiti in conformità alla normativa.

La gestione delle acque di processo costituisce un altro aspetto critico dal punto di vista ambientale, pertanto sono previsti all'interno dello stabilimento numerosi punti di controllo delle acque reflue provenienti dall'impianto di depurazione a servizio dello stabilimento prima della loro immissione nel corpo recettore. Per verificarne la conformità normativa per ogni campione di acqua reflua sono effettuate numerose determinazioni analitiche di parametri chimici, che tengono conto dei potenziali contaminanti connessi con l'attività realizzata presso il termovalorizzatore.

Anche le acque di falda sono interessate dalla attività di controllo mediante regolari campionamenti finalizzati a verificare che le acque sotterranee non siano interessate da fenomeni di contaminazione.

Campagne di misura dell'impatto acustico causato dall'esercizio dell'impianto sono inoltre condotte con regolarità al fine di verificare che le emissioni sonore siano

conformi ai limiti di legge, individuando specifici possibili recettori adiacenti l'area dello stabilimento.

Come per gli impianti di discarica anche per i termovalorizzatori è tenuto sotto controllo l'impatto sulle risorse naturali causato dal funzionamento dell'impianto nel suo complesso, monitorando i consumi di materie prime e ausiliarie, di risorse idriche, di energia elettrica e termica e di combustibili e verificando che tali consumi siano coerenti con le necessità operative.

#### *5.4 Trattamento meccanico biologico*

In relazione a questa tipologia di impianto le attività di controllo effettuate si concentrano prima di tutto sulla verifica della conformità del ciclo di gestione dei rifiuti all'interno dello stabilimento a quanto previsto dall'autorizzazione. A tal fine sono monitorate le linee tecnologiche di trattamento che a partire dal rifiuto urbano indifferenziato prevedono la separazione dal rifiuto della frazione secca a più alto potere calorifico e la trasformazione della stessa in combustibile da rifiuti (CDR) da utilizzare in impianti di valorizzazione energetica autorizzati, il recupero dei materiali metallici e non metallici, e il trattamento aerobico con conseguente riduzione volumetrica della restante frazione organica, finalizzato alla produzione di una matrice organica stabilizzata (FOS). A tal fine è prestata particolare attenzione ai quantitativi dei vari materiali prodotti che devono essere coerenti con le finalità dell'impianto che per tipologia di attività costituisce un tassello significativo all'interno del quadro complessivo del ciclo di gestione di rifiuti urbani. Contestualmente sono verificate anche le caratteristiche qualitative di tali materiali. Per esempio in relazione al CDR prodotto deve essere garantito che la sua composizione rispetti i limiti previsti dalla normativa vigente e pertanto viene sottoposto a determinazioni analitiche per il controllo di numerosi parametri chimici. Tale attività è inoltre finalizzata alla verifica della idoneità del CDR prodotto nell'impianto di trattamento meccanico biologico ad essere utilizzato nel successivo impianto di valorizzazione energetica.

Discorso analogo riguarda il controllo della frazione organica stabilizzata prodotta, finalizzato alla verifica che il successivo destino di tale materiale sia coerente con quanto autorizzato e con le proprie caratteristiche qualitative.

Tale tipologia di impianto, per propria natura, richiede un attento monitoraggio delle emissioni in atmosfera prodotte, con particolare riguardo alle caratteristiche olfattive

di tali emissioni: i processi di degradazione subiti dai rifiuti nel corso del loro trattamento determina la produzione di sostanze odorigene (acidi grassi volatili, ammine, ammoniaca, composti gassosi organici ed inorganici, ecc.) che possono creare criticità nelle immediate adiacenze di detti impianti. A tal fine sono costantemente monitorati le emissioni prodotte dopo l'apposito trattamento cui sono sottoposti gli effluenti gassosi emessi, tramite attività di campionamento e analisi di numerosi parametri quali polveri, acidi organici, mercaptani, ammine, sostanze organiche volatili e odori, in relazione ai limiti previsti dalla legge.

Particolare attenzione è poi riservata alla gestione delle acque reflue prodotte, derivanti principalmente dalle acque meteoriche dei piazzali e dei tetti, e dalle acque di prima pioggia, che una volta convogliate sono opportunamente trattate. Prima del recapito di tali acque reflue nel corpo recettore sono controllate le relative caratteristiche chimiche al fine del rispetto della normativa prevista.

Il controllo della qualità delle acque sotterranee e la verifica del rispetto delle emissioni acustiche contribuiscono a definire il quadro delle attività di controllo dell'impianto.

## 6 Emissioni in aria prodotte dagli impianti

Al fine di migliorare la conoscenza degli impatti ambientali connessi alla gestione dei rifiuti urbani e di supportare le valutazioni metodologiche è stata effettuata un'analisi delle emissioni in aria generate dagli impianti oggetto dello studio comparativamente con la valutazione delle emissioni in aria prodotte dal complesso delle attività antropiche. Il periodo di analisi considerato è dal 1996 al 2008 in coerenza con le ipotesi complessive dello studio mentre le aree del territorio sono state selezionate sulla base di un raggio di 3 km attorno agli impianti di trattamento rifiuti urbani. Tale selezione è funzionale a valutare gli scenari di pressione antropica e di emissione di sostanze inquinanti nel territorio di potenziale impatto degli impianti.

Gli inquinanti atmosferici presi in considerazione sono costituiti da particolato, ossidi di azoto, ossidi di zolfo, monossido di carbonio, composti organici volatili, e da alcuni microinquinanti (metalli, idrocarburi policiclici aromatici, ...).

I dati utilizzati per la stima delle emissioni delle aree interessate dagli impianti e per valutare il contributo degli impianti rispetto al quadro complessivo, sono costituiti principalmente dall'inventario nazionale delle emissioni dell'ISPRA e dall'inventario delle emissioni della Regione Lazio. L'inventario ISPRA raccoglie i dati delle emissioni in aria dei gas-serra, delle sostanze acidificanti ed eutrofizzanti, dei precursori dell'ozono troposferico, del benzene, del particolato, dei metalli pesanti, degli idrocarburi policiclici aromatici, delle diossine e dei furani. Le emissioni provenienti da oltre 300 attività antropiche e biogeniche vengono stimate secondo la metodologia CORINAIR definita dall'Agenzia Europea per l'ambiente.

(<http://www.eea.europa.eu/publications/EMEPCORINAIR5>).

I valori delle emissioni che sono stati utilizzati per l'analisi delle pressioni sono il valore medio registrato nel periodo 1995-2008. Tale dato infatti supporta la stima dell'esposizione media della popolazione interessata nel periodo di riferimento ed è quindi coerente con le finalità epidemiologiche dello studio.

Il quadro di riferimento del ciclo di smaltimento dei rifiuti urbani è necessario per una corretta e completa valutazione dei diversi fattori che concorrono a produrre pressione ambientale nelle aree di studio. Tali informazioni sono state derivate dall'analisi degli atti autorizzativi degli impianti, dal Rapporto dei Rifiuti Urbani prodotti dall'ISPRA negli

anni 2001-2009 e dalla documentazione tecnica associata al piano rifiuti della regione Lazio.

La produzione dei rifiuti urbani nel periodo 1999-2009, rappresentata nel grafico che segue, evidenzia un andamento privo di picchi con un leggero trend di crescita. Si può notare come la provincia di Roma rappresenti, da sola, la parte più rilevante della produzione dei rifiuti della regione.

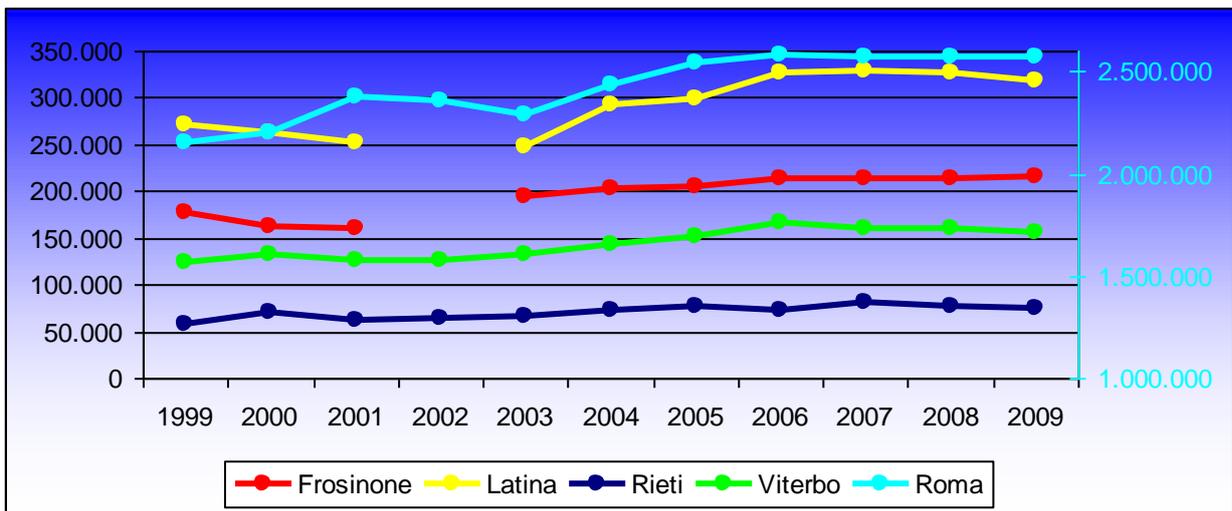


Grafico 6.1. Andamento produzione dei rifiuti Urbani nel Lazio. Dati ISPRA; La curva relativa alla provincia di Roma è riferita all'asse di destra.

Nel periodo di riferimento, che va dal 1999 al 2009, sono stati prodotti complessivamente, all'interno della regione Lazio, circa 34.000.000 ton di rifiuti urbani dei quali circa 6.500.000 t sono state trattati negli impianti di trattamento meccanico biologico, 1.400.000 t circa sono state sottoposte a termovalorizzazione e 29.000.000 t circa sono state conferite in discarica. Il valore medio smaltito e trattato di rifiuti urbani nell'arco del decennio è pari a circa:

Tipologia impianto	Valore medio rifiuti trattati /smaltiti [t/anno]
TMB	657.418
Discariche	2.938.401
Termovalorizzatori	145.342

Tabella 6.1. Rifiuti trattati per tipologia di impianto

Lo studio epidemiologico si riferisce ad un periodo temporale leggermente più ampio (anni 1996-2008); si può ragionevolmente ipotizzare che negli anni 1996, 1997 siano stati smaltiti/trattati quantità di rifiuti del tutto paragonabili al valore medio annuo riportato nella tabella precedente.

## 6.1 Discariche

Le nove discariche per rifiuti urbani considerate nello studio smaltiscono ogni anno una quantità di rifiuti pari a circa 3.000.000 di tonnellate di rifiuti urbani. Di questi, circa la metà, finiscono nel solo complesso di Malagrotta.

L'impatto che una discarica per rifiuti urbani ha rispetto ai diversi comparti ambientali dipende dalla quantità di rifiuti trattata, dalle modalità costruttive e di gestione e dall'eventuale presenza di impianti connessi per la produzione di energia.

Le emissioni in aria dipendono principalmente dalla degradazione della materia organica presente (processo che produce essenzialmente metano, acido solfidrico e anidride carbonica, oltre a tracce di altri composti) e dalla combustione degli eventuali motori presenti per la produzione di energia.

I dati utilizzati per la stima delle emissioni delle discariche derivano da varie fonti: le autorizzazioni integrate ambientali (AIA) e quelle precedenti alla normativa AIA, i risultati dei monitoraggi eseguiti dai gestori, le attività di controllo effettuate dall'Agenzia, dai Rapporti dei Rifiuti dell'ISPRA e dai dati del Piano regionale dei rifiuti.

Le discariche hanno due principali categorie di emissioni in aria: le emissioni convogliate e quelle diffuse. Le prime sono generate dalla combustione all'interno di motori o turbine, utilizzati per il recupero energetico. In questi impianti viene bruciato il biogas captato dalla discarica. La parte di biogas che non viene captata si diffonde naturalmente in atmosfera attraverso la superficie della discarica e questa frazione, che può essere più o meno grande, insieme agli altri sottoprodotti della degradazione organica anaerobica ( $H_2S$ , odori, VOC ecc), rappresenta l'emissione di tipo diffuso.

La stima dei due tipi diversi di emissioni ha seguito due metodi differenti. Le emissioni di tipo diffuso sono state stimate in collaborazione con ARPA Emilia Romagna, attraverso un modello di calcolo denominato GasSim, sviluppato dalla Golder Associates per l'EA (Environment Agency, England and Wales, UK), in grado di stimare le emissioni convogliate e diffuse di un sistema di discariche.

Le emissioni convogliate sono invece state stimate a partire dai dati forniti dagli stessi gestori, dalle autorizzazioni e dalle schede tecniche elaborate dalla Regione Lazio, in funzione delle potenzialità dei vari impianti. In particolare, il valore di emissione degli

ossidi di azoto è stato stimato per l'anno 2008 dai valori di potenza dichiarati nelle schede tecniche della Regione Lazio e dalle potenze nominali dichiarate dei motori installati.

La scelta di utilizzare i valori massimi di emissione stabiliti dall'autorizzazione rappresenta una sovrastima delle reali emissioni, ma tenuto conto della finalità epidemiologica dello studio si è ritenuto di seguire questa strada in virtù del principio di precauzione.

E' opportuno evidenziare che gli inquinanti considerati (ad esempio gli NO<sub>x</sub>) spesso non sono prodotti univocamente dagli impianti di trattamento dei rifiuti, ma anche da altre sorgenti presenti a distanza più o meno vicina dalla discarica.

Inoltre bisogna tenere presente che tali composti non rimangono fermi nel punto di emissione, ma si disperdono su aree che possono risultare molto ampie per via dei fenomeni di diffusione atmosferica che possono determinare, alla luce delle diverse caratteristiche orografiche, situazioni di accumulo e/o stagnazione degli inquinanti.

Inoltre la permanenza in atmosfera di un dato inquinante dipende sia dalle sue caratteristiche chimico-fisiche, sia dalle particolari condizioni atmosferiche in cui si viene a trovare. Infatti, le precipitazioni tendono a rimuovere dall'atmosfera polveri e particelle (solide o liquide) di varia natura, insieme a alcuni gas, come ad esempio avviene nei confronti della CO<sub>2</sub>, degli SO<sub>x</sub> e del PM<sub>10</sub>.

Oltre il dilavamento atmosferico, possono avvenire reazioni fotolitiche o di ossidoriduzione che eliminano o modificano i vari contaminanti. Tipico è l'esempio del metano che viene ossidato ad anidride carbonica.

Le precedenti considerazioni evidenziano la necessità di considerare il contesto territoriale in cui è inserito l'impianto ai fini di una efficace valutazione.

Per questo motivo vengono illustrati di seguito anche i dati di emissioni relativi ai diversi contesti territoriali. I dati derivano dall'inventario delle emissioni ISPRA il cui data base informativo prevede diverse scale territoriali (nazionale, regionale, provinciale e comunale) e per il periodo dal 1990 al 2009 una serie storica annuale

per il livello nazionale, quinquennale per il livello provinciale e riferita al solo anno 2005 per il livello comunale.

Nello studio è stato considerato principalmente il valor medio annuale, come detto, rappresentativo del carico complessivo di inquinante su uno specifico territorio.

In questo ambito di approssimazione si osserva che, la differenza tra il valore dell'emissione regionale media (decennale) e il corrispondente valore relativo al solo 2005, pur variando da inquinante a inquinante, si attesta intorno al 20% per gli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) e il particolato fine PM<sub>10</sub>.

Le emissioni di sostanze inquinanti in atmosfera stimate per la Regione Lazio, sono circa pari a l' 6-8% di quelle nazionali con particolare riferimento al PM<sub>10</sub> e agli NO<sub>x</sub>

Le emissioni regionali medie del periodo 1995-2008 generate dalle diverse attività (incluse quelle derivanti dalla gestione dei rifiuti), divise per provincia sono presentate nella tabella seguente.

<b>Inquinante</b>	<b>Frosinone</b>	<b>Latina</b>	<b>Rieti</b>	<b>Roma</b>	<b>Viterbo</b>	<b>Lazio</b>
Ammoniaca (t)	3.324	4.910	1.790	6.423	3.305	<b>19.751</b>
Arsenico (kg)	169	188	13	637	216	<b>1.222</b>
Benzene (t)	145	228	39	1.314	65	<b>1.792</b>
Cadmio (kg)	214	19	3	164	18	<b>418</b>
Composti organici volatili non metanici (t)	15.459	18.197	4.690	89.930	7.443	<b>135.719</b>
Cromo (kg)	553	92	13	1.996	1.031	<b>3.685</b>
Diossido di zolfo (SO <sub>2</sub> +SO <sub>3</sub> ) (t)	1.069	1.117	159	31.105	1.901	<b>35.351</b>
Diossine e furani (g teq)	1	1	0	5	2	<b>8</b>
Idrocarburi policiclici aromatici (IPA) (t)	683	648	194	3.295	794	<b>5.615</b>
Mercurio (kg)	213	13	2	224	60	<b>511</b>
Monossido di carbonio (t)	33.266	41.521	10.165	297.552	23.091	<b>405.595</b>
Nichel (kg)	319	714	15	4.178	809	<b>6.035</b>
Ossidi di azoto (NO+NO <sub>2</sub> ) (t)	13.100	7.822	3.602	73.455	8.765	<b>106.743</b>

<b>Inquinante</b>	<b>Frosinone</b>	<b>Latina</b>	<b>Rieti</b>	<b>Roma</b>	<b>Viterbo</b>	<b>Lazio</b>
Particolato (<10 micron) (t)	1.569	1.403	427	7.377	1.722	<b>12.498</b>
Particolato (<2.5 micron) (t)	1.421	1.208	356	6.707	1.503	<b>11.195</b>
Piombo (kg)	18.020	10.336	4.027	75.245	13.420	<b>121.049</b>
Rame (kg)	972	441	213	4.003	611	<b>6.240</b>
Zinco (kg)	3.787	1.122	162	5.208	647	<b>10.926</b>

Tabella 6.2. Emissioni provinciali, media anni 1995-2008

Si nota come la provincia di Roma contribuisca in modo significativamente maggiore rispetto a tutte le altre provincie. Di queste emissioni, comprensive di tutte le attività svolte nelle aree considerate, la gestione dei rifiuti ha, a livello regionale, un peso variabile in funzione del contaminante considerato: ad esempio il settore dei rifiuti conta il 0,5% del totale nei confronti degli NO<sub>x</sub>, ma il 3,7 % considerando i PM<sub>10</sub> e oltre il 60% per il metano. Una rappresentazione grafica delle emissioni, in merito alle PM<sub>10</sub>, può essere visualizzata nella tavola 2 "Fattori di pressione PM<sub>10</sub> emesso".

I contributi emissivi sono stati anche valutati prendendo a riferimento il territorio entro un cerchio di 3 km di raggio dal singolo impianto.

Sono state quindi definite delle aree omogenee all'interno delle quali stimare le emissioni non solo della discarica ma anche delle altre sorgenti presenti. Dal punto di vista epidemiologico la popolazione è infatti potenzialmente "esposta" alla somma degli inquinanti prodotti dalle diverse sorgenti (industrie, traffico veicolare, impianti per il riscaldamento domestico, ..).

<b>Aree di studio</b>	<b>Tipo di Impianto</b>	<b>Codice impianto</b>	<b>Comuni entro i 3 km dall'impianto</b>
01 (Malagrotta)	discarica	D1	Roma
02 (Viterbo)	discarica	D5	Viterbo, Montefiascone
03 (Albano)	discarica	D3	Albano, Aprilia, Ardea, Ariccia, Pomezia, Roma
04 (Colleferro)	discarica	D4	Colleferro, Artena, Genazzano, Paliano, Segni, Valmontone
06 (Guidonia)	discarica	D2	Guidonia, Fonte Nuova, Sant'Angelo Romano
07 (Borgo Montello)	discarica	D6	Latina

Aree di studio	Tipo di Impianto	Codice impianto	Comuni entro i 3 km dall'impianto
10 (Roccasecca)	discarica	D7	Roccasecca, Arce, Colfelice, Pontecorvo, San Giovanni Incarico
11 (Bracciano)	discarica	D8	Bracciano, Cerveteri
12 (Civitavecchia)	discarica	D9	Civitavecchia

Tabella 6.3. Aree oggetto di studio

Per confrontare i livelli di emissione di inquinanti che insistono sulle aree oggetto dello studio e quelle direttamente prodotte dalle attività di smaltimento rifiuti, sono stati utilizzati i risultati del modello GasSim, i cui parametri di input sono stati elaborati a partire dalle informazioni geometriche e quantitative derivate dalle schede tecniche degli impianti stessi.

Le emissioni medie annue delle discariche relative all'idrogeno solforato ( $H_2S$ ), al metano ( $CH_4$ ) ed al benzene ( $C_6H_6$ ) sono rappresentate di seguito.

Impianto	$H_2S$ [t/a]	$CH_4$ [t/a]	$C_6H_6$ [t/a]
Borgo Montello	1,7	12.601	0,3
Cecchina	0,5	2.129	0,08
Civitavecchia	0,08	348	0,01
Cupinoro	1,0	4.044	0,2
Guidonia	1,7	10.695	0,3
Le Fornaci	1,4	6.571	0,3
Malagrotta	6,3	80.857	1,2
Roccasecca	0,7	2.670	0,1
Colle Fagiolaria	1,1	12.601	0,1
<b>Totale</b>	<b>14,5</b>	<b>132.516</b>	<b>2,6</b>

Tabella 6.4. Emissione media annua delle discariche per RSU del Lazio.

Le emissioni generate dalla discarica di Malagrotta, in considerazione della sua dimensione, sono superiori a quelle generate dagli altri impianti. Tali emissioni sono rappresentative del carico complessivo di sostanze prodotte dal deposito di rifiuti e prevalentemente di origine organica.

Relativamente alle emissioni convogliate, sulla base dei dati comunicati dai gestori, sono state stimate le potenziali emissioni convogliate derivanti dal parziale utilizzo del

biogas per produzione di energia elettrica, per una emissione complessiva di ossidi di azoto di circa 160 tonnellate. Tale valore può essere confrontato con le quantità emesse a livello provinciale e regionale, come mostrato in tabella:

<b>Anno 2008</b>	<b>Discariche</b>	<b>Frosinone</b>	<b>Latina</b>	<b>Rieti</b>	<b>Roma</b>	<b>Viterbo</b>	<b>Lazio</b>
<b>NO<sub>x</sub> [ton]</b>	<b>160</b>	13.100	7.822	3.602	73.455	8.765	106.743

Tabella 6.5. Confronto emissioni tra impianti e emissioni provinciali totali riferite all'anno 2008.

Il confronto, come si nota, mostra che la quantità di ossidi di azoto emessi dalle discariche è considerevolmente inferiore ai totali emessi nelle province e nella regione.

Dalle due tabelle precedenti si vede anche come l'emissione più consistente delle discariche è rappresentata dal metano, le cui emissioni contribuiscono essenzialmente solo ai fenomeni correlati al riscaldamento climatico, mentre gli NO<sub>x</sub> ne rappresentino una frazione minore ma rilevante nel quadro dell'inquinamento atmosferico. Ciò è coerente con la modalità di gestione di una discarica: difatti gli NO<sub>x</sub> derivano dalla combustione all'interno di motori del metano prodotto, ai fini del recupero energetico e rappresentano una piccola parte dei prodotti di combustione.

Un discorso analogo può essere fatto per gli SO<sub>x</sub>, che derivano essenzialmente da impurezze presenti nel flusso di alimentazione dei motori, rappresentate in questo caso prevalentemente da zolfo allo stato ridotto, H<sub>2</sub>S.

Il confronto tra le stime delle emissioni dei diversi inquinanti nelle aree oggetto di studio, il territorio del comune di Roma e quello della regione Lazio è presentato di seguito, nel grafico e nelle tabelle seguenti.

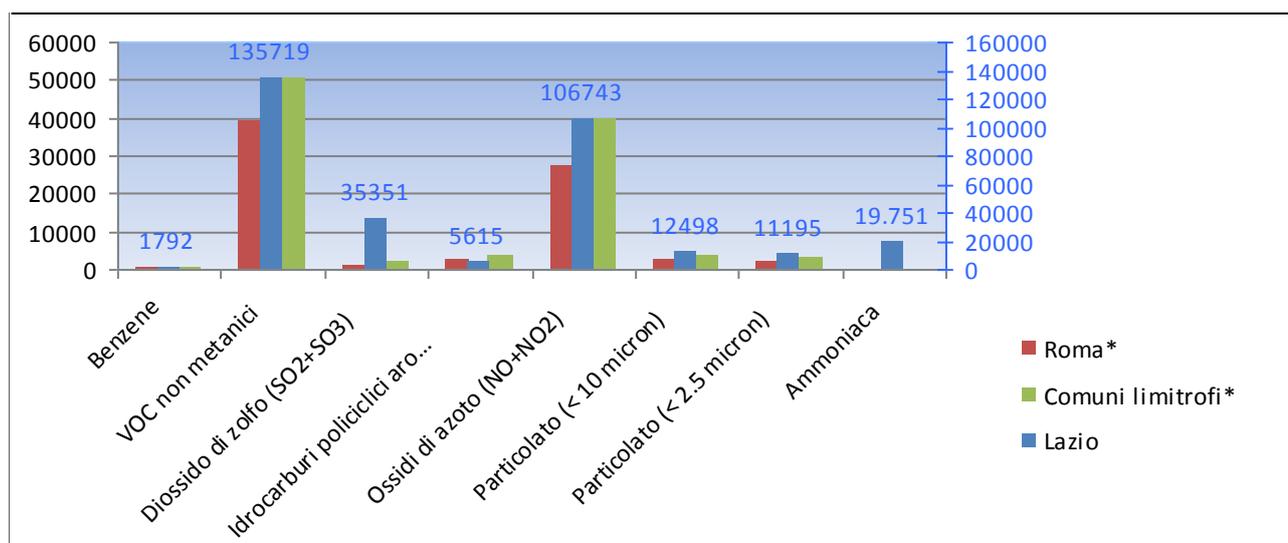


Grafico 6.1. Emissioni macroinquinanti per area, valori di emissione derivati dal dataset comunale.

Nel grafico mostrato i valori della Regione Lazio sono molto maggiori, come ovvio, rispetto ai relativi dati comunali e di Roma (comune), e sono quindi presentati sull'asse secondario a destra. I valori numerici cui si riferisce il grafico sono presentati nella tabella seguente:

Media 1995-2008 [ton]	Benzene	Composti organici volatili non metanici	Diossido di zolfo (SO <sub>2</sub> +SO <sub>3</sub> )	Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)
Lazio	1.792	135.719	35.351	5.615
Comune di Roma*	1.120	63.178	7.239	2.025
Comuni raggio 3 km*	1.388	80.764	14.093	2.785
Aree Impianto				

Tabella 6.6. Emissioni macroinquinanti per area \*valori di emissione derivati dal dataset comunale anno 2005

Media 1995-2008 [ton]	Ossidi di azoto (NO+NO <sub>2</sub> )	Particolato (<10 micron)	Particolato (<2.5 micron)	Ammoniaca
Lazio	106.743	12.498	11.195	19.751
Comune di Roma*	48.793	3.800	3.443	2.357
Comuni raggio 3 km*	68.979	5.789	5.205	6.348

Tabella 6.7. Emissioni macroinquinanti per area \*valori di emissione derivati dal dataset comunale anno 2005

Si nota facilmente come il contributo di Roma sia preponderante all'interno delle aree di studio e da sola, rappresenta circa la metà degli ossidi di azoto emessi nel Lazio e circa il 30% delle PM<sub>10</sub>.

Analizzando i microinquinanti, la situazione è riassunta come segue:

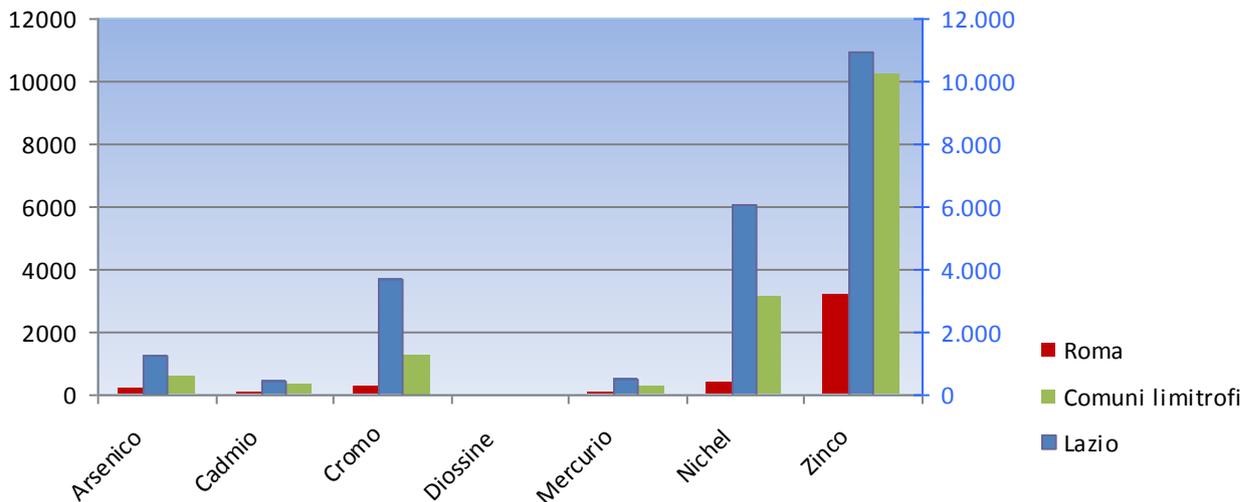


Grafico 6.2. Emissioni microinquinanti per area, valori di emissione derivati dal dataset comunale, anno 2005

In analogia con quanto detto sopra in merito ai macroinquinanti, anche in questo caso i valori regionali sono riferiti all'apposito asse a destra dell'area del grafico. Nella tabella sottostante vengono riportati i valori numerici:

Media 1995-2008, kg	Arsenico	Cadmio	Cromo	Diossine e furani (g-teq)	Mercurio	Nichel	Zinco
Lazio	1.222	418	3.685	8	511	6.035	10.926
Roma*	200	60	291	2	56	717	2.399
Comuni 3 km*	581	226	1.438	3	210	4.104	7.486

Tabella 6.8. Emissioni microinquinanti per area \*valori di emissione derivati dal dataset comunale

I valori della precedente tabella sono espressi in kg, ove non diversamente specificato. Anche in questo caso si nota come Roma rappresenti di gran lunga il comune più rilevante dal punto di vista delle emissioni.

Di quanto discusso finora è utile ricordare che la sola discarica di Malagrotta rappresenta il contributo più significativo. Come abbiamo visto infatti, circa la metà dei rifiuti smaltiti nel Lazio finisce in tale discarica.

Nell'area di Malagrotta sono inoltre presenti altri impianti rilevanti da un punto di vista dell'impatto ambientale e, virtù del "peso" complessivo del sito nello studio in oggetto, il prossimo paragrafo descriverà più nel dettaglio proprio tale area.

## 6.2 Area Complessa di Malagrotta

L'area complessa di Malagrotta si estende per circa 50 km<sup>2</sup>, comprende la discarica per rifiuti urbani, due impianti di trattamento meccanico biologico, un gassificatore, una raffineria, cave per inerti, un impianto di inertizzazione del percolato della discarica, un impianto di produzione di biometano, un inceneritore di rifiuti ospedalieri, e alcuni depositi di idrocarburi. Nell'area sono presenti diverse infrastrutture di trasporto ed alcune aree residenziali.

Dal punto di vista delle emissioni, coerentemente a quanto fatto finora, possiamo confrontare le emissioni dell'area complessa di Malagrotta con quelle dei comuni presenti nel raggio di 3km che nel caso specifico sono rappresentati dal solo comune di Roma.

Si riportano di seguito le emissioni del comune di Roma:

<b>Emissioni comune di Roma, anno 2005</b>	<b>Sigla</b>	<b>Quantità</b>
<b>Inquinante</b>		
Ammoniaca (t)	NH <sub>3</sub>	2.357
Arsenico (kg)	As	200
Benzene (t)	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	1.120
Cadmio (kg)	Cd	60
Composti organici volatili non metanici (t)	NMVOG	63.178
Cromo (kg)	Cr	291
Diossido di zolfo (SO <sub>2</sub> +SO <sub>3</sub> ) (t)	SO <sub>x</sub>	7.239
Diossine e furani (g teq)	PCDD - PCDF	2
Idrocarburi policiclici aromatici (IPA) (t)	PAHs	2.025
Mercurio (kg)	Hg	56
Metano (t)	CH <sub>4</sub>	75.603
Monossido di carbonio (t)	CO	239.209
Nichel (kg)	Ni	717
Ossidi di azoto (NO+NO <sub>2</sub> ) (t)	NO <sub>x</sub>	48.793
Particolato (< 10 micron) (t)	PM <sub>10</sub>	3.800
Particolato (< 2.5 micron) (t)	PM <sub>2.5</sub>	3.443
Piombo (kg)	Pb	5.403
Zinco (kg)	Zn	2.697

Tabella 6.9. Emissioni comune di Roma, anno 2005

Data l'elevata pressione antropica del comune di Roma, è utile focalizzare l'attenzione sull'area complessa di Malagrotta. Le fonti di emissione in tale area sono molteplici. Occorre innanzitutto considerare che la zona è racchiusa da quattro arterie a grande percorrenza: il GRA, l'A12, l'A91 e la SS1 - Aurelia. Inoltre sono presenti altre strade minori caratterizzate dal notevole flusso di automezzi pesanti afferenti ai diversi impianti.

Nelle vicinanze è inoltre presente l'aeroporto di Fiumicino, in cui nel solo 2008 sono stati effettuati oltre 340.000 voli.

Le emissioni della discarica, dell'inceneritore di rifiuti ospedalieri, della raffineria, del traffico, del riscaldamento domestico (residenziale) sono state stimate da ISPRA nello "Studio Ambientale sull'area di Malagrotta" elaborato nel 2011.

Emissioni (ton/anno)- Anno 2005									
	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	COVNM	CO	PM	IPA	Diox (gTeg)	CH <sub>4</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>
Discarica di Malagrotta	110,38	-	531,58	114,22	-	-		40.891,10	-
Inceneritore AMA	26,00	2,23	103,76	0,33	0,44	0,00001	0,01	0,85	
Raffineria di Roma SpA	409,00	1.981,00	975,00	12,81	54,26	0,00008	-	-	4,88
Traffico	1.002,46	4,40	805,41	3.451,93	73,08	0,00492	0,01	38,66	9,49
Emissioni residenziale	40,15	7,32	17,64	198,03	8,30	0,01964	0,01	10,42	
<b>TOTALE</b>	<b>1.587,99</b>	<b>1.994,96</b>	<b>2.433,39</b>	<b>3.777,33</b>	<b>136,06</b>	<b>0,02</b>	<b>0,03</b>	<b>40.941,03</b>	<b>14,36</b>

Figura 6.1. Emissioni area di Malagrotta, "Studio Ambientale sull'area di Malagrotta", ISPRA.

Emissioni (kg/anno) - Anno 2005									
	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Se	Zn
Discarica di Malagrotta	0,07	0,06	0,24	8,08	0,54	3,26	0,58	0,53	0,003
Inceneritore AMA	0,32	0,28	17,86	2,58	0,18	52,40	0,76	-	-
Raffineria di Roma SpA	0,20	0,43	0,32	0,43	0,36	4,12	0,68	0,01	4,85
Traffico		0,66	3,32	112,86		4,65	0,00	0,66	66,39
Emissioni residenziale	0,59	1,43	21,74	123,95	1,08	64,43	2,02	1,20	71,24

Figura 6.2. Emissioni area di Malagrotta, "Studio Ambientale sull'area di Malagrotta", ISPRA.

L'impatto del traffico aereo è stato stimato dall'ISPRA, per gli ossidi di azoto, pari a circa 1.750 tonnellate all'anno.

Le emissioni diffuse relative alla discarica sono state stimate attraverso il modello GasSim, come per le altre discariche, al fine di valutare anche questa tipologia di emissioni. I risultati delle simulazioni (riportate in dettaglio in appendice) sono sinteticamente i seguenti:

Parametri	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> S	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>
Discarica di Malagrotta (valori in t/a)	3.052	6	1,2

Tabella 6.10. Emissione media per la discarica di Malagrotta, per gli anni 1996-2008

In conclusione si può osservare che, con riferimento al benzene, il contributo della discarica rispetto al totale emesso nell'area è relativamente modesto, essendo, ad esempio, circa otto volte inferiore alla quantità di tale contaminante dovuta, ad esempio, al traffico (cifr. tabella "Emissioni area di Malagrotta, "Studio Ambientale sull'area di Malagrotta", ISPRA.) e che per quanto riguarda NO<sub>x</sub> e particolato i contributi degli impianti di Malagrotta sono pari a circa il 25-30% delle emissioni complessive stimate nell'area e circa pari al 2% di quelle dell'intero comune di Roma.

### 6.3 Termovalorizzatori

I termovalorizzatori presenti nel Lazio sono quattro: uno a Malagrotta (gassificatore), due a Colferro ed uno a San Vittore del Lazio.

I due impianti di Colferro nel seguito sono stati considerati complessivamente in termini di emissione. Il gassificatore di Malagrotta non è stato analizzato essendo stato attivato successivamente al 2008. Da un punto di vista generale i tre termovalorizzatori sono utilizzati per il recupero energetico dei rifiuti, e nel 2008 hanno prodotto circa 193.000 MWh bruciando prevalentemente combustibile da rifiuti (CDR).

Le emissioni di tali impianti dipendono dal loro rendimento energetico (un minore rendimento comporta maggiori emissioni) e da altri fattori, tra i quali i principali sono la composizione del combustibile e le condizioni di combustione.

La formazione di composti pericolosi indesiderati, infatti, quali ad esempio diossine e furani, tipicamente può avvenire in presenza di composti clorurati nel combustibile e di condizioni di combustione della caldaia non perfettamente efficienti.

Tali problemi vengono limitati tramite opportuni meccanismi di controllo, durante il normale funzionamento a regime.

La composizione del rifiuto in ingresso, influenza sia la composizione chimica delle emissioni, sia il rendimento dell'impianto.

In analogia con lo studio effettuato per le discariche i dati relativi ai rifiuti inceneriti nei termovalorizzatori sono stati acquisiti dalle schede tecniche elaborate dalla Regione Lazio, dalle autorizzazioni AIA e da quelle precedenti alla normativa AIA, dalle attività di controllo effettuate dall'Agenzia, dai Rapporti dei Rifiuti dell'ISPRA e dai dati del Piano regionale dei rifiuti.

Per stimare i valori di emissione dei termovalorizzatori sono stati utilizzati i consumi di CDR moltiplicati per specifici fattori di emissione relativi ai diversi inquinanti. I fattori di emissione presi a riferimento nello studio sono stati individuati e selezionati a partire dal database disponibili a livello nazionale (ISPRA – ex ANPA) e internazionale (EPA - USA) confrontati e calibrati rispetto a quanto contenuto nelle prescrizioni autorizzative e dai dati forniti dai gestori nel corso degli ultimi anni. Tale confronto e percorso di valutazione ha consentito di esprimere, comunque secondo un principio cautelativo, un range efficace di fattori di emissione rappresentativo o il più possibile

rappresentativo del decennio di funzionamento degli impianti e delle loro caratteristiche funzionali.

Le quantità di rifiuto trattato sono state derivate dalle statistiche della regione Lazio e dal Rapporto Rifiuti ISPRA. Gli inquinanti considerati sono quelli tipici della combustione: gli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), il particolato (PM<sub>10</sub>) ed i metalli. Non essendo presenti in tali impianti processi di degradazione della materia organica H<sub>2</sub>S e CH<sub>4</sub> non vengono emessi. In questo tipo di impianti sono spesso presenti più linee di emissione. I valori delle emissioni presentati sono stati ottenuti considerando una singola linea emissiva equivalente alle linee realmente presenti.

In analogia con quanto discusso in merito alle discariche, va considerato che il contributo emissivo dei termovalorizzatori è una percentuale delle emissioni complessive che insistono sul territorio.

Si riportano pertanto le emissioni totali relative alle provincie di Roma e Frosinone, in cui sono presenti gli impianti.

<b>Inquinante</b>	<b>Frosinone</b>	<b>Roma</b>	<b>Totale Lazio</b>
Ammoniaca (t)	3.324	6.423	19.751
Arsenico (kg)	169	637	1.222
Benzene (t)	145	1.314	1.792
Cadmio (kg)	214	164	418
Composti organici volatili non metanici (t)	15.459	89.930	135.719
Cromo (kg)	553	1.996	3.685
Diossido di zolfo (SO <sub>2</sub> +SO <sub>3</sub> ) (t)	1.069	31.105	35.351
Diossine e furani (g teq)	1	5	8
Idrocarburi policiclici aromatici (IPA) (kg)	683	3.295	5.615
Mercurio (kg)	213	224	511
Monossido di carbonio (t)	33.266	297.552	405.595
Nichel (kg)	319	4.178	6.035
Ossidi di azoto (NO+NO <sub>2</sub> ) (t)	13100	73455	106.743
Particolato (< 10 micron) (t)	1.569	7.377	12.498
Particolato (< 2.5 micron) (t)	1.421	6.707	11.195
Piombo (kg)	18.020	75.245	121.049
Rame (kg)	972	4.003	6.240
Zinco (kg)	3.787	5.208	10.926

Tabella 6.11. Emissioni provinciali e regionali

Nei termovalorizzatori considerati viene bruciato quasi esclusivamente CDR. Le quantità trattate possono variare da un anno all'altro, ma in linea generale si avvicinano alla capacità massima dell'impianto. Le grandi variazioni si hanno negli anni di avvio, prima di raggiungere una situazione di regime. In questo senso, la situazione di funzionamento a pieno ritmo di tutti i termovalorizzatori si è avuta dopo il 2008.

<b>Termovalorizzatori anni 1999-2009</b>	<b>Quantità di Rifiuto media trattati [t/a]</b>
Colleferro	120.000
San Vittore nel Lazio	71.000
<i>Totale Lazio</i>	191.000

Tabella 6.12. Rifiuti trattati nei termovalorizzatori del Lazio

Il totale dei rifiuti trattati (191.000 ton) considerato sul periodo 1999-2009 diventa un totale medio pari a 145.000 ton/anno circa poiché gli impianti sono entrati in esercizio a partire dal 2002.

Si riporta di seguito il confronto tra la stima delle emissioni medie degli impianti con quelle regionali e quelle dei comuni il cui territorio ricade nell'aria di 3 km di raggio attorno all'impianto.

<b>Media 1995-2008, [ton]</b>	<b>Benzene</b>	<b>Composti organici volatili non metanici</b>	<b>Diossido di zolfo (SO<sub>2</sub>+SO<sub>3</sub>)</b>	<b>Idrocarburi policiclici aromatici (IPA) [kg]</b>
Lazio	1.792	135.719	35.351	5.615
Comuni 3 km*	1.139	65.515	7.926	2.150
Termovalorizzatori*	-	-	2	0.07

Tabella 6.13a. Emissioni macroinquinanti per area

<b>Media 1995-2008, [ton]</b>	<b>Monossido di carbonio</b>	<b>Ossidi di azoto (NO+NO<sub>2</sub>)</b>	<b>Particolato (&lt;10 micron)</b>	<b>Particolato (&lt;2.5 micron)</b>
Lazio	405.595	106.743	12.498	11.195
Comuni 3 km*	247.077	54.428	4.173	3.768
Termovalorizzatori*	-	148	2**	-

Tabella 6.13b. Emissioni macroinquinanti per area

\*valori di emissione derivati dal dataset comunale anno 2005

\*\*emissioni stimate come polveri totali.

<b>Media 1995-2008, [kg]</b>	<b>Ammoniaca [ton]</b>	<b>Arsenico</b>	<b>Cadmio</b>	<b>Cromo</b>	<b>Diossine e furani [g-teq]</b>
Lazio	19.751	1.222	418	3.685	8
Comuni 3 km*	2.856	220	92	364	2
Termovalorizzatori*	-	-	20**	-	0.02***

Tabella 6.14a. Emissioni microinquinanti per area

<b>Media 1995-2008, [kg]</b>	<b>Mercurio</b>	<b>Nichel</b>	<b>Zinco</b>	<b>Acido Fluoridrico</b>
Lazio	511	6.035	10.926	-
Comuni 3 km*	120	928	3.200	-
Termovalorizzatori*	34	-	-	25

Tabella 6.14b. Emissioni microinquinanti per area

\*valori di emissione derivati dal dataset comunale anno 2005

\*\*valore comprensivo di Cadmio e Titanio

\*\*\*il dato si riferisce alle sole emissioni di diossine espresse in grammi totali

Analizzando i dati si vede come in termini di macroinquinanti il contributo dei termovalorizzatori sia limitato rispetto al contesto. All'interno delle aree considerate infatti ci sono sorgenti che sia per questioni di tecnologia, sia per combustibile usato, sia per rilevanza numerica (si pensi al numero di automobili confrontato al numero di termovalorizzatori), emettono quantità significativamente superiori di tali composti.

Spostando l'attenzione sui metalli (microinquinanti) appare evidente come i valori tra la stima di quanto immesso in atmosfera da parte degli impianti rispetto ai relativi contributi dei comuni interessati, differisce di circa un ordine di grandezza, contribuendo quindi in modo più significativo alle emissioni complessive rispetto a quanto avviene per i macroinquinanti.

#### 6.4 *Trattamento Meccanico Biologico*

Gli impianti di trattamento meccanico biologico (TMB) considerati ai fini del progetto sono sette: Albano, Colfelice, Malagrotta 1, Malagrotta 2, Rocca Cencia, Salaria e Viterbo. Questo tipo di impianti è spesso parte del complesso impiantistico di una discarica e la sua funzione è quella di operare una selezione del rifiuto entrante, nell'ottica di minimizzare lo scarto smaltito senza recupero di materia o energia. I flussi uscenti da un TMB sono costituiti da CDR, fanghi e scarti da smaltire in discarica, parte quest'ultima che rappresenta la frazione maggiore del flusso di materia a valle dell'impianto.

Questo tipo di impianti, oltre a selezionare i materiali idonei per la formazione del CDR, svolgono l'importante funzione di stabilizzare la frazione organica presente, in modo che essa possa essere riutilizzata in agricoltura come ammendante o, laddove smaltita in discarica, questa produca una minore quantità di percolato e biogas.

Le operazioni sopradescritte possono essere rappresentate visivamente secondo il seguente schema:



Figura 6.3. Schema concettuale di un impianto di trattamento meccanico biologico

Dove viene mostrata, a grandi linee, il lavoro di differenziazione e selezione che viene fatto all'interno di tali impianti. Le sigle presentate sono abbreviazioni per le varie frazioni in uscita, in particolare:

<b>CDR</b>	Combustibile da Rifiuto
<b>Frazione BS</b>	Frazione Biostabilizzata
<b>FOS/FS</b>	Frazione Organica Stabilizzata/ Frazione Stabilizzata

Tabella 6.15. Sigle dei materiali di output di un impianto TMB

I dati raccolti sui TMB sono stati estratti dalle schede tecniche elaborate dalla Regione Lazio, dalle autorizzazioni AIA e da quelle precedenti alla normativa AIA, dalle attività di controllo effettuate dall'Agenzia, dai Rapporti dei Rifiuti dell'ISPRA e dai dati del Piano Regionale dei Rifiuti.

Nella tabella seguente sono mostrati i flussi di materiale in entrata ed in uscita dall'impianto, con la relativa differenziazione merceologica.

<b>Rifiuti trattati nei TMB considerati</b>	<b>Rifiuti in entrata [t/a]</b>	<b>CDR prodotto[t/a]</b>	<b>Frazione BS [t/a]</b>	<b>Frazione FOS/FS [t/a]</b>
<i>Lazio</i>	809.763	143.398	108.843	118.476

Tabella 6.16a. Input e differenziazione merceologica dell'output dei TMB del Lazio per l'anno 2008.

<b>Rifiuti trattati nei TMB considerati</b>	<b>Recupero [t/a]</b>	<b>Scarti (discarica) [t/a]</b>	<b>Rifiuti in uscita [t/a]</b>
<i>Lazio</i>	11.423	525.066	706.681

Tabella 6.16b. Input e differenziazione merceologica dell'output dei TMB del Lazio per l'anno 2008.

Una volta determinati i flussi di materia, si è provveduto a stimare i valori di emissione in modo analogo a quanto fatto per le discariche ed i termovalorizzatori.

Per stimare i valori di emissione dei TMB sono stati utilizzate le quantità di rifiuto trattato moltiplicati per specifici fattori di emissione relativi ai diversi inquinanti. I fattori di emissione presi a riferimento nello studio sono stati individuati e selezionati a partire dal database disponibili a livello nazionale (ISPRA – ex ANPA) e internazionale (EPA- US) confrontati e calibrati rispetto a quanto contenuto nelle prescrizioni autorizzative e dai dati forniti dai gestori nel corso degli ultimi anni. Tale confronto e percorso di valutazione ha consentito di esprimere, comunque secondo un principio cautelativo, un range efficace di fattori di emissione rappresentativo o il più possibile rappresentativo del decennio di funzionamento degli impianti e delle loro caratteristiche funzionali.

Complessivamente le quantità di rifiuto trattate medie nel decennio sono state di:

<b>TMB, anni 1999-2008</b>	<b>Quantità di Rifiuto media trattati [t/a]</b>
Albano, Roma	164.987
Malagrotta1, Roma	26.921
Malagrotta2, Roma	11.636
Rocca Cencia, Roma	34.984
Salara, Roma	2.813
<b>Totale Roma</b>	<b>241.340</b>
Colfelice, Frosinone	149.304
Viterbo, Viterbo	227.531
<b>Totale Lazio</b>	<b>618.174</b>

Tabella 6.17. Rifiuti trattati negli impianti di trattamento meccanico biologico

Nel ciclo impiantistico è presente una non trascurabile produzione di H<sub>2</sub>S e CH<sub>4</sub>, VOC e sostanze odorigene, a causa dei processi di stabilizzazione della sostanza organica.

Tali emissioni sono sostanzialmente contenute all'interno dell'impianto dal funzionamento dei capannoni in depressione e quindi successivamente trattate da sistemi di abbattimento e dai biofiltri.

Nelle tabelle seguenti sono messi a confronto le emissioni del ciclo dei TMB con quelle a livello regionale e dei comuni interessati da tali impianti, ricadenti nelle aree oggetto di studio.

<b>Media 1995-2008, [ton]</b>	<b>Benzene</b>	<b>Composti organici volatili non metanici</b>	<b>Diossido di zolfo (SO<sub>2</sub>+SO<sub>3</sub>)</b>	<b>Idrocarburi policiclici aromatici (IPA) [kg]</b>	<b>Monossido di carbonio</b>
Lazio	1.792	135.719	35.351	5.615	405.595
Comuni 3 km*	1.281	71.361	7.995	2.365	255.428
TMB			0,8	0,000013	

Tabella 6.18a. Emissioni macroinquinanti per area

\*valori di emissione derivati dal dataset comunale anno 2005

<b>Media 1995-2008, [ton]</b>	<b>Ossidi di azoto (NO+NO<sub>2</sub>)</b>	<b>Particolato (&lt; 10 micron)</b>	<b>Particolato (&lt; 2.5 micron)</b>	<b>H<sub>2</sub>S</b>
Lazio	106.743	12.498	11.195	-
Comuni 3 km*	53.412	4.173	3.768	-
TMB	-	3,9**		3,4

Tabella 6.18b. Emissioni macroinquinanti per area

\*valori di emissione derivati dal dataset comunale anno 2005

\*\* valore valutato come polveri totali

<b>Media 1995-2008, [kg]</b>	<b>Ammoniaca [ton]</b>	<b>Arsenico</b>	<b>Cadmio</b>	<b>Cromo</b>
Lazio	19.751	1.222	418	3.685
Comuni 3 km*	4.600	275	83	401
TMB	12	0,2	16	

Tabella 6.19a. Emissioni microinquinanti per area

<b>Media 1995-2008, [kg]</b>	<b>Mercurio</b>	<b>Nichel</b>	<b>Zinco</b>	<b>Acido Fluoridrico</b>
Lazio	511	6.035	10.926	-
Comuni 3 km*	74	964	3.750	-
TMB	82	6	76	131

Tabella 6.19b. Emissioni microinquinanti per area

\*valori di emissione derivati dal dataset comunale anno 2005

Il contributo alle emissioni dei TMB risulta modesto se raffrontato alla somma degli altri contributi insistenti sulle aree prese in esame. Inoltre le caratteristiche emissive di tali impianti (emissione reale da biofiltro) determinano un'area di potenziale impatto relativamente circoscritta attorno all'impianto.

## 7 Indagini Sperimentali (Misure in Campo/Laboratorio)

### 7.1 Discariche

Nell'ambito delle attività a supporto dell'indagine epidemiologica e anche con riferimento alle diverse esigenze di caratterizzazione della qualità dell'aria di ambiti territoriali della regione Lazio, l'ARPA ha condotto campagne sperimentali con mezzi mobili e centraline rilocabili. In particolare, nella zona di Malagrotta sono state condotte tre campagne sperimentali rispettivamente, dal 13 giugno al 4 dicembre del 2008, dal 7 febbraio al 2 aprile del 2009 e dal 10 luglio al 13 agosto del 2012. Inoltre da febbraio 2010 il territorio di Malagrotta è monitorato da una centralina fissa della rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria. Nella tabella successiva si elencano i periodi delle campagne di monitoraggio della qualità dell'aria eseguite nei pressi della discarica di Cecchina, Viterbo, Borgo Montello e Guidonia.

<b>Territorio</b>	<b>Impianto</b>	<b>Periodo delle campagne</b>
Malagrotta (RM)	Discarica per rifiuti non pericolosi	2008-2009-2012*
Cecchina (RM)	Discarica per rifiuti non pericolosi	25/11/2009 18/02/2010
Le Fornaci (VT)	Discarica per rifiuti non pericolosi	09/12/2011 09/01/2012
Borgo Montello (LT)	Discarica per rifiuti non pericolosi	06/05/2012 14/06/2012
Guidonia (RM)	Discarica per rifiuti non pericolosi	04/07/2012 08/08/2012

Tabella 7.1. Periodo di monitoraggio e localizzazione delle campagne sperimentali eseguite.

\* I range dei periodi di monitoraggio nell'area di Malagrotta sono specificati nel testo sovrastante.

Durante le campagne sperimentali, sono stati monitorati i seguenti inquinanti: SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, O<sub>3</sub>, sostanze organiche volatili, diossine, PCB (policlorobifenili), aldeidi, metalli e IPA (idrocarburi policiclici aromatici). Per contribuire alla valutazione degli indici di esposizione della popolazione che vive in prossimità degli impianti, sono analizzate nel seguito i livelli di concentrazione media rilevati durante le campagne da mettere in confronto con quanto registrato dalla rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria.

Si deve tener conto che le medie elaborate si riferiscono a campagne periodiche, con durata temporale limitata, per cui non confrontabili con i limiti di legge (medie annue),

ma si ritengono allo stesso modo significative nel fornire elementi utili alla caratterizzazione della qualità dell'aria nella zona di indagine.

Tutti i dati riguardanti le singole campagne di misura sono raccolti nei report di dettaglio disponibili in allegato all'appendice.

- *Inquinanti Gassosi e Particolato Fine*

Come si può evincere dalla tabella seguente, l'area monitorata attorno alle discariche non presenta valori superiori ai limiti normativi vigenti (vedi tavola 3).

<b>Campagna</b>	<b>NO<sub>2</sub> [µg/m<sup>3</sup>]</b>	<b>SO<sub>2</sub> [µg/m<sup>3</sup>]</b>	<b>PM<sub>10</sub> [µg/m<sup>3</sup>]</b>	<b>PM<sub>2.5</sub> [µg/m<sup>3</sup>]</b>
<i>Limite annuo</i>	40	20	40	25
Malagrotta (RM)	27.0	2.0	25.5	14.7*
Cecchina (RM)	21.0	1.5	22.0	17.0
Guidonia (RM)	19.0	2.0	28.0	14.0
Le Fornaci (VT)	11.0	0.9	14.4	9.10
Borgo Montello (LT)	10.0	1.0	20.0	10.0

Tabella 7.2. Concentrazioni medie del periodo della campagna

\*Concentrazione relativa solo alla campagna 2012

Si è ritenuto significativo effettuare un confronto con le concentrazioni rilevate dalle centraline della rete automatica regionale di monitoraggio della qualità dell'aria presenti a Roma, nella provincia di Roma a Viterbo ed a Civita Castellana, scelte secondo un criterio di rappresentatività spaziale e di specifica caratteristica della stazione di rilevamento.

In particolare, nel grafico successivo, sono confrontati i livelli di concentrazione media di PM<sub>10</sub> e NO<sub>2</sub> in quanto rappresentativi dell'inquinamento prodotto dalle attività industriali, dagli impianti di combustione e dal traffico veicolare; attività connesse ad un impianto di smaltimento dei rifiuti.

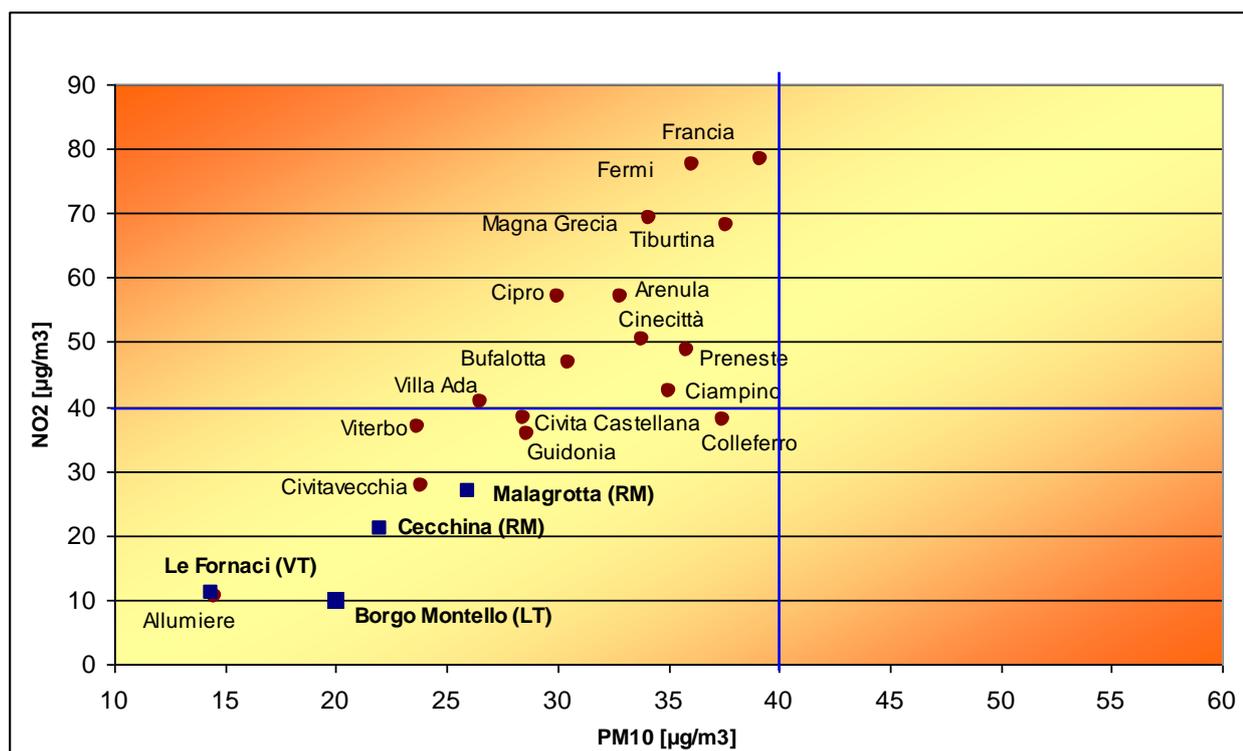


Grafico 7.1. Confronto tra le medie annuali di NO<sub>2</sub> e PM<sub>10</sub> delle centraline regionali (2008-2011) con le medie complessive delle campagne effettuate dall'ARPA Lazio.

Si osserva che i livelli medi di concentrazione rilevati in prossimità degli impianti di discarica ricadono nel quadrante che indica valori inferiori ai limiti previsti dalla normativa. Inoltre, le aree in osservazione mostrano livelli di qualità dell'aria generalmente confrontabili con aree a media intensità urbanistica e non nelle immediate vicinanze di trafficate arterie stradali.

#### ▪ Metalli e IPA

Di seguito si mostrano i risultati dei soli metalli e IPA per cui la normativa attualmente vigente prevede un *limite/valore obiettivo* di riferimento. Tali medie sono state confrontate con la media annuale (2009/2010) delle concentrazioni rilevate presso le stazioni fisse regionali poste a Villa Ada, Corso Francia, Cinecittà, Civitavecchia e Guidonia. Come si può osservare le concentrazioni medie ottenute dalle campagne in esame risultano dello stesso ordine di quelle rilevate dalle centraline fisse che a loro volta sono inferiori dei limiti stabiliti dal D.Lgs 155/2010.

Stazione	Pb [ug/m <sup>3</sup> ]	Cd [ng/m <sup>3</sup> ]	As [ng/m <sup>3</sup> ]	Ni [ng/m <sup>3</sup> ]	Benzo(a)pirene [ng/m <sup>3</sup> ]
<i>Limite - Valore Obiettivo</i>	0.5	5	6	20	1
<b>Campagna Malagrotta</b>	<b>0.007</b>	<b>0.2</b>	<b>0.5</b>	<b>2.1</b>	<b>0.28</b>
<b>Campagna Albano</b>	<b>0.006</b>	<b>0.2</b>	<b>0.3</b>	<b>1.3</b>	<b>0.82</b>
<b>Campagna Viterbo</b>	<b>0.0005</b>	<b>0.1</b>	<b>0.3</b>	<b>1.5</b>	<b>0.04</b>
<b>Campagna Guidonia</b>	<b>0.002</b>	<b>0.1</b>	<b>0.4</b>	<b>1.4</b>	<b>0.02</b>
Civitavecchia	0.005	0.1	0.5	3.2	0.17
Guidonia	-	-	-	-	0.54
Francia	0.011	0.2	0.7	3.4	0.56
Villa Ada	0.010	0.2	0.6	2.5	0.46
Cinecittà	0.012	0.3	0.6	2.4	0.54

Tabella 7.3. Concentrazioni medie dei metalli e degli IPA

- *Sostanze Organiche Volatili e Aldeidi*

L'impiego di campionatori passivi e la loro successiva analisi in laboratorio ha reso possibile la determinazione della concentrazione in aria di una serie di sostanze rappresentative di forme d'inquinamento connesse a processi industriali, a combustione ed eventuali fenomeni di origine odorigena. Nelle tabelle che seguono sono riportati i valori misurati nelle campagne in esame e, per un confronto, i valori misurati a Cinecittà con la stessa tecnica e nel medesimo periodo delle campagne di Malagrotta e di Albano. Come si può notare la presenza di queste sostanze nelle diverse località è di paragonabile entità.

Inquinante [µg/m <sup>3</sup> ]	Malagrotta	Cinecittà	Albano	Cinecittà	Viterbo	Guidonia	Borgo Montello
1.1.1-Tricloroetano	<0.1	<0.1	0.2	0.2	-	-	-
Acetonitrile	1.3	1.0	0.9	0.8	3.55	<0.01	<0.1
Alfa-Pinene	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	0.01	<0.01	<0.1
<b>Benzene</b>	<b>1.4</b>	<b>1.7</b>	<b>1.3</b>	<b>3.0</b>	<b>0.59</b>	<b>0.38</b>	<b>0.50</b>
Butile acetato	0.4	0.3	0.3	0.8	0.07	0.14	<0.2
Canfora	0.3	0.2	<0.1	<0.1	0.01	<0.04	<0.1
Cloruro di vinile	<0.1	<0.1	-	-	-	-	-
Etile acetato	0.3	0.4	0.2	0.5	0.15	0.13	<0.6
Limonene	<0.1	0.3	0.3	0.9	0.37	<0.01	<0.6
M+P-Xilene	1.9	3.8	0.9	3.2	0.25	0.47	0.40
Metil etilchetone	0.4	0.3	0.3	0.5	0.28	0.39	<0.3
O-Xilene	1	0.9	0.4	1.1	0.09	0.10	0.20
Tetracloroetilene	0.3	0.9	0.3	0.9	0.09	0.13	0.40
Toluene	3.1	5.3	1.6	4.6	0.55	0.97	1.90
Tricloroetilene	<0.1	<0.1	0.2	0.1	0.07	0.06	0.90

Tabella 7.4. Concentrazioni medie di periodo delle Sostanze Organiche Volatili

I livelli di concentrazione di benzene (inferiori al limite di  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) sono indicativi della differente collocazione territoriale delle aree in studio, in particolare Malagrotta e Cinecittà sono in contesti a significativa area antropica mentre Viterbo, Guidonia e Borgo Montello sono collocati in un contesto extra-urbano a scarsa circolazione veicolare.

<b>Aldeidi</b> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	<b>Malagrotta</b>	<b>Cinecittà</b>	<b>Albano</b>	<b>Cinecittà</b>	<b>Viterbo</b>	<b>Guidonia</b>	<b>Borgo Montello</b>
Formaldeide	2.26	2.91	2.5	2.3	1.96	4.13	3.1
Acetaldeide	1.94	2.37	1.2	1.6	1.49	10.40	0.6
Butirraldeide	-	-	-	-	1.02	8.56	2.1
Benzaldeide	0.15	0.20	-	-	0.12	4.77	0.6

Tabella 7.5. Concentrazioni medie degli aldeidi riferite al periodo delle campagne

Le aldeidi sono composti caratteristici sia di fenomeni odorigeni che precursori attivi nei processi di formazione dello smog fotochimico ( $\text{O}_3$ - $\text{NO}_2$ ). La generale uniformità dei livelli rilevati nelle diverse stazioni, è indicativa della stazionarietà e persistenza di tali composti in atmosfera.

- *Policlorobifenili (PCB)*

I PCB sono stati determinati presso il sito di Malagrotta in tre diversi campionamenti nel periodo estivo 2008. I livelli medi variano per i PCB totali tra  $7,6$  e  $29 \text{ pg}/\text{m}^3$  (1 picogrammo= $10^{-6}$  microgrammo). Valori mediamente più alti sono stati registrati nello stesso periodo presso il sito di Cinecittà (da  $18,3$  a  $48 \text{ pg}/\text{m}^3$ ). Nell'autunno 2008 è stata effettuata un'altra campagna con risultati analoghi: PCB totali a Malagrotta  $1,0 - 3,7 \text{ pg}/\text{m}^3$ ; PCB totali a Cinecittà  $18 \text{ pg}/\text{m}^3$ .

Nelle ultime campagne di monitoraggio (2011-2012) eseguite a Malagrotta ed a Viterbo sono state ricavate le medie delle concentrazioni dei PCB esposte nella tabella successiva insieme ai valori di PCB totali e PCB-7.

<b>PCB</b> [ $\text{pg}/\text{m}^3$ ]	<b>Borgo Montello</b>	<b>Guidonia</b>	<b>Malagrotta</b>	<b>Viterbo</b>
<b>28</b>	20.2	20.6	22.3	4.8
<b>52</b>	10.6	17.2	16.1	2.6
<b>81</b>	<0.1	<0.05	< 0.05	<0.05
<b>77</b>	<0.1	<0.05	< 0.05	<0.05
<b>95</b>	6.1	10.6	10.4	1.3
<b>101</b>	4.9	9.0	8.4	1.2

PCB [pg/m <sup>3</sup> ]	Borgo Montello	Guidonia	Malagrotta	Viterbo
<b>110</b>	2.5	8.1	6.5	0.6
<b>118</b>	1.4	4.9	3.8	1.0
<b>105</b>	0.5	1.5	1.7	0.2
<b>151</b>	0.8	2.1	2.1	0.3
<b>149</b>	2.0	7.3	6.4	0.7
<b>146</b>	<0.1	0.9	0.6	<0.05
<b>153</b>	2.8	6.3	6.1	0.8
<b>138</b>	1.7	4.4	4.1	0.5
<b>167</b>	<0.1	0.2	0.3	<0.05
<b>187</b>	0.6	1.1	2	0.2
<b>183</b>	0.3	1.1	0.8	0.1
<b>177</b>	0.3	0.6	0.5	0.1
<b>180</b>	0.7	2.5	2.4	0.4
<b>170</b>	0.3	0.8	0.9	0.1
<b>189</b>	<0.1	<0.05	< 0.05	0.2
<b>PCB tot</b>	<b>57.5</b>	<b>101.6</b>	<b>98.6</b>	<b>15.1</b>
<b>PCB-7</b>	<b>42.3</b>	<b>64.7</b>	<b>63.3</b>	<b>11.4</b>

Tabella 7.6. Concentrazioni medie dei PCB riferite al periodo delle campagne.

Allo scopo di permettere un primo confronto orientativo circa i livelli di concentrazione rilevati nelle aree di studio, si riporta una sintesi dei livelli riscontrati in diverse campagne sperimentali condotte in aree urbane.

Location and Year	PCB-7 Concentration Average, (Min. - Max.) [pg/m <sup>3</sup> ]	Reference
Sofienbergparken, 2007	31,8 (15,3 - 61,9)	This study
Sjursjøya, 2002	54	Breivik et al.
Athens, 2000	41,7	Mandalakis et al. 2002
Seoul, 1999	42,2	Yeo et al. 2004

Tabella 7.7. Confronto della concentrazione di PCB-7 in campioni di aria urbana prelevati in differenti città.

Si osservi che nelle aree in prossimità delle discariche di Malagrotta, Guidonia e Borgo Montello la concentrazione media dei PCB-7 (ottenuta dalla somma dei 7 congeneri definiti ad "alta tossicità" : 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180) confrontabile con i livelli di PCB-7 rilevati nelle aree urbane sopra citate e relativi a stazioni di monitoraggio in ambiente urbano/industriale ad elevata intensità.

Si evidenzia che, i valori medi rilevati in letteratura sono relativi a rilievi fatti su diverse postazioni ubicate in zone con livelli di pressione ambientale differenti e quindi rappresentativi delle diverse caratteristiche delle aree urbane. Il valore misurato nelle campagne in esame fa riferimento ad un'unica postazione e ad un periodo limitato dell'anno.

- Diossine

Nelle ultime campagne di monitoraggio della qualità dell'aria (2011-2012) effettuate nei pressi delle discariche di Viterbo, Malagrotta, Guidonia e Borgo Montello è stata rilevata la concentrazione delle diossine; di seguito si espongono le medie ottenute da diversi campionamenti nei 4 differenti siti. Il livello di concentrazione di diossine espresso in Teq (tossicità equivalente) è stato calcolato mediante la tecnica del "medium bound" abitualmente utilizzata in ambito internazionale per valutare i livelli di concentrazione medi.

<b>DIOSSINE</b> [fg/m <sup>3</sup> ]*	<b>Viterbo</b>	<b>Malagrotta</b>	<b>Guidonia</b>	<b>Borgo Montello</b>
2378-TCDD	0.6	1.1	1.8	3.2
12378-PeCDD	2.0	3.7	10.4	10.0
123478-HxCDD	2.8	2.8	14.6	12.1
123678HxCDD	2.7	5.4	8.9	13.4
123789-HxCDD	3.2	3.3	9.2	12.8
1234678-HpCDD	2.5	12.1	12.2	15.2
OCDD	17.4	16	16.2	35.3
2378-TCDF	2.1	11.7	6.7	4.6
12378-PeCDF	2.6	9.8	12.3	14.0
23478-PeCDF	3.1	7.3	12.4	15.9
123478-HxCDF	3.4	9.1	13.4	18.6
123678-HxCDF	2.5	7.5	11.4	12.9
123789-HxCDF	3.8	8.9	11.1	13.9
234678-HxCDF	2.2	3.9	10.1	13.2
1234678-HpCDF	5.7	24	21.9	17.2
1234789-HpCDF	3.6	3	7.5	13.5
OCDF	10.0	9.8	20.7	31.1
<b>Teq</b>	<b>5.7</b>	<b>12.8</b>	<b>20.6</b>	<b>24.4</b>

Tabella 7.8. Media della concentrazione di diossine

\*fg= fentogrammi =10<sup>-9</sup> microgrammi

Per un confronto indicativo circa i livelli di concentrazione di diossine rilevati nelle aree di studio, si riporta una sintesi dei livelli riscontrati in diverse campagne sperimentali condotte in aree urbane.

Location and Year	Dioxin concentration Average, (Min. - Max.) [TE fg/m <sup>3</sup> ]	Reference
Sofienbergparken, 2007	28,2 (4,80 - 86,5)	This study
Vålerenga, 1989	100 (40/200)	Oehme et al. 1991
Athens, 2000	(42 - 73)	Mandalakis et al. 2002
Roma, 2001	46,9 (4,4 - 245)	Turrio-Baldassarri et al. 2005
Beijing, 2006	268 (18 - 644)	Li et al. 2008

Tabella 7.9. Livelli di concentrazione di diossine in differenti città

Dagli studi effettuati si evince che i Teq riscontrati nei pressi delle discariche risultano confrontabili con i valori minimi osservati negli studi sopra citati.

## 7.2 Area Complessa di Malagrotta

Nell'ambito dell'analisi epidemiologica del progetto, le campagne sperimentali e la rete di monitoraggio di inquinanti atmosferici costituiscono un elemento fondamentale per comprendere e valutare il potenziale livello di esposizione delle popolazioni sia con metodi riferiti ai periodi oggetto di studio che con campagne ad "hoc" e successive valutazioni comparative.

Nel territorio di Malagrotta sono stati analizzati i risultati delle tre campagne sperimentali condotte dall'ARPA Lazio rispettivamente nel 2008, nel 2009 e nel 2012, i monitoraggi eseguiti dall'ISPRA nel periodo 2009-2010, ed infine i dati registrati dalla centralina fissa della rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria installata, nel territorio in osservazione, da febbraio 2010. Di seguito si riporta la localizzazione dei punti di monitoraggio scelti nelle suddette campagne; si noti che il sito della campagna 2009-2010 eseguita dall'ISPRA coincide con il sito scelto dall'ARPA Lazio nella campagna 2008 realizzata nella zona di Massimina presso la scuola "Nando Martellini" in via Ildebrando della Giovanna.

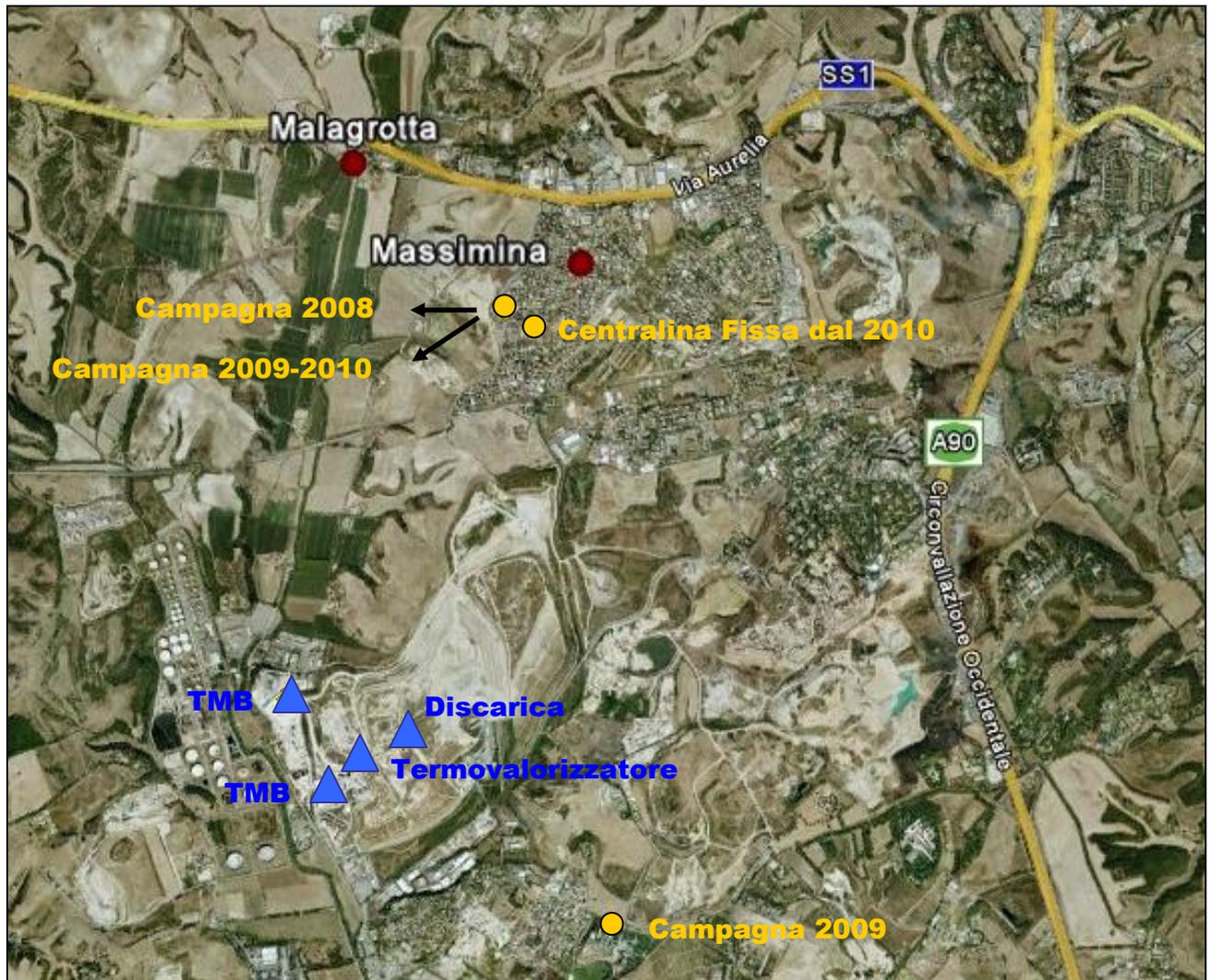


Figura 7.1. Localizzazione dei siti delle centraline mobili/fisse rispetto agli impianti di smaltimento rifiuti di Malagrotta.

- *Inquinanti Gassosi e Particolato Fine*

Di seguito si mostrano le medie degli inquinanti gassosi e del particolato fine ottenute dalle campagne periodiche di monitoraggio dell'aria e dalla centraline fissa di Malagrotta.

Monitoraggi	Periodo	Benzene [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	$\text{NO}_2$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	$\text{O}_3$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	$\text{PM}_{10}$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	$\text{PM}_{2.5}$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	$\text{SO}_2$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
<i>limite annuo</i>		5	40		40	25	20
Campagna 2008	13/06/08 04/12/08	1.1	27	50	23	17	2.3
Campagna 2009	07/02/09 02/04/09	2.0	27	55	28	18	1.7
Campagna 2009-2010	24/06/09 23/02/10	2.9	30.6	46.8	-	-	4.1
Centralina Fissa 2010	22/02/10 31/12/10	0.8	25	61	21.3*	14*	1*

Monitoraggi	Periodo	Benzene [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	NO <sub>2</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	O <sub>3</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	PM <sub>10</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	PM <sub>2.5</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	SO <sub>2</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
Centralina Fissa 2011	01/01/11 31/12/11	0.8	39	55	27	19	2.3
Centralina Fissa 2012	10/07/12 13/08/12	-	16	78	25.6	14.7	1.9

Tabella 7.10. Valori medi delle concentrazioni degli inquinanti gassosi e del particolato fine

\*da Giugno 2010

Occorre premettere che in nessun caso è possibile effettuare rigorosi confronti dei valori rilevati con i valori limite di legge, mancando la copertura temporale dei dati necessaria. Tuttavia i valori rilevati possono fornire un quadro abbastanza completo delle tendenze in atto, ovvero consentono di effettuare una stima sulla probabilità che gli stessi valori limite di legge siano o meno superati.

Si è ritenuto significativo, per avere un unico risultato conclusivo, effettuare le medie delle concentrazioni degli inquinanti rilevati nelle due campagne, e successivamente confrontarle con le concentrazioni degli stessi inquinanti rilevati dalle centraline della rete automatica regionale di monitoraggio della qualità dell'aria presenti a Roma e nella provincia di Roma.

Stazione	NO <sub>2</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	O <sub>3</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	PM <sub>10</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	PM <sub>2.5</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	SO <sub>2</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
<b>Malagrotta</b>	<b>27.0</b>	<b>52.5</b>	<b>25.5</b>	<b>17.5</b>	<b>2.0</b>
Preneste	50.5	27.0	37.0		
Francia	79.5		42.0	23.5	
Magna Grecia	80.5		36.0		
Cinecitta	52.5	30.0	35.0		
Colleferro_Oberdan	47.0	23.5			0.7
Colleferro_Europa	40.5		40.5		0.9
Allumiere	9.0		13.0		0.9
Civitavecchia	24.5		22.5		1.1
Guidonia	34.5		30.0		0.4
Segni	26.0	31.5			0.9
Villa Ada	43.0	27.0	26.0	18.0	1.1
Guido	19.5	50.0			
Cavaliere	35.0	27.5			
Ciampino	45.0		37.5		
Fermi	81.0		40.5		
Bufalotta	54.5	23.0	30.0		1.1
Cipro	65.5	26.0	30.5	19.0	
Tiburtina	64.0		43.5		
Arenula	66.0		34.0	18.0	
Fontechiari	9.5	47.0	25.0	17.5	0.6

Tabella 7.11. Medie delle concentrazioni rilevate nel periodo delle due campagne di Malagrotta (2008-2009)

Si deve tener conto che le medie elaborate si riferiscono a campagne periodiche, con durata temporale limitata, per cui non direttamente confrontabili con i limiti di legge (medie annue), ma si ritengono allo stesso modo significative nel fornire elementi utili alla caratterizzazione della qualità dell'aria nella zona di indagine.

Dall'analisi dei dati emerge che per i diversi parametri rilevati i valori della stazione di Malagrotta risultano essere intermedi tra quelli registrati dalle stazioni di fondo (rurale/urbana) e le stazioni rappresentative di aree residenziali a diverso grado di antropizzazione. Per quanto riguarda la concentrazione media dell'ozono, si osserva che è confrontabile con il risultato della stazione di fondo rurale sita a Castel di Guido; tali valori sono indicativi di un'area con basso impatto antropico.

Il grafico successivo mette subito in risalto la posizione dei risultati delle campagne di Malagrotta rispetto ai valori registrati (nello stesso periodo delle campagne in esame), dalle centraline della rete automatica regionale di monitoraggio della qualità dell'aria. Malagrotta ricade nel primo quadrante delimitato dalle rette (in rosso) rappresentanti il limite annuo di PM<sub>10</sub> e NO<sub>2</sub> secondo il D.Lgs 155/2010.

### Confronto Campagne Malagrotta – Centraline Rete Regionale

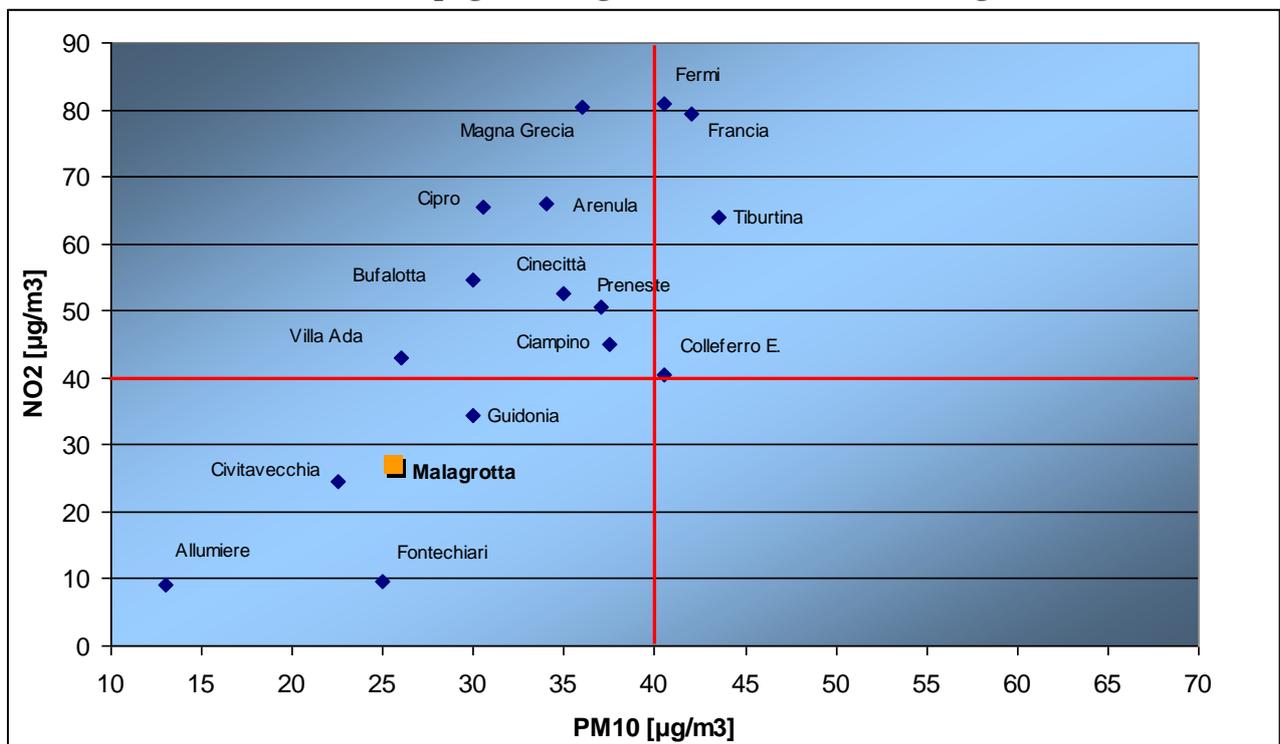


Grafico 7.2. Valori medi registrati nei periodi delle due campagne eseguite a Malagrotta

Nel grafico successivo si raffigura la media dei valori registrati nell'intero periodo 2008 e 2009 delle centraline della rete automatica regionale di monitoraggio della

qualità dell'aria per valutare la sovrapposibilità dei monitoraggi di periodo con quelli annuali.

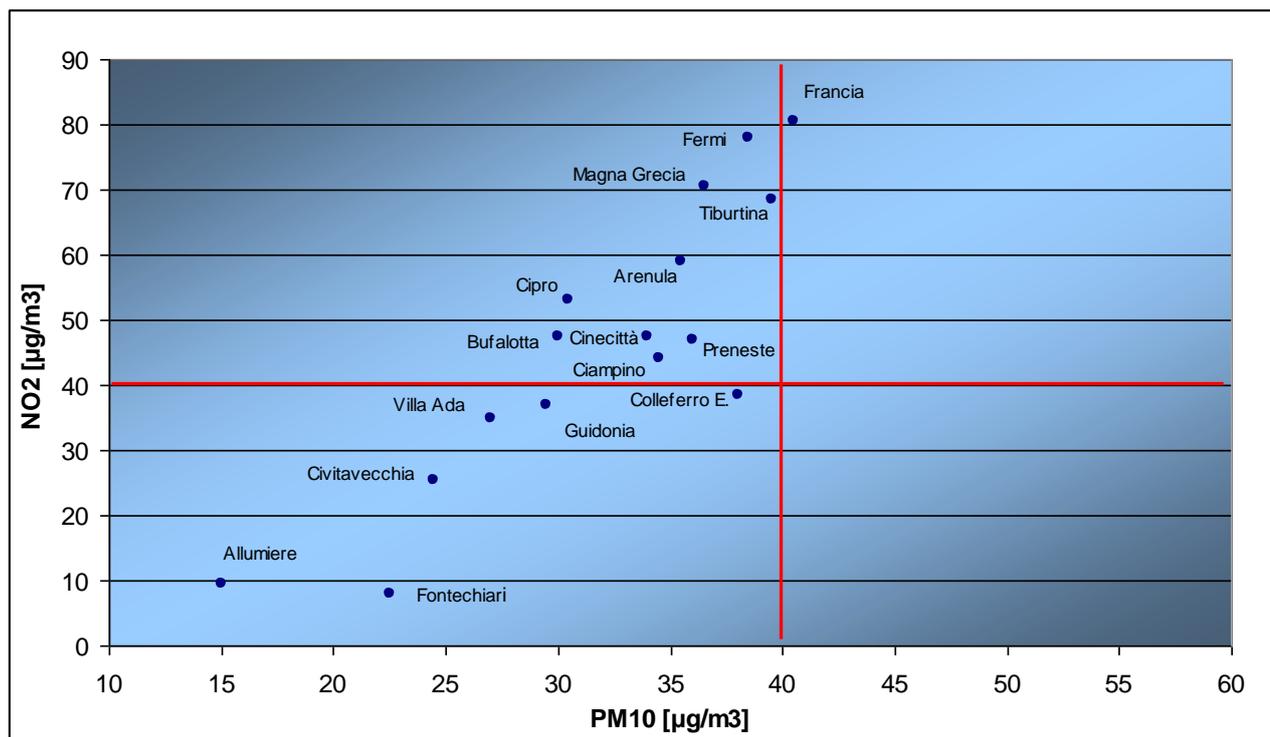


Grafico 7.3. Media dei valori registrati nel 2008 e nel 2009

Appare chiaro che le medie di periodo sono alquanto rappresentative delle medie annuali visto che le centraline che ricadono nel primo quadrante del grafico 2.1 si ritrovano, nel grafico 2.2, sempre nel primo quadrante, per cui anche la caratterizzazione dell'area di Malagrotta, in termini di  $PM_{10}$ - $NO_2$ , può ritenersi contenuta nei limiti di legge. Nei grafici precedenti si è scelto di raffigurare i parametri  $PM_{10}$  e  $NO_2$  in quanto si ritengono maggiormente rappresentativi dell'inquinamento provocato dalle attività industriali, dagli impianti di combustione e dal traffico veicolare, attività connesse ad un impianto di smaltimento dei rifiuti.

Per ognuna delle due campagne eseguite a Malagrotta è stato calcolato il numero dei superamenti degli inquinanti monitorati dalla centralina mobile e da alcune centraline della rete automatica di monitoraggio della qualità dell'aria regionale localizzate nel comune di Roma. I valori inerenti il  $PM_{10}$  risultano essere i più significativi: la media dei superamenti rilevati a Malagrotta è pari a 2 che risulta essere il valore più basso rispetto ai risultati registrati dalle altre stazioni considerate, compresa la stazione di fondo urbano posta a Villa Ada.

Stazione	Superamenti PM <sub>10</sub>
<b>Malagrotta</b>	<b>2</b>
Villa Ada	3
Bufalotta	4
Cipro	6
Cinecitta	9
Magna Grecia	10
Preneste	15
Fermi	15
Tiburtina	19
Francia	21

Tabella 7.12. Media dei superamenti del PM<sub>10</sub> nei periodi delle due campagne effettuate a Malagrotta

- **Idrogeno Solforato - H<sub>2</sub>S**

Nella campagna eseguita nel 2008 è stato monitorato l'H<sub>2</sub>S; si registrano livelli medi nel periodo pari a 1,7 µg/m<sup>3</sup> decisamente inferiore dal valore di 150 µg/m<sup>3</sup> fissato dall'OMS nelle linee guida sulla qualità dell'aria. Sono stati registrati, nel periodo della campagna, diversi superamenti del livello di 7 µg/m<sup>3</sup> (soglia olfattiva) variamente distribuiti nell'arco della giornata.

- **IPA e Metalli**

Durante le campagne eseguite a Malagrotta dall'ARPA Lazio nel 2008 e nel 2009 sono state misurate su filtri in fibra di vetro le concentrazioni degli Idrocarburi Policiclici Aromatici. Di seguito si mostrano le medie del benzo(a)pirene (l'unico tra gli IPA per cui la normativa attualmente vigente prevede un limite da rispettare pari a 1 ng/m<sup>3</sup>). Le concentrazioni medie determinate nei due periodi delle campagne hanno evidenziato valori di b(a)p a Malagrotta inferiori a quelli rilevati nelle centraline di Roma nello stesso periodo.

<b>Benzo(a)pirene [ng/m<sup>3</sup>]</b>	<b>Malagrotta</b>	<b>Corso Francia</b>	<b>Villa Ada</b>
Campagna 2008	0.24	0.37	0.31
Campagna 2009	0.32	0.66	0.36

Tabella 7.13. Concentrazioni medie rilevate nei periodi di campagna

Di seguito è riportato il confronto delle concentrazioni medie dei metalli (piombo, cadmio, arsenico e nichel) rilevate nella stazione mobile sita a Malagrotta con quelle rilevate nelle stazioni di Villa Ada e Corso Francia a Roma, nei periodi delle due campagne di monitoraggio; i valori ottenuti risultano inferiori ai limiti/valori obiettivo riportati dal D.Lgs 155/2010.

<b>Stazione</b>	<b>Pb [<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>]</b>	<b>Cd [<math>\text{ng}/\text{m}^3</math>]</b>	<b>As [<math>\text{ng}/\text{m}^3</math>]</b>	<b>Ni [<math>\text{ng}/\text{m}^3</math>]</b>
<i>Limite/valore obiettivo annuo</i>	0.5	5	6	20
Malagrotta	0.007	0.2	0.5	2.1
Villa Ada	0.009	0.2	0.6	2.2
Francia	0.012	0.2	1.0	4.3
Malagrotta 2012	0.002	0.1	0.3	2.2

Tabella 7.14. Concentrazioni medie di metalli rilevati durante i periodi delle campagne

▪ *Sostanze Organiche Volatili e Aldeidi*

L'impiego di campionatori passivi e la loro successiva analisi in laboratorio ha reso possibile la determinazione della concentrazione in aria di una serie di sostanze. Nelle tabelle che seguono sono riportati i valori misurati a Malagrotta e, per un confronto con la situazione che si riscontra a Roma, i valori misurati con la stessa tecnica e nel medesimo periodo a Cinecittà. Come si può notare la presenza di queste sostanze nelle due località è di paragonabile entità.

Nelle Tabelle seguenti sono riportate, rispettivamente, le medie delle concentrazioni delle sostanze organiche volatili e le medie delle aldeidi rilevate nei due periodi delle campagne.

<b>Media Campagne 2008 - 2009</b>		
<b>Inquinante [<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>]</b>	<b>Cinecittà</b>	<b>Malagrotta</b>
1.1.1-Tricloroetano	<0.1	<0.1
Acetonitrile	1.0	1.3
Alfa-Pinene	<0.1	0.2
<b>Benzene</b>	<b>1.7</b>	<b>1.4</b>
Butile acetato	0.3	0.4
Canfora	0.2	0.3
Cloruro di vinile	<0.1	<0.1
Etile acetato	0.4	0.3
Limonene	0.3	<0.1
M+P-Xilene	3.8	1.9
Metil eti chetone	0.3	0.4
O-Xilene	0.9	1.0
Tetracloroetilene	0.9	0.3
Toluene	5.3	3.1
Tricloroetilene	<0.1	<0.1

Tabella 7.15. Medie della concentrazione di SOV a Malagrotta e Roma/Cinecittà (2008-2009)

Inquinante [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Campagna 2009-2010
<b>Benzene</b>	<b>2.9</b>
Toluene	4.9
Etilbenzene	1.0
O-Xilene	0.9
M-Xilene	2.6
P-Xilene	1.0

Tabella 7.16. Medie della concentrazione di SOV a Malagrotta (2009-2010)

La normativa vigente prevede un valore limite solo per la concentrazione media annua del Benzene pari a  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Media Campagne 2008 - 2009		
Inquinante [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Cinecittà	Malagrotta
Acetaldeide	2.37	1.94
Benzaldeide	0.20	0.15
Formaldeide	2.91	2.26

Tabella 7.17. Medie delle concentrazioni di aldeidi a Malagrotta e Cinecittà (2008-2009)

- Policlorobifenili (PCB)

I PCB sono stati determinati presso il sito di Malagrotta in tre diversi campionamenti nel periodo estivo 2008. I livelli medi variano per i PCB totali tra  $7,6$  e  $29 \text{ pg}/\text{m}^3$ . Valori mediamente più alti sono stati registrati nello stesso periodo presso il sito di Cinecittà (da  $18,3$  a  $48 \text{ pg}/\text{m}^3$ ). Nell'autunno 2008 è stata effettuata un'altra campagna con risultati analoghi: PCB totali a Malagrotta  $1,0 - 3,7 \text{ pg}/\text{m}^3$ ; PCB totali a Cinecittà  $18 \text{ pg}/\text{m}^3$ .

Di seguito, invece, si espongono le medie dei PCB ottenute durante l'ultima campagna di monitoraggio eseguita dal 10 luglio al 13 agosto 2012.

PCB [ $\text{pg}/\text{m}^3$ ]	Medie
28	22.3
52	16.1
81	< 0.05
77	< 0.05
95	10.4
99	2.9
101	8.4
110	6.5

PCB [pg/m <sup>3</sup> ]	Medie
118	3.8
105	1.7
126	0.3
151	2.1
149	6.4
146	0.6
153	6.1
138	4.1
167	0.3
156	< 0.1
187	2.0
183	0.8
177	0.5
180	2.4
170	0.9
189	< 0.05
<b>PCB totali</b>	<b>98.6</b>
<b>PCB-7</b>	<b>63.3</b>

Tabella 7.18. Medie delle concentrazioni dei PCB ottenute dalla campagna di Malagrotta 2012

Allo scopo di permettere un primo confronto orientativo circa i livelli di concentrazione rilevati nell'area di studio, si riporta una sintesi dei livelli riscontrati in diverse campagne sperimentali condotte in aree urbane.

Location and Year	PCB-7 Concentration Average, (Min. - Max.) [pg/m <sup>3</sup> ]	Reference
Sofienbergparken, 2007	31,8 (15,3 - 61,9)	This study
Sjursjøya, 2002	54	Breivik et al.
Athens, 2000	41,7	Mandalakis et al. 2002
Seoul, 1999	42,2	Yeo et al. 2004

Tabella 7.19. Confronto della concentrazione di PCB-7 in campioni di aria urbana prelevati in differenti città.

Si osservi che nell'area in esame la concentrazione media dei PCB-7 (ottenuta dalla somma dei 7 congeneri definiti ad "alta tossicità" : 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180) risulta pari a 63.3 pg/m<sup>3</sup> (1 picogrammo=10<sup>-6</sup> microgrammo) tale valore è del tutto confrontabile con i livelli di PCB-7 rilevati nelle aree urbane sopra citate e relativi a stazioni di monitoraggio in ambiente urbano/industriale ad elevata intensità.

Si evidenzia che, i valori medi rilevati in letteratura sono relativi a rilievi fatti su diverse postazioni ubicate in zone con livelli di pressione ambientale differenti e quindi rappresentativi delle diverse caratteristiche delle aree urbane. Il valore misurato nella campagna fa riferimento ad un'unica postazione e ad un periodo limitato dell'anno.

- Diossine

Le diossine sono state determinate presso il sito di Malagrotta nel periodo estivo del 2012. Di seguito si presentano le medie ottenute dai tre campioni rilevati durante la campagna.

Diossine [fg/m <sup>3</sup> ]	Media di tutti i campioni
2378-TCDD	1.1
12378-PeCDD	3.7
123478-HxCDD	2.8
123678HxCDD	5.4
123789-HxCDD	3.3
1234678-HpCDD	12.1
OCDD	16.0
2378-TCDF	11.7
12378-PeCDF	9.8
23478-PeCDF	7.3
123478-HxCDF	9.1
123678-HxCDF	7.5
234678-HxCDF	8.9
123789-HxCDF	3.9
1234678-HpCDF	24.0
1234789-HpCDF	3.0
OCDF	9.8
<b>Teq</b>	<b>12.8</b>

Tabella 7.20. Media della concentrazione di diossine ottenuta nella campagna di Malagrotta 2012

\* fg= fentogrammi =10<sup>-9</sup> microgrammi

Il livello di concentrazione di diossine espresso in Teq (tossicità equivalente) è stato calcolato mediante la tecnica del "medium bound" abitualmente utilizzata in ambito internazionale per valutare tali concentrazioni. Per un confronto indicativo circa i livelli di concentrazione di diossine rilevati nell'area di studio, si riporta una sintesi dei livelli riscontrati in diverse campagne sperimentali condotte in aree urbane.

Location and Year	Dioxin concentration Average, (Min. - Max.) [TE fg/m <sup>3</sup> ]	Reference
Sofienbergparken, 2007	28,2 (4,80 - 86,5)	This study
Vålerenga, 1989	100 (40/200)	Oehme et al. 1991
Athens, 2000	(42 - 73)	Mandalakis et al. 2002
Roma, 2001	46,9 (4,4 - 245)	Turrio-Baldassarri et al. 2005
Beijing, 2006	268 (18 - 644)	Li et al. 2008

Tabella 7.21. Livelli di concentrazione di diossine in differenti città.

Dagli studi effettuati si evince che i Teq riscontrati nell'area in esame variano tra 2.7 - 18.9 fg/m<sup>3</sup> (1 fentogrammo=10<sup>-9</sup> microgrammi) e risultano confrontabili con i valori minimi osservati negli studi sopra citati.

### 7.3 Termovalorizzatori

In analogia a quanto riportato nei paragrafi precedenti, nel seguito sono analizzati i livelli di concentrazione degli inquinanti rilevati durante le campagne sperimentali a supporto dell'analisi modellistica ed epidemiologica delle aree dove sono in esercizio i termovalorizzatori.

Per completezza di analisi, rispetto al ciclo di termovalorizzazione dei rifiuti della regione Lazio, si riportano anche i risultati delle attività sperimentali condotte nell'area del gassificatore di rifiuti urbani sito a Malagrotta. Tale impianto, pur essendo significativo dal punto di vista dell'analisi dell'impatto ambientale, di fatto contribuisce in modo assolutamente marginale allo studio epidemiologico che si riferisce al periodo di osservazione 1996-2008 mentre l'esercizio dell'impianto è iniziato sostanzialmente nel 2009.

A partire dal 2004 la centralina mobile è stata posizionata nell'area del comune di San Vittore del Lazio per periodi di campionamento di 15 giorni totalizzando un numero di 12 campagne periodiche fino al 2011. Nella zona di Malagrotta, sono state condotte, 3 campagne sperimentali rispettivamente, dal 13 giugno al 4 dicembre del 2008, dal 7 febbraio al 2 aprile del 2009 e dal 10 luglio al 13 agosto del 2012. Inoltre da febbraio 2010 l'area è monitorata da una centralina fissa della rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria. Il territorio del comune di Colferro, è monitorato da diversi anni da una centralina fissa appartenente alla rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria per cui giornalmente vengono registrate le concentrazioni al suolo delle principali sostanze inquinanti (biossido di zolfo, biossido di azoto, monossido di carbonio, PM<sub>10</sub> e ozono). Di seguito vi è una tabella riassuntiva del periodo di monitoraggio delle campagne eseguite dall'ARPA Lazio.

<b>Territorio</b>	<b>Impianto</b>	<b>Periodo delle campagne</b>
Malagrotta	Gassificatore	2008-2009-2012
San Vittore del Lazio	Termovalorizzatore	2004-2011
Colferro	2 Termovalorizzatori	2008-2010

Tabella 7.22. Periodo di monitoraggio e localizzazione delle campagne sperimentali eseguite

Durante le campagne, realizzate con un laboratorio di misura mobile, sono stati monitorati i seguenti parametri: SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, PM<sub>10</sub>, O<sub>3</sub>, HCl, HF, diossine, PCB, metalli

e IPA su particolato atmosferico. Di seguito si espongono le medie complessive delle campagne.

Si deve tener conto che le medie elaborate si riferiscono a campagne periodiche, con durata temporale limitata, per cui non direttamente confrontabili con i limiti di legge (medie annue), ma si ritengono allo stesso modo significative nel fornire elementi utili alla caratterizzazione della qualità dell'aria nella zona di indagine.

Tutti i dati riguardanti le singole campagne di misura sono raccolti nei report di dettaglio disponibili in allegato all'appendice.

- *Inquinanti Gassosi e Particolato Fine*

<b>Stazione</b>	<b>NO<sub>2</sub> [µg/m<sup>3</sup>]</b>	<b>PM<sub>10</sub> [µg/m<sup>3</sup>]</b>	<b>SO<sub>2</sub> [µg/m<sup>3</sup>]</b>
<i>Limite annuo</i>	<i>40</i>	<i>40</i>	<i>20*</i>
Malagrotta	27.0	25.5	2.0
Colleferro	37.0	37.0	0.8
San Vittore del Lazio	25.5	31.3	3.9

Tabella 7.23. Concentrazioni medie complessive degli inquinanti rilevati nelle campagne

\* Limite per la protezione degli ecosistemi

Come si può desumere dalla tabella precedente, l'area monitorata attorno ai termovalorizzatori, non presenta superamenti dei valori degli inquinanti maggiormente indicativi. Si è ritenuto, inoltre, significativo effettuare un confronto tra le medie annuali delle centraline regionali (2008-2010) e le medie finali delle campagne (grafico 7.4). Come si può osservare dal grafico successivo i territori comprendenti gli impianti di termovalorizzazione ricadono nel quadrante che rispetta i limiti normativi vigenti ( si veda tavola 3).

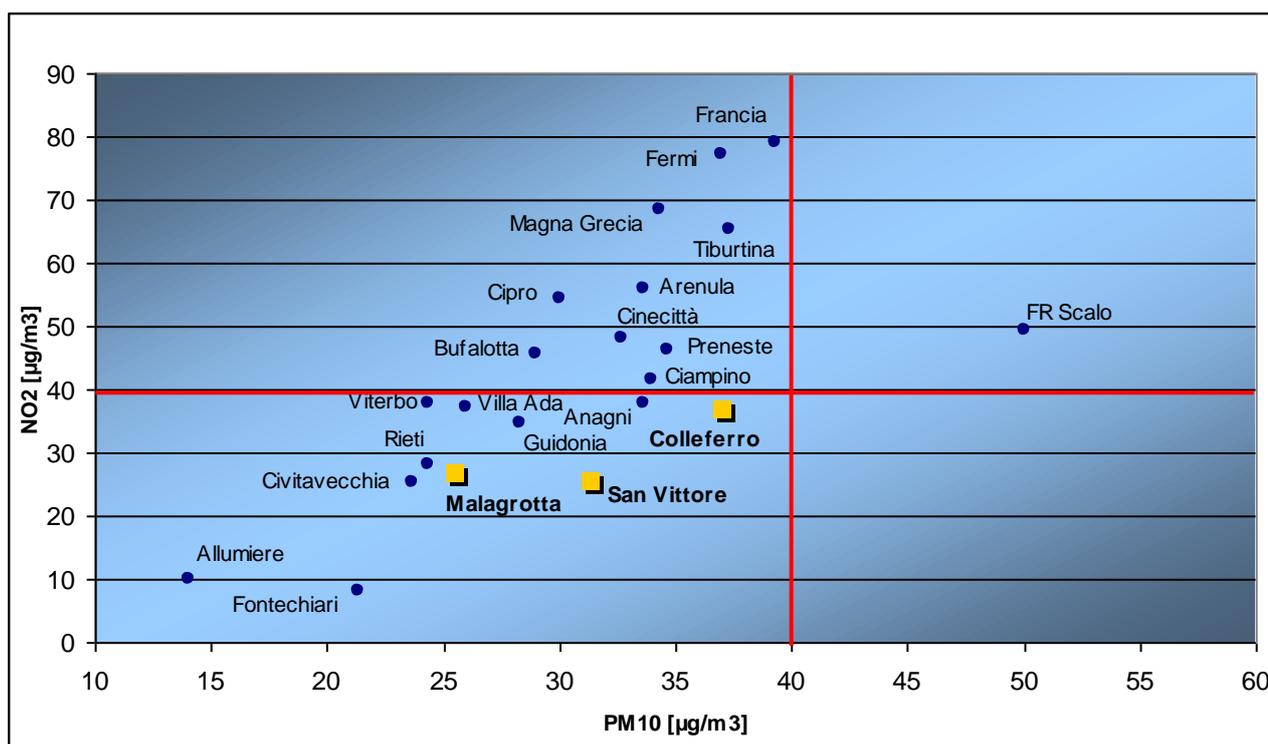


Grafico 7.4. Confronto tra le medie annuali delle centraline regionali (2008-2010) e le medie finali delle campagne.

#### ▪ Metalli e IPA

Di seguito si mostrano le medie, ottenute nelle campagne di monitoraggio, dei soli inquinanti per cui la normativa attualmente vigente prevede un limite da rispettare. Come si può osservare le concentrazioni medie sono inferiori ai limiti stabiliti dal D.Lgs 155/2010 per i metalli, mentre il benzo(a)pirene rilevato a Colleferro è di poco inferiore al limite obiettivo previsto. Su questa stazione e sulle altre il monitoraggio dei microinquinanti è mantenuto costante in modo da verificare e analizzare correttamente i diversi trend ed evoluzioni.

Stazione	Pb [ug/m <sup>3</sup> ]	Cd [ng/m <sup>3</sup> ]	As [ng/m <sup>3</sup> ]	Ni [ng/m <sup>3</sup> ]	Benzo(a)pirene [ng/m <sup>3</sup> ]
<i>Limite - Valore Obiettivo</i>	0.5	5	6	20	1
Malagrotta	0.007	0.2	0.5	2.1	0.3
Colleferro	0.007	0.2	0.6	1.7	0.9
San Vittore del Lazio	0.006	0.3	0.4	2.2	0.1

Tabella 7.24. Concentrazioni medie di periodo

I valori medi di concentrazione rilevati per i diversi metalli, risultano in generale confrontabili con quelli osservati durante le attività di monitoraggio condotte presso stazioni di misura urbana nella città di Roma.

- *Diossine*

Nelle ultime campagne di monitoraggio (2011-2012) in prossimità degli impianti di termovalorizzazione dei rifiuti di San Vittore del Lazio e di Malagrotta sono state rilevate le concentrazioni delle diossine; le medie sono espresse nella tabella successiva.

<b>DIOSSEINE</b> [fg/m <sup>3</sup> ]*	<b>Malagrotta</b>	<b>San Vittore del Lazio</b>
2378-TCDD	1.1	1.3
12378-PeCDD	3.7	4.0
123478-HxCDD	2.8	16.9
123678HxCDD	5.4	5.4
123789-HxCDD	3.3	5.8
1234678-HpCDD	12.1	18.5
OCDD	16.0	49.6
2378-TCDF	11.7	4.0
12378-PeCDF	9.8	3.4
23478-PeCDF	7.3	6.4
123478-HxCDF	9.1	8.1
123678-HxCDF	7.5	6.8
123789-HxCDF	8.9	10.4
234678-HxCDF	3.9	5.3
1234678-HpCDF	24	24.3
1234789-HpCDF	3.0	4.9
OCDF	9.8	39.7
<b>Teq</b>	<b>12.8</b>	<b>14.2</b>

Tabella 7.25. Media della concentrazione di diossine ottenuta nelle campagne di Malagrotta e di San Vittore del Lazio. \* fg= fentogrammi =10<sup>-9</sup> microgrammi

Il livello di concentrazione di diossine espresso in Teq (tossicità equivalente) è stato calcolato mediante la tecnica del "medium bound" abitualmente utilizzata in ambito internazionale per valutare tali concentrazioni. Per un confronto indicativo circa i livelli di concentrazione di diossine rilevati nell'area di studio, si riporta una sintesi dei livelli riscontrati in diverse campagne sperimentali condotte in aree urbane.

Location and Year	Dioxin concentration Average, (Min. - Max.) [TE fg/m <sup>3</sup> ]	Reference
Sofienbergparken, 2007	28,2 (4,80 - 86,5)	This study
Vålerenga, 1989	100 (40/200)	Oehme et al. 1991
Athens, 2000	(42 - 73)	Mandalakis et al. 2002
Roma, 2001	46,9 (4,4 - 245)	Turrio-Baldassarri et al. 2005
Beijing, 2006	268 (18 - 644)	Li et al. 2008

Tabella 7.26. Livelli di concentrazione di diossine in differenti città.

Dagli studi effettuati si evince che i Teq riscontrati nelle aree in esame risultano confrontabili con i valori minimi osservati negli studi sopra citati.

- Policlorobifenili (PCB)

Durante le ultime campagne di monitoraggio effettuate a Malagrotta ed a San Vittore del Lazio è stata rilevata anche la concentrazione dei policlorobifenili, di seguito si espongono le medie ottenute.

<b>PCB [pg/m<sup>3</sup>]*</b>	<b>Malagrotta</b>	<b>San Vittore del Lazio</b>
<b>28</b>	22.3	33.4
<b>52</b>	16.1	17.8
<b>81</b>	< 0.05	<0.2
<b>77</b>	< 0.05	<0.2
<b>95</b>	10.4	20.2
<b>101</b>	8.4	16.5
<b>110</b>	6.5	7.4
<b>118</b>	3.8	3.6
<b>105</b>	1.7	1
<b>151</b>	2.1	7.3
<b>149</b>	6.4	15.4
<b>146</b>	0.6	1.5
<b>153</b>	6.1	14.4
<b>138</b>	4.1	6.6
<b>167</b>	0.3	0.3
<b>187</b>	2	3.5
<b>183</b>	0.8	1.7
<b>177</b>	0.5	1.1
<b>180</b>	2.4	3.1
<b>170</b>	0.9	1.2
<b>189</b>	< 0.05	0.5
<b>PCB tot</b>	<b>98.6</b>	<b>156.4</b>
<b>PCB-7</b>	<b>63.3</b>	<b>95.3</b>

Tabella 7.27. Media della concentrazione dei PCB ottenuta nelle campagne di Malagrotta e di San Vittore del Lazio. \*(1 picogrammo=10<sup>-6</sup> microgrammo)

Allo scopo di permettere un primo confronto orientativo circa i livelli di concentrazione rilevati nell'area di studio, si riporta una sintesi dei livelli riscontrati in diverse campagne sperimentali condotte in aree urbane.

Location and Year	PCB-7 Concentration Average, (Min. - Max.) [pg/m3]	Reference
Sofienbergparken, 2007	31,8 (15,3 - 61,9)	This study
Sjursjøya, 2002	54	Breivik et al.
Athens, 2000	41,7	Mandalakis et al. 2002
Seoul, 1999	42,2	Yeo et al. 2004

Tabella 7.28. Confronto della concentrazione di PCB in campioni di aria urbana prelevati in differenti luoghi.

Si osserva che nelle aree in esame la concentrazione media dei PCB-7 (ottenuta dalla somma dei 7 congeneri definiti ad "alta tossicità" : 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180) conferma l'ordine di grandezza rilevato negli studi di letteratura in aree a forte antropizzazione.

Si evidenzia che, i valori medi rilevati in letteratura sono relativi a rilievi fatti su diverse postazioni ubicate in zone con livelli di pressione ambientale differenti e quindi rappresentativi delle diverse caratteristiche delle aree urbane. Il valore misurato nella campagna fa riferimento ad un'unica postazione e ad un periodo limitato dell'anno.

#### 7.4 *Trattamento Meccanico Biologico*

Gli impianti di trattamento meccanico biologico (TMB) considerati nello studio sono sette, di cui due situati nell'area adiacente alla discarica di Malagrotta, l'impianto di Casale Bussi (VT) è collocato ad una distanza di circa 8 km dalla discarica provinciale di rifiuti urbani, l'impianto di Albano è adiacente alla discarica mentre i restanti impianti si trovano in aree non sovrapposte a quelle individuate dal complesso di impianti di trattamento dei rifiuti urbani. In tal senso, la maggior parte delle considerazioni circa i livelli di inquinamento e la qualità dell'aria effettuate per le aree interessate dalle discariche sono significative anche per i TMB.

Nell'ambito delle attività a supporto dell'indagine epidemiologica e anche con riferimento alle diverse esigenze di caratterizzazione della qualità dell'aria di ambiti territoriali della regione Lazio, l'ARPA ha condotto campagne sperimentali con mezzi mobili e centraline rilocabili. In particolare, nella zona di Malagrotta sono state condotte tre campagne sperimentali rispettivamente, dal 13 giugno al 4 dicembre del 2008, dal 7 febbraio al 2 aprile del 2009 e dal 10 luglio al 13 agosto 2012 ed inoltre da febbraio 2010 il territorio di Malagrotta è monitorato da una centralina fissa della rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria. Nella zona di Albano è stata eseguita una campagna sullo stato della qualità dell'aria nel periodo tra il 25 novembre 2009 e il 18 febbraio 2010 ed infine, nel territorio di Monterazzano (VT) l'ARPA Lazio ha realizzato dal 09 dicembre 2011 al 09 gennaio 2012, una campagna di monitoraggio per valutare gli eventuali impatti dell'impianto sulla qualità dell'aria.

<b>Territorio</b>	<b>Impianto</b>	<b>Periodo delle campagne</b>
Malagrotta (RM)	2 TMB	2008-2009-2012
Albano (RM)	TMB	2009-2010
Casale Bussi (VT)	TMB	2011-2012

Tabella 7.29. Periodo di monitoraggio e localizzazione delle campagne sperimentali eseguite

Durante le campagne sperimentali, sono stati monitorati i seguenti inquinanti: SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, O<sub>3</sub>, sostanze organiche volatili, diossine, policlorobifenili, aldeidi, metalli e IPA (idrocarburi policiclici aromatici). Per contribuire alla valutazione degli indici di esposizione della popolazione che vive in prossimità degli impianti, sono

analizzate nel seguito i livelli di concentrazione media rilevati durante le campagne da mettere in confronto con quanto registrato dalla rete regionale di monitoraggio.

Si deve tener conto che le medie elaborate si riferiscono a campagne periodiche, con durata temporale limitata, per cui non confrontabili con i limiti di legge (medie annue), ma si ritengono allo stesso modo significative nel fornire elementi utili alla caratterizzazione della qualità dell'aria nella zona di indagine.

Tutti i dati riguardanti le singole campagne di misura sono raccolti nei report di dettaglio disponibili in allegato all'appendice.

- *Inquinanti Gassosi e Particolato Fine*

Come si può evincere dalla tabella seguente, l'area monitorata attorno ai TMB non presenta valori superiori ai limiti normativi vigenti.

<b>Campagna</b>	<b>NO<sub>2</sub></b> [µg/m <sup>3</sup> ]	<b>SO<sub>2</sub></b> [µg/m <sup>3</sup> ]	<b>PM<sub>10</sub></b> [µg/m <sup>3</sup> ]	<b>PM<sub>2.5</sub></b> [µg/m <sup>3</sup> ]
<i>Limite annuo</i>	40	20	40	25
Campagna Malagrotta	27	2.0	25.5	14.7*
Campagna Albano	21	1.5	22.0	17
Campagna Viterbo	11	0.9	14.4	9.1

Tabella 7.30. Concentrazioni medie complessive degli inquinanti rilevati nelle campagne

\*Concentrazione ottenuta nella campagna 2012

Si è ritenuto significativo effettuare un confronto con le concentrazioni rilevate dalle centraline della rete automatica regionale di monitoraggio della qualità dell'aria presenti a Roma, nella provincia di Roma a Viterbo ed a Civita Castellana, scelte secondo un criterio di rappresentatività spaziale e di specifica caratteristica della stazione di rilevamento.

In particolare, nel grafico successivo, sono confrontati i livelli di concentrazione media di PM<sub>10</sub> e NO<sub>2</sub> in quanto rappresentativi dell'inquinamento prodotto dalle attività industriali, dagli impianti di combustione e dal traffico veicolare; attività connesse ad un impianto di smaltimento dei rifiuti.

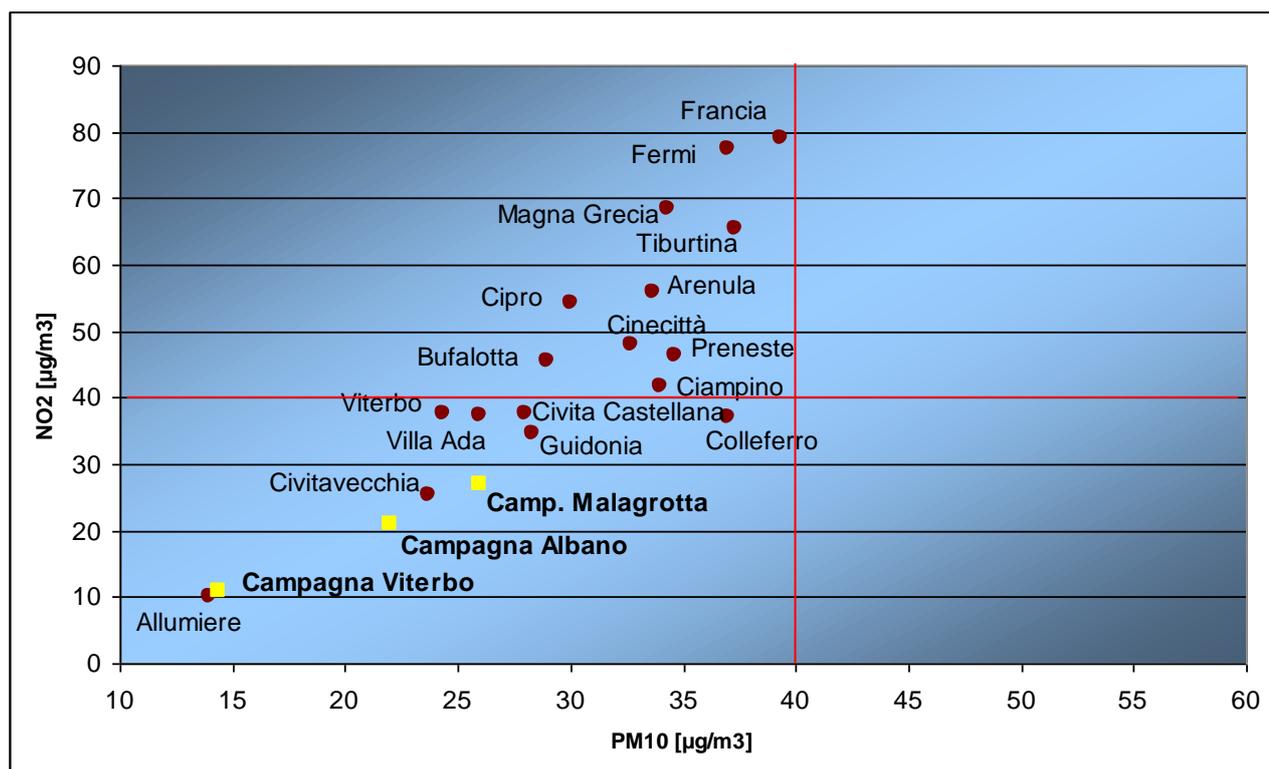


Grafico 7.5. Confronto tra le medie annuali di NO<sub>2</sub> e PM<sub>10</sub> delle centraline regionali (2008-2010) con le medie delle campagne effettuate dall'ARPA Lazio.

Si osserva che i livelli medi di concentrazione rilevati in prossimità degli impianti di TMB ricadono nel quadrante che indica valori inferiori ai limiti previsti. Inoltre, le aree in osservazione mostrano livelli di qualità dell'aria generalmente confrontabili con aree a media intensità urbanistica e non nelle immediate vicinanze di trafficate arterie stradali.

- **Metalli e IPA**

Di seguito si mostrano i risultati dei soli metalli e IPA per cui la normativa attualmente vigente prevede un *limite/valore obiettivo* di riferimento. Tali medie sono state confrontate con le corrispettive concentrazioni rilevate nelle stazioni di Villa Ada e Corso Francia a Roma negli stessi periodi della campagna di Malagrotta e di Albano. Come si può osservare le concentrazioni medie ottenute dalle campagne in esame risultano dello stesso ordine o inferiori a quelle rilevate dalle centraline fisse site a Villa Ada ed a Corso Francia che a loro volta sono minori dei limiti stabiliti dal D.Lgs 155/2010.

Stazione	Pb [ug/m <sup>3</sup> ]	Cd [ng/m <sup>3</sup> ]	As [ng/m <sup>3</sup> ]	Ni [ng/m <sup>3</sup> ]	Benzo(a)pirene [ng/m <sup>3</sup> ]
<i>Limite - Valore Obiettivo</i>	<i>0.5</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>20</i>	<i>1</i>
<b>Malagrotta</b>	<b>0.007</b>	<b>0.2</b>	<b>0.5</b>	<b>2.1</b>	<b>0.28</b>
Villa Ada	0.009	0.2	0.6	2.2	0.34
Francia	0.012	0.2	1.0	4.3	0.52
<b>Albano</b>	<b>0.006</b>	<b>0.2</b>	<b>0.3</b>	<b>1.3</b>	<b>0.82</b>
Villa Ada	0.011	0.2	0.5	2.2	1.03
Francia	0.012	0.2	0.6	3.6	
<b>Viterbo</b>	<b>0.0005</b>	<b>0.1</b>	<b>0.3</b>	<b>1.5</b>	<b>0.04</b>

Tabella 7.31. Concentrazioni medie di metalli rilevati durante i periodi delle campagne

- *Sostanze Organiche Volatili e Aldeidi*

L'impiego di campionatori passivi e la loro successiva analisi in laboratorio ha reso possibile la determinazione della concentrazione in aria di una serie di sostanze rappresentative di forme d'inquinamento connesse a processi industriali, a combustione ed eventuali fenomeni di origine odorigena. Nelle tabelle che seguono sono riportati i valori misurati nelle campagne in esame e, per un confronto, i valori misurati a Cinecittà con la stessa tecnica e nel medesimo periodo delle campagne di Malagrotta e di Albano. Come si può notare la presenza di queste sostanze nelle diverse località è di paragonabile entità.

Inquinante [μg/m <sup>3</sup> ]	Malagrotta	Cinecittà	Albano	Cinecittà	Viterbo
1.1.1-Tricloroetano	<0.1	<0.1	0.2	0.2	-
Acetonitrile	1.3	1.0	0.9	0.8	3.55
Alfa-Pinene	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	0.01
<b>Benzene</b>	<b>1.4</b>	<b>1.7</b>	<b>1.3</b>	<b>3.0</b>	<b>0.59</b>
Butile acetato	0.4	0.3	0.3	0.8	0.07
Canfora	0.3	0.2	<0.1	<0.1	0.01
Cloruro di vinile	<0.1	<0.1	-	-	-
Etile acetato	0.3	0.4	0.2	0.5	0.15
Limonene	<0.1	0.3	0.3	0.9	0.37
M+P-Xilene	1.9	3.8	0.9	3.2	0.25
Metil etil chetone	0.4	0.3	0.3	0.5	0.28
O-Xilene	1	0.9	0.4	1.1	0.09
Tetracloroetilene	0.3	0.9	0.3	0.9	0.09
Toluene	3.1	5.3	1.6	4.6	0.55
Tricloroetilene	<0.1	<0.1	0.2	0.1	0.07

Tabella. 7.32. Medie della concentrazione delle SOV.

I livelli di concentrazione di benzene (inferiori al limite di  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) sono indicativi della differente collocazione territoriale delle aree in studio, in particolare Malagrotta e Cinecittà sono in contesti a significativa area antropica mentre Viterbo collocata in un contesto extra-urbano a scarsa circolazione veicolare.

<b>Aldeidi</b> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	<b>Malagrotta</b>	<b>Cinecittà</b>	<b>Albano</b>	<b>Cinecittà</b>	<b>Viterbo</b>
Formaldeide	2.26	2.91	2.5	2.3	1.96
Acetaldeide	1.94	2.37	1.2	1.6	1.49
Butirraldeide	-		-	-	1.02
Benzaldeide	0.15	0.20	-	-	0.12

Tabella 7.33. Medie delle concentrazioni delle aldeidi.

Le aldeidi sono composti caratteristici sia di fenomeni odorigeni che precursori attivi nei processi di formazione dello smog fotochimico ( $\text{O}_3$ - $\text{NO}_2$ ). La generale uniformità dei livelli rilevati nelle diverse stazioni, è indicativa della stazionarietà e persistenza di tali composti in atmosfera.

- *Policlorobifenili (PCB)*

I PCB sono stati determinati presso il sito di Malagrotta in tre diversi campionamenti nel periodo estivo 2008. I livelli medi variano per i PCB totali tra  $7,6$  e  $29 \text{ pg}/\text{m}^3$  (1 picogrammo= $10^{-6}$  microgrammo). Valori mediamente più alti sono stati registrati nello stesso periodo presso il sito di Cinecittà (da  $18,3$  a  $48 \text{ pg}/\text{m}^3$ ). Nell'autunno 2008 è stata effettuata un'altra campagna con risultati analoghi: PCB totali a Malagrotta  $1,0 - 3,7 \text{ pg}/\text{m}^3$ ; PCB totali a Cinecittà  $18 \text{ pg}/\text{m}^3$ .

Nelle ultime campagne di monitoraggio (2011-2012) eseguite a Malagrotta ed a Viterbo sono state ricavate le medie delle concentrazioni dei PCB esposte nella tabella successiva insieme ai valori di PCB totali e PCB-7.

<b>PCB</b> [ $\text{pg}/\text{m}^3$ ]	<b>Malagrotta</b>	<b>Viterbo</b>
<b>28</b>	22.3	4.8
<b>52</b>	16.1	2.6
<b>81</b>	< 0.05	<0.05
<b>77</b>	< 0.05	<0.05
<b>95</b>	10.4	1.3
<b>101</b>	8.4	1.2
<b>110</b>	6.5	0.6
<b>118</b>	3.8	1.0
<b>105</b>	1.7	0.2

<b>PCB</b> [pg/m <sup>3</sup> ]	<b>Malagrotta</b>	<b>Viterbo</b>
<b>151</b>	2.1	0.3
<b>149</b>	6.4	0.7
<b>146</b>	0.6	<0.05
<b>153</b>	6.1	0.8
<b>138</b>	4.1	0.5
<b>167</b>	0.3	<0.05
<b>187</b>	2	0.2
<b>183</b>	0.8	0.1
<b>177</b>	0.5	0.1
<b>180</b>	2.4	0.4
<b>170</b>	0.9	0.1
<b>189</b>	< 0.05	0.2
<b>PCB tot</b>	<b>98.6</b>	<b>15.1</b>
<b>PCB-7</b>	<b>63.3</b>	<b>11.4</b>

Tabella 7.34. Medie delle concentrazioni dei PCB rilevati durante la campagna di Viterbo e di Malagrotta 2012

Allo scopo di permettere un primo confronto orientativo circa i livelli di concentrazione rilevati nelle aree di studio, si riporta una sintesi dei livelli riscontrati in diverse campagne sperimentali condotte in aree urbane.

Location and Year	PCB-7 Concentration Average, (Min. - Max.) [pg/m <sup>3</sup> ]	Reference
Sofienbergparken, 2007	31,8 (15,3 - 61,9)	This study
Sjursjøya, 2002	54	Breivik et al.
Athens, 2000	41,7	Mandalakis et al. 2002
Seoul, 1999	42,2	Yeo et al. 2004

Tabella 7.35. Confronto della concentrazione di PCB in campioni di aria urbana prelevati in differenti luoghi (1 picogrammo=10<sup>-6</sup> microgrammo).

Si osservi che nelle aree in prossimità dei TMB di Malagrotta la concentrazione media dei PCB-7 (ottenuta dalla somma dei 7 congeneri definiti ad "alta tossicità" : 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180) risulta confrontabile con i livelli dei PCB-7 di letteratura, rilevati nelle aree urbane sopra citate mentre le concentrazioni rilevate a Viterbo risultano essere leggermente inferiori.

- Diossine

Nelle ultime campagne di monitoraggio della qualità dell'aria (2011-2012) effettuate nei pressi degli impianti di trattamento meccanico e biologico di Viterbo e Malagrotta, è stata rilevata la concentrazione delle diossine; di seguito si espongono le medie ottenute da diversi campionamenti nei 2 differenti siti. Il livello di concentrazione di diossine espresso in Teq (tossicità equivalente) è stato calcolato mediante la tecnica del "medium bound" abitualmente utilizzata in ambito internazionale per valutare tali concentrazioni.

<b>DIOSSINE</b> [fg/m <sup>3</sup> ]*	<b>Viterbo</b>	<b>Malagrotta</b>
2378-TCDD	0.6	1.1
12378-PeCDD	2.0	3.7
123478-HxCDD	2.8	2.8
123678HxCDD	2.7	5.4
123789-HxCDD	3.2	3.3
1234678-HpCDD	2.5	12.1
OCDD	17.4	16
2378-TCDF	2.1	11.7
12378-PeCDF	2.6	9.8
23478-PeCDF	3.1	7.3
123478-HxCDF	3.4	9.1
123678-HxCDF	2.5	7.5
123789-HxCDF	3.8	8.9
234678-HxCDF	2.2	3.9
1234678-HpCDF	5.7	24
1234789-HpCDF	3.6	3
OCDF	10.0	9.8
<b>Teq</b>	<b>5.7</b>	<b>12.8</b>

Tabella 7.36. Media della concentrazione di diossine

\* fg= femtogrammi =10<sup>-9</sup> microgrammi

Per un confronto indicativo circa i livelli di concentrazione di diossine rilevati nelle aree di studio, si riporta una sintesi dei livelli riscontrati in diverse campagne sperimentali condotte in aree urbane.

Location and Year	Dioxin concentration Average, (Min. - Max.) [TE fg/m <sup>3</sup> ]	Reference
Sofienbergparken, 2007	28,2 (4,80 - 86,5)	This study
Vålerenga, 1989	100 (40/200)	Oehme et al. 1991
Athens, 2000	(42 - 73)	Mandalakis et al. 2002
Roma, 2001	46,9 (4,4 - 245)	Turrio-Baldassarri et al. 2005
Beijing, 2006	268 (18 - 644)	Li et al. 2008

Tabella 7.37. Livelli di concentrazione di diossine in differenti città.

Dagli studi effettuati si evince che i Teq riscontrati nei pressi dei TMB risultano confrontabili con i valori minimi osservati negli studi sopra citati.

## 8 Valutazione della qualità dell'aria

L'analisi per l'individuazione dell'impronta (footprint) degli impianti di trattamento rifiuti illustrata nella sezione dedicata alla metodologia è stata applicata a tutti i termovalorizzatori e le discariche operanti nel Lazio, ottenendo quindi, per ognuno di questi impianti, il relativo *footprint* su cui condurre le analisi epidemiologiche. Nei punti che seguono vengono presentati i dettagli di tutto ciò ed i risultati ottenuti.

### 8.1 Le informazioni meteorologiche utilizzate

Vista la complessità orografica del Lazio, per il calcolo della dispersione degli inquinanti in aria è stato necessario utilizzare un modello di simulazione non stazionario e tridimensionale in grado di trattare realisticamente sia le situazioni ad orografia complessa che le situazioni costiere. Un tale modello è molto esigente dal punto di vista meteorologico e ciò ha richiesto un uno sforzo notevole per generare i campi meteorologici e micrometeorologici necessari a pilotare le simulazioni di dispersione degli inquinanti, sostanzialmente i campi tridimensionali delle tre componenti cartesiane del vento, il campo della temperatura ed i campi delle principali variabili micrometeorologiche come la deviazione standard delle tre componenti del vento e relativi tempi Lagrangiani di scala. Tali informazioni non possono essere direttamente dedotte dalle misure realizzate nelle stazioni meteorologiche convenzionali poste al suolo, ma, al contrario, è necessaria una loro ricostruzione numerica ottenuta impiegando opportuni modelli meteorologici ed assimilando gli output numerici da essi prodotti con le misure disponibili.

Per realizzare in tempi ragionevolmente brevi la simulazione senza, però, perdere in realistica, il punto di partenza per la ricostruzione dell'informazione meteorologica e micrometeorologica necessaria al modello di dispersione è costituito dai campi meteorologici ricostruiti per l'intero anno 2005 nell'ambito del progetto MINNI ("Modello Integrato Nazionale a supporto della Negoziazione internazionale sui temi dell'Inquinamento atmosferico") su tutto il territorio italiano alla risoluzione orizzontale di 20 km. La scelta dell'anno 2005, motivata in questo studio dalla necessità di realizzare le simulazioni in tempi relativamente brevi, non è penalizzante per le ricostruzioni visto il carattere climatologico dello studio e la tipicità dell'anno considerato.

I campi meteorologici prodotti dal progetto MINNI vengono quindi *assimilati* con i dati meteorologici locali e il tutto viene inserito in un sistema di analisi denominato ISAN in grado di effettuare l'integrazione delle informazioni disponibili e di ricostruire la meteorologia sui domini e alle scale scelte in questo lavoro.

I campi prodotti mediante il codice ISAN vengono quindi re-interpolati mediante il codice GAP ad una risoluzione orizzontale ancora maggiore su un dominio riferito al sistema di coordinate orizzontali UTM32, nel sistema di coordinate verticali necessaria al modello lagrangiano a particelle SPRAY utilizzato, come si vedrà nel seguito, per il calcolo della dispersione in aria delle sostanze inquinanti. GAP ricostruisce le velocità verticali rispettando il vincolo di divergenza nulla del campo di velocità reintroducendo il vincolo fisico perso durante la fasi di analisi di RAMS/ISAN.

Nel seguito vengono descritte le metodologie utilizzate per la ricostruzione sia dei campi MINNI che dei campi sui domini target di interesse per questo progetto, riassumendo i principali risultati ottenuti.

#### *8.1.1 I campi meteorologici generati dal Progetto MINNI*

Il progetto MINNI prevede la produzione di campi meteorologici orari alla risoluzione di 20 km sul dominio di riferimento nazionale relativi all'anno 2005, mediante l'utilizzo del codice meteorologico non idrostatico RAMS.

Le simulazioni vengono effettuate contemporaneamente, mediante una tecnica di *two-way nesting*, su un dominio a grande scala (rappresentato dal rettangolo esterno nella *Figura 8.1*) che copre gran parte dell'Europa e sull'area nazionale più interna che ne rappresenta un dominio innestato. I dettagli sul dominio e risoluzione a scala nazionale sono riassunti nella *Figura. 8.2*.

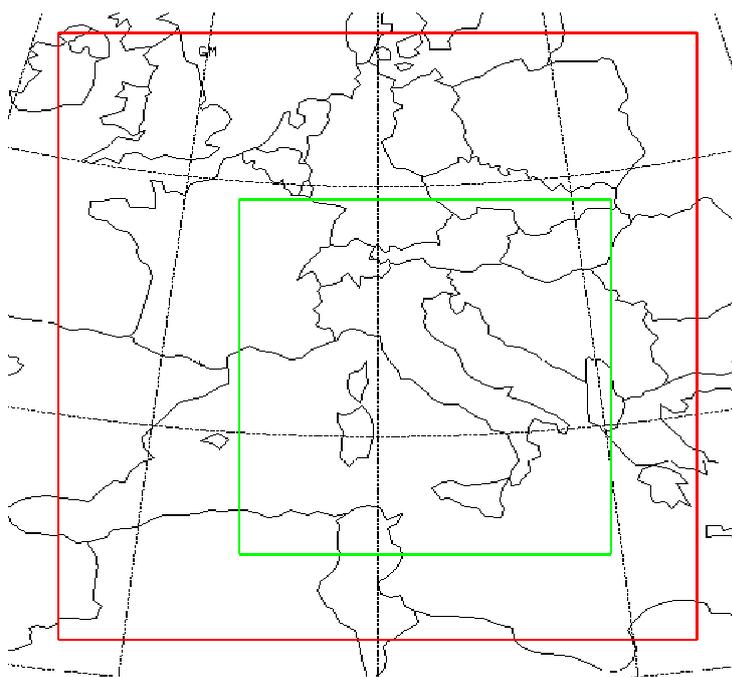


Figura 8.1. Domini di calcolo esterno (risoluzione 60x60 km<sup>2</sup>) e nazionale (risoluzione 20x20 km<sup>2</sup>) del modello MINNI.

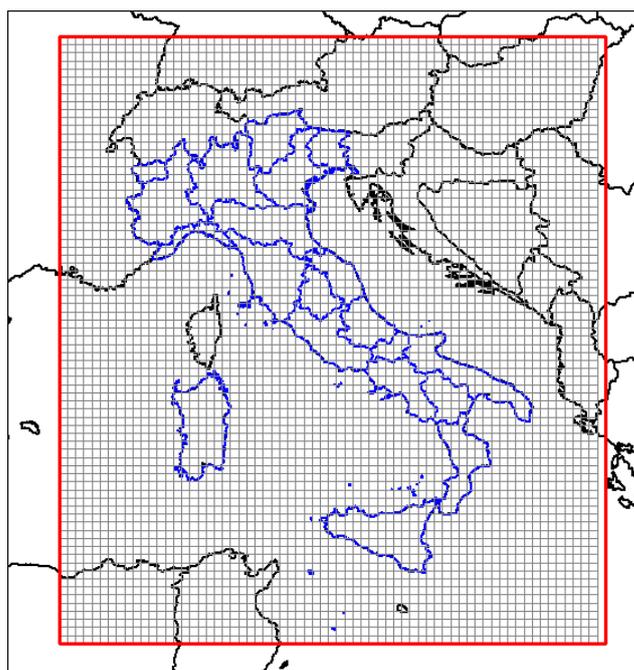


Figura 8.2. Dominio di calcolo di nazionale e grigliato a risoluzione 20x20 km<sup>2</sup> del modello MINNI.

### Definizione delle condizioni al contorno

Le simulazioni effettuate dal codice RAMS sui due domini innestati, illustrati nelle figure precedenti, sono "guidate" esternamente dalle condizioni al contorno imposte attraverso campi meteorologici prodotti da modelli a scala globale o continentale. Per le applicazioni previste dal progetto MINNI, sono stati utilizzati i campi di analisi meteorologica del ECMWF. Tali campi sono resi disponibili su livelli di pressione, ad una risoluzione spaziale orizzontale di 0.5 gradi in longitudine/latitudine.

### Definizione della temperatura superficiale del mare

La temperatura superficiale del mare costituisce un dato di input di particolare importanza per un modello meteorologico poiché il contrasto termico fra mare e terra è il meccanismo principale di generazione delle brezze, che costituiscono uno dei regimi di circolazione più frequenti nelle aree costiere. La temperatura del mare ha inoltre un'importante influenza nella generazione dei fenomeni termodinamici che danno origine alle precipitazioni. Per le simulazioni relative al 2005 sono state utilizzate le temperature superficiali disponibili negli archivi ECMWF con risoluzione spaziale congruente con i campi di analisi meteorologica precedentemente descritti. Data la variazione temporale lenta che caratterizza la temperatura del mare si sono acquisiti i valori di questa variabile su base giornaliera, utilizzando il valore alle ore 12:00 UTC come rappresentativo del giorno in considerazione.

### Osservazioni meteorologiche superficiali

Le simulazioni di RAMS per il progetto MINNI sono state effettuate in modalità di *nudging* (detta anche di assimilazione dati); in questo modo le osservazioni al suolo disponibili sono state assimilate durante l'esecuzione della simulazione attraverso un termine forzante che viene aggiunto alle equazioni della dinamica. Sono utilizzate a tal fine le osservazioni WMO di tipo SYNOP e METAR disponibili attraverso gli archivi ECMWF. Queste osservazioni costituiscono una base dati con frequenza temporale oraria.

### Modalità di utilizzo del modello meteorologico RAMS

Le simulazioni effettuate attraverso modelli meteorologici sono caratterizzate da errori (differenze fra le variabili meteorologiche calcolate e osservate) che tendono a crescere nel tempo a causa della non linearità del sistema di equazioni che descrive lo stato e l'evoluzione dell'atmosfera e dell'intrinseca instabilità dei fenomeni meteorologici. Per limitare questi errori, i campi meteorologici annuali sono costruiti a partire da simulazioni della durata di una settimana. Le simulazioni con il codice RAMS all'interno del progetto MINNI sono quindi re-inizializzate ogni sette giorni in modo da rimuovere eventuali derive dei campi calcolati rispetto alle analisi di grande scala ed alle osservazioni locali. Oltre a ciò, le simulazioni sono state eseguite in modalità di *nudging*, in modo da "forzare" i campi simulati a seguire localmente gli andamenti delle osservazioni disponibili.

### **Risultati della simulazione meteorologica del 2005**

Sono stati elaborati i campi medi mensili delle principali grandezze meteorologiche. Queste elaborazioni presentano una prima valutazione d'insieme dei risultati ottenuti. Nelle *Figure 8.3-8.5* vengono presentati i campi di temperatura media (K), umidità relativa media (%), nuvolosità media (1/10), precipitazione cumulata (mm) e vento a 10 metri relativi al mese di gennaio relativi all'intera Italia. Si osserva la scarsa presenza di fenomeni di precipitazione sull'area alpina e padana, confermata dai valori della nuvolosità media. La media vettoriale del campo di vento mostra la prevalenza di venti settentrionali e nord-occidentali. La prima parte del mese è stata infatti dominata da un campo anticiclonico al suolo associato a correnti nord-occidentali in quota che ha mantenuto condizioni di bel tempo stabile sull'intero territorio nazionale con foschie e nebbie in progressivo aumento al nord nel corso del periodo. Successivamente, si è osservato l'afflusso di correnti fredde provenienti da nord-est, che hanno determinato precipitazioni sulla Sicilia, sul versante adriatico e sull'Italia meridionale e rare precipitazioni al nord.

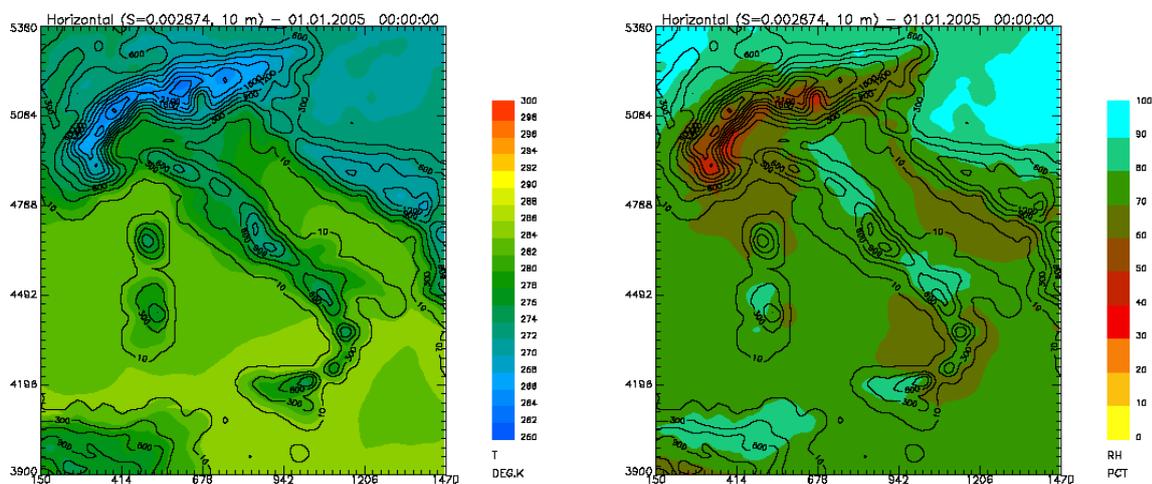


Figure.8.3. Valori medi mensili di temperatura (sinistra) ed umidità relativa (destra) superficiale (10 m), per il mese di gennaio 2005

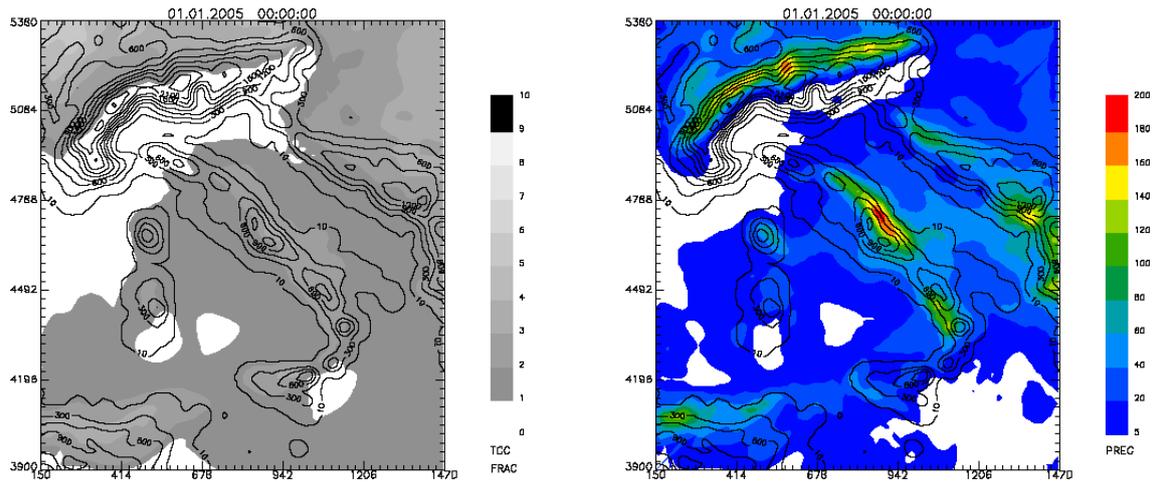


Figura 8.4. Valori medi mensili di copertura nuvolosa (sinistra) e precipitazione cumulata (destra), per il mese di gennaio 2005

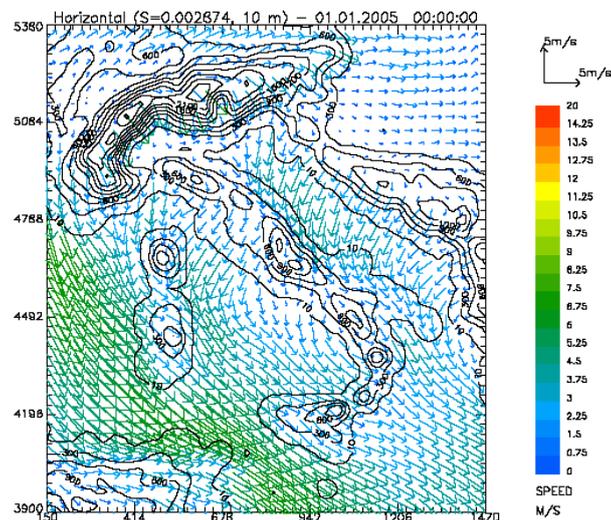


Figura 8.5. Valori medi mensili di vento vicino al suolo (10 m), per il mese di gennaio 2005.

Nelle *Figure.8.6-8.8* sono illustrati i campi di temperatura media (K), umidità relativa media (%), nuvolosità media (1/10) precipitazione cumulata (mm) e vento a 10m relativi al mese di luglio. Si osserva la presenza di nuvolosità media rilevante unicamente sull'area alpina e precipitazioni di origine convettiva che si concentrano sui due versanti dell'arco alpino, sul versante adriatico dell'Appennino centrale e sul versante tirrenico dell'Appennino meridionale. La circolazione nei bassi strati dell'atmosfera ha mostrato la prevalenza di correnti da ovest sul versante tirrenico della penisola e da nord-ovest sul versante adriatico. In generale, durante l'intero mese di luglio, l'Italia è stata interessata dal transito di saccature in quota provenienti da nord che si sono portate verso i Balcani valicando la catena alpina, causando temporali sull'Italia settentrionale e lungo la costa adriatica.

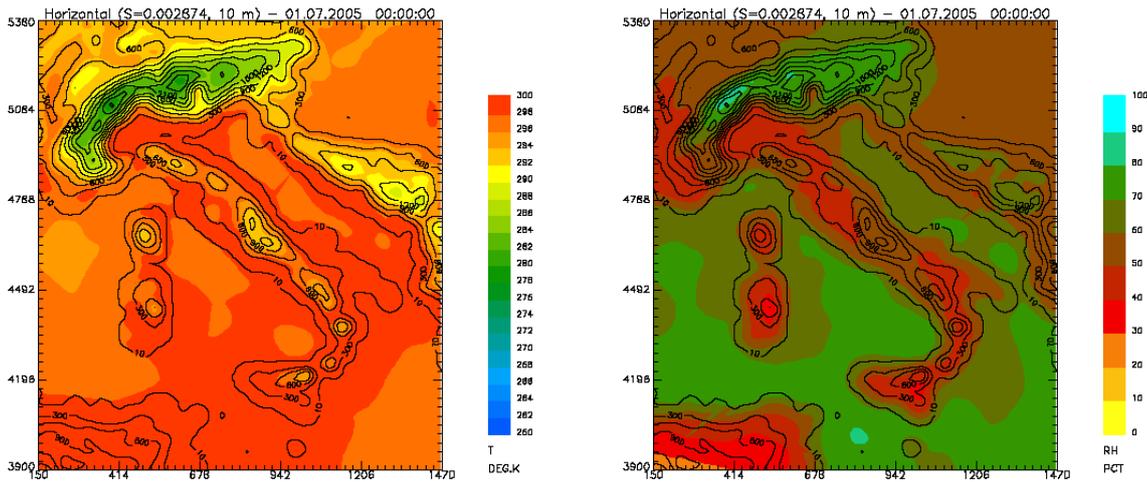


Figura 8.6. Valori medi mensili di temperatura (sinistra) ed umidità relativa (destra) superficiale (10 m), per il mese di luglio 2005.

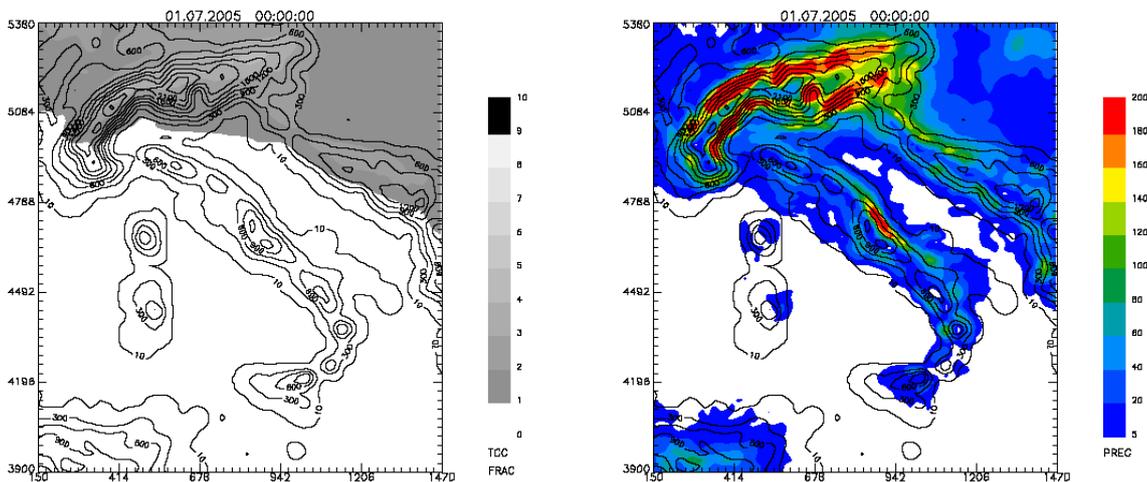


Figura 8.7. Valori medi mensili di copertura nuvolosa (sinistra) e precipitazione cumulata (destra), per il mese di luglio 2005.

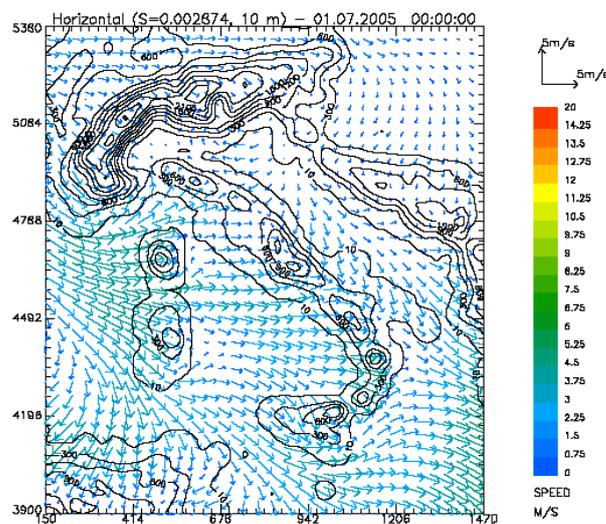


Figura 8.8. Valori medi mensili di vento vicino al suolo (10 m), per il mese di luglio 2005.

A titolo di esempio, nelle *Figure 8.9-8.10* vengono confrontati i risultati ottenuti dal modello RAMS con le analisi meteorologiche NCEP e le immagini METEOSAT per una situazione verificatasi il 19 gennaio 2005, con la presenza di un'area ciclonica sul Mediterraneo, con un minimo di pressione chiuso centrato sul mar Tirreno. In questi caso la struttura della circolazione e la posizione dei corpi nuvolosi è descritta in modo decisamente soddisfacente dal modello.

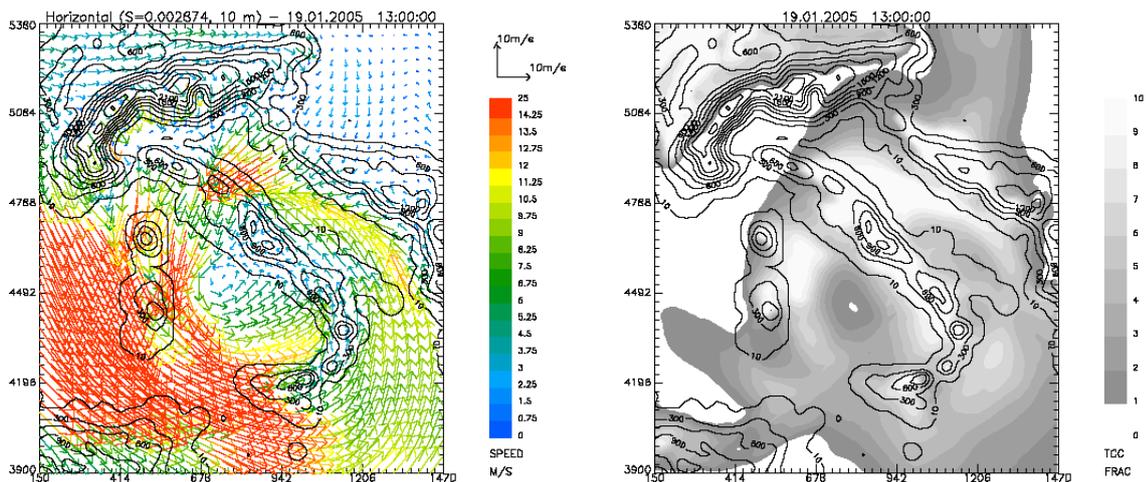


Figura 8.9. 19 gennaio 2005: 13:00 vento vicino al suolo (10 m) e copertura nuvolosa generate dal codice RAMS sul dominio nazionale.

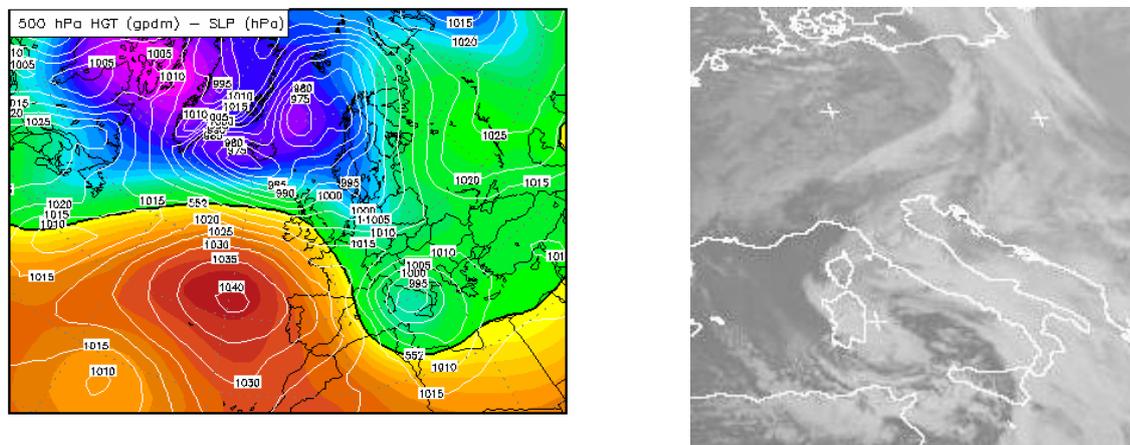


Figura 8.10. 19 gennaio 2005: 13:00, geopotenziale a 500 HPa e pressione a livello del mare (sinistra) e immagine METEOSAT (destra).

### 8.1.2 Ricostruzioni meteorologiche sul Lazio

Una volta disponibili per ogni dell'anno 2005 i campi meteorologici del Progetto MINNI sull'intero territorio nazionale, è stato necessario ottenere da questi ultimi i campi a maggiore risoluzione per la zona Laziale. A tal proposito sono state considerate due aree *innestate*, la prima in grado di ricoprire tutta la regione Lazio e la seconda, più interna, che descrive con maggiore dettaglio la meteorologia sulla zona di Roma. Per

ottenere i campi meteorologici in grado di pilotare le simulazioni di dispersione da realizzare mediante il codice lagrangiano di dispersione SPRAY, è stato necessario mettere a punto la catena modellistica illustrata schematicamente nella *Figura 8.11*.

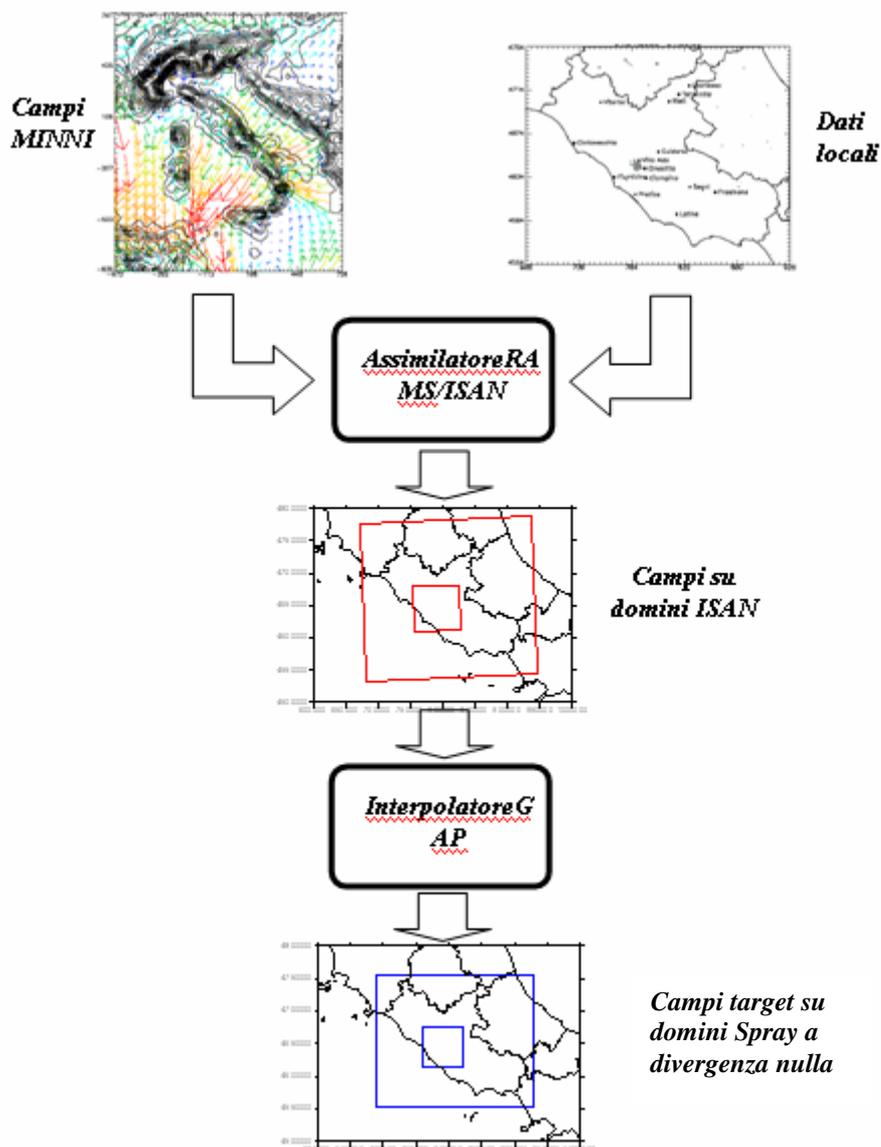


Figura 8.11. Diagramma riassuntivo delle procedure utilizzate per la costruzione dei campi meteo sui domini target.

Le caratteristiche generali delle due aree considerate sono sintetizzate nella Tabella 8.1:

	<b>Area Lazio ISAN</b>	<b>Area Roma ISAN</b>	<b>Area Lazio GAP-FARM</b>	<b>Area Roma GAP-FARM</b>
dimensione in x (km)	264	69	240	60
dimensione in y (km)	244	69	200	60
numero punti orizzontali	67 x 61	70 x 70	61 x 51	61 x 61
Risoluz. Orizzont. in x e y (km)	4	1	4	1

Tabella 8.1. Caratteristiche aree IASN e GAP-FARM

La *Figura 8.12* mostra il posizionamento dei due domini Lazio e Roma di ISAN (rettangoli rossi più interni) e di GAP (rettangoli blu più interni) rispetto al dominio nazionale MINNI (rettangolo rosso più esterno).

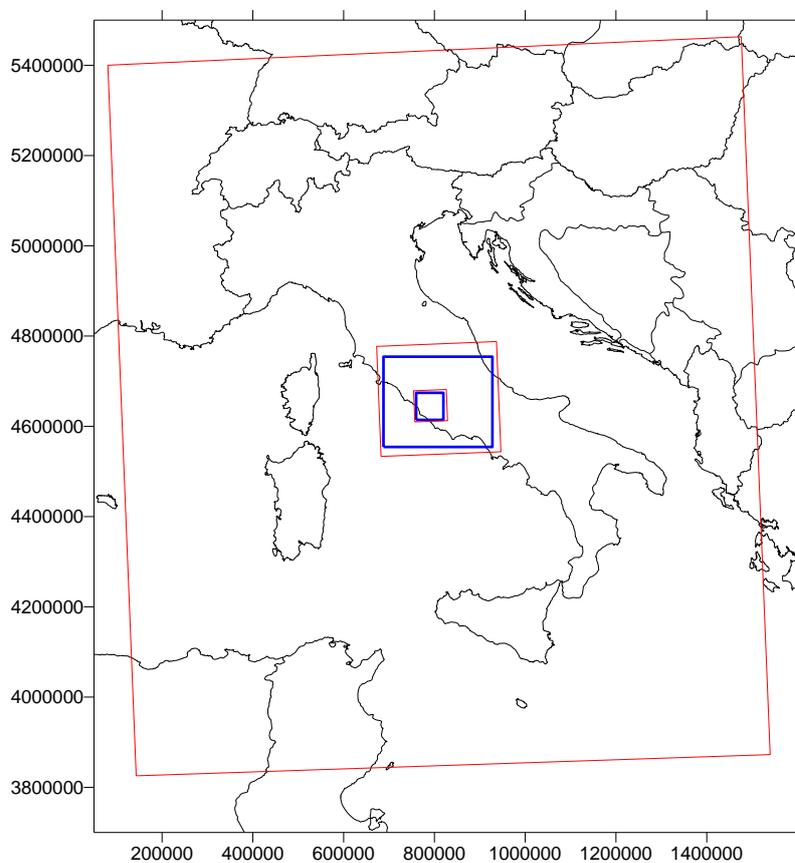


Figura 8.12. I domini target sulla regione Lazio e sulla zona di Roma (rettangoli più interni)

La *Figura 8.13* mostra infine il dettaglio delle aree ISAN e GAP-FARM, dalle quali si può notare come l'area del Lazio copre tutta la regione mentre l'area più interna relativa alla zona di Roma ricopre l'intera città

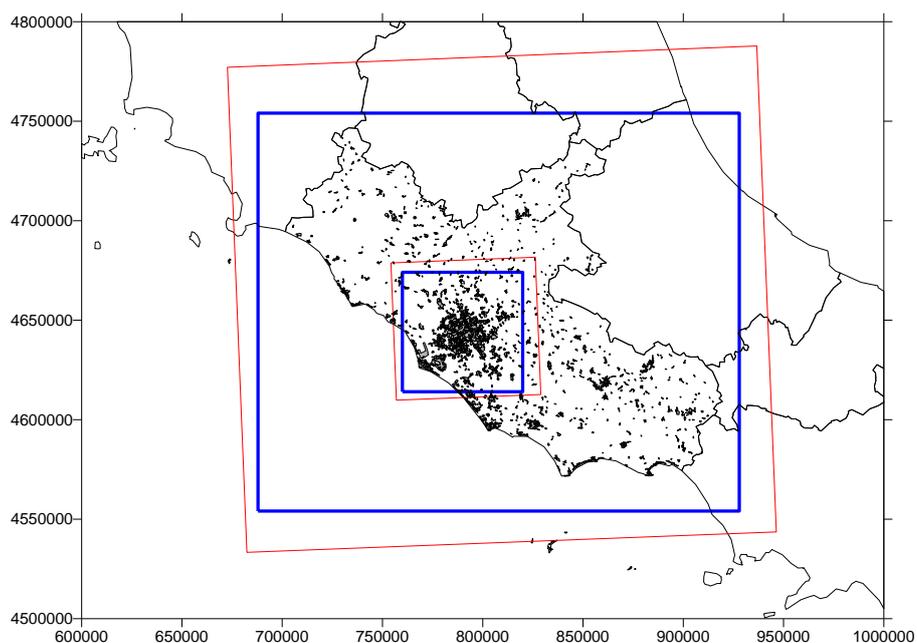


Figura 8.13. Posizionamento dei domini target sulla regione Lazio e sulla zona di Roma.

Il passaggio dal dominio MINNI ai due domini target consente di tenere in considerazione gli effetti derivanti da una topografia a maggior risoluzione e più realistica che si ottiene nel passaggio dalla risoluzione di partenza di 20 km a quelle di 4 km e 1 km. A titolo di esempio, la *Figura 8.14* mostra la topografia vista dal modello RAMS/ISAN sul dominio del Lazio nel passaggio dalla risoluzione 20 km a quella 4 km. Risulta evidente il maggiore dettaglio fornito dalla topografia a 4 km di risoluzione. Un guadagno proporzionale viene ottenuto nel passaggio dalla risoluzione 4 km a quella 1 km nel dominio di Roma. A beneficiare della migliore risoluzione non sono solo i campi meteorologici ma anche quelli di concentrazione, che risulteranno maggiormente significativi su ognuno dei domini target.

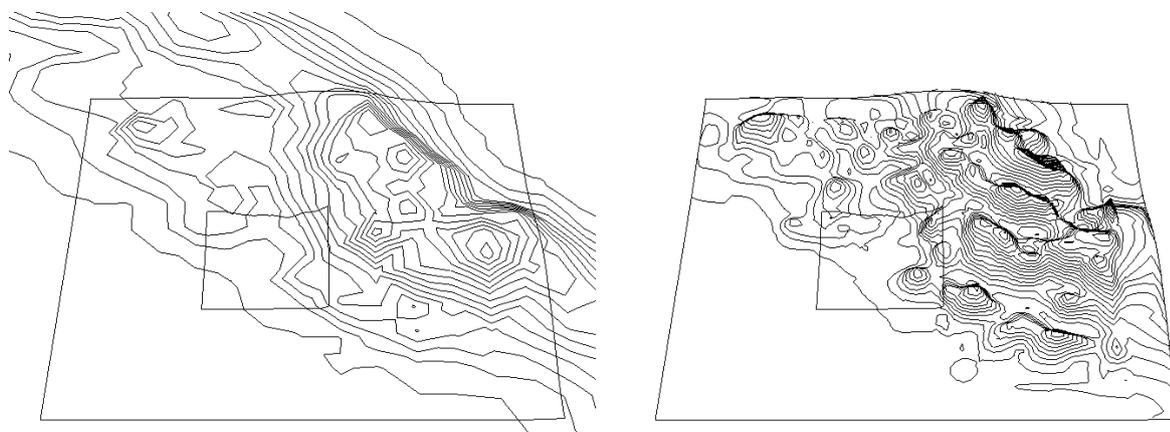


Figura 8.14. Topografia sull'area del Lazio vista a 4 km di risoluzione (sinistra) e a 1 km di risoluzione (destra).  $\Delta$  iso = 100m per entrambi i grafici

Come detto, per ottenere la discesa di scala dal dominio nazionale MINNI considerando gli effetti legati alla presenza dei dati locali è stato utilizzato il sistema di analisi dati ISAN (*I*sentropic *A*nalysis *P*ackage) fornito all'interno del codice meteorologico RAMS. ISAN è un codice di assimilazione che agisce mediante un metodo di analisi oggettiva. Con il termine analisi oggettiva sono usualmente indicati quei metodi matematici che consentono di descrivere l'andamento spaziale di una variabile meteorologica su di una griglia regolare, a partire da valori osservati distribuiti irregolarmente. Queste procedure generalmente prevedono l'integrazione delle misure disponibili all'interno di campi di background già prodotti per mezzo di modelli meteorologici, come è il caso dei campi a 20 km di risoluzione prodotti dal codice RAMS all'interno del progetto MINNI integrati da misure locali sul Lazio. ISAN permette di effettuare l'analisi a partire da tre diversi tipi di dati: radiosondaggi, osservazioni al suolo e campi meteorologici di analisi o previsione su livelli di pressione. Essendo le simulazioni del progetto MINNI costruite mediante il codice RAMS, gli output risultano rapidamente disponibili come campi meteorologici di background in questo progetto. I dati locali sono assimilati con i dati provenienti da questi campi scala più grande attraverso un processo di "analisi oggettiva di Barnes". I risultati sono quindi utilizzati per costruire i campi meteorologici tridimensionali che tengono conto delle strutture topografiche alla scala dei grigliati target innestati, come nel caso dei domini del Lazio e di Roma. Il codice ISAN effettua un'analisi oggettiva di Barnes su due differenti livelli verticali di calcolo, livelli isentropici, cioè superfici a temperatura potenziale costante, e livelli  $z^*$ , dove:

$$z^* = z_{TOP} \frac{z - z_{SURF}}{z_{TOP} - z_{SURF}}$$

che coincidono con le coordinate di calcolo di RAMS. Le coordinate isentropiche sono ritenute adatte alla descrizione del flusso a scala sinottica che, in prima approssimazione, si può ritenere adiabatico. Queste coordinate risultano però poco adatte alla descrizione dello strato limite atmosferico, dove la stratificazione è debole e quindi la risoluzione ridotta, inoltre i livelli isentropici intersecano il terreno. Il modello esegue quindi un'analisi anche sui livelli  $z^*$  che sono più adatti alla descrizione del flusso in prossimità del suolo. I due risultati vengono quindi interpolati dando maggior peso rispettivamente all'analisi isentropica negli strati elevati ed all'analisi su livelli  $z^*$  in prossimità del terreno.

Nel processo di assimilazione sono stati resi utilizzati i dati meteorologici per l'intero anno 2005 relativi a un numero quantitativo di stazioni al suolo, provenienti sia dalla rete gestita dal Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare (SMAM) che dalla rete regionale gestita direttamente da ARPA stessa. E' stato quindi effettuato un primo screening per eliminare stazioni che presentano lunghi periodi di mancanza di dati o per ridurre la ridondanza in caso di stazioni troppo ravvicinate rispetto alla risoluzione target scelta, che potrebbero potenzialmente generare dei problemi alla fase interpolativa di ISAN in presenza di contrasti evidenti tra le misure. Dopo questa fase iniziale di screening, le stazioni rimaste ed utilizzate sono quelle identificate nella *Figura 8.15*, dove in rosso vengono indicate le stazioni di SMAM ed in nero quelle di ARPA.

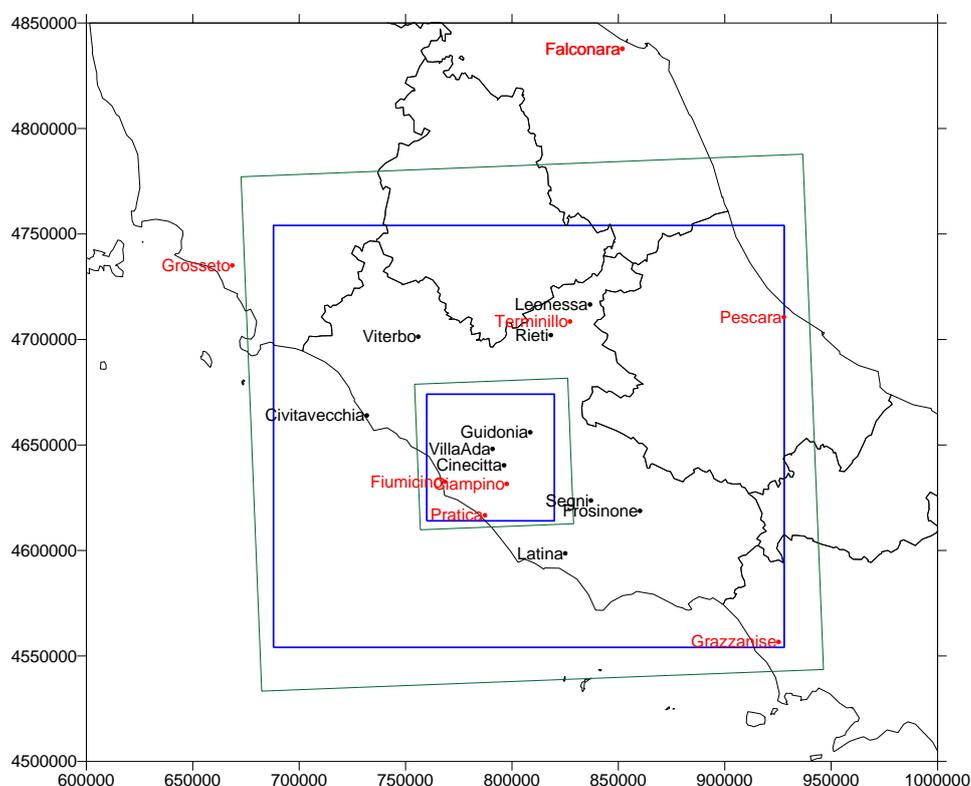


Figura 8.15. Stazioni meteorologiche al suolo considerate nel sistema di analisi RAMS/ISAN

In totale sono stati utilizzati i dati su base oraria per tutto il 2005 delle seguenti 8 stazioni SMAM e 10 stazioni ARPA:

- Roma Ciampino (SMAM)
- Pratica di mare (SMAM)
- Fiumicino (SMAM)
- Grosseto (SMAM)
- Terminillo (SMAM)
- Falconara (SMAM)
- Pescara (SMAM)

- Grazzanise (SMAM)
- Cinecittà (ARPA)
- Civitavecchia (ARPA)
- Guidonia (ARPA)
- Segni (ARPA)
- Roma Villa Ada (ARPA)
- Frosinone (ARPA)
- Latina (ARPA)
- Rieti (ARPA)
- Leonessa (ARPA)
- Viterbo (ARPA)

Le grandezze fornite da queste stazioni utilizzate nella fase di analisi di ISAN sono le seguenti:

- Velocità del vento
- Direzione del vento
- Temperatura
- Temperatura di rugiada
- Pressione atmosferica

### 8.1.3 Risultati meteorologici ottenuti

L'impiego del sistema modellistico RAMS/ISAN/GAP ha consentito di generare i campi tridimensionali di vento, temperatura, umidità relativa e pressione sia sul dominio del Lazio che su quello di Roma con frequenza oraria a partire dal 1/1/2005 01:00 fino al 31/12/2005 24:00. Per entrambe le aree vengono generati dal codice GAP campi su 12 livelli verticali con il tetto del dominio posto a circa 3500 m sopra il suolo ed il primo livello posto a circa 10 m sopra il suolo, ricostruendo le velocità verticali in modo da garantire la condizione di flusso a divergenza nulla sulle due topografie target. Complessivamente sono stati prodotti 8760\*2 files contenenti campi tridimensionali per un totale di circa 20 Gbytes. Data questa enorme mole di dati, la loro presentazione può avvenire solo attraverso esempi o grandezze riassuntive.

Il primo elemento che emerge dai risultati della ricostruzione meteorologica è la forte presenza degli effetti introdotti dall'orografia sul flusso delle masse d'aria come risulta immediatamente visibile nella *Figura 8.16* che riporta le linee di flusso e il corrispondente campo di vento vicino al suolo sull'area del Lazio, relativi ad una giornata del mese di gennaio 2005 in presenza di forte stabilità atmosferica e flusso a

mesoscala relativamente debole che tende ad essere quindi più facilmente incanalato all'interno delle strutture orografiche locali.

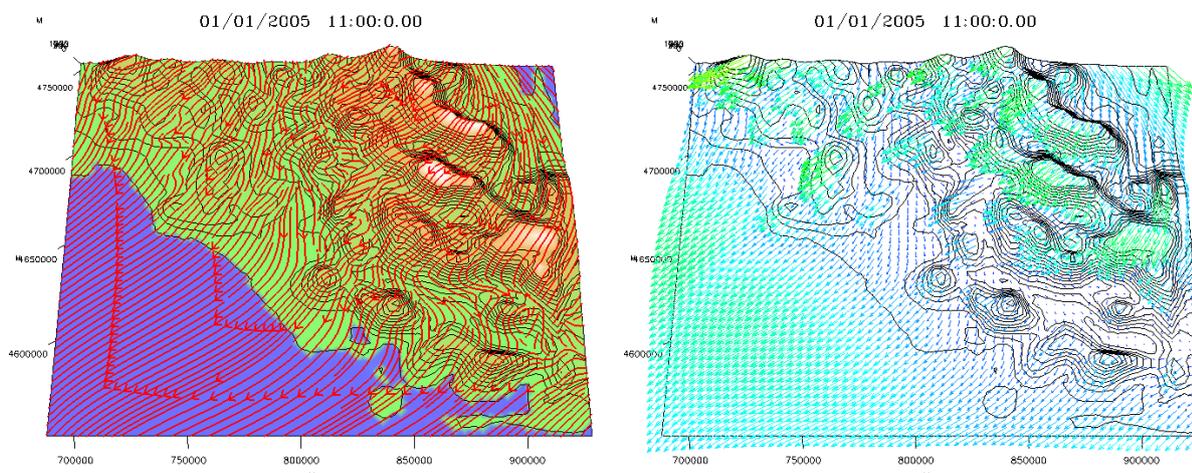


Figura 8.16. Linee di flusso (sinistra) e campo di vento corrispondente (destra) in prossimità del suolo relativi al giorno 1/1/2005 alle ore 11:00 simulati attraverso la catena RAMS/ISAN – GAP sull'area del Lazio.

Si nota una distorsione delle linee di flusso, particolarmente evidente nelle zone a Nord e a Sud-Est di Roma. In una situazione a maggiore instabilità e con venti più consistenti, il vento tende invece ad oltrepassare i rilievi subendo una minore distorsione, come evidenziato nella seguente *Figura 8.17* che descrive una tipica situazione estiva.

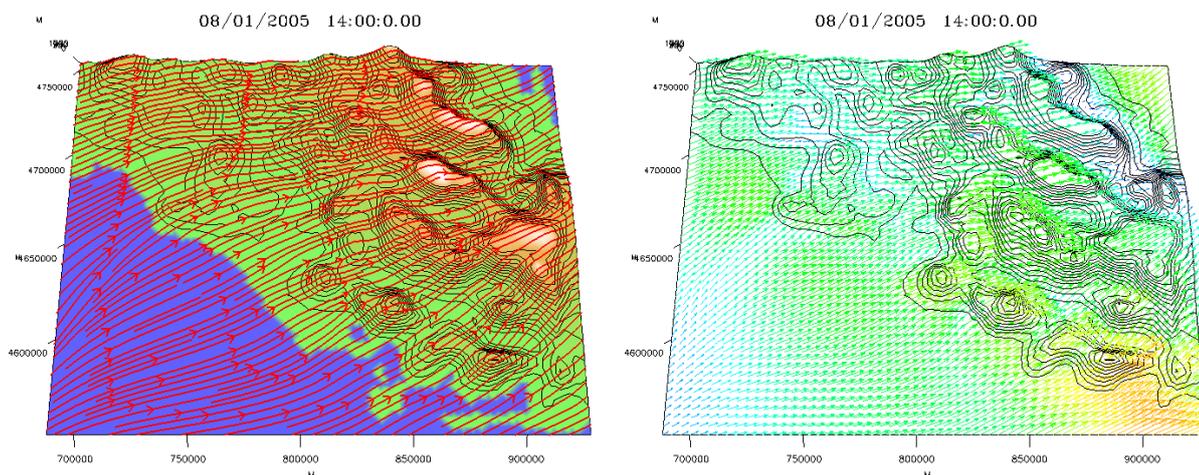


Figura 8.17. Linee di flusso (sinistra) e campo di vento corrispondente (destra) in prossimità del suolo relativi al giorno 1/8/2005 alle ore 14:00 simulati attraverso la catena RAMS/ISAN – GAP sull'area del Lazio.

La disponibilità di una base dati meteorologici di relativamente lungo periodo, consente l'elaborazione di mappe in grado di illustrare le caratteristiche del territorio in esame dal punto di vista statistico. Queste informazioni, oltre ad avere interesse per la climatologia della zona, sono rilevanti anche come informazioni di base per la gestione della qualità dell'aria locale. Basti pensare infatti come l'intensità del vento

costituisca un indice delle capacità dispersive dell'atmosfera e quindi della possibilità di diluire le concentrazioni degli inquinanti emessi dalle differenti tipologie di sorgenti presenti sul territorio. Le aree caratterizzate da venti deboli sono quindi in genere quelle potenzialmente più critiche dal punto di vista della qualità dell'aria.

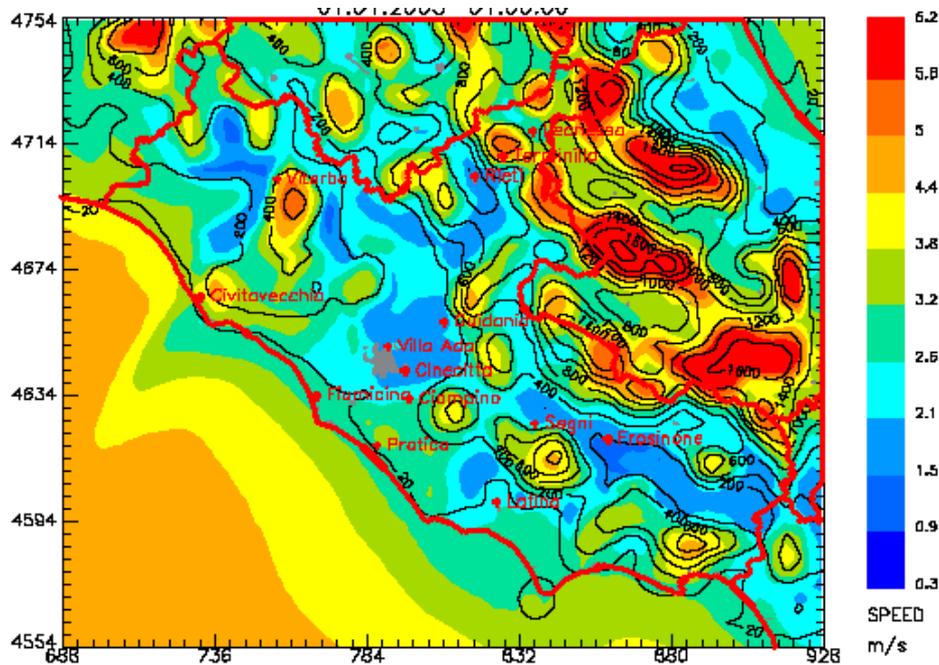


Figura 8.18. Campo di velocità media annuale del vento a 10 m di quota sul dominio del Lazio. Valori in m/s secondo la scala colorata riportata a destra.

Nelle *Figure 8.18-8.19* seguenti sono illustrati rispettivamente i campi della velocità media annuale del vento alle quote di 10 e 200 metri, al di sopra del terreno. Sulle figure sono riportati i confini regionali (in rosso), le quote altimetriche (isolinee con passo 200 metri) e la posizione delle stazioni che hanno fornito dati meteorologici. Le quote sono state scelte come rappresentative delle condizioni anemologiche incontrate dalle emissioni a bassa quota (emissioni veicolari e riscaldamento) e da quelle elevate (ciminiere di impianti industriali o di produzione di energia) ed in generale rappresentano lo strato investito dalla maggior carico di sostanze inquinanti.

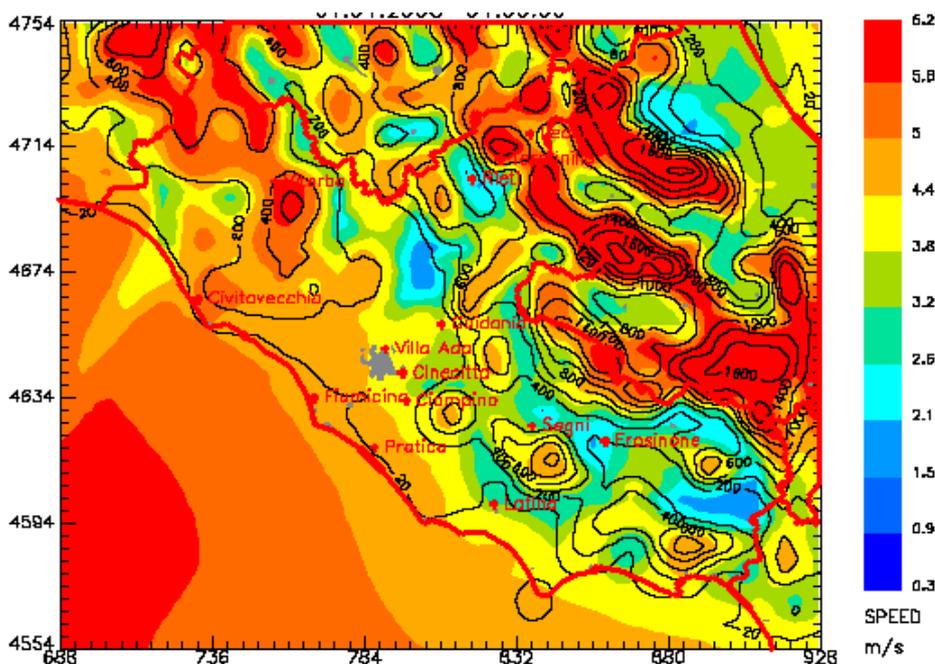


Figura 8.19. Campo di velocità media annuale del vento a 200 m di quota sul dominio del Lazio. Valori in m/s secondo la scala colorata riportata a destra.

Entrambi i campi mostrano una notevole variazione spaziale in corrispondenza delle strutture orografiche. Sia al suolo che a 200 m di quota le velocità medie sono in genere superiori a 1 m/s. Le zone più critiche si trovano a nord di Roma, nella valle del Liri ad est di Frosinone e ad ovest di Viterbo. A 200 m di quota le velocità medie del vento sono ovviamente più elevate e le aree critiche al di sotto di 2 m/s si riducono fino a quasi scomparire dal dominio, rimanendo solo a nord di Roma e a sud-est di Frosinone. Nella *Figura 8.20* il campo di intensità media annuale del vento viene messo a confronto con i dati del database nazionale SCIA (<http://www.scia.sinanet.apat.it/>) relativi all'anno 2005. Il confronto rispetto alle poche stazioni disponibili sul Lazio mostra un sostanziale accordo tra i campi generati da RAMS/ISAN-GAP e le misure.

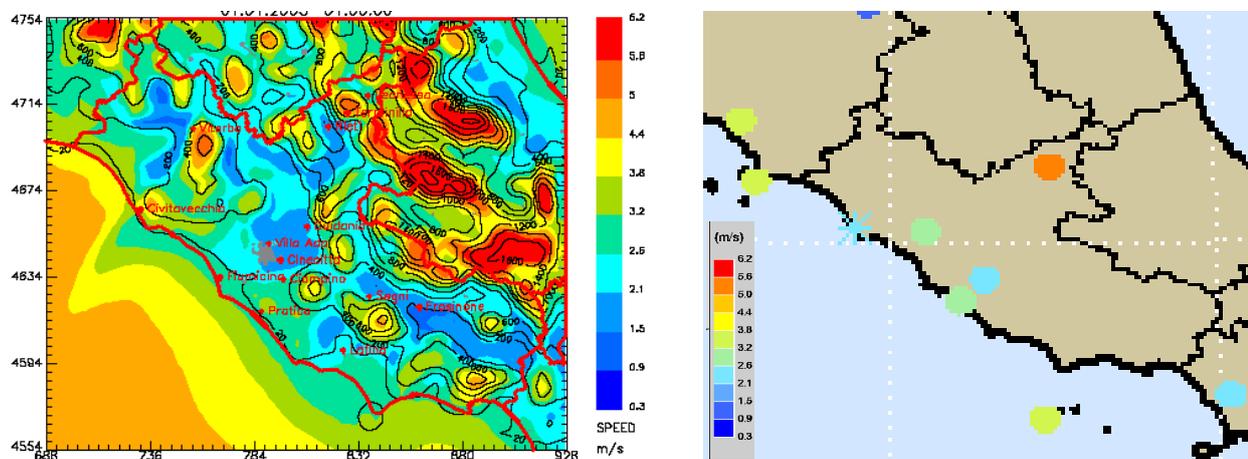


Figura 8.20. Confronto tra i campi di vento al suolo (sinistra) e i dati SCIA di vento medio in prossimità del suolo (destra) relativi all'anno 2005.

In aggiunta a quanto illustrato per le intensità medie dei venti, nelle Figure 8.21 e 8.22 viene mostrata l'incidenza percentuale, su base annuale, degli episodi di calma di vento a 10 m e 200 m (velocità inferiori a 1 m/s).

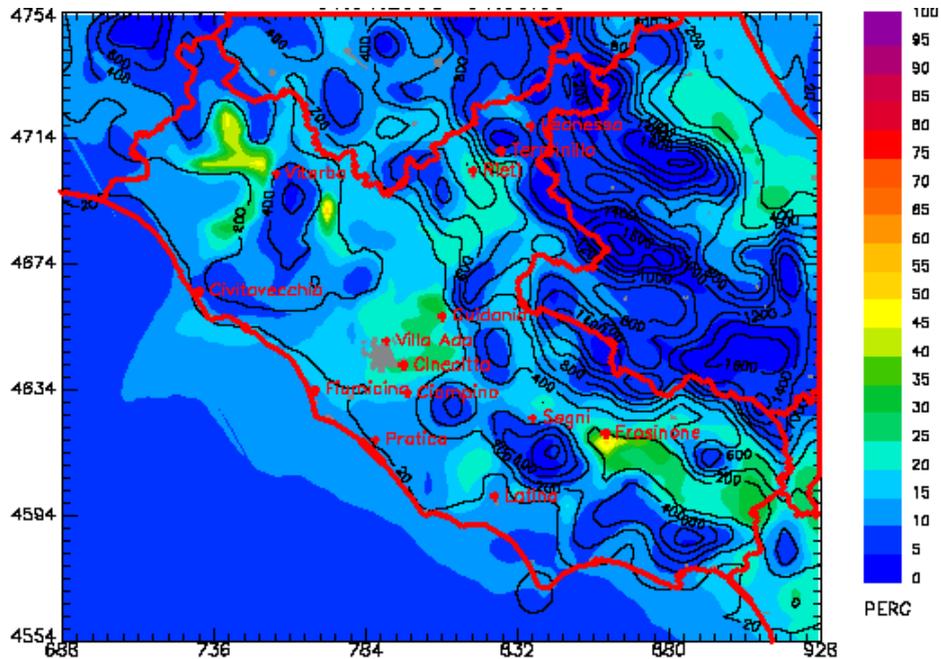


Figura 8.21. Frequenza percentuale annua delle calme di vento ( $v < 1$  m/s) alla quota di 10 metri.

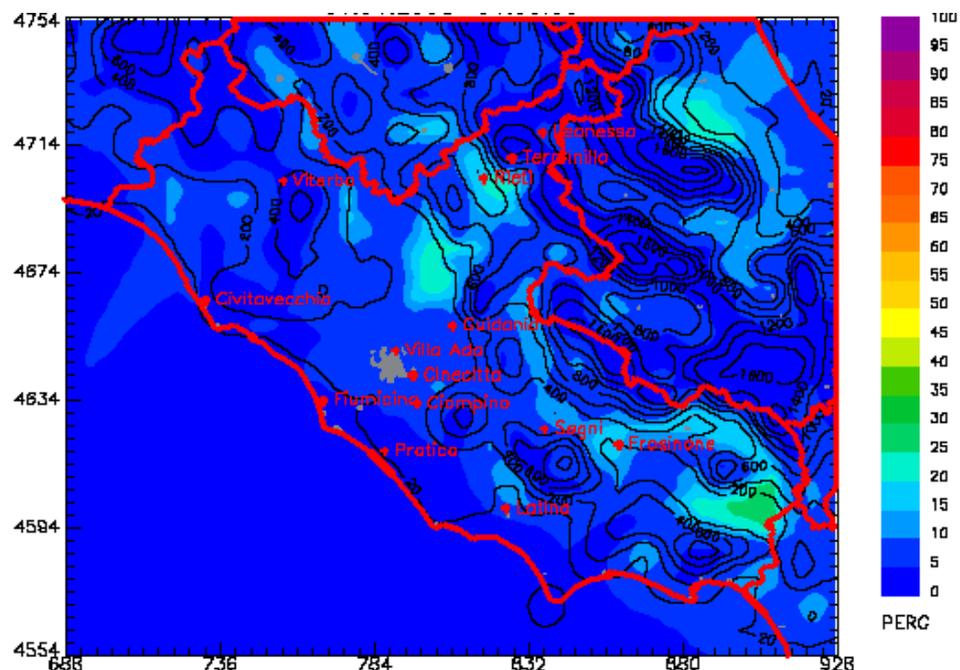


Figura 8.22. Frequenza percentuale annua delle calme di vento ( $v < 1$  m/s) alla quota di 200 metri.

A conferma di quanto già evidenziato con le velocità medie annuali, le aree in prossimità del suolo nelle quali si ha la maggiore incidenza di calme di vento si trovano a nord-est di Roma, a sud-est di Frosinone e ad ovest di Viterbo. In queste



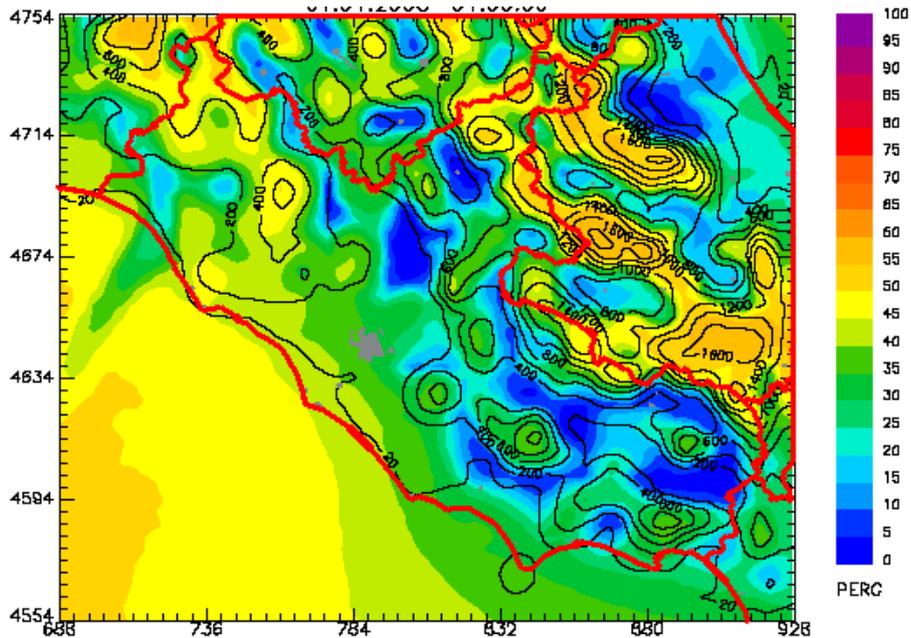


Figura 8.24. Frequenza percentuale annua dei venti moderati ( $v > 5$  m/s) alla quota di 200 metri.

Nelle *Figure 8.25* e *8.26* sono infine riportate le percentuali dei venti di forte intensità (superiori a 10 m/s), dalle quali si evince che tali eventi sono localizzati sostanzialmente nelle zone appenniniche più elevate. A 200m di quota si riscontra un numero di eventi significativo (intorno al 10%) nella zona di Viterbo.

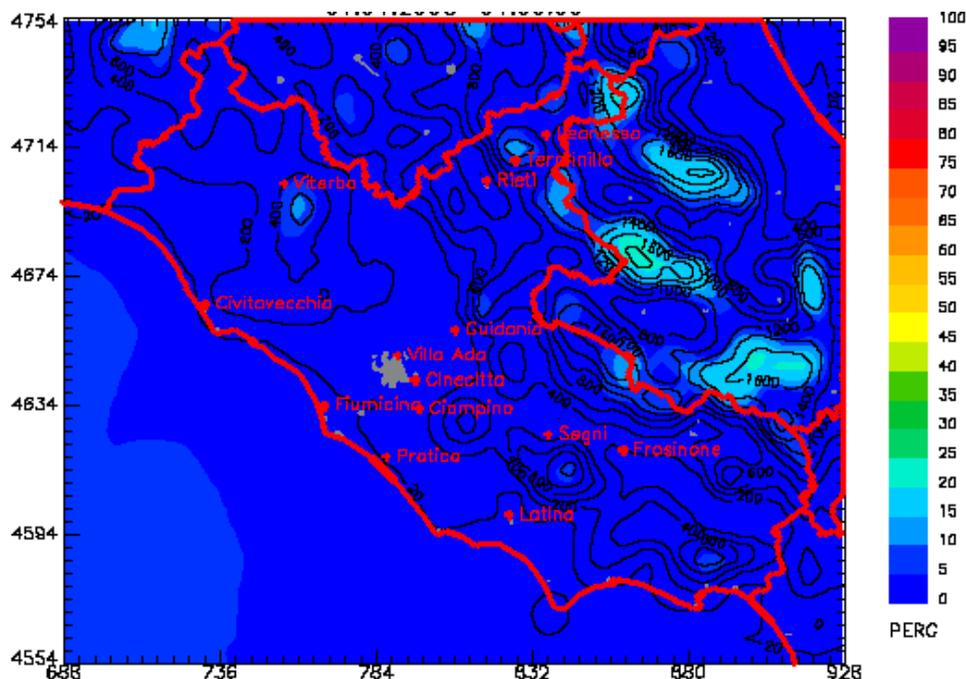


Figura 8.25. Frequenza percentuale annua dei venti forti ( $v > 10$  m/s) alla quota di 10 metri.



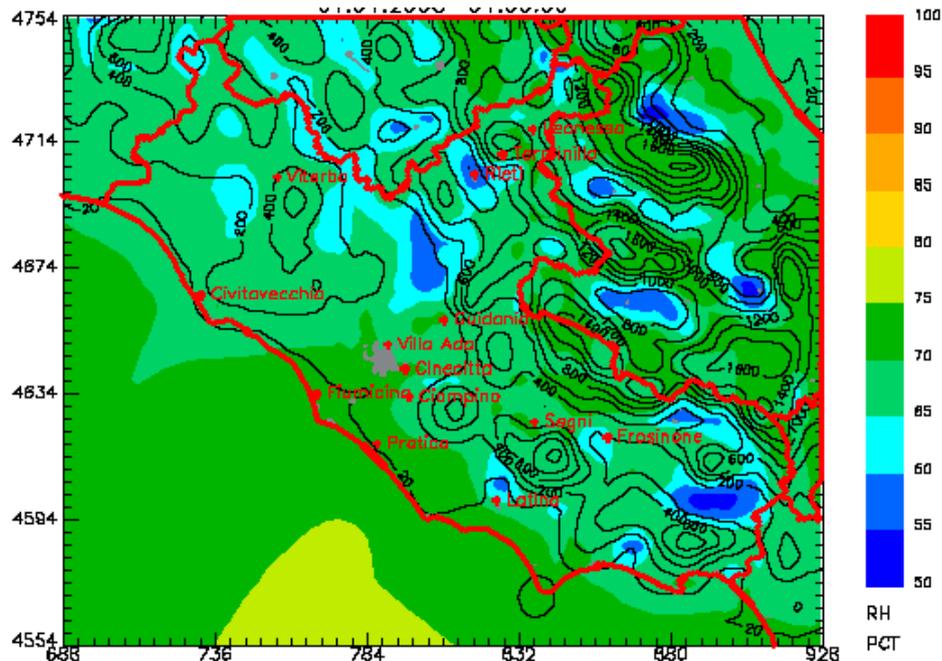


Figura 8.28. Campo di umidità relativa media annuale 10 m di quota sul dominio del Lazio. Valori in % secondo la scala colorata riportata a destra.

Da essa si osserva la presenza di una zona ad umidità relativa maggiore sulla costa, in corrispondenza del trasporto di aria più umida di mare a causa dei cicli di brezza.. Il minimo sull'area risulta essere del 51% mentre il valore massimo si attesta intorno al 76%. Valori più alti si trovano nelle zone più elevate mentre i valori più bassi sono invece nelle zone a temperatura media maggiore.

#### 8.1.4 Le situazioni ad orografia più complessa

E' opportuno, a questo punto, fare alcune considerazioni riguardo la *risoluzione* di un modello, sia questo meteorologico o di dispersione degli inquinanti.

Le simulazioni effettuate per ciascun impianto di trattamento dei rifiuti è stata eseguita utilizzando 2 modelli in *serie*: il modello meteorologico RAMS e, da questo, il modello lagrangiano SPRAY per la stima della distribuzione e della concentrazione al suolo delle sostanze simulate.

Per una maggiore realistica la *risoluzione*, che rappresenta la dimensione minima che un sistema modellistico è in grado di distinguere, del modello di dispersione deve essere uguale (o comunque non discostarsi troppo senza perdere realistica) dalla risoluzione del modello meteorologico.

Nel nostro caso i campi meteorologici, derivati da RAMS, che vengono poi utilizzati per effettuare la simulazione con il modello lagrangiano SPRAY hanno una risoluzione orizzontale di 4 km x 4 km, pertanto ne consegue che i campi di concentrazione che otterremmo da SPRAY sono distribuiti su celle di calcolo di dimensioni orizzontali pari a 4 km x 4 km. Ciò significa che non è possibile distinguere concentrazioni su distanze inferiori a 4 km e considerando la complessità, sia dal punto di vista orografico che emissivo, dell'area in esame tale risoluzione è stata ritenuta insufficiente per i nostri scopi nelle situazioni ad orografia molto accentuata come la zona di Colferro e quella di S. Vittore (Cassino).

Pertanto per ottenere i campi meteorologici con una maggiore risoluzione il modello RAMS/ISAN è stato accoppiato al modello meteorologico SWIFT/MINERVE (derivato dal codice MINERVE) il quale è un processore in grado di effettuare un *downscaling* dei campi tridimensionali (nel nostro caso quelli provenienti dal codice RAMS stesso) su una griglia più fine di quella di partenza.

Per effettuare questa operazione mantenendo la realistica è necessario avere informazioni topografiche ed orografiche dell'area in esame su un grigliato naturalmente più *fine* di quello di partenza (la risoluzione di queste informazioni deve essere almeno pari alla risoluzione finale che si vuole ottenere). Nel nostro caso, per effettuare l'operazione di *downscaling* con SWIFT, sono stati utilizzati il database topografico alla risoluzione di 3" (circa 250m) estratta dal database SRTM (voli dello space Shuttle) e il *landuse* alla risoluzione di 250m estratto dal database Corine anno 2000. In base a queste informazioni è stato possibile quindi fare il *downscaling* dei campi 3D derivati da RAMS e passare da una risoluzione orizzontale di 4km x 4km alla risoluzione di 500m x 500m.

A titolo di esempio, in *Figura 8.29* è presentata l'orografia della zona di Colferro ad una risoluzione di 4 km x 4 km e la stessa ad una risoluzione a 1 km x 1 km. Come si nota immediatamente, aumentando la risoluzione emergono molti più particolari orografici che possono indurre nelle masse d'aria incanalamenti e blocchi con immaginabili conseguenze nella distribuzione della concentrazione delle sostanze inquinanti.

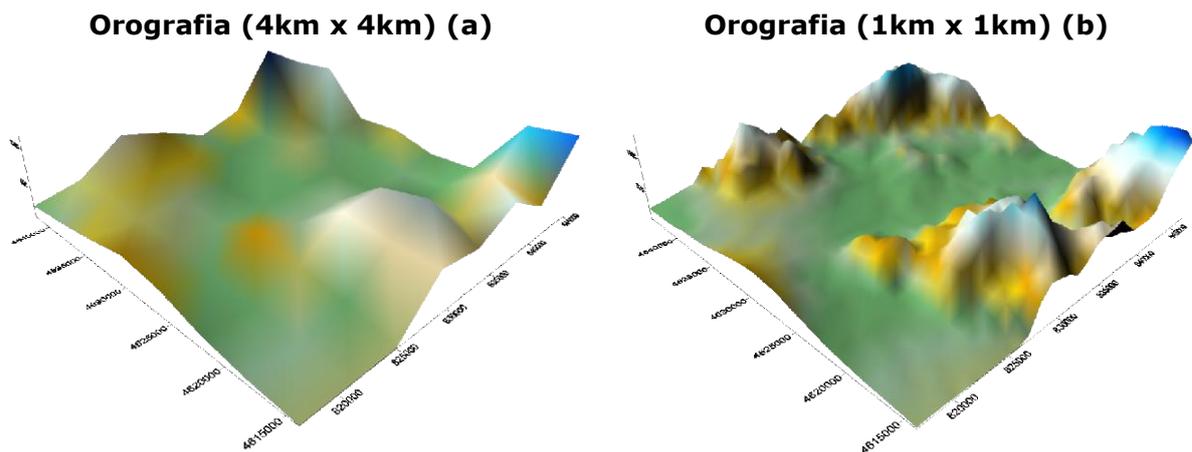


Figura 8.29. Orografia di Colleferro a varie risoluzioni

Ciò è confermato da quanto si può vedere nella *Figura 8.30* in cui vengono confrontate le linee di flusso del vento a gennaio e a giugno prodotte alla risoluzione di 4 km x 4 km dal sistema RAMS/ISAN per questo territorio e le analoghe linee di flusso dopo aver eseguito il *downscaling* con il codice SWIFT/MINERVE.

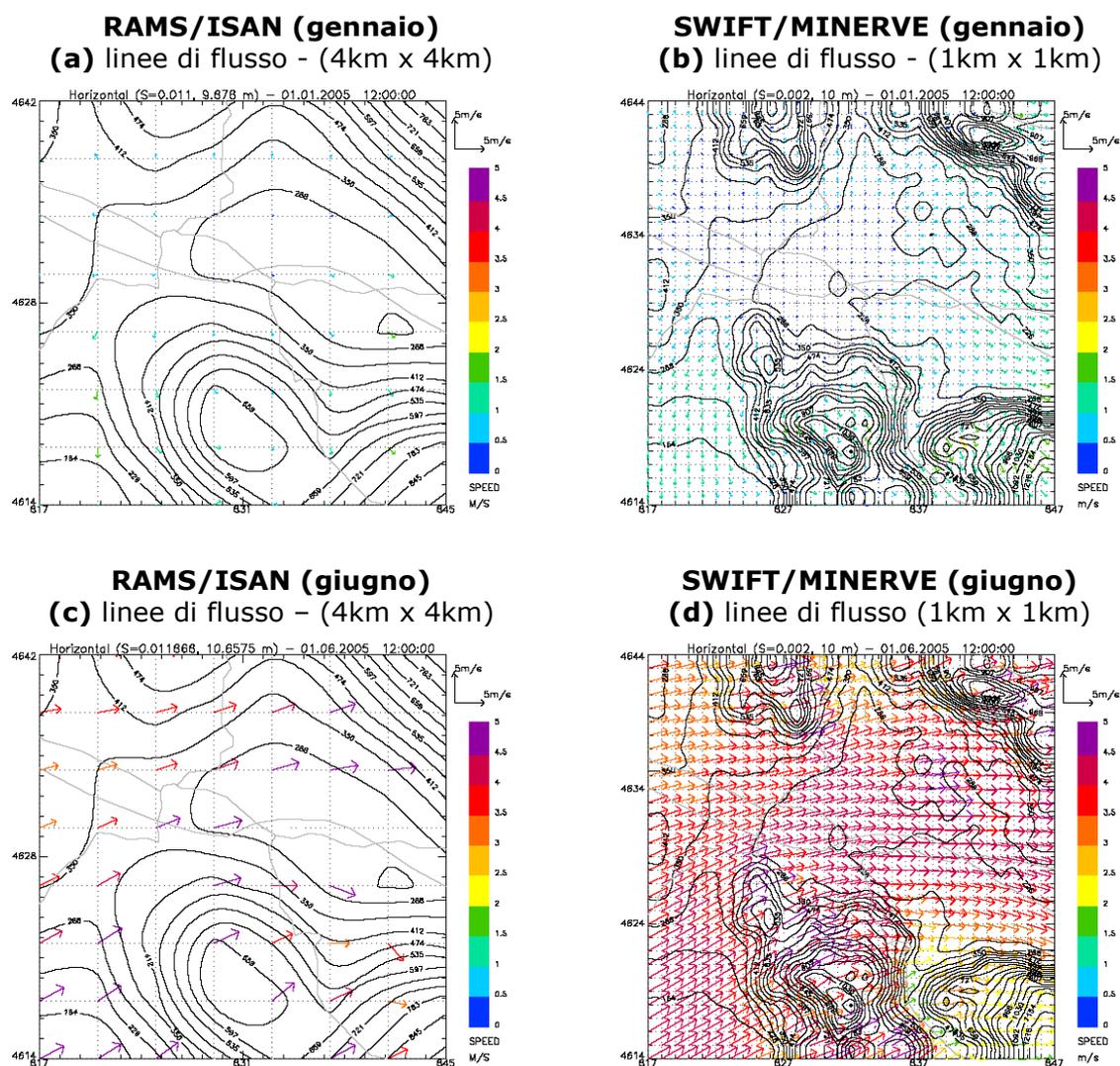


Figura 8.30. Downscaling dei campi meteorologici 3D: a) e b) campi a bassa risoluzione (4km x 4km) ottenuti con RAMS/ISAN nei mesi gennaio e giugno rispettivamente; c) e d) campi ad alta risoluzione (1km x 1km) ottenuti con SWIFT/ISAN nei mesi gennaio e giugno rispettivamente.

Le figure precedenti mostrano in che modo vengono modificate le linee di flusso e l'orografia nel passaggio da RAMS/ISAN → SWIFT/MINERVE effettuato per aumentare la risoluzione del dataset meteorologico 3D. Nelle figure a destra (*Figure 8.30b e 8.30d*) è evidente la maggiore compattezza dei campi di vento che tende a ridurre lo *sgranamento* che invece si osserva nelle figure a sinistra (*Figure 8.30a e 8.30c*). L'aumento della risoluzione orizzontale ha l'obiettivo di migliorare il dettaglio di tutte le informazioni meteorologiche che influiscono sulla dinamica, il trasporto e la dispersione delle masse d'aria e quindi, indirettamente, sulla distribuzione e sulla concentrazione delle sostanze inquinanti rilasciate all'interno del dominio di calcolo.

### 8.1.5 La ricostruzione della turbolenza

Una volta noti a livello orario i campi meteorologici medi tridimensionali delle principali variabili meteorologiche (in particolare il campo di vento) non è ancora conclusa la ricostruzione dell'insieme delle informazioni meteorologiche e micrometeorologiche necessarie al modello di dispersione degli inquinanti in aria. Ciò che manca sono le caratteristiche della turbolenza presente entro il PBL. Per ottenere ciò, si è proceduto in maniera diagnostica utilizzando il codice SURFPRO che ricostruisce tutti i parametri di interesse.

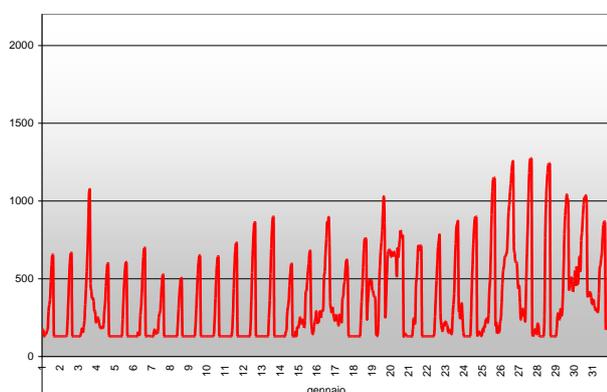
Senza entrare nel dettaglio, sono stati ottenuti a livello orario i campi bidimensionali della velocità di frizione  $u_*$ , che rappresenta la forzante meccanica della turbolenza, del flusso turbolento di calore sensibile  $H_0$ , che rappresenta la forzante convettiva, dell'altezza di rimescolamento  $h_{mix}$ , che rappresenta l'estensione verticale del PBL, e la velocità convettiva di scala  $w_*$ , che rappresenta la velocità di scala del movimento verticale dei grandi vortici convettivi.

Al fine di ottenere informazioni sull'intensità della turbolenza caratteristica dei periodi simulati, di seguito è riportato il comportamento, nei mesi di gennaio e giugno, dell'altezza di rimescolamento ( $h_{mix}$ ) della velocità di frizione ( $u_*$ ) e della velocità convettiva di scala ( $w_*$ ) che esprimono, rispettivamente, una misura dell'altezza del *PBL* e dell'intensità della turbolenza di origine sia meccanica che termica. Va ricordato che il *Planetary Boundary Layer (PBL)* è la parte di troposfera più vicina al suolo, direttamente influenzata dalla superficie terrestre, in cui si sviluppa in modo significativo e continuo la turbolenza che è poi il motore principale della dispersione degli inquinanti in aria. Come è lecito aspettarsi, si osserva un incremento dell'intensità della turbolenza nel mese di giugno rispetto al mese di gennaio dovuto all'instaurarsi della forzante termica caratteristica dei mesi estivi. Tale comportamento produce una crescita del *PBL* che, durante le ore diurne dei mesi estivi, è in grado di estendersi oltre 1500m a fronte di quanto osservato nei mesi invernali quando si mantiene generalmente inferiore ai 1000m. Pertanto, una sostanza inquinante che, durante i mesi estivi, viene rilasciata anche in prossimità del suolo ha a disposizione un volume di atmosfera maggiore, rispetto ai mesi invernali, entro il quale disperdersi poiché catturata nei flussi convettivi in grado di estendersi per tutto il *PBL* favorendo

quindi un eventuale diluizione e quindi il decremento della concentrazione nei strati atmosferici in prossimità della superficie terrestre. Il comportamento, spesso trascurato, dei parametri micrometeorologici assume un'importanza fondamentale nell'interpretazione dei risultati ottenuti da un modello di dispersione lagrangiano, poiché risulta essere la chiave che permette di legare l'andamento dei parametri meteorologici (temperatura, velocità e direzione del vento, pressione) alle concentrazioni in prossimità del suolo degli inquinanti che vengono ricostruite dal modello di simulazione stesso.

### **Altezza di Rimescolamento**

**(a) gennaio**



**(b) giugno**

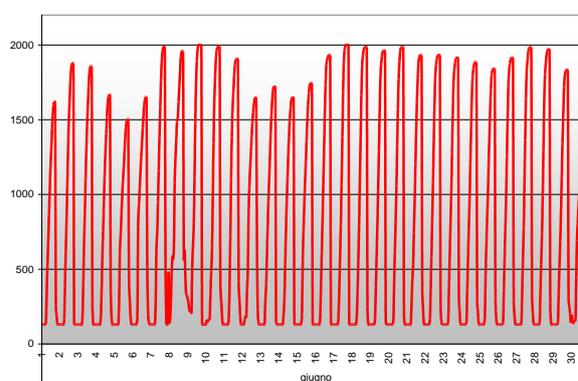


Figura 8.31. Evoluzione oraria dell'altezza di rimescolamento nei mesi di gennaio e giugno.

Nelle *Figure. 8.31* e *8.32* è riportato, a titolo di esempio, il comportamento, nei mesi di gennaio e giugno, dell'altezza di rimescolamento ( $h_{mix}$ ) della velocità di frizione ( $u_*$ ) e della velocità convettiva di scala ( $w_*$ ) che esprimono, rispettivamente, una misura dell'altezza del *PBL* e dell'intensità della turbolenza di origine sia meccanica che termica. Va ricordato che il *Planetary Boundary Layer (PBL)* è la parte di troposfera più vicina la suolo, direttamente influenzata dalla superficie terrestre, in cui si sviluppa in modo significativo e continuo la turbolenza che è poi il motore principale della dispersione degli inquinanti in aria. Come è lecito aspettarsi, si osserva un incremento dell'intensità della turbolenza nel mese di giugno rispetto al mese di gennaio dovuto all'instaurarsi della forzante termica caratteristica dei mesi estivi. Tale comportamento produce una crescita del *PBL* che, durante le ore diurne dei mesi estivi, è in grado di estendersi oltre 1500m a fronte di quanto osservato nei mesi invernali quando si

mantiene generalmente inferiore ai 1000m. Pertanto, una sostanza inquinante che, durante i mesi estivi, viene rilasciata anche in prossimità del suolo ha a disposizione un volume di atmosfera maggiore, rispetto ai mesi invernali, entro il quale disperdersi, poiché catturata nei flussi convettivi in grado di estendersi per tutto il *PBL*, favorendo quindi un eventuale diluizione e quindi il decremento della concentrazione nei strati atmosferici in prossimità della superficie terrestre.

### **Velocità di frizione ( $u_*$ ) e velocità convettiva di scala ( $w_*$ )**

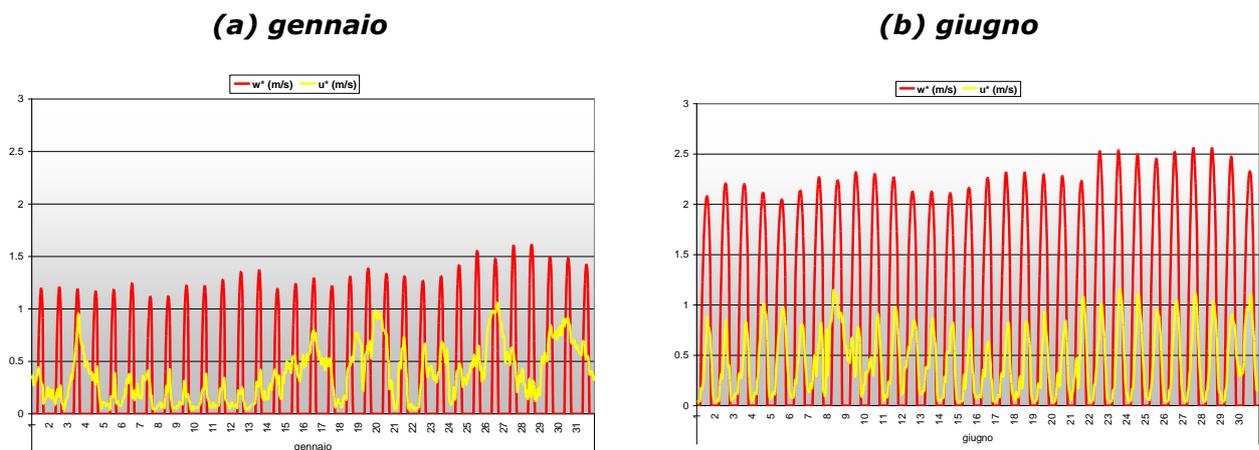


Figura 8.32. Andamento della velocità di frizione,  $u_*$ , e della velocità convettiva di scala,  $w_*$ .

## **8.2 Il modello di dispersione degli inquinanti in aria**

Viste le caratteristiche del territorio laziale si, è scelto per le simulazioni modellistiche il modello lagrangiano a particelle *SPRAY*, sviluppato dalla società ARIANET srl. Sinteticamente, *SPRAY* è un modello di tipo non stazionario, capace di operare anche in un dominio orograficamente complesso, e fornisce, ora per ora, la distribuzione spaziale dei livelli di concentrazione delle sostanze inquinanti simulate.

In particolare *SPRAY* è un modello tridimensionale per la simulazione della dispersione di inquinanti in atmosfera in grado di tenere conto delle variazioni del flusso e della turbolenza atmosferica sia nello spazio (condizioni disomogenee) che nel tempo (condizioni non stazionarie). E' inoltre in grado di ricostruire campi di concentrazione determinate da sorgenti puntiformi, lineari, areali o volumetriche. L'inquinante è simulato da "particelle virtuali" il cui movimento medio in un dominio tridimensionale è definito dal vento locale e la cui dispersione è ottenuta da velocità casuali soluzioni di equazioni differenziali stocastiche, che riproducono le caratteristiche statistiche

della turbolenza atmosferica locale. In questo modo, differenti parti del pennacchio emesso possono "vedere" differenti condizioni atmosferiche, permettendo simulazioni più realistiche in condizioni difficili da riprodurre con modelli tradizionali (calma di vento, inversione di temperatura con la quota, impatto con orografia complessa, dispersione in siti con forti discontinuità spaziali tipo terra-mare o città-campagna).

SPRAY simula la dispersione di inquinanti all'interno di un dominio di calcolo a forma di parallelepipedo in cui il contorno inferiore è rappresentato da una *funzione orografica*  $z_g(x,y)$  ottenuta interpolando con una forma bilineare le quote del terreno all'interno di ogni cella di un grigliato bidimensionale fornito dall'utente.

Senza entrare in troppi particolari, moto di ogni particella viene ricostruito utilizzando le seguenti equazioni:

$$\begin{aligned}x(t + \Delta t) &= x(t) + u_x(t) \cdot \Delta t \quad ; \quad u_x(t) = \overline{U_x}(t) + u'_x(t) \\y(t + \Delta t) &= y(t) + u_y(t) \cdot \Delta t \quad ; \quad u_y(t) = \overline{U_y}(t) + u'_y(t) \\z(t + \Delta t) &= z(t) + u_z(t) \cdot \Delta t \quad ; \quad u_z(t) = \overline{U_z}(t) + u'_z(t)\end{aligned}$$

dove  $x$ ,  $y$ ,  $z$  rappresentano le coordinate cartesiane di ogni singola particella nel dominio tridimensionale e  $u_x$ ,  $u_y$ ,  $u_z$  le componenti delle velocità, suddivise in parte media e fluttuazione turbolenta. La parte media, responsabile del trasporto degli inquinanti, fa parte dell'insieme delle informazioni meteorologiche di cui si parlerà nel paragrafo successivo. Le velocità medie sono descritte attraverso matrici tridimensionali di vento nel sistema di riferimento *terrain-following*  $x,y,s$ , in cui la coordinata verticale  $s$  è definita come:

$$s = \frac{z - z_g}{z_{top} - z_g}$$

dove  $z$  è la coordinata geometrica verticale,  $z_{top}$  l'altezza del dominio di calcolo e  $z_g(x,y)$  l'altezza dell'orografia. *SPRAY* consente di simulare condizioni non stazionarie interpolando linearmente nel tempo il valore tra quelli di due matrici successive.

Le fluttuazioni turbolente  $u'_x$ ,  $u'_y$  e  $u'_z$ , responsabili della diffusione, sono determinate risolvendo le seguenti equazioni differenziali stocastiche di Langevin:

$$u'_i(t + \Delta t) = a_i(\vec{x}, \vec{u}(t), t) + b_i(\vec{x}, \vec{u}(t), t) \Delta \quad ; \quad i = x, y, z$$

dove  $a$  e  $b$  sono funzioni della posizione e della velocità di ogni particella e dipendono dalle caratteristiche della turbolenza e dallo schema risolutivo utilizzato. *SPRAY* implementa entrambi gli schemi indicati da Thomson nel 1984 e 1987.  $\Delta\xi$  rappresenta un incremento stocastico estratto da una distribuzione gaussiana standardizzata (nel caso Thomson 1987) o non-gaussiana (Thomson 1984). Le caratteristiche della turbolenza, in grado di determinare  $a$ ,  $b$  e  $\Delta\xi$ , sono descritte da matrici tridimensionali nel sistema  $x,y,s$  delle deviazioni standard delle componenti orizzontali e verticali del vento  $\sigma_u$ ,  $\sigma_v$  e  $\sigma_w$  e dei tempi di scala lagrangiani.

Queste matrici vengono generate dal processore di turbolenza *TURKEY* attraverso profili verticali di similarità che tengono conto delle caratteristiche del terreno e si basano sulle matrici bidimensionali di *altezza di rugosità*  $z_{or}$ , *albedo* e *rapporto di Bowen* (rapporto tra flusso di calore sensibile e latente sulla porzione di terreno considerata nel punto di griglia). Inoltre sono richiesti la radiazione solare globale, la temperatura e il gradiente termico verticale all'alba. In base a questi dati vengono calcolate le variabili turbolente di scala (altezza dello strato rimescolato  $h_{mix}$ , velocità d'attrito  $u_*$ , lunghezza di Monin-Obukhov  $L$  e velocità convettiva verticale di scala  $w_*$ ) per ogni punto griglia mediante un pre-processore meteo (Paine, 1988). Vengono quindi generati i profili verticali delle variabili indicate in precedenza, attraverso relazioni dipendenti dalla stabilità atmosferica secondo gli schemi proposti da Hanna (1982). Opzionalmente, il codice può direttamente ricevere in input i campi bidimensionali di  $z_{or}$ ,  $L$ ,  $u_*$ ,  $w_*$  e  $h_{mix}$  costruiti da un codice esterno generando, tramite il processore *TURKEY*, i profili verticali delle variabili necessarie al modello.

Inoltre, *SPRAY* è in grado di simulare l'innalzamento termico di effluenti caldi mediante opportune formule dinamiche (Anfossi, 1985), in grado di tenere conto delle variazioni verticali e orizzontali di vento e stabilità atmosferica.

L'ambiente operativo realizzato attualmente per il modello *SPRAY* è descritto tramite il diagramma a blocchi di *Figura 8.33*.

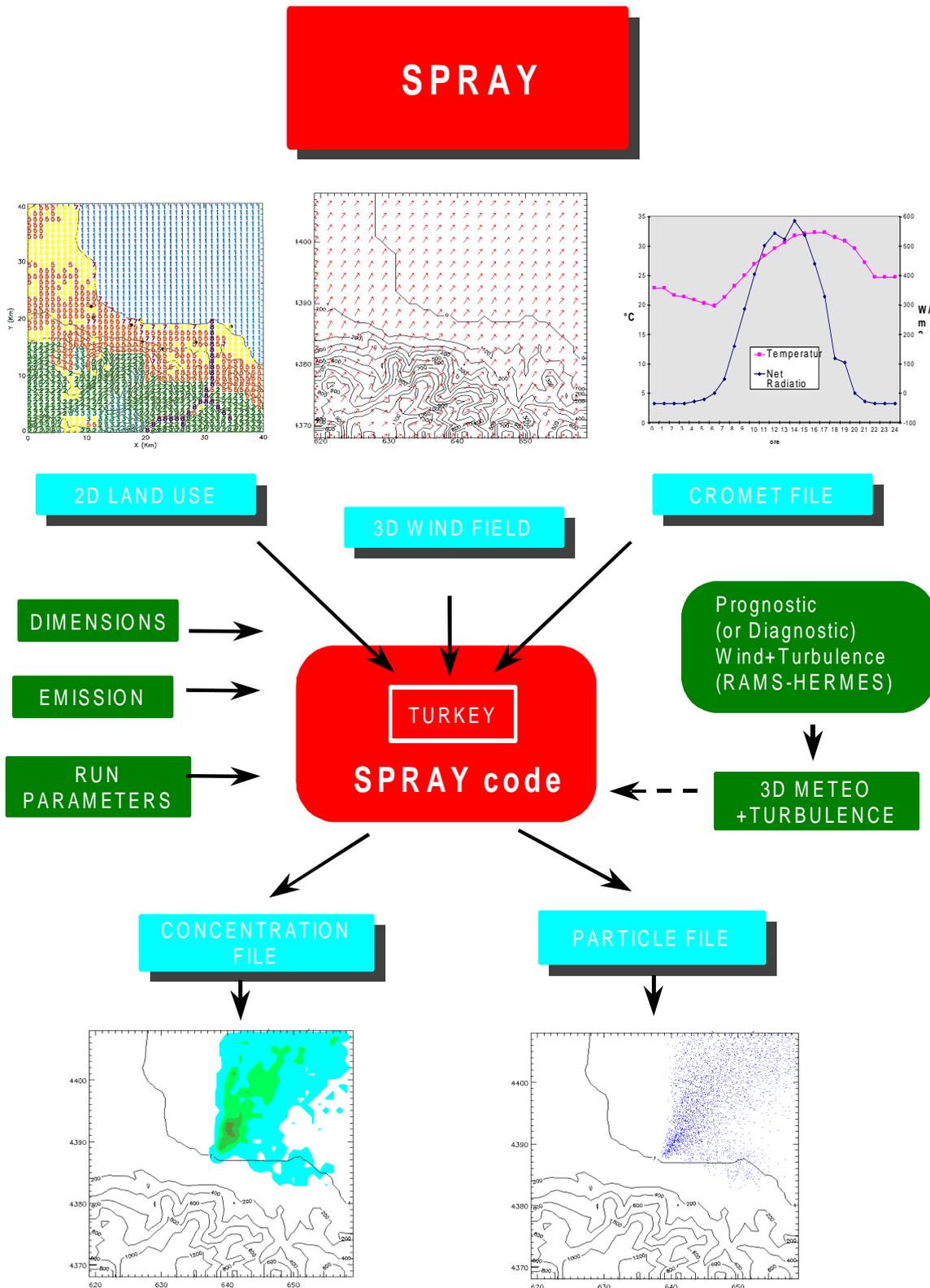


Figura 8.33: metodologia operativa del modello SPRAY

SPRAY riceve in input una serie temporale di campi tridimensionali di vento, in genere output di un modello meteorologico, in un formato binario. I campi di turbolenza possono essere generati internamente, come detto in precedenza, oppure forniti nello stesso file del vento medio, sullo stesso grigliato, come output di un modello fluidodinamico esterno. Inoltre si utilizzano files ASCII di input per la descrizione delle

sorgenti e dei parametri di *run*. Sono previste sorgenti multiple puntiformi, lineare e areali, ciascuna in grado di emettere differenti specie non reattive, con possibilità di simulare quindi sia ciminiere che strade. Il numero di particelle per ogni sorgente è selezionato dall'utente e il modello automaticamente ne determina la massa in funzione delle caratteristiche dell'emissione. Vengono inoltre fornite in ingresso le dimensioni dei principali vettori e delle matrici necessarie al codice, che provvede alla loro allocazione in modo dinamico senza la necessità di ricompilazioni.

Il modello è in grado di operare su periodi continuativi selezionati dall'utente con possibilità di effettuare *restart* intermedi, producendo ad intervalli prescelti:

- le coordinate di ogni particella attiva, assieme alla massa, età e sorgente di provenienza su un file ad accesso diretto;
- la concentrazione di inquinante su un grigliato terrain-following selezionato dall'utente, su tempi di media e ad intervalli prescelti, con il metodo del conteggio in volumi, su un file binario di struttura comune a quella dei file meteo in input

*SPRAY* è in grado di funzionare su diversi calcolatori (Workstations e Personal computer della classe Pentium) con differenti sistemi operativi (DEC-ALPHA/OpenVMS, Unix, Windows 95/98 e Windows NT) e può essere opportunamente adattato alle diverse esigenze di simulazione attraverso allocazioni dinamiche della memoria. Sono attualmente possibili due sistemi di post-processing grafico su macchine Unix e Windows 95/98/NT:

1. attraverso il sistema CIN-Graph, sviluppato su base PV-WAVE<sup>®</sup> è possibile plottare sezioni bidimensionali sia dei campi di vento e turbolenza in input, che dei campi di concentrazione e particelle prodotti in output dal modello a particelle;
2. attraverso l'uso del software Savi3D<sup>®</sup> di SESCO, sia su Workstation UNIX che su personal computer, è possibile plottare viste tridimensionali su topografia e sezioni bidimensionali dei campi meteorologici, di concentrazione e dei pennacchi di particelle, con possibilità di effettuare animazioni nel tempo.

*SPRAY* raccoglie le esperienze e le ricerche sui modelli lagrangiani "a particelle" condotte, a partire dal 1987, da ricercatori dall'ENEL - Area Ambiente in collaborazione con istituti nazionali ed internazionali: è stato utilizzato per simulare

condizioni meteo-diffusive di complessità via-via crescente, verificandone i risultati in confronto con data-set sperimentali. Le esperienze più significative sono qui elencate in ordine cronologico:

- simulazione delle condizioni convettive ottenute negli esperimenti in vena idraulica di Willis and Deardorff (Brusasca et al., 1987);
- confronto con dati sperimentali della campagna con traccianti nella valle de Reno presso Karlsruhe - Germania: sito pianeggiante e condizioni neutre e convettive (Brusasca et al., 1989);
- simulazioni in condizioni di forte stabilità e calma di vento: dati dell'esperimento con traccianti presso il laboratorio INEL in Idaho - USA (Brusasca et al., 1992);
- riproduzione degli esperimenti in galleria a vento condotti da EPA (USA) su collinette bi-dimensionali (Tinarelli et al., 1994);
- verifica della dispersione in orografia complessa reale: esperimento TRANSALP-89 con rilascio di tracciante nelle valli Levantina e Blenio - Svizzera (Anfossi et al., 1998);
- ricostruzione del campo di concentrazione al suolo dell'inquinante emesso dalla centrale termoelettrica di Sostanj - Slovenia e verifica con i dati della rete di monitoraggio (Boznar et al. 1994);
- controllo delle emissioni provenienti dalla discarica di Barricalla - Torino (Pacitti et al., 1997);
- simulazione in tempo reale delle emissioni delle centrali di Fusina e Marghera - Venezia (Stefani et al., 1997);
- studio dell'impatto delle emissioni da traffico e da riscaldamento della Regione Valle D'Aosta (Manzi et al., 1998).

SPRAY è inserito nell'elenco dei modelli segnalati dal rapporto "Modelli ad integrazione delle reti per la gestione della qualità dell'aria", Rapporto Istituto Superiore della Sanità 1993/36 ISSN 0391-1675. Inoltre in ambito europeo SPRAY è inserito nella "banca modelli" (MDS - Model Documentation System) accessibile via INTERNET all'indirizzo <http://aix.meng.auth.gr/lhtee/database.html>,

organizzata dal Centro tematico sulla Qualità dell'aria dell'Agenzia Europea (Topic center del RIVM in Olanda)

### 8.3 Gli impianti considerati

Lo studio è rivolto agli impianti di trattamento dei rifiuti presenti nel Lazio ed in particolare:

- alle discariche di:
  - Le Fornaci (Viterbo)
  - Fosso Crepacuore (Civitavecchia)
  - Cupinoro (Bracciano)
  - Cecchina (Albano)
  - Malagrotta (Roma)
  - Guidonia
  - Colleferro
  - Roccasecca (Frosinone)
  - Borgo Montello (Latina)
  
- ed ai termovalorizzatori di:
  - Colleferro
  - San Vittore del Lazio (Cassino)

Di tutti questi impianti sono state fornite in precedenza le caratteristiche distintive, mentre nella *Figura 8.34* sono localizzati geograficamente. I segnaposto, differenziati in base al colore, indicano differenti tipi di sorgente:

- il giallo rappresenta le discariche. Dal punto di vista della ricostruzione modellistica, una discarica è stata considerata una sorgenti areale. Per definirne l'*impronta* come detto si è usato come tracciante caratteristico l' $H_2S$ . Nella realtà, queste sorgenti sono sostanzialmente delle aree con geometria altamente irregolare che non può essere gestita direttamente dal modello di simulazione della dispersione degli inquinanti in aria. Pertanto, è stato necessario rappresentare la discarica come un insieme di aree quadrate che approssimano il poligono di partenza. Un esempio di ciò è presentato nella *Figura 8.35* in cui sono visibili i lotti della discarica di Malagrotta (figura di sinistra) e l'approssimazione considerata (figura di destra). Le emissioni di questi impianti sono essenzialmente legate ai processi di degradazione e decomposizione della componente organica dei rifiuti che quotidianamente

vengono portati in discarica. L'aspetto principale è che le sostanze emesse non sono quelle che comunemente vengono misurate per determinare lo stato della qualità dell'aria ma fanno riferimento a contesti differenti, come l'odore, che seppur strettamente connessi con l'inquinamento atmosferico, vanno trattati in maniera profondamente differente. Da qui la scelta di considerare come elemento tracciante l'idrogeno solforato ( $H_2S$ ) che rappresenta globalmente tutte le sostanze odorigene;

- il rosso indica gli impianti di incenerimento e/o termovalorizzazione che vengono modellati come sorgenti puntuali di cui dobbiamo conoscere localizzazione geografica, quota di rilascio, diametro interno della ciminiera, temperatura e velocità di uscita dei fumi ed emissioni annuali di inquinanti. Essendo interessati all'impronta dell'impianto, si è scelto come tracciante tipico l'insieme degli ossidi di azoto  $NO_x$  (ovvero  $PM_{10}$ );
- in blu scuro è indicata la raffineria presente nell'area di Malagrotta, modellata anch'essa come sorgente puntuale; di conseguenza i parametri che caratterizzano tale sorgente sono gli stessi degli inceneritori.



Figura 8.34. Localizzazione dei differenti impianti di trattamento dei rifiuti considerati nello studio

**geometria reale dei singoli lotti**



**approssimazione modellistica dei singoli lotti**

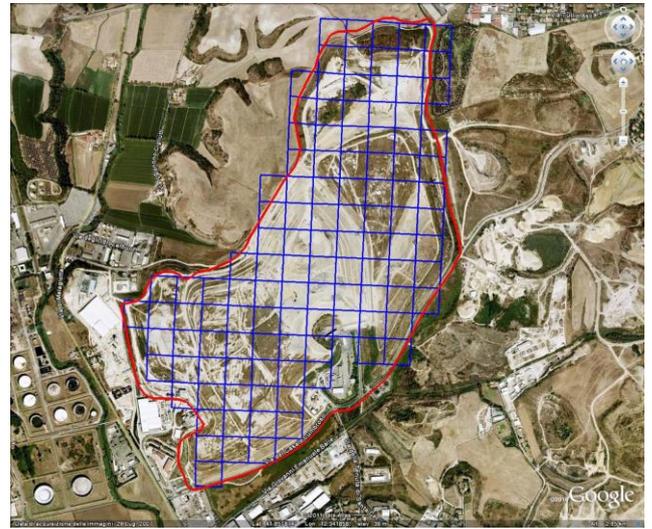


Figura 8.35. Metodo adottato per rappresentare geometricamente le discariche.

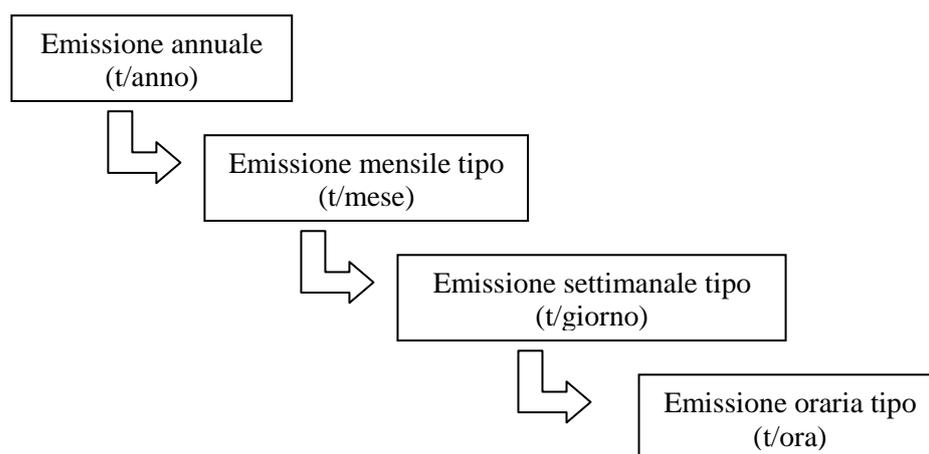
#### 8.4 La ricostruzione dell'impronta degli impianti

##### 8.4.1 La metodologia impiegata

Sulla base di quanto detto, la ricostruzione dell'impronta dei vari impianti è stata condotta nel modo seguente:

- in primo luogo è stata individuato per ogni sito interessato dalla presenza di un impianto il dominio di simulazione, cioè l'area entro cui ricostruire gli effetti dell'impianto considerato sulla qualità dell'aria. Viste le caratteristiche degli impianti considerati, si è stabilito che un'area quadrata 30km x 30km centrata sull'impianto o sulla discarica in questione fosse adeguata a definirne in maniera completa l'impronta ambientale. La risoluzione orizzontale adottata è stata di 500 m;
- sono state definite le emissioni delle diverse sorgenti presenti e che potenzialmente possono contribuire all'inquinamento locale. Impianto per impianto, è stata individuata la localizzazione delle singole emissioni, la quantità ed il tipo degli inquinanti emessi, la variazione caratteristica nel tempo di tali emissioni e le modalità della loro emissione (altezza di rilascio, velocità

dei fumi e relativa temperatura). Un'accurata stima di ciò è l'ingrediente essenziale per una realistica modellizzazione della dispersione degli inquinanti in aria. Come si è visto, ciascun impianto è stato caratterizzato da una sostanza *marker* (gli ossidi di azoto per i termovalorizzatori e l'idrogeno solforato per le discariche) e dal relativo tasso di emissione annuo. Il modello di dispersione richiede, però, tassi di emissione a livello orario, non realmente disponibili. Pertanto, in mancanza di informazioni specifiche riguardanti i coefficienti di modulazione temporale richiesti dal modello, le emissioni puntuali e le sorgenti areali (discariche) sono state distribuite uniformemente lungo tutto il periodo di calcolo poiché si è ritenuta essere questa la scelta più conservativa. Sostanzialmente è stata adottata l'ipotesi di massima operatività delle sorgenti simulate lungo tutto l'arco delle 24 del giorno tipo compatibilmente con i valori annui di emissione. Lo schema di passaggio da un valore di emissione annuo ai tassi di emissione oraria è qui di seguito riportato.



avendo a disposizione i campi meteorologici ad elevata risoluzione per tutto il territorio laziale, da essi sono state estratte le porzioni relative ai singoli impianti che sono state utilizzate dal modello di dispersione lagrangiano a particelle.

Il modello di dispersione SPRAY ha considerato ogni singola ora dell'anno di riferimento e per ciascuna ora ha prodotto il campo di concentrazione media oraria a livello del suolo per il marker dell'impianto. Al termine della simulazione, da tutti questi campi orari si è ottenuto il campo della concentrazione media annuale. Nella sua graficazione sono stati evidenziati le varie superfici di isoconcentrazione tra il valore massimo di concentrazione riscontrata e la concentrazione pari a 0.1 il valore massimo. Per quanto detto in precedenza, si è quindi giunti alla definizione

dell'impronta di ciascuno degli impianti considerati.

#### 8.4.2 Il footprint degli impianti

L'applicazione della metodologia sopra descritta ha consentito di individuare il *footprint* di ognuno degli impianti considerati. Qui di seguito vengono presentati i risultati ottenuti (si veda tavola 4).

##### 8.4.2.1 Discariche

Per ciascuna delle discariche oggetto dello studio, tranne la discarica di Malagrotta di cui si parlerà nel seguito, è stato ricostruito il *footprint* relativo relativamente al *marker* che è l'idrogeno solforato H<sub>2</sub>S. Qui di seguito viene riportata la distribuzione spaziale della concentrazione media annua di H<sub>2</sub>S. Nelle mappe, su cui sono riportate le principali indicazioni geografiche del sito in esame, è evidenziata la mappa in falsi colori della distribuzione al suolo della concentrazione media annua della sostanza *marker*. Per semplificare la lettura, l'estensione massima della zona in colore azzurro rappresenta il *footprint* dell'impianto, cioè il luogo dei punti in cui la concentrazione della sostanza *marker* risulta non inferiore 0.1 volte la concentrazione massima.

Nella Tabella 8.2 vengono riportate per ciascuna discarica sia l'emissione totale annua che la concentrazione massima stimata sulla base della meteorologia considerata e delle caratteristiche orografiche della zona.

Discarica	Emissione Annua [t/a]	Cmax [µg/m <sup>3</sup> ]
Viterbo - Le Fornaci	1,07	1,18
Civitavecchia - Fosso Crepacuore	0,15	0,11
Bracciano - Cupinoro	0,38	0,31
Albano - Cecchina	0,45	0,23
Guidonia - Inviolata	0,53	0,35
Colleferro - Colle Fagiolaria	1,01	0,75
Frosinone - Roccasecca	0,23	0,31
Latina - Borgo Montello	2,92	1,19

Tabella 8.2. Emissione di H<sub>2</sub>S delle discariche e relativa concentrazione stimata

Per meglio apprezzare i risultati ottenuti, nella *Figura 8.36* seguente viene evidenziata la relazione esistente tra le emissioni annuali di H<sub>2</sub>S di ciascuna discarica e la concentrazione massima stimata. Come si può vedere:

- non esiste una relazione lineare tra le emissioni annue e le concentrazioni

massime stimate,

- comunque ipotizzando informalmente una relazione lineare tra emissioni e concentrazioni massime, risulta evidente che la concentrazione massima relativa alla discarica di Frosinone – Roccasecca risulta decisamente superiore alla media regionale, cosa che evidenzia come l'area di Frosinone sia particolarmente critica dal punto di vista della dispersione degli inquinanti in aria,
- viceversa, la concentrazione massima relativa alla discarica di Borgo Montello (Latina) risulta decisamente inferiore a quanto si potrebbe prevedere e ciò è il risultato diretto dell'azione benefica che le condizioni costiere possono avere nei confronti della dispersione degli inquinanti in aria,
- a rafforzare il fatto che le concentrazioni al suolo non sono direttamente proporzionali alle emissioni è il caso delle discariche di Bracciano e di Albano. Mentre le emissioni annue di Albano risultano superiori di oltre il 15% a quelle di Bracciano, la concentrazione massima di Albano risulta inferiore di quasi il 35%. Tutto ciò è opera della diversa capacità disperdente delle due zone e delle diverse condizioni orografiche.

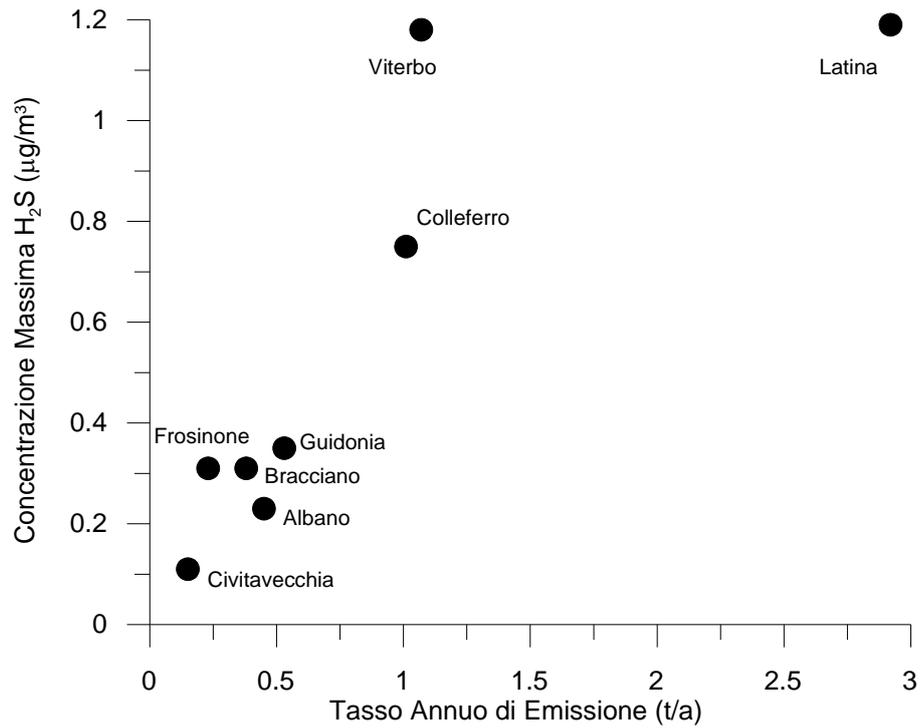
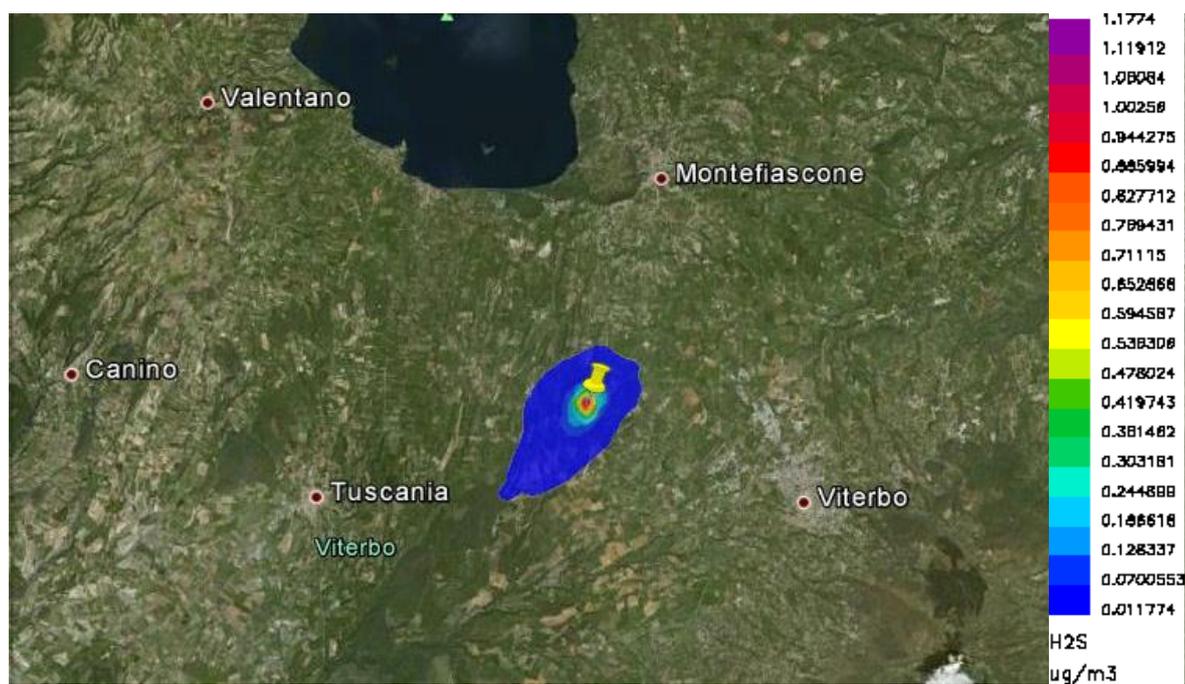


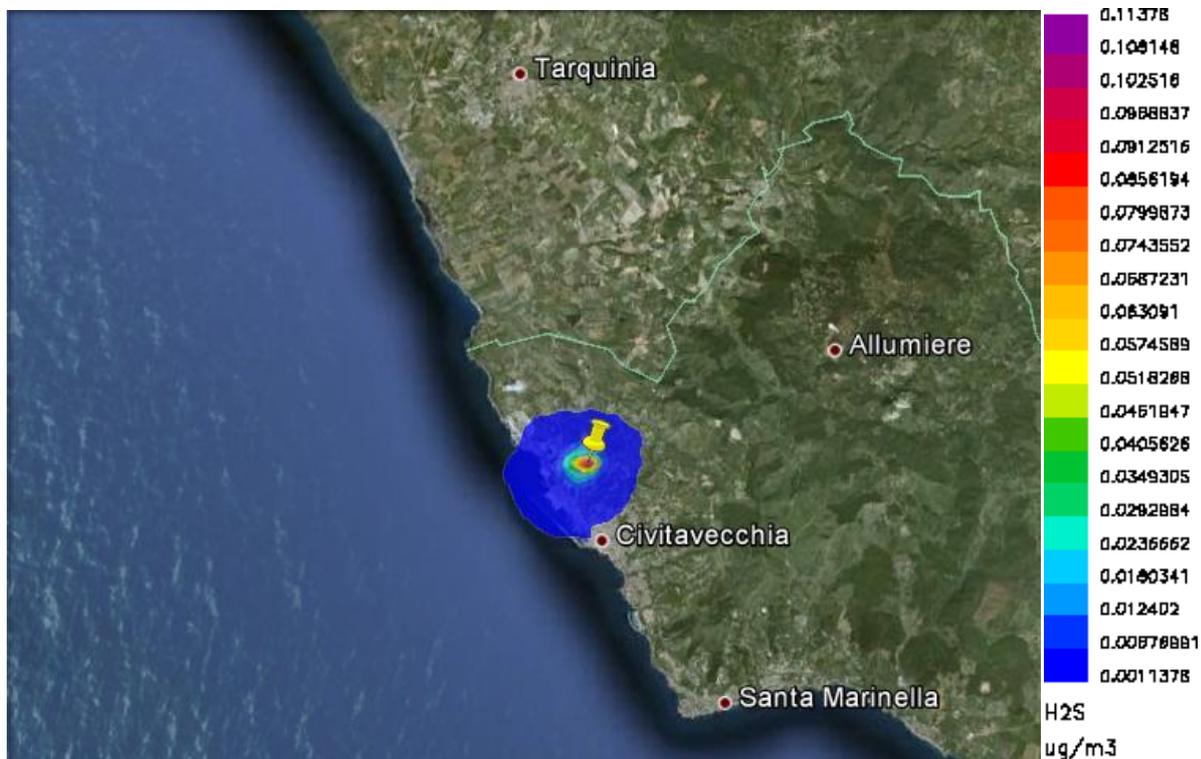
Figura 8.36. la concentrazione media annua di H<sub>2</sub>S in funzione delle emissioni annue

Per completare il quadro, qui di seguito vengono presentate le mappe che descrivono nei dettagli il *footprint* delle varie discariche considerate.

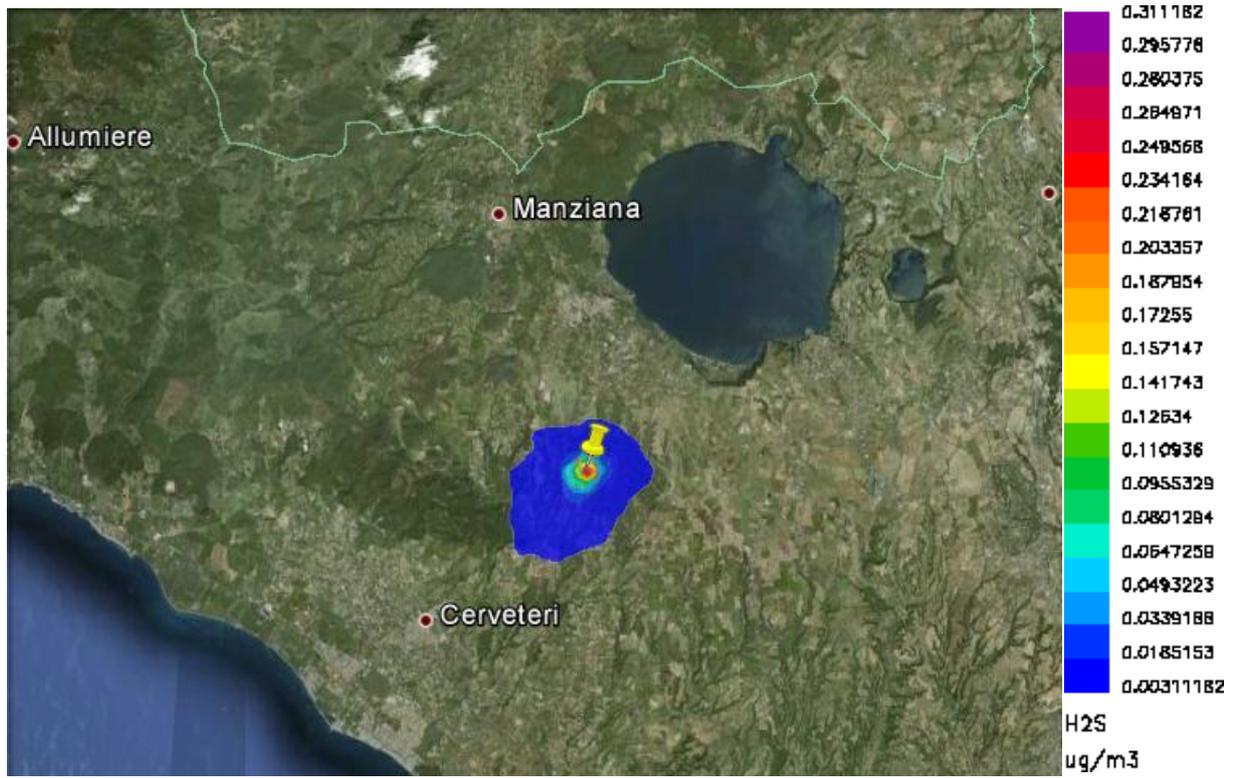
**Discarica di Viterbo – Le Fornaci**



**Discarica di Civitavecchia – Fosso Crepacuore**



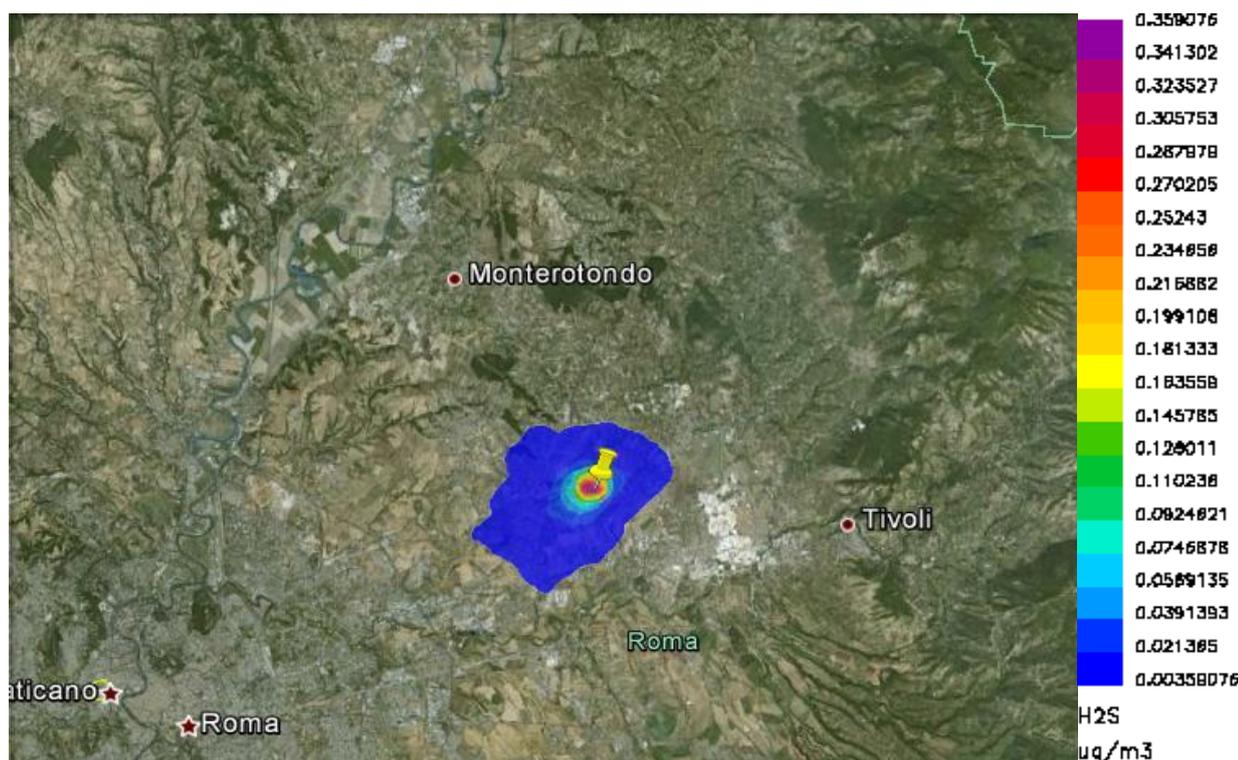
**Discarica di Bracciano – Cupinoro**



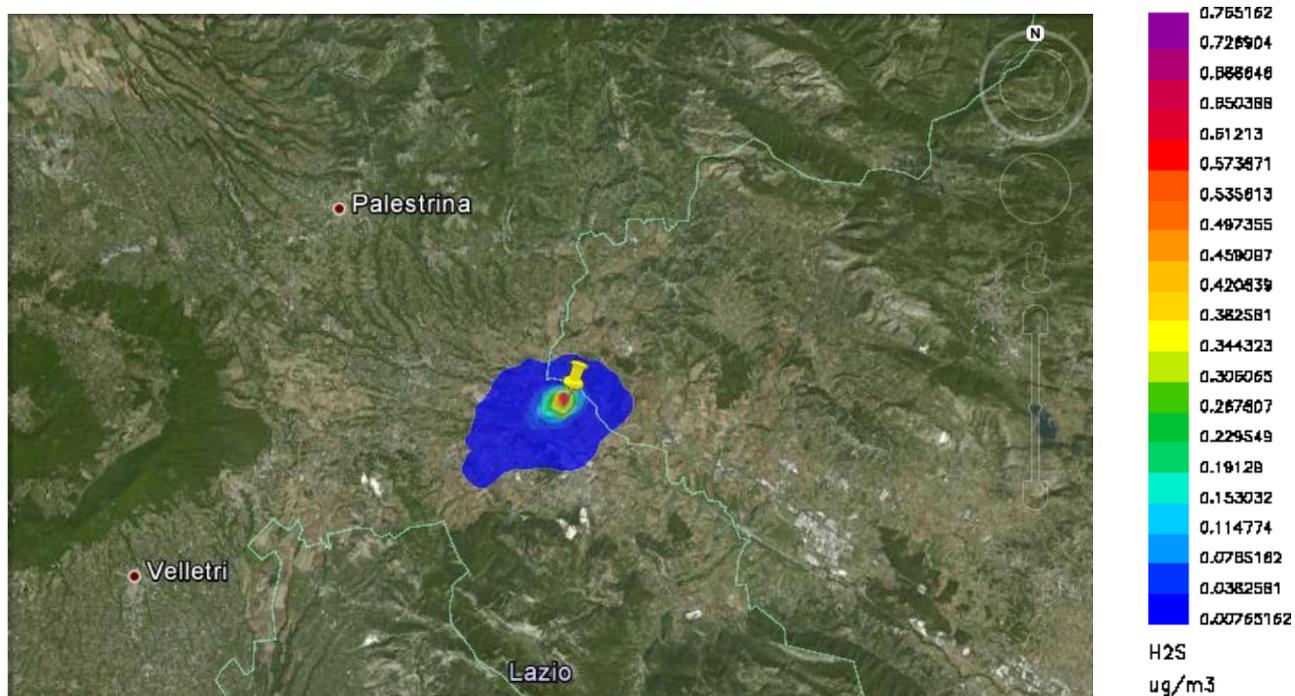
**Discarica di Albano - Cecchina**



**Discarica di Guidonia**



**Discarica di Colleferro – Colle Fagiolara**



**Discarica di Frosinone - Roccasecca**



**Discarica di Latina – Borgo Montello**



#### 8.4.2.2 Termovalorizzatori

Se si esclude Malagrotta, caratterizzata da una complessa situazione in cui convivono impianti diversi e di cui si tratterà nel seguito, i termovalorizzatori attivi nel Lazio sono i due impianti gemelli di Colferro (quello della società EP-Sistemi e quello della società Mobile-Service) e l'impianto di San Vittore del Lazio (Cassino).

Come già si è detto, la sostanza *marker* per i termovalorizzatori costituita dagli ossidi di azoto  $\text{NO}_x$  (ovvero  $\text{PM}_{10}$ ), essendo essi impianti di combustione. Come si nota dalla tabella 8.3, le caratteristiche dei tre impianti sono molto simili, a parte le emissioni annue di sostanza marker. In particolare, tutti questi impianti sono dotati di una ciminiera relativamente elevata ed i fumi vengono emessi ad una temperatura elevata (circa  $140^\circ\text{C}$ ) e ad una velocità abbastanza elevata (circa 8 m/s): queste condizioni di emissione dei fumi garantiscono una ragionevole dispersione degli inquinanti, diminuendo l'impatto sulla concentrazione al suolo.

<b>Termovalorizzatore</b>	<b>Altezza camino [m]</b>	<b>Diametro camino [m]</b>	<b>Temp. di uscita dei fumi [K]</b>	<b>Vel. di uscita dei fumi [m/s]</b>
Colleferro EP-SISTEMI Colleferro MOBIL-SERVICE	50	2,69	413,15	7,75
San Vittore - Cassino	50	2,7	413	8

Tabella 8.3. Caratteristiche degli impianti di termovalorizzazione

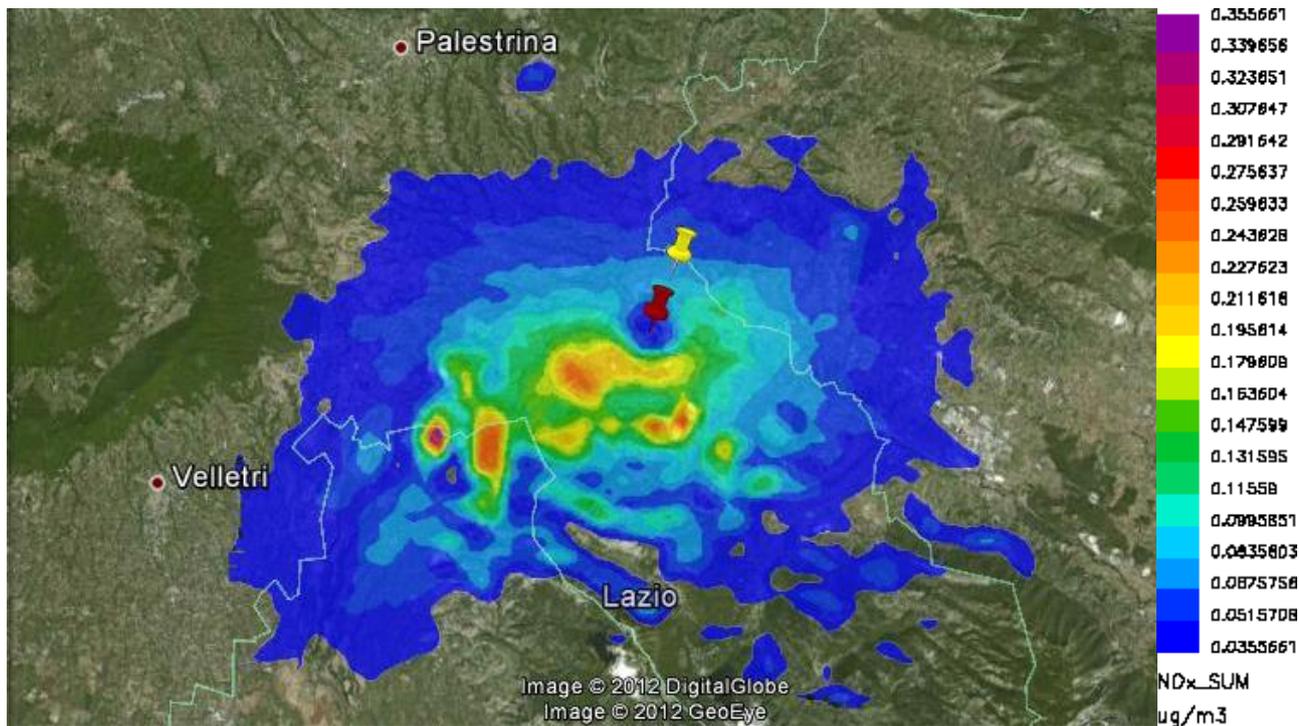
Nella tabella 8.4 sono riportate le emissioni annue di ossidi di azoto e la relativa concentrazione annua massima stimata al suolo. E' interessante notare come i due termovalorizzatori di Colferro assieme emettano a livello annuo una quantità di ossidi di azoto del 3.6% inferiori alle emissioni annue registrate per il termovalorizzatore di San Vittore, ma a fronte di ciò, la concentrazione annua massima di  $\text{NO}_x$  dovuta agli impianti di Colferro sia di circa 8% inferiore a quella stimata per il termovalorizzatore di S. Vittore. Ciò è dovuto all'orografia decisamente tormentata che caratterizza il territorio di San Vittore del Lazio con incanalamenti e blocchi che determinano locali situazioni di concentrazioni elevate.

<b>Termovalorizzatore</b>	<b>Tasso emissione [t/a]</b>	<b>C<sub>max</sub> [µg/m<sup>3</sup>]</b>
Colleferro EP-SISTEMI Colleferro MOBIL-SERVICE	53,348 55,188	0,35
San Vittore - Cassino	111	0,38

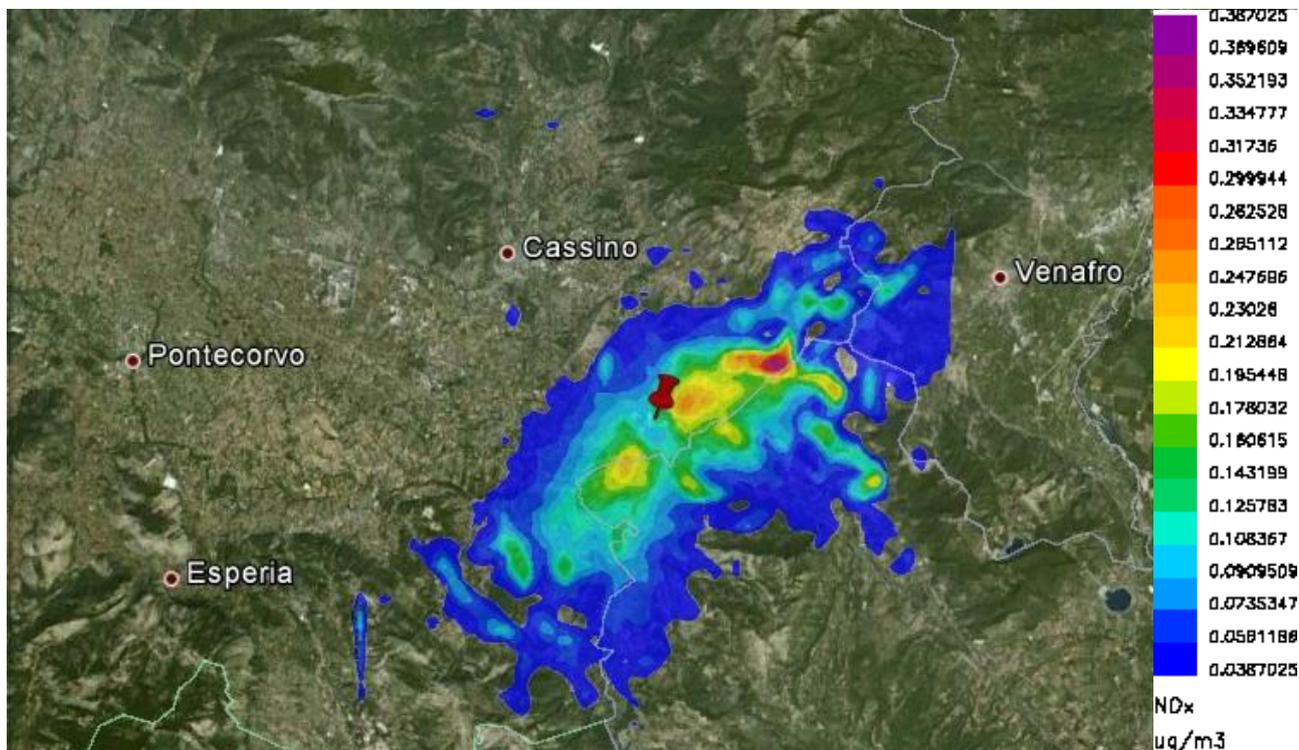
Tabella 8.4. Emissione di NO<sub>x</sub> dei termovalorizzatori

In effetti, tutti questi impianti sono collocati in territori ad orografia piuttosto complessa, come si può vedere dal *footprint* degli impianti qui di seguito riportati, anche se la situazione di San Vittore del Lazio è decisamente la più complessa in assoluto.

**Termovalorizzatori di Colferro**



**Termovalorizzatore di San Vittore del Lazio (Cassino)**



#### 8.4.2.3 Area complessa di Malagrotta

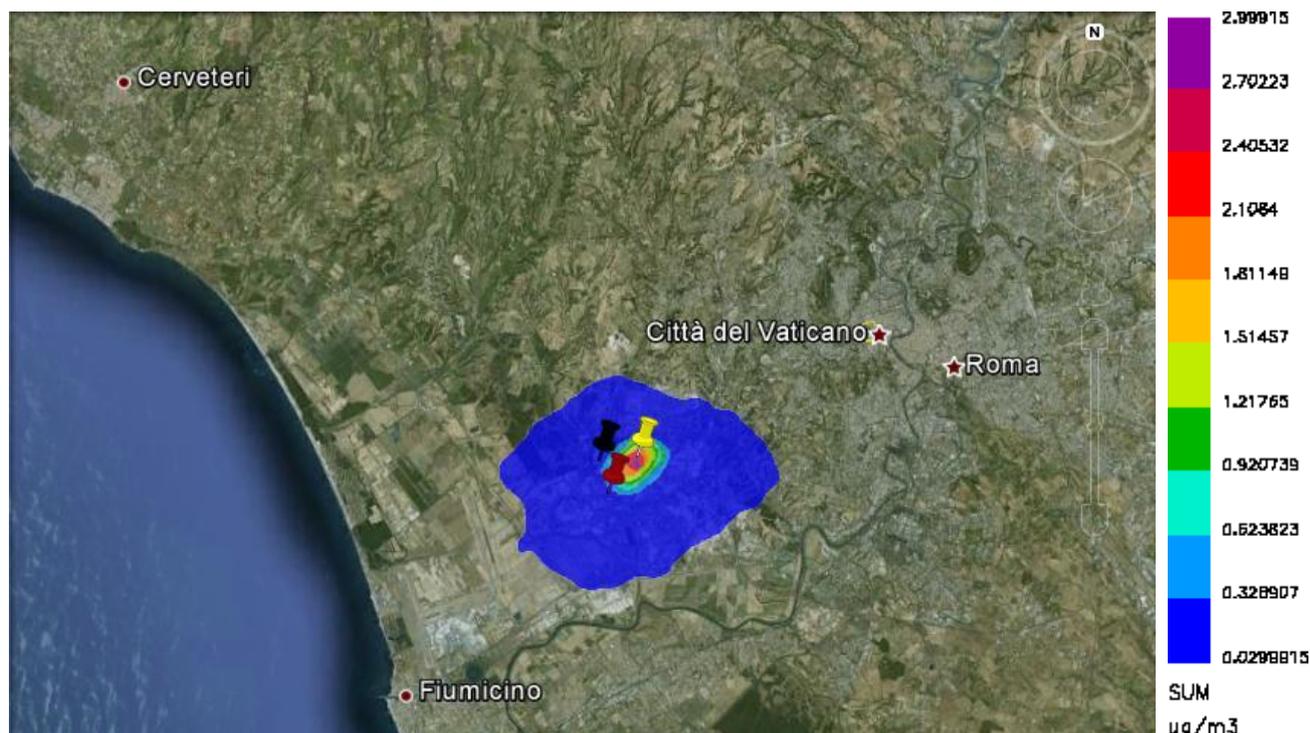
E' possibile identificare l'area di Malagrotta ed il relativo comprensorio industriale come l'area racchiusa tra i segmenti stradali appartenenti alle seguenti strade: il Grande Raccordo Anulare (GRA), la Via Aurelia, l'Autostrada Roma-Fiumicino, e l'Autostrada Roma-Civitavecchia.

Dal punto di vista emissivo la zona è da considerare ad elevata criticità e complessità a causa della presenza di differenti tipologie di sorgenti emmissive (sorgenti stradali, industriali e diffuse come il riscaldamento residenziale), che influenzano le concentrazioni rilevate al suolo delle sostanze inquinanti. Nell'ambito del presente studio ci si è focalizzati nell'individuazione di tre distinti *footprint*: quello relativo alla discarica di Malagrotta, quello relativo alla Raffineria di Roma e quello relativo all'inceneritore AMA di rifiuti ospedalieri.

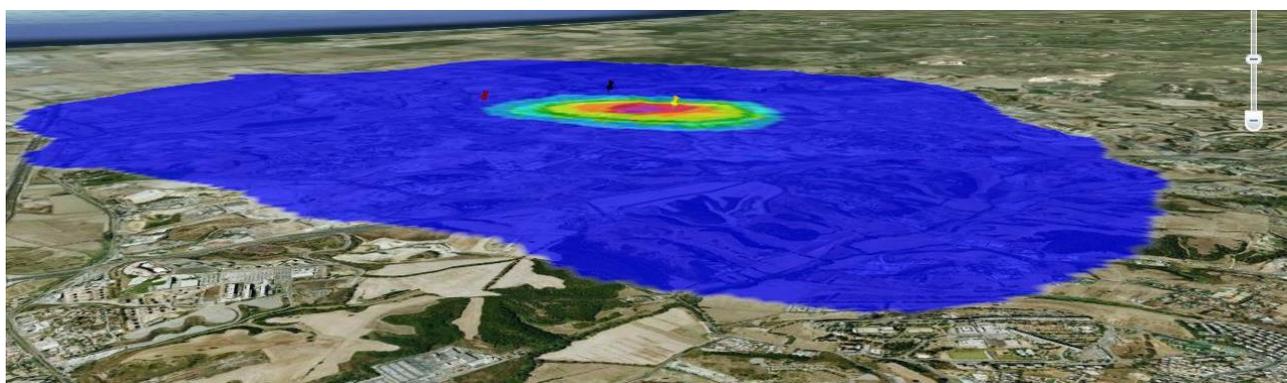
##### Discarica

Della discarica di Malagrotta è stato considerato l'insieme dei lotti coltivati a partire dal 1984. Avendo a disposizione i dati sui singoli lotti, sono state effettuate simulazioni distinte per ogni singolo lotto sull'intero anno, dopodiché i risultati sono stati sommati per avere il quadro complessivo sulle emissioni determinate dalla discarica. Anche in questo caso, trattandosi di una discarica, la sostanza *marker* considerata è l'idrogeno solforato ( $H_2S$ ) e le quantità emesse sono state stimate in 11 t/a.

Nella figura seguente viene mostrata la distribuzione media annua di  $H_2S$  rappresentata con le solite convenzioni. La concentrazione media annua massima stimata sull'intero dominio di calcolo è risultata pari a circa  $3 \mu g/m^3$  e dalla figura si individua chiaramente la zona entro cui la concentrazione media annua risulta non inferiore 0.1 volte la concentrazione massima, che costituisce il *footprint* della discarica di Malagrotta



Nella figura seguente viene mostrata la versione tridimensionale del *footprint*. Da essa si nota come la situazione orografica non particolarmente complessa non induca disomogeneità particolari nel *footprint* che risulta sostanzialmente regolare.



### Raffineria

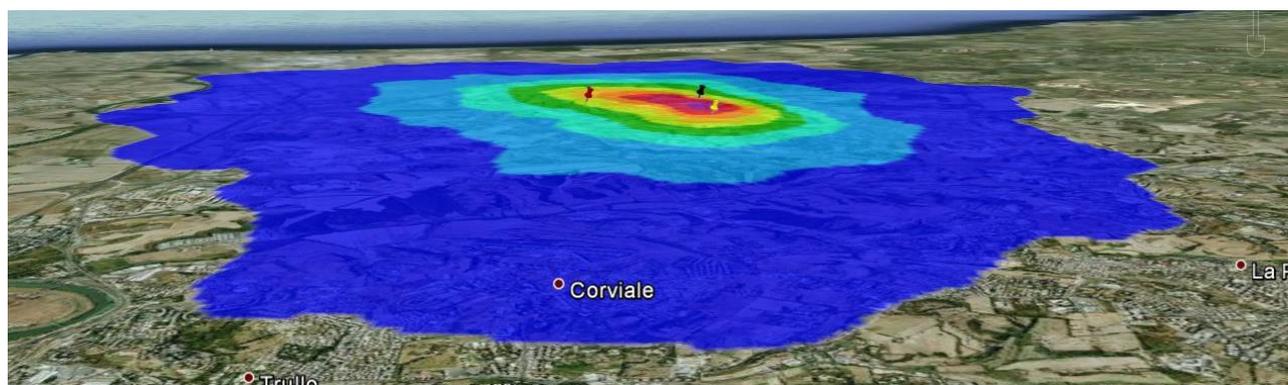
Come per i termovalorizzatori, anche per la determinazione del *footprint* della Raffineria di Roma è stata scelta come sostanza *marker* gli ossidi di azoto  $\text{NO}_x$ .

Le sorgenti di emissioni presenti all'interno dell'impianto sono numerose e sono riassunte nella tabella seguente in cui sono riportate sia la localizzazione di ogni singolo punto di emissione, che le rispettive caratteristiche emissive.

Camino	X (UTM32)	Y (UTM32)	Altezza camino [m]	Diametro camino [m]	Temperatura [K]	Velocità di uscita fumi [m/s]	Emissione NO <sub>x</sub> [t/a]
H2701	775821	4639223	72	2,9	623	4,9	71,5
H2051	775963	4639191	70	1,9	508	3,8	103,5
H2101	775945	4639220	36	1,2	723	2,4	5,2
H2102	775937	4639218	37	1,2	663	1,9	6,3
H2451	775924	4639286	40	1,1	498	5,9	14,8
H2303	775913	4639309	41	2,1	538	1,1	11,4
H2301A/B	775921	4639327	40	2,2	573	3,5	33,1
H2351	775909	4639325	43	2,4	493	1	15,8
H2201	775901	4639322	31	1,5	603	2,6	11,1
H2251	775827	4639275	65	2,5	493	2,7	25,9
H2901	775841	4639242	31	0,9	523	5,1	10,9
H2902	775835	4639236	36	0,8	543	5,3	9
X0501B	776011	4639404	25	1,8	423	5,4	80,6
H2603	776011	4639404	26	0,9	553	2,2	4,4
H3102	775984	4639725	50	1,4	773	1,2	2,7
H1701	775968	4639132	12	7,3	*	*	7

Tabella 8.5. Caratteristiche delle sorgenti di emissione di Malagrotta

Tutte queste emissioni sono state considerate nella ricostruzione modellistica del *footprint* della raffineria giungendo alla situazione illustrata nella prima delle figure seguenti in cui è rappresentata la porzione di territorio interessata da una concentrazione media annua di ossidi di azoto non inferiore a 0.1 volte la concentrazione massima (circa 3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) stimata nell'intero dominio di calcolo. Nella figura successiva, viene presentato ancora una volta il *footprint* della raffineria, ma in visione tridimensionale e da essa si apprezza il fatto che anche in questo caso non ci sono irregolarità rilevanti indotte dalla presenza di orografia.



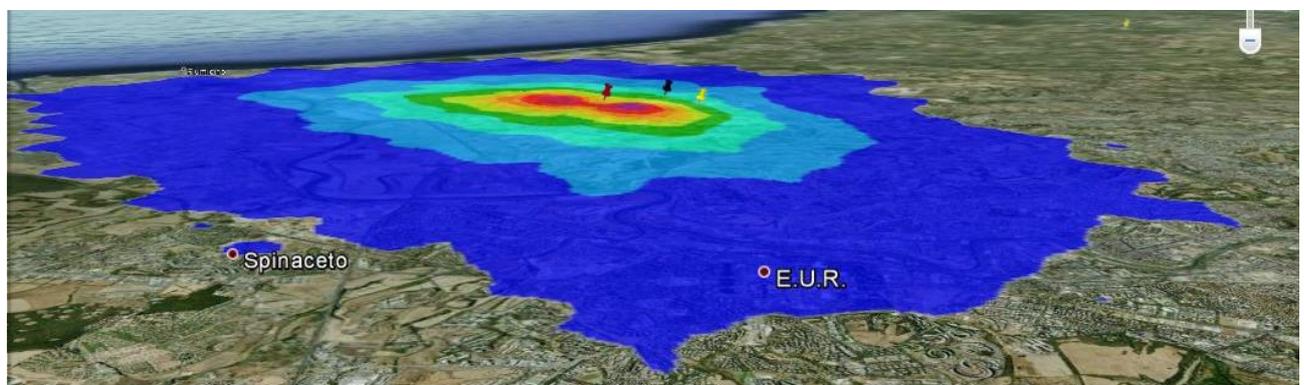
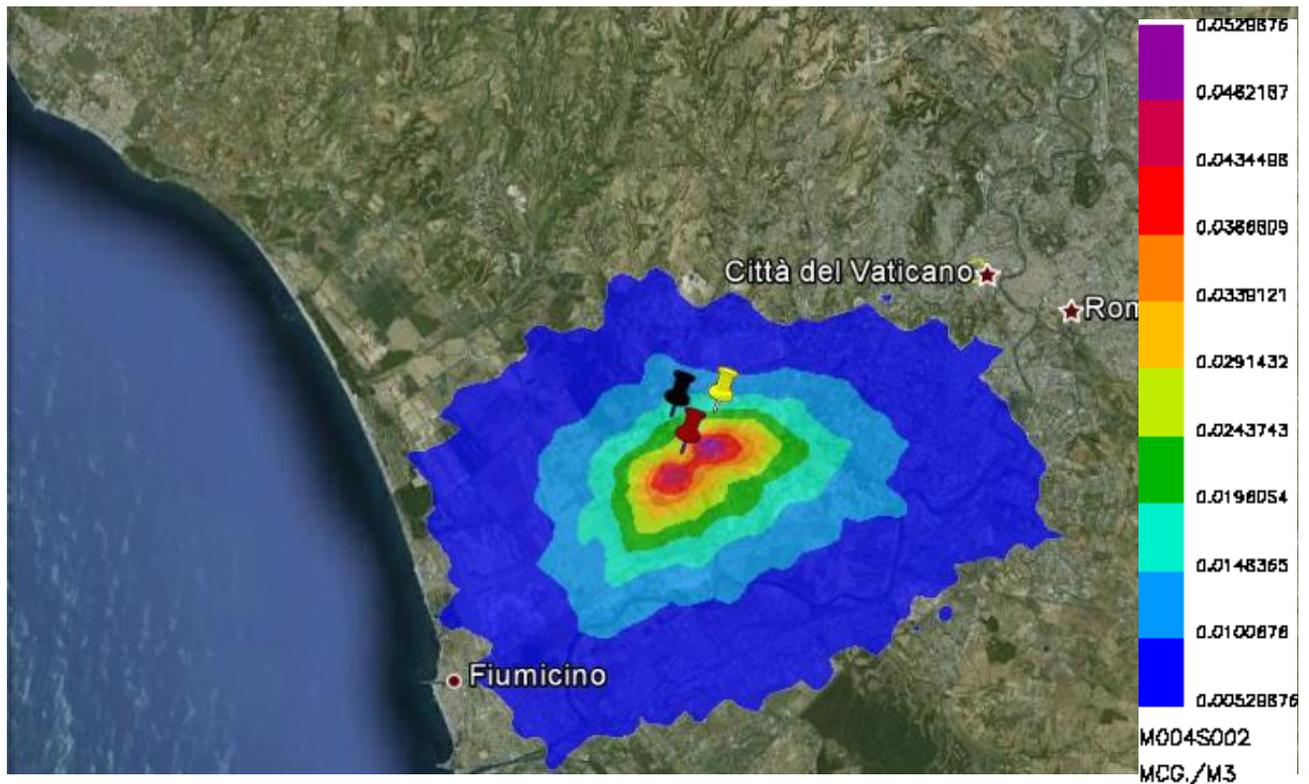
### Inceneritore AMA

L'ultimo impianto considerato nell'Area di Malagrotta è l'inceneritore dei rifiuti ospedalieri dell'AMA. Per la determinazione del *footprint* di tale impianto è stata considerata la ciminiera di cui è dotato, le cui caratteristiche sono riassunte nella tabella seguente. Come si vede, anche per l'inceneritore è stata considerata come sostanza *marker* gli ossidi di azoto.

Impianto	Altezza camino [m]	Diametro camino [m]	Temp. di uscita dei fumi [K]	Vel. di uscita dei fumi [m/s]	Emissione NO <sub>x</sub> [t/a]
Inceneritore AMA di rifiuti ospedalieri	80	1,13	387,15	15,5	14,58

Tabella 8.6. Caratteristiche dell'inceneritore dei rifiuti ospedalieri di Malagrotta.

Come si nota, la notevole altezza della ciminiera e la elevata velocità di uscita dei fumi fanno sì che questo impianto presenti un impatto estremamente ridotto sul territorio circostante come è evidenziato nelle figure seguenti, in cui per rendere visibile tale impatto, si è adottato, difformemente da quanto fatto in precedenza, un limite per la zona caratterizzata dalla distribuzione di concentrazione pari a 0.01 volte la concentrazione massima stimata, che è risultata pari a  $0.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .



## 9 Conclusioni

L'analisi ambientale è stata condotta sia attraverso l'elaborazione delle informazioni raccolte che mediante la valutazione dei risultati dei monitoraggi e delle simulazioni modellistiche, ed aveva, come obiettivo principale la costruzione di un quadro di riferimento finalizzato ad una accurata analisi epidemiologica dell'impatto del ciclo integrato dei rifiuti urbani.

Nel comporre il quadro ambientale di riferimento sono stati elaborati specifici indicatori in grado, a diverse scale territoriali, di fotografare e di permettere una lettura articolata del contesto territoriale, dei fattori di pressione maggiormente rilevanti e di conseguenza dello stato dell'ambiente.

Le scale territoriali considerate sono:

1. **Ambito territoriale dell'impianto:** superficie pari a circa 28 kmq e definita da un cerchio di raggio 3 km centrato sull'impianto.
2. **Comuni limitrofi:** comuni contenuti, anche solo parzialmente, nell'Ambito territoriale dell'impianto.
3. **Ambito territoriale area vasta:** costituito dal territorio delle provincie del Lazio in cui sono presenti impianti oggetto del programma. E' quindi costituito dalle provincie di Frosinone, Latina, Roma e Viterbo.

Per maggiore chiarezza di seguito è figurato l'*Ambito territoriale area vasta* (fig.9.1 area colorata) ed a titolo d'esempio si è riportato, per la discarica di Colleferro, l'*Ambito territoriale dell'impianto* e i *Comuni limitrofi* (fig.9.2).

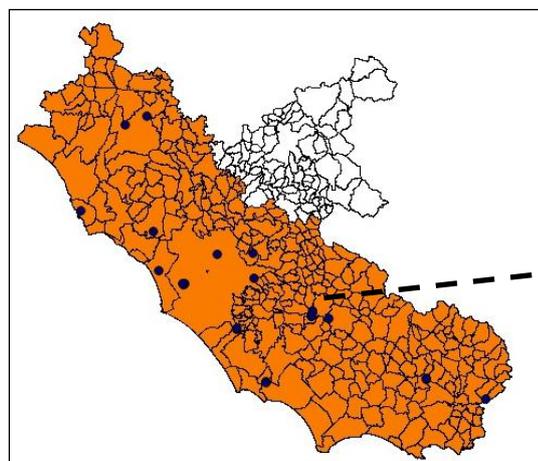


Figura 9.1. Ambito territoriale area vasta-impianti

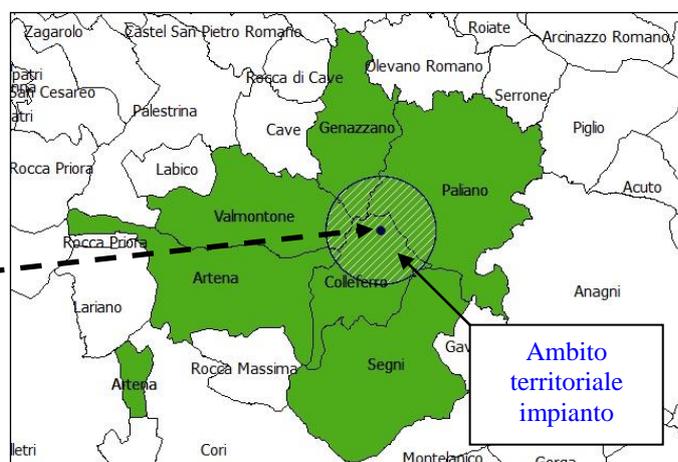


Figura 9.2. Comuni limitrofi

Gli ambiti territoriali così definiti sono stati utilizzati come base di riferimento per tutti gli impianti di trattamento dei rifiuti sotto elencati.

<b>DISCARICHE</b>		
<b>Codice</b>	<b>Località</b>	<b>Comune</b>
D1	Malagrotta	Roma
D2	Inviolata	Guidonia
D3	Cecchina	Albano Laziale
D4	Colle Fagiolaro	Colleferro
D5	Le Fornaci	Viterbo
D6	Borgo Montello	Latina
D7	Cerreto	Roccasecca
D8	Cupinoro	Bracciano
D9	Fosso Crepacuore	Civitavecchia
<b>TERMOVALORIZZATORE</b>		
<b>Codice</b>	<b>Località</b>	<b>Comune</b>
T1	Valle Porchio	San Vittore del Lazio
T2	Colle Sughero	Colleferro
T3	Malagrotta (Gassificatore)	Roma
<b>TRATTAMENTO MECCANICO BIOLOGICO</b>		
<b>Codice</b>	<b>Località</b>	<b>Comune</b>
TMB1	S. P. Ortella	Colfelice
TMB2	Cecchina	Albano Laziale
TMB3	Casale Bussi	Viterbo
TMB4	Malagrotta 1	Roma
TMB5	Rocca Cencia	Roma
TMB6	Malagrotta 2	Roma
TMB7	Roma Salaria	Roma

Tabella 9.1. Impianti di trattamento dei rifiuti con rispettiva località e comune della sede e codice identificativo all'interno del programma ERAS

In questo modo ai 21 impianti oggetto del programma ERAS sono state associate 13 aree di riferimento successivamente aggregate nel complesso delle 10 discariche, dei 3 termovalorizzatori, dei 7 impianti di trattamento meccanico biologico e dell'area complessa di Malagrotta.

<b>Aree Omogenee</b>	<b>Codici impianti</b>	<b>Comuni limitrofi</b>
01 (Malagrotta)	D1 TMB 4/TMB6 T3	Roma
02 (Viterbo)	D5 TMB3	Viterbo, Montefiascone Viterbo, Vitorchiano
03 (Albano)	D3 TMB2	Albano, Aprilia, Ardea, Ariccia, Pomezia, Roma
04 (San Vittore)	T1	S.Vittore Cassino Cervaro
05 (Colleferro)	T2 D4	Colleferro Artena Genazzano Paliano Segni Valmontone

<b>Aree Omogenee</b>	<b>Codici impianti</b>	<b>Comuni limitrofi</b>
06 (Guidonia)	D2	Guidonia Fonte Nuova Sant'Angelo Romano
07 (Borgo Montello)	D6	Latina
08 (Salaria)	TMB7	Roma
09 (Rocca Cencia)	TMB5	Roma
10 (Roccasecca)	D7	Roccasecca Arce Colfelice Pontecorvo San Giovanni Incarico
11 (Bracciano)	D8	Bracciano Cerveteri
12 (Civitavecchia)	D9	Civitavecchia
13 (Colfelice)	TMB1	Colfelice Arce Roccasecca Pontecorvo San Giovanni Incarico

Tabella 9.2. Elenco delle aree omogenee con i rispettivi impianti di trattamento dei rifiuti e comuni limitrofi

Tale approccio, consente una valutazione a diversi livelli di scala utile ad ottimizzare il processo di valutazione epidemiologica. La costruzione del quadro ambientale di riferimento è stata, secondo le finalità del programma, principalmente orientata all'analisi degli impatti sull'ecosistema atmosfera che rappresenta il principale collegamento tra gli effetti ambientali e le cause di danno alla salute umana per queste tipologie di impianti.

Nel periodo 1999-2008 sono stati prodotti circa 34 milioni di tonnellate di rifiuti urbani per un equivalente di circa 600 kg/anno di rifiuti prodotti a persona. Il sistema delle discariche ha smaltito circa 29 milioni di tonnellate di rifiuti, il ciclo di termovalorizzazione ha trattato circa 1.3 milioni di tonnellate a partire dall'anno 2002, il sistema dei TMB ha trattato circa 6.5 milioni di tonnellate di rifiuti a partire dal 2005.

Complessivamente le aree in esame ricadono su 30 comuni e la popolazione residente è pari a 3.6 milioni di cui 2.7 residenti a Roma (5.6 milioni nella regione). La popolazione residente all'interno degli Ambiti territoriali degli impianti è pari a 290.000 dei quali 86.000 nell'area complessa di Malagrotta e solo 620 nell'area della discarica provinciale di Viterbo.

Nei paragrafi successivi, sono delineate le sintesi e le considerazioni conclusive relative al sistema delle discariche, all'area complessa di Malagrotta, al ciclo di termovalorizzazione dei rifiuti e al sistema di trattamento meccanico biologico.

In generale, il riferimento temporale considerato, 1996 - 2008, comprende il periodo in cui sono state condotte le valutazioni di tipo epidemiologico; naturalmente non tutti gli indicatori di caratterizzazione ambientale hanno un riferimento temporale che copre tutto il periodo e quindi la valutazione complessiva deve essere condotta armonizzando le informazioni a scala temporale/spaziale differente. Si pensi, per esempio, alla rete regionale di qualità dell'aria i cui dati utilizzati sono dal 1999 al 2011 mentre le campagne sperimentali sono state realizzate dal 2008 al 2012.

In tal senso, l'andamento temporale dei principali inquinanti rilevati dalla rete regionale fornisce un'importante indicazione circa i potenziali tassi di esposizione della popolazione rispetto alla finestra temporale di riferimento, e rappresenta quindi uno strumento di confronto con gli indici di pressione ambientale descritti nel seguito. Per valutare l'andamento medio della qualità dell'aria a scala regionale, è stato calcolato il valore medio annuo per le diverse sostanze inquinanti considerando tutte le stazioni di misura. Tali valori indicano che rispetto al decennio in osservazione (1999-2008), negli ultimi tre anni, le concentrazioni degli inquinanti diminuiscono rispettivamente del:

- 61% per il benzene
- 13% per il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>)
- 22% per il particolato fine (PM<sub>10</sub>)
- 31% per il biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>)
- +06% per l'ozono (O<sub>3</sub>).

Tale variazione media è principalmente dovuta alle articolate politiche di riduzione e contenimento delle emissioni di inquinanti in atmosfera.

<b>Indici della qualità dell'aria: media annua di tutte le stazioni di monitoraggio della regione Lazio</b>													
[µg/m <sup>3</sup> ]	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	8.57	7.12	7.75	6.24	5.03	4.80	4.53	3.93	2.75	2.60	2.31	2.02	1.93
NO <sub>2</sub>	50.48	50.45	48.90	48.8 3	48.1 7	47.8 6	50.5 2	52.5 5	48.2 5	42.4 7	44.3 1	40.4 1	43.3 8
PM <sub>10</sub>	48.60	43.67	40.00	39.1 3	40.0 0	37.2 5	36.0 0	40.7 5	38.2 0	33.3 2	32.0 0	29.0 0	32.2 8
SO <sub>2</sub>	1.85	1.70	1.70	1.79	1.86	1.45	1.41	1.20	1.23	1.06	1.03	0.85	1.29
O <sub>3</sub>	48.62	43.92	51.73	45.3 6	52.0 0	46.5 5	42.5 8	44.6 7	40.8 3	41.9 2	41.3 3	50.6 0	53.6 5

Tabella 9.3. Media annua delle concentrazioni degli inquinanti rilevati dalla rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria

Queste variazioni di concentrazione si deducono più facilmente osservando il grafico successivo che raffigura i dati della tabella 9.3 normalizzati all'anno 1999.

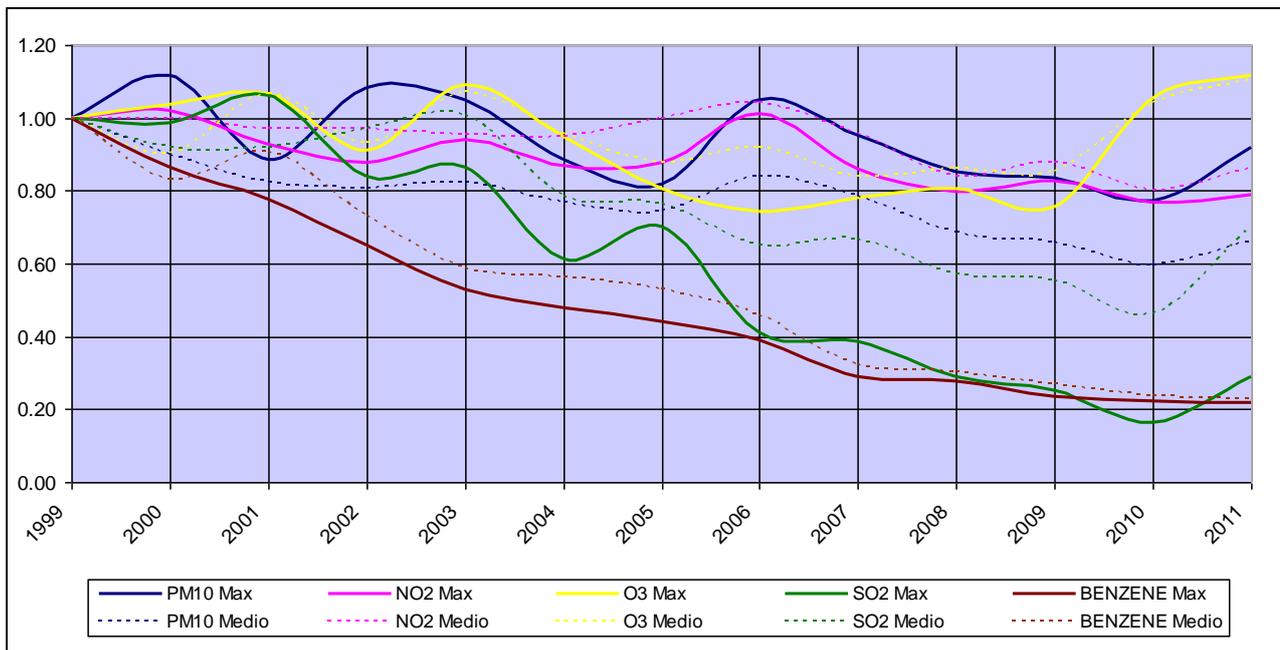


Grafico 9.1. Andamento della concentrazione degli inquinanti normalizzato al 1999 (%)

Infine, relativamente ai valori medi annui del PM<sub>10</sub> si nota che esiste un significativo indice di correlazione con il numero di superamenti del livello di concentrazione di 50 µg/m<sup>3</sup> da non superare per più di 35 volte all'anno. Tale correlazione rappresenta quindi un ulteriore indice di lettura dei livelli di qualità dell'aria registrati nella finestra temporale 1999-2008.

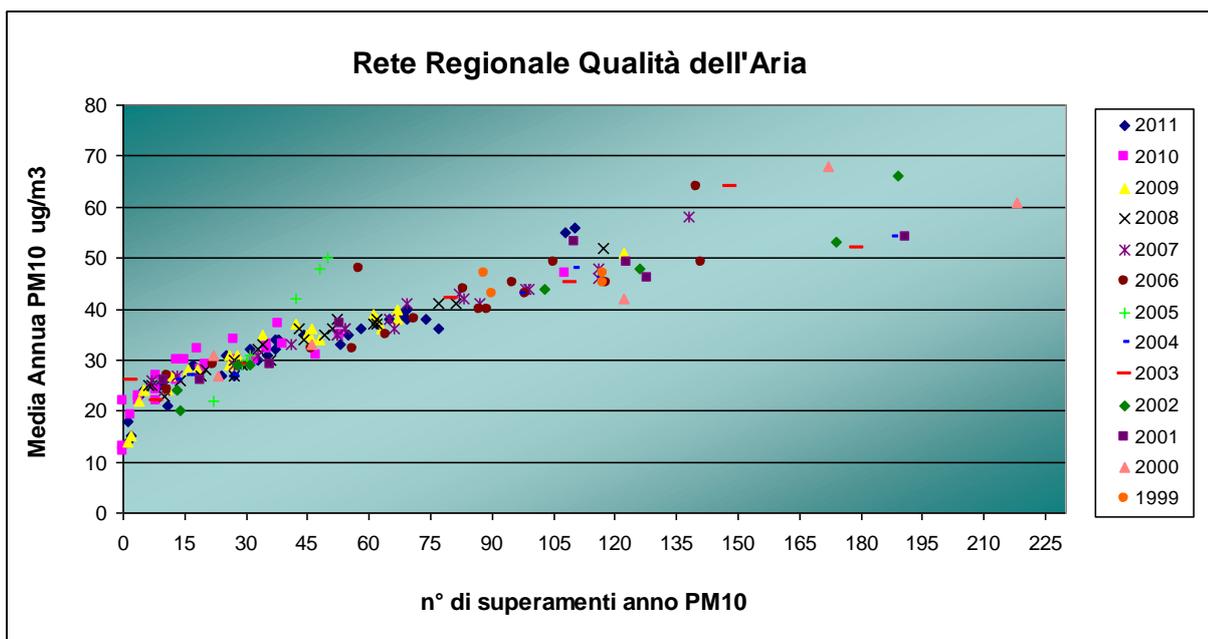


Grafico 9.2. Correlazione tra il numero di superamenti annui di PM<sub>10</sub> e la relativa concentrazione media annua

A livello statistico si rileva che sul complesso delle stazioni di misura, un livello medio di concentrazione superiore a  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$  corrisponde ad un numero di superamenti maggiori della soglia prevista.

## 9.1 Discariche

Il sistema delle nove discariche considerate (i due impianti di discarica di Borgo Montello sono stati considerati come uno solo) è ovviamente articolato sia sotto il profilo della dimensione dell'impianto (Malagrotta smaltisce circa 1.5 milioni di tonnellate/anno di rifiuti e Civitavecchia meno di 50.000) che sotto il profilo della loro collocazione territoriale associata ad un importante gradiente di pressione e di fattori antropici.

<b>Codice</b>	<b>Impianto</b>	<b>Comuni limitrofi</b>
<b>D1</b>	Discarica di Malagrotta	Roma
<b>D2</b>	Discarica di Guidonia	Fonte Nuova
		Guidonia
		Montecelio
		Sant'Angelo Romano
<b>D3</b>	Discarica di Albano	Albano Laziale
		Aprilia
		Ardea
		Ariccia
		Pomezia
		Roma
<b>D4</b>	Discarica di Colleferro	Artena
		Colleferro
		Genazzano
		Paliano
		Segni
		Valmontone
<b>D5</b>	Discarica di Viterbo	Viterbo
		Montefiascone
<b>D6</b>	Discarica di Borgo Montello	Latina
<b>D7</b>	Discarica di Roccasecca	Arce
		Colfelice
		Pontecorvo
		Roccasecca
		San Giovanni Incarico
<b>D8</b>	Discarica di Bracciano	Bracciano
		Cerveteri
<b>D9</b>	Discarica di Civitavecchia	Civitavecchia

Tabella 9.4. Codici identificativi delle discariche

I Comuni limitrofi alle nove discariche sono 26 con un numero totale di abitanti pari a 3.456.849 dei quali 2.721.558 sono residenti nel comune di Roma.

<b>Codice</b>	<b>Comune</b>	<b>Popolazione residente nel 2008</b>
D1	Roma	2.721.558
D2	Fonte Nuova	26.981
	Guidonia Montecelio	79.994
D3	Sant'Angelo Romano	4.218
	Albano Laziale	38.992
	Aprilia	67.606
	Ardea	40.124
	Ariccia	18.183
	Pomezia	57.363
	Roma	2.721.558
	Artena	13.384
D4	Colleferro	21.964
	Genazzano	5.902
	Paliano	8.179
	Segni	9.362
	Valmontone	14.655
D5	Viterbo	61.754
	Montefiascone	13.506
D6	Latina	116.320
D7	Arce	5.941
	Colfelice	1.839
	Pontecorvo	13.265
	Roccasecca	7.594
	San Giovanni Incarico	3.440
D8	Bracciano	17.817
	Cerveteri	34.847
D9	Civitavecchia	52.061
<b>Totale Comuni</b>		<b>3.456.849</b>
Totale Comuni escluso Roma		735.288
Totale provincia di Viterbo		313.087
Totale Provincia di Frosinone		495.866
Totale provincia di Latina		541.215
Totale provincia di Roma		4.085.789
<b>Totale Regione Lazio</b>		<b>5.593.864</b>

Tabella 9.5. Popolazione residente nei comuni limitrofi agli impianti di discarica. (fonte: ISTAT "Stima del carico inquinante delle acque reflue urbane anno 2005-2008)

Sul complesso del sistema discariche e, a supporto della valutazione a carattere epidemiologico, sono stati analizzati tre differenti livelli informativi:

- inquadramento territoriale: funzionale a fornire elementi descrittivi correlati alla potenziale "sensibilità" ambientale del contesto territoriale;

- fattori di pressione: diretti e indiretti specifici funzionali alla valutazione quali/quantitativa dei possibili "effetti di dose" sui soggetti residenti e operanti nelle aree in studio;
- Indicatori di qualità ambientale: utili a correlare i diversi fattori di esposizione della popolazione in relazione e per confronto con le diverse scale territoriali definite (Ambito territoriale impianto, Comuni limitrofi, Ambito territoriale area vasta).

Al fine di fornire utili elementi di valutazione ambientale del sistema delle discariche e, tenuto conto della complessità e variabilità dei contesti territoriali in cui sono localizzate le discariche, è stato scelto, laddove possibile, di fornire, per gli indicatori individuati, il range di variazione tra il valore minimo e massimo individuato confrontando i valori degli indicatori calcolati per ogni singolo impianto.

### Inquadramento territoriale

<b>Descrizione</b>	<b>Range di variabilità Ambito territoriale impianto</b>	<b>Valore medio Ambito territoriale impianto</b>
Popolazione residente	620-85 000 abitanti	30 000 abitanti
% centri urbani	0-18 (%)	6%
Lunghezza infrastrutture stradali principali (Autostrade, SS, Strade extraurbane)	3-47 km (totale 155 Km)	9 km
Uso del suolo	Seminativi e aree naturali 50-90 %	Seminativi e aree naturali 85%
	Servizi/industria 4-15%	Servizi/industria 9%
Lunghezza corsi d'acqua significativi	0-25 km (125 km totali)	13 km
Interazione con aree di protezione ambientale	Poco significativa	-

Tabella 9.6. Sintesi inquadramento territoriale

La lettura degli elementi di sintesi mette in evidenza che, pur considerando la variabilità delle aree, le zone di indagine sono caratterizzate da una significativa presenza di popolazione residente accompagnata da aree a vocazione mista in cui la presenza di aree rurali e di corsi d'acqua comunque è elemento di rilevanza ambientale non trascurabile (si veda Tavola 1).

## Fattori di pressione

I fattori di pressione diretti e indiretti sono letti in questa fase come elemento di caratterizzazione delle aree in relazione ai contesti urbani limitrofi, allo scopo di evidenziare i termini di peso relativo sulle componenti di inquinamento atmosferico utilizzate come fattore principale della catena causa-effetto nelle analisi epidemiologiche.

In particolare la stima delle emissioni di inquinanti, al netto della capacità di diffusione e trasporto dell'atmosfera, rappresenta un indice utile a fotografare e ad identificare gli elementi di potenziale criticità ambientale volti a caratterizzare sia gli impatti connessi alla diffusione dei macro inquinanti (ossidi di azoto, PM<sub>10</sub>,..) che i percorsi associati ai micro inquinanti (metalli, IPA, diossine,...).

A partire dalle emissioni annuali medie relative agli anni 1995-2008 per gli ossidi di azoto (indicativi dei processi di combustione industriale e da traffico) e del particolato fine <10 micron (indicativi sia dei processi di combustione che dei "percorsi" dei microinquinanti, (vedi tavola 2) e le emissioni di acido solfidrico (tracciante delle emissioni diffuse da discariche) è stato valutato il rapporto medio percentuale tra:

- le emissioni stimate per gli Ambiti territoriali degli impianti e quelle dei comuni limitrofi
- le emissioni direttamente associate agli impianti

Descrizione	Emissioni Discariche	Emissioni Ambiti territoriali degli impianti	Emissioni comuni limitrofi (t/anno)
Ossidi di azoto	< 1%	8 %	60 000
Particolato PM <sub>10</sub>	< 1%	7 %	7600
Acido solfidrico (H <sub>2</sub> S)	7 (t/anno)	*	*

Tabella 9.7. Sintesi fattori di pressione – sistema discariche

\* emissione non valutata in quanto non correlata a indici di qualità dell'aria

Le emissioni riferite agli Ambiti territoriali degli impianti rappresentano una percentuale di circa 8% del totale mettendo in evidenza in termini quali/quantitativi che, in generale, la contiguità degli impianti con le zone urbanizzate e con le infrastrutture stradali rilevanti è presupposto di una complessità di fattori e di

rapporti causa-effetto nella valutazione e discriminazione dei fattori a supporto delle analisi epidemiologiche.

Il contributo specifico del sistema discariche è, naturalmente, contenuto a questo livello di analisi. Le emissioni di acido solfidrico sono state stimate nell'ottica di fornire, mediante le simulazioni modellistiche, i percorsi di impatto del sistema stesso sulle aree, (Appendice Tavola 4); in questo modo è stato possibile supportare l'analisi epidemiologica con una accurata definizione delle zone interessate dai diversi livelli di concentrazione degli inquinanti (footprint impianti) e di conseguenza è possibile individuare possibili selezioni della popolazione potenzialmente esposta.

Il confronto di questi parametri applicato alle diverse scale territoriali mette in evidenza il diverso grado di interazione del sistema discariche con le aree maggiormente antropizzate e quindi "produttori" di maggiori carichi di inquinanti.

Ad esempio l'impianto di Albano Laziale che pur facendo riferimento anche al comune di Roma come quello di Roma Malagrotta ha un carico effettivo inferiore di circa 3 volte.

<b>Discarica</b>	<b>Rapporto Ambito territoriale impianto/comuni limitrofi Ossidi di azoto [%]</b>	<b>Rapporto Ambito territoriale impianto/comuni limitrofi PM<sub>10</sub> [%]</b>	<b>Emissioni ossidi di azoto Comuni limitrofi [t/anno]</b>	<b>Emissioni PM<sub>10</sub> Comuni limitrofi [t/anno]</b>
Roccasecca	5.0	14.0	1203	116
Latina	<1.0	9.6	2684	325
Albano Laziale	<1.0	1.0	52576	4153
Bracciano	1.3	7.0	735	78
Civitavecchia	1.8	3.5	5323	573
Colleferro	9.0	37.0	4168	257
Guidonia M.	10.0	38.0	3937	285
Roma	4.5	3.3	50358	3856
Viterbo	1.2	3.4	1585	222

Tabella 9.8. Sintesi fattori di pressione – dettaglio discariche

Gli indicatori di pressione e quelli territoriali orientano le caratteristiche degli Ambiti territoriali degli impianti mentre gli indici associati alla valutazione della qualità dell'aria (concentrazioni medie di inquinante al suolo) sono gli elementi di quadro che, in funzione delle proprietà diffusive e di trasformazione chimica dei diversi inquinanti in atmosfera, consentono di meglio comprendere i potenziali meccanismi di dose-risposta applicati alla popolazione.

## Indicatori di qualità ambientale

Le campagne sperimentali condotte dall'Arpa Lazio e correlate al progetto sono state sostanzialmente dedicate alla rilevazione dei livelli di concentrazione in aria di macroinquinanti (NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub>...), di metalli in traccia, di idrocarburi policiclici aromatici, aldeidi e le sostanze organiche volatili (vedi tabella). Il monitoraggio stratificato di queste diverse categorie di parametri inquinanti, ha l'obiettivo di confrontare le rilevazioni con i livelli di qualità dell'aria previsti dalla normativa e di fornire elementi di lettura articolati in grado di meglio qualificare le aree in studio.

Monitoraggi	Area Discariche	
	Laboratorio mobile	Rete regionale
Tipo di Stazione/parametri rilevati		
Macroinquinanti	x	x
Aldeidi	x	
VOC	x	
Metalli	x	x
IPA	x	x
Diossine	x	
PCB	x	
H <sub>2</sub> S	x	

Tabella 9.9. Elenco parametri misurati

Le informazioni raccolte sono sostanzialmente derivate dalla gestione pluriennale della rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria e dalla analisi di un serie di campagne sperimentali dedicate. I due set di dati (misurati) sono stati successivamente integrati dalla valutazione dei livelli medi di concentrazione di inquinante stimati mediante tecniche modellistiche applicate all'intera regione in modo da coordinare le informazioni puntuali delle stazioni di misura (inquinanti specifici e fenomeni ) con l'esigenza di valutare gli impatti su porzioni specifiche di territorio (Appendice la tavola 3).

Per analizzare in termini complessivi e sintetici tutte le attività di monitoraggio e di valutazione modellistica relative agli Ambiti territoriali degli impianti e all'Ambito territoriale di area vasta nel quadro sinottico seguente sono stati raccolti gli elementi principali sintetizzati in opportuni indicatori.

<b>Quadro sinottico</b>	<b>Ambiti territoriali impianti</b>	<b>Comuni limitrofi</b>	<b>Ambito territoriale area vasta</b>
NO <sub>2</sub> range livelli di concentrazione in aria media annua	12-49 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]*	2-73 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]*	7-82 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
PM <sub>10</sub> range livelli di concentrazione in aria media annua	20-36 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]*	13-49 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]*	12-52 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
Metalli (Cd, NI, As e Pb) % rispetto ai limiti vigenti	5%	-	8%
IPA -Benzo(a)pirene rispetto ai limiti vigenti	38%	-	45%
Benzene rispetto ai limiti vigenti	26%	-	39%

Tabella 9.10. Sintesi indicatori di qualità ambientale

\* range di livelli di concentrazione media annua stimati mediante valutazione modellistica

Il quadro di riferimento sinottico mostra che le aree di studio hanno valori massimi di NO<sub>2</sub> e PM<sub>10</sub> inferiori alle zone a forte traffico urbano (comuni limitrofi) e i valori minimi indicativi della loro collocazione in aree miste urbane e industriali con infrastrutture stradali rilevanti;

I livelli di concentrazione dei micro inquinanti sono complessivamente paragonabili a quelli registrati in aree a forte urbanizzazione e comunque inferiori ai limiti previsti dalla normativa.

Per quanto riguarda il benzene si conferma come le aree a maggiore traffico urbano sono responsabili dei livelli più alti di concentrazione.

L'analisi del particolato fine e dei metalli mette anche in evidenza come negli Ambiti territoriali degli impianti e più in generale sull'intero territorio un ruolo importante nel determinare i tassi di inquinamento è dovuto alla forzante meteorologica/diffusiva che in determinate situazioni porta a omogeneizzare i livelli di concentrazione su vaste porzioni di territorio.

Osservando la distribuzione dei livelli di concentrazione PM<sub>10</sub>-NO<sub>2</sub> rilevata (nelle campagne sperimentali) in prossimità delle aree di discarica e nelle centraline della rete regionale (vedi figura) si conferma che sostanzialmente in tutte le stazioni di misura la componente principale a determinare il tasso di inquinamento in aria, è dovuta al mix di sorgenti diffuse (traffico, industria, civile) tipico di aree a forte antropizzazione.

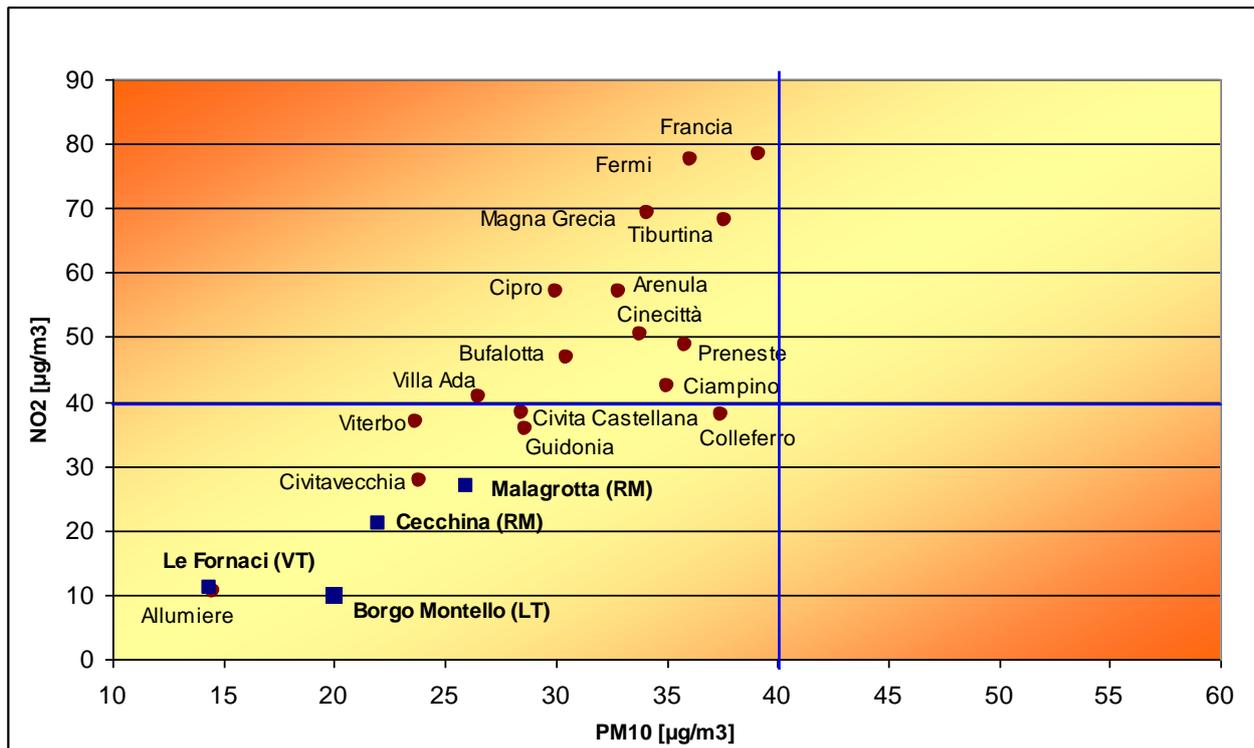


Grafico 9.3. Confronto tra le medie annuali di NO<sub>2</sub> e PM<sub>10</sub> delle centraline regionali (2008-2011) con le medie delle campagne effettuate dall'ARPA Lazio nell'ambito del programma ERAS

Le posizioni relative nel grafico delle tre aree sottoposte a monitoraggio nell'ambito della campagne del programma ERAS evidenziano un naturale trend a partire dall'area di Viterbo effettivamente isolata a quella di Malagrotta dove insistono diverse fonti di emissione significative.

La valutazione del livello di qualità dell'aria in rapporto alla stima delle emissioni degli inquinanti in atmosfera, deve essere opportunamente letta anche alla luce delle variazioni dei livelli di concentrazione medi in aria nell'arco del periodo temporale di riferimento. In particolare, nelle aree indagate (in assenza di stazione fissa di monitoraggio) è probabilmente ragionevole aspettarsi che una stazione virtuale avrebbe avuto un'evoluzione temporale paragonabile a quella calcolata per il complesso della rete regionale anni 1999-2011.

Il confronto e l'analisi dei risultati sperimentali e delle valutazioni modellistiche ha permesso di costruire un quadro di riferimento ambientale a supporto delle valutazioni di tipo epidemiologico in particolare per ciò che concerne l'inquadramento complessivo delle aree ed i livelli di inquinamento atmosferico associati.

Ad integrazione di questa analisi, partendo dall'ipotesi che ogni impianto di smaltimento o di trasformazione dei rifiuti in attività determini una propria impronta

(footprint) sulla qualità dell'aria caratteristica del territorio in cui tale impianto è presente, è stata definita quella porzione di territorio, circostante ad ogni impianto, in cui le emissioni da esso prodotte, durante la normale attività, determinano una distribuzione di concentrazione con caratteristiche ben definite.

La costruzione del "footprint" degli impianti ha permesso di modulare e specializzare l'analisi a supporto di quella epidemiologica. Sul complesso delle discariche è stato usato come parametro per definire il "footprint" il livello di concentrazione medio di idrogeno solforato (H<sub>2</sub>S) valutato mediante tecniche modellistiche. In questo modo sono state individuate zone a diversa esposizione caratteristiche del potenziale impatto delle discariche (Appendice Tavola 4).

Nella tabella si osserva che i valori massimi stimati sono all'interno *dell'ambito territoriale* in vicinanza degli impianti e che la percentuale di area che presenta livelli di concentrazione superiore all'1% del relativo valore massimo è condizionata dalle condizioni meteo climatiche che determinano la capacità dell'atmosfera di diluire/accumulare l'inquinante al suolo.

In particolare, si osserva che l'area individuata dal "footprint" copre dal 45% al 98% degli *ambiti territoriali* (raggio 3 km) attorno agli impianti e quindi costituisce un efficace indicatore nel discriminare il potenziale "impatto epidemiologico" degli impianti.

<b>Discarica</b>	<b>% Ambito territoriale impianto a concentrazione &gt; 1% del valore massimo</b>	<b>Concentrazione massima H<sub>2</sub>S</b>
Roccasecca	44.1	0.3
Latina	94.1	1.2
Albano	78.1	0.2
Bracciano	51.5	0.3
Civitavecchia	59.1	0.1
Colleferro	62.7	0.8
Guidonia M.	67.9	0.4
Roma	98.5	3.0
Viterbo	46.8	1.2

Tabella 9.11. Percentuale di area con livelli di "footprint" superiori all'1% del valore massimo

D'altra parte, l'area non direttamente interessata da livelli di concentrazione superiori all'1% del valore massimo, costituisce comunque un riferimento utile a distinguere eventuali livelli di potenziale esposizione differenziale della popolazione residente.

## 9.2 Area Complessa di Malagrotta

Il territorio di Malagrotta è caratterizzato da un'elevata concentrazione di impianti industriali, quali la raffineria di Roma, il gassificatore, l'impianto di incenerimento dei rifiuti ospedalieri dell'AMA, il "complesso impiantistico di Malagrotta" che è costituito da un impianto di discarica per rifiuti non pericolosi al quale sono collegati due impianti per il Trattamento Meccanico Biologico dei rifiuti, denominati rispettivamente Malagrotta 1 e Malagrotta 2 e cave per l'estrazione di materiali da costruzione.

<b>Comune</b>	<b>Popolazione residente nel 2008</b>
Roma	2.721.558
Totale provincia di Roma	4.085.789
Totale Regione Lazio	5.593.864

Tabella 9.12. Popolazione residente nel comune di Roma. (fonte: ISTAT "Stima del carico inquinante delle acque reflue urbane anno 2005-2008)

Analogamente a quanto effettuato per il sistema discariche dei rifiuti urbani e, a supporto della valutazione a carattere epidemiologico, sono stati analizzati tre differenti livelli informativi:

- inquadramento territoriale: funzionale a fornire elementi descrittivi correlati alla potenziale "sensibilità" ambientale del contesto territoriale;
- fattori di pressione: diretti e indiretti specifici funzionali alla valutazione quali/quantitativa dei possibili "effetti di dose" sui soggetti residenti e operanti nell'area in studio;
- indicatori di qualità ambientale: utili a correlare i diversi fattori di esposizione della popolazione in relazione e per confronto con le diverse scale territoriali definite (Ambito territoriale impianto, Comuni limitrofi, Ambito territoriale area vasta).

L'applicazione di questi tre livelli informativi all'area di Malagrotta deve essere valutata con particolare attenzione in quanto si confronta un'area territoriale specifica ad alta complessità impiantistica concentrata in pochi kmq con l'intero comune di Roma di dimensioni e di pressione antropica decisamente più rilevante.

## Inquadramento territoriale

La zona di Malagrotta, vedi tabella, si caratterizza

Descrizione	Valore medio Ambito territoriale impianto
Popolazione residente	85.558 abitanti (nel raggio di 7 km)
% centri urbani	14%
Lunghezza infrastrutture stradali principali (Autostrade, SS, Strade extraurbane)	14 km (150 km nel raggio di 7 km)
Uso del suolo	Seminativi e aree naturali 56% Servizi/industria 34%
Lunghezza corsi d'acqua significativi	13 Km
Interazione con aree di protezione ambientale	poco significativa

Tabella 9.13. Sintesi inquadramento territoriale

come area in cui contemporaneamente sono presenti indici rilevanti di tessuto residenziale di servizi e di industria (14% e 34%) e una cospicua presenza di infrastrutture viarie ad alta intensità di traffico (150 km lineari) (Tavola 1).

## Fattori di pressione

L'elevata concentrazione di fattori di pressione ambientale e quindi di sorgenti di emissione di inquinanti è messa in evidenza dalla tabella successiva in cui sono stati considerati i principali impianti presenti nell'area e non solo quelli di trattamento rifiuti urbani. La tabella riporta la percentuale di emissione relativa al complesso impiantistico e all'areale di 3 km di raggio oggetto dello studio in rapporto alle emissioni stimate sul territorio comunale di Roma.

Descrizione	Emissioni Impianti (trattamento rifiuti e altro)	Emissioni Ambiti territoriali degli impianti	Emissioni comuni limitrofi [t/anno]
Ossidi di azoto	1.2%	2.5%	50358
Particolato PM <sub>10</sub>	1.5%	3.3%	3 800
Acido solfidrico (H <sub>2</sub> S)	6 (t/anno)	*	*
Mercurio	3%	*	0.056
Arsenico	<1%	*	0.200
Benzene	<1%	*	1 120
Cadmio	1%	*	0.060
Cromo	7%	*	0.291
Diossido di zolfo (SO <sub>2</sub> +SO <sub>3</sub> )	27%	28%	7 239
Diossine	<1%	*	0.000002
Particolato (< 2.5 micron)		*	3 443
Piombo	<1%	*	0.54
Zinco	2%	*	2.4
Nichel	12%	*	0.7

Tabella 9.13. Sintesi fattori di pressione

Il rapporto tra le emissioni complessive di ossidi di azoto dell'area in esame e quelle sul territorio di Roma è pari al 2.5% mentre il peso del complesso impiantistico è circa il 1.3%. Analoghe considerazioni sono riscontrabili anche analizzando le emissioni di particolato fine (Appendice, Tavola2), di benzene e di metalli in traccia, generalmente associati ai processi di combustione industriale, da traffico e da caldaie civili.

Le emissioni di diossido di zolfo degli impianti, nell'area di Malagrotta, contribuiscono per circa il 30% rispetto al valore complessivo stimato per il comune di Roma (anno 2008); tale contributo percentuale, riferito al 2008, deve essere letto in relazione al vasto programma di azione a livello nazionale ed internazionale di abbattimento dell'emissioni di SO<sub>2</sub> che nei primi anni 2000 aveva già ottenuto risultati importanti relativamente al contenimento delle emissioni di impianti di produzione di energia, cementifici, traffico veicolare etc.

Infatti, se si osserva il periodo 1996-2008, oggetto dello studio, il carico emissivo dell'intera provincia di Roma è pari a più di 50.000 t/anno, a causa dell'intenso utilizzo, negli impianti industriali, in quegli anni, di combustibili ad alto tenore di zolfo. Sotto questo punto di vista il peso percentuale dell'area impiantistica di Malagrotta risulterebbe sarebbe complessivamente inferiore nel decennio di riferimento.

L'analisi dei rilievi sperimentali relativi all'inquinamento atmosferico costituisce un ulteriore tassello di collegamento nell'esame del rapporto causa-effetto rilevanti nell'indagine epidemiologica. Gli indici di qualità dell'aria e la distribuzione dei livelli di

concentrazione di micro inquinanti costituiscono un elemento importante di supporto alla valutazione degli indici di esposizione della popolazione residente.

### Indicatori di qualità ambientale

Al fine di rendere più efficace e completa l'analisi dei profili di inquinamento atmosferico nell'area in esame, sono state condotte campagne di monitoraggio dedicate sia al "complesso di Malagrotta" che ad un insieme di zone a destinazione urbanistica diversa. In tal modo, dall'analisi contemporanea dei diversi inquinanti e della tipologia di zone indagate, è possibile formulare un quadro più completo ed efficace di comparazione dei meccanismi di formazione dell'inquinamento atmosferico e dei livelli complessivi di qualità ambientale.

Naturalmente in un area così articolata, è importante e necessario mantenere un costante monitoraggio ambientale in modo da confermare e rendere significativi gli indici di caratterizzazione emersi dalle attività sperimentali fino ad oggi condotte. Tale monitoraggio può essere strutturato mediante una serie di rilievi in continuo (per valutare i trend) e campagne sperimentali di più breve periodo mirate a specifici parametri inquinanti.

Nell'ambito del Programma ERAS sono stati analizzati i risultati delle campagne sperimentali condotte nel periodo 2008-2011 presso l'area di Malagrotta secondo lo schema riportato in tabella.

Monitoraggi	Area di Malagrotta	
	Laboratorio mobile	Rete regionale
Macroinquinanti	x	x
Aldeidi	x	
VOC	x	
Metalli	x	x
IPA	x	x
Diossine	x	
PCB	x	
H <sub>2</sub> S	x	

Tabella 9.14. Quadro analisi condotte nelle campagne di monitoraggio

Per analizzare in termini complessivi tutte le attività di monitoraggio e di valutazione modellistica relative agli Ambiti territoriali degli impianti e all'Ambito territoriale di

area vasta nel quadro sinottico seguente sono stati raccolti gli elementi principali sintetizzati in opportuni indicatori.

<b>Quadro sinottico</b>	<b>Ambito territoriale impianti</b>	<b>Comuni limitrofi (Roma)</b>	<b>Ambito territoriale area vasta</b>
NO <sub>2</sub> range livelli di concentrazione in aria media annua	35-43 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]*	2.5-74 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]*	7-82 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
PM <sub>10</sub> range livelli di concentrazione in aria media annua	23-27 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]*	16-49 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]*	12-52 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
Metalli (Cd, NI, As e Pb) % rispetto ai limiti vigenti	6%	-	8%
IPA -Benzo(a)pirene rispetto ai limiti vigenti	28%	-	45%
Benzene rispetto ai limiti vigenti	40%	-	39%
Biossido di zolfo (SO <sub>2</sub> ) rispetto ai limiti vigenti	12%	-	6%

Tabella 9.15. Sintesi indicatori di qualità ambientale

\* range di livelli di concentrazione media annua stimati mediante valutazione modellistica

Il quadro di riferimento sinottico mostra che l'area di Malagrotta presenta valori massimi di NO<sub>2</sub> e PM<sub>10</sub> inferiori a quelli di zone a forte traffico urbano (Roma) e valori minimi indicativi della loro collocazione in una zona mista urbana e industriale con infrastrutture stradali rilevanti.

I livelli di concentrazione in aria di metalli e benzene rilevati nell'area di Malagrotta sono confrontabili con i valori medi relativi all'intero comune di Roma e comunque inferiori ai limiti previsti dalla normativa; ciò conferma che il trasporto e la diffusione di sostanze inquinanti in ambiti urbani tende a formare miscele piuttosto omogenee di inquinanti.

In generale su un territorio come quello romano si osservano dei livelli di fondo e dei livelli medi di concentrazione di inquinamento diffuso omogeneamente su larghe porzioni di territorio, mentre i valori massimi sono riscontrabili lungo le arterie a massima congestione. Inoltre, il contributo delle sorgenti industriali, con emissioni in quota, ha caratteristiche di diluizione più efficaci da quelle determinate da sorgenti al suolo (traffico veicolare). Per cui, le sorgenti industriali, a parità di emissione di inquinanti, hanno un impatto sulla qualità dell'aria su areali di più grandi dimensioni rispetto agli effetti prodotti dalle sorgenti al suolo maggiormente rilevanti in vicinanza al punto di emissione e relativamente trascurabile a grande distanza.

A tale proposito, infatti, i livelli di concentrazione di SO<sub>2</sub> medi registrati nell'area sono inferiori ai riferimenti normativi e del tutto paragonabili a quelli osservati sull'intero territorio di area vasta (rispettivamente circa 4 e 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  valore medio annuo).

Osservando la distribuzione dei livelli di concentrazione  $PM_{10}$ - $NO_2$  rilevata nell'area di Malagrotta e nelle centraline della rete regionale (vedi figura successiva) si conferma che sostanzialmente in tutte le stazioni di misura la componente principale a determinare il tasso di inquinamento in atmosfera, è correlata al mix di sorgenti (traffico, industria, civile) tipico di aree a forte antropizzazione. I valori medi di  $PM_{10}$  e di  $NO_2$  registrati nella stazione di Malagrotta sono pari a circa  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  rispetto ai limiti di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  di riferimento.

### Confronto Campagne Malagrotta – Centraline Rete Regionale

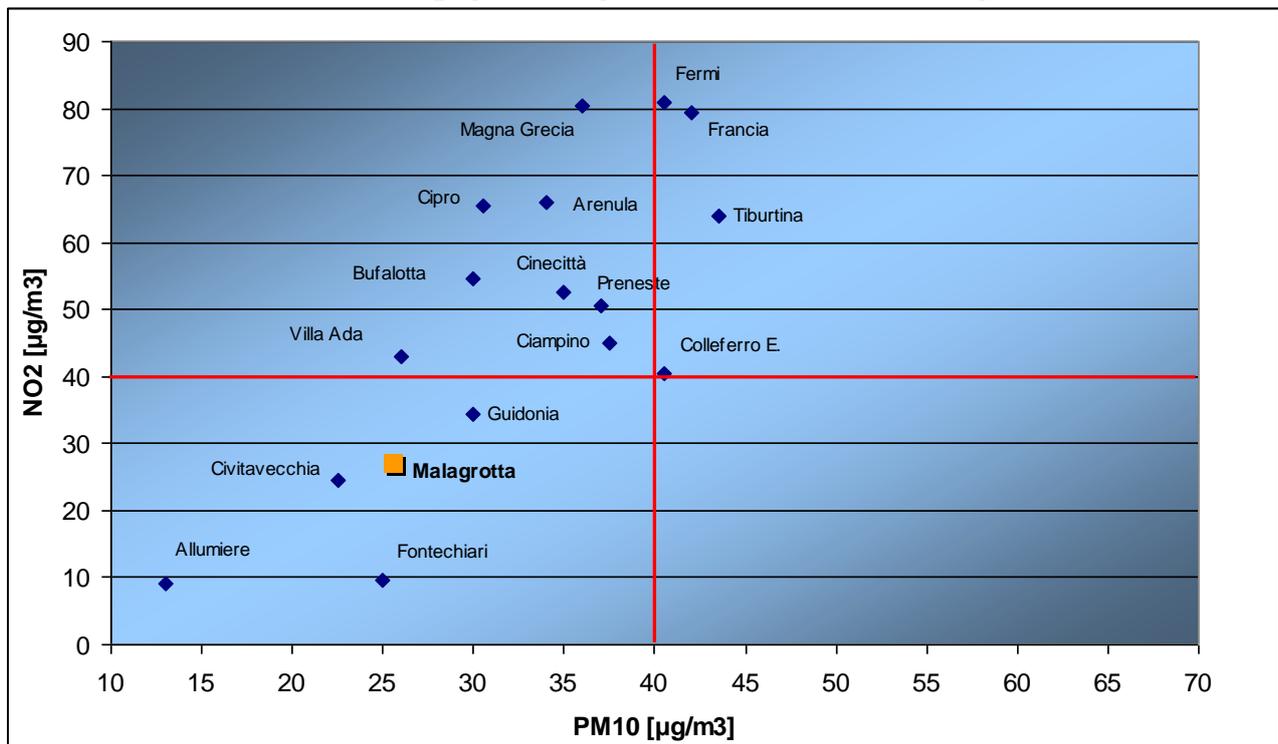


Grafico 9.4. Valori medi registrati durante le due campagne eseguite (2008-2009) a Malagrotta dall'ARPA Lazio nell'ambito del programma ERAS

Considerando la complessità delle sorgenti puntuali presenti, si è ritenuto importante approfondire l'analisi dei livelli di concentrazione degli inquinanti allo scopo di fornire un più completa caratterizzazione ambientale dell'area. Un primo elemento di riflessione è che, se la stazione attualmente presente a Malagrotta registra valori pari a circa  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per  $PM_{10}$ - $NO_2$  è probabilmente corretto ritenere che nella finestra temporale 1996-2008 una equivalente stazione virtuale avrebbe registrato valori di concentrazione superiori a quelli attuali (in un range compreso tra 8-30 %) in coerenza con quanto è stato osservato sul complesso della rete regionale (vedi par. precedente).

Un secondo elemento di valutazione emerge dall'analisi del rapporto tra i livelli di concentrazione dei microinquinanti e quelli di particolato fine calcolato nelle stazioni di misura collocate in aree con presenza contemporanea di significative emissioni da sorgenti puntuali (industriali) e diffuse (traffico, riscaldamento, ..) e quelle dove è presumibile che l'impatto sia prevalentemente dovuto alle sorgenti diffuse.

Tale indice è stato calcolato considerando i livelli di concentrazione medi dei metalli in traccia e del benzo(a)pirene normalizzati in rapporto alla corrispondente concentrazione di PM<sub>10</sub>. In questo modo è stato individuato un indice che misura l'intensità di microinquinanti presenti in aria ambiente a pari livello di PM<sub>10</sub>.

<b>Tipologia della Stazione</b>	<b>Range variazione Indice</b>
Fondo urbano	0.9 - 2.6
Urbana	0.7 - 2.5
Traffico	0.5 - 2.4
Malagrotta	0.7 - 3.0
Colleferro	0.6 - 2.9
Civitavecchia	0.6 - 3.5
San Vittore del Lazio	0.6 - 3.7

Tabella 9.16. Indice per la valutazione della presenza di microinquinanti in aria in rapporto alla concentrazione di PM<sub>10</sub>

Dall'esame della tabella si nota che nelle stazioni di misura posizionate nelle aree con forte presenza industriale, il valore massimo dell'indice in esame è sempre maggiore rispetto a quello relativo alle stazioni presenti in contesti urbani (fondo urbano, urbana e traffico) e che il range di variazione complessivo è di paragonabile entità. Questo ad indicare che l'intensità specifica di micro inquinanti è probabilmente maggiore nelle aree industriali mentre la variabilità dell'indice è da associare principalmente alla circolazione delle masse d'aria di trasporto dell'inquinante che condizionano e rendono relativamente omogenee vaste aree di territorio.

La lettura comparata dei tre livelli informativi esposti evidenzia che l'area di Malagrotta è caratterizzata da elementi di sensibilità ambientale che possono utilmente supportare ed integrarsi con la valutazione di tipo epidemiologica. In

particolare, è senz'altro importante sottolineare come il mantenimento di un monitoraggio continuo e mirato della qualità dell'aria può sicuramente rendere più efficace e solide ulteriori programmi di valutazioni ambientale-epidemiologica.

Secondo la metodologia consolidata nello studio, l'ulteriore elemento informativo che integra l'analisi precedentemente presentata è la valutazione modellistica del footprint degli impianti presenti nell'area (Tavola 4).

I footprint utilizzati per i diversi impianti sono:

- livelli al suolo di idrogeno solforato ( $H_2S$ ) per il complesso della discarica
- livelli al suolo di ossidi di azoto ( $NO_x$ ) per il restante numero di impianti (Raffineria, Inceneritore di rifiuti ospedalieri,..)
- livelli al suolo di  $PM_{10}$  per il complesso delle sorgenti diffuse (traffico, riscaldamento civile, etc.)

L'osservazione complessiva dei footprint mette in evidenza come vi sia un'elevata sovrapposibilità dell'impronta dei diversi impianti e quella relativa alle sorgenti diffuse determinata sia dalle caratteristiche emissive che dalla forzante meteorologica di trasporto e diffusione delle sostanze inquinanti in atmosfera.

### 9.3 Termovalorizzatori

Nella regione Lazio sono attivi quattro impianti di termovalorizzazione dei rifiuti, collocati uno nel comune di San Vittore del Lazio, attivo dal 01/08/2002, due nel comune di Colferro attivi da dicembre 2002 e l'ultimo nel comune di Roma (gassificatore) avviato nella seconda metà del 2008. Il gassificatore di fatto non è stato considerato nello studio complessivo in quanto la sua attività è posteriore alla finestra di riferimento temporale 1996-2008 dell'analisi epidemiologica. Nelle tabelle successive sono elencati gli impianti ed i rispettivi comuni e il numero di popolazione residente in osservazione.

Codice	Impianto	Comuni
T1	Termovalorizzatore di San Vittore del Lazio	Cassino
		Cervaro
		San Vittore del Lazio
T2	2 Termovalorizzatori di Colferro	Colferro
		Artena
		Genazzano
		Paliano
		Segni
		Valmontone

Tabella 9.17. Codici identificativi degli impianti di termovalorizzazione dei rifiuti urbani

I Comuni limitrofi ai tre termovalorizzatori sono nove con un numero totale di abitanti pari a 116.320.

Codice	Comune	Popolazione residente nel 2008
T2	Colferro	21.964
	Artena	13.384
	Genazzano	5.902
	Paliano	8.179
	Segni	9.362
	Valmontone	14.655
T1	Cassino	32.962
	Cervaro	7.187
	San Vittore del Lazio	2.725
Totale Comuni		116.320
Totale Regione Lazio		5.593.864

Tabella 9.18. Popolazione residente nei comuni limitrofi agli impianti di termovalorizzazione dei rifiuti urbani. (fonte: ISTAT "Stima del carico inquinante delle acque reflue urbane anno 2005-2008")

Analogamente a quanto effettuato per il sistema discariche dei rifiuti urbani e, a supporto della valutazione a carattere epidemiologico, sono stati analizzati tre differenti livelli informativi:

- inquadramento territoriale: funzionale a fornire elementi descrittivi correlati alla potenziale "sensibilità" ambientale del contesto territoriale;
- fattori di pressione: diretti e indiretti specifici funzionali alla valutazione quali/quantitativa dei possibili "effetti di dose" sui soggetti residenti e operanti nell' area in studio;
- indicatori di qualità ambientale: utili a correlare i diversi fattori di esposizione della popolazione in relazione e per confronto con le diverse scale territoriali definite (Ambito territoriale impianto, Comuni limitrofi, Ambito territoriale area vasta).

### **Inquadramento Territoriale**

Gli indici di valutazione sintetica di seguito presentati sono riferiti all'ambito territoriale considerato nello studio pari a un cerchio di 3 Km di raggio attorno ai termovalorizzatori.

<b>Descrizione</b>	<b>Range di variabilità Ambito territoriale impianto</b>	<b>Valore medio Ambito territoriale impianto</b>
Popolazione residente	2 850 - 44 342 abitanti	23 600 abitanti
% centri urbani	4-13 (%)	9%
Lunghezza infrastrutture stradali principali (Autostrade, SS, Strade extraurbane)	35-59 Km (155 Km con areale da 7 km di raggio)	47 km
Uso del suolo	Seminativi e aree naturali 63-80 %	Seminativi e aree naturali 71.5%
	Servizi/industria 4-10%	Servizi/industria 7%
Lunghezza corsi d'acqua significativi	0-18 Km	9 Km
Interazione con aree di protezione ambientale	Nulla	-

Tabella 9.19. Sintesi inquadramento territoriale

I due areali di insediamento dei termovalorizzatori sono evidentemente molto diversi tra loro dal punto di vista dell'inquadramento territoriale. Infatti il numero di residenti interessati nell'ambito territoriale del Termovalorizzatore di San Vittore è il 7% rispetto a quelli di Colleferro; analogamente la percentuale di centri urbani va dal 4 al 13 % rispettivamente per San Vittore e Colleferro. Il potenziale impatto delle arterie

da traffico principali pur essendo molto diverso tra i due impianti risulta comunque molto significativo per San Vittore (Appendice, Tavola 1).

### Fattori di pressione

Gli indici relativi ai fattori di pressione sono sostanzialmente derivati dalla stima delle emissioni prodotte da tutte le tipologie di sorgenti confrontate sui tre livelli territoriali/impiantistici.

Descrizione	Emissioni Impianti	Emissioni Ambiti territoriali degli impianti	Emissioni comuni limitrofi [t/anno]
Ossidi di azoto	2%	11%	5635
Particolato PM <sub>10</sub>	1%	40%	374
Mercurio	<1%	-	0.065
Arsenico	-	-	0.02
Benzene	-	-	0.019
Cadmio	<1%	-	0.033
Cromo	<1%	-	0.073
Diossido di zolfo (SO <sub>2</sub> +SO <sub>3</sub> )	<1%	-	688
Particolato (< 2.5 micron)	1%	-	325
Piombo	-	-	3.8
Zinco	-	-	0.8
Nichel	-	-	0.21

Tabella 9.20. Sintesi fattori di pressione – sistema termovalorizzatori

Nella zona di Colleferro, in particolare, sono presenti diversi impianti industriali che concorrono al complesso delle emissioni nell'area. Di conseguenza, il rapporto tra emissioni complessive dei comuni limitrofi e quelle degli ambiti territoriali degli impianti è fortemente determinata dall'areale di Colleferro, mentre in quella di San Vittore oltre all'emissione dell'impianto sono significative le emissioni dovute al trasporto su gomma.

La differenza tra i due areali è sinteticamente riportata, per gli ossidi di azoto e per il PM<sub>10</sub>, nella tabella successiva.

<b>Termovalorizzat ore</b>	<b>Emissioni ossidi di azoto Comuni limitrofi [t/anno]</b>	<b>Emissioni PM<sub>10</sub> Comuni limitrofi [t/anno]</b>
San Vittore del Lazio	1200	121
Colleferro	4167	220

Tabella 9.21. Sintesi fattori di pressione – dettaglio termovalorizzatori

Infine è importante precisare che se in termini di emissione percentuale le sorgenti puntuali considerate sono rilevanti questo non direttamente si traduce in analoghi livelli di concentrazione in aria a livello del suolo poiché le emissioni puntuali sono in generale convogliate da camini e quindi hanno caratteristiche di dispersione molto differenti dalle sorgenti diffuse a livello del suolo (traffico,...).

### **Indicatori di qualità ambientale**

Al fine di rendere più efficace e completa l'analisi dei profili di inquinamento atmosferico nell'area in esame, sono state condotte campagne di monitoraggio dedicate sia all'Ambito territoriale degli impianti che su un insieme di zone a destinazione urbanistica diversa. In tal modo, dall'analisi contemporanea dei diversi inquinanti e della tipologia di zone indagate, è possibile formulare un quadro più completo ed efficace di comparazione e dei meccanismi di formazione dell'inquinamento atmosferico. Naturalmente in un area così articolata, è importante e necessario mantenere un costante monitoraggio ambientale in modo da confermare e rendere significativi gli indici di caratterizzazione emersi dalle attività sperimentali fino ad oggi condotte.

Nell'ambito del Programma ERAS sono stati analizzati i risultati delle campagne sperimentali condotte nel periodo 2004-2011 presso l'area di San Vittore del Lazio e Colleferro secondo lo schema riportato in tabella.

Monitoraggi	Area Impianti	
	Laboratorio mobile	Rete regionale
Macroinquinanti	x	x
Aldeidi	x	
VOC	x	
Metalli	x	x
IPA	x	x
Diossine	x	
PCB	x	

Tabella 9.22. Quadro analisi condotte nelle campagne di monitoraggio

Per analizzare in termini complessivi tutte le attività di monitoraggio e di valutazione modellistica relative agli Ambiti territoriali degli impianti e all'Ambito territoriale di area vasta nel quadro sinottico seguente sono stati raccolti gli elementi principali sintetizzati in opportuni indicatori.

Quadro sinottico	Ambiti territoriali impianti	Comuni limitrofi	Ambito territoriale area vasta
NO <sub>2</sub> range livelli di concentrazione in aria media annua	10-49 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]*	3-49 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]*	7-82 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
PM <sub>10</sub> range livelli di concentrazione in aria media annua	21-36 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]*	15-36 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]*	12-52 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
Metalli (Cd, NI, As e Pb) % rispetto ai limiti vigenti	6%	-	8%
IPA -Benzo(a)pirene rispetto ai limiti vigenti	53%	-	45%
Biossido di zolfo (SO <sub>2</sub> ) rispetto ai limiti vigenti	11%	-	6%

Tabella 9.23. Sintesi indicatori di qualità ambientale

Analogamente a quanto osservato per le aree a significativa vocazione industriale, i livelli minimi di concentrazione minima di PM<sub>10</sub> e NO<sub>2</sub> stimati dal modello all'interno dell'ambito territoriale impianti, sono maggiori di quelli calcolati nelle aree dei comuni limitrofi. Inoltre i livelli massimi di concentrazione stimati, all'interno dell'ambito territoriale impianti coincidono con quelli valutati nei comuni limitrofi. Ciò indica, per la zona di Colleferro, come l'area di studio e il territorio comunale urbanizzato siano strettamente connessi dal punto di vista dei fenomeni di formazione dell'inquinamento

atmosferico. Inoltre l'asse tracciato dalla valle del Sacco sia caratterizzato da una significativa percentuale di situazioni meteorologiche sfavorevoli alla diluizione dell'inquinamento atmosferico e quindi alla relativa omogeneizzazione dei livelli di qualità dell'aria su porzioni vaste di territorio.

L'area di San Vittore del Lazio risulta a questo livello di analisi in condizioni migliori sia per il complesso delle emissioni presenti in zona che per la presenza di condizioni meteorologiche medie più favorevoli.

I rilievi sperimentali condotti per la caratterizzazione di metalli in traccia e di IPA ha messo in evidenza, che, limitatamente ai periodi di misura, il livello di concentrazione medio è inferiore ai limiti previsti dalla normativa.

Analizzando gli indici standard della qualità dell'aria per il  $PM_{10}$  e  $NO_2$ , vedi figura, si osserva che la stazione fissa di Colleferro rileva dei livelli di concentrazione prossimi alle soglie previste dalla normativa mentre i rilievi sperimentali condotti a San Vittore evidenziano una condizione non particolarmente critica per questi due inquinanti che come è noto rappresentano, a livello nazionale ed internazionale il problema principale su cui orientare le politiche di riduzione dell'inquinamento atmosferico.

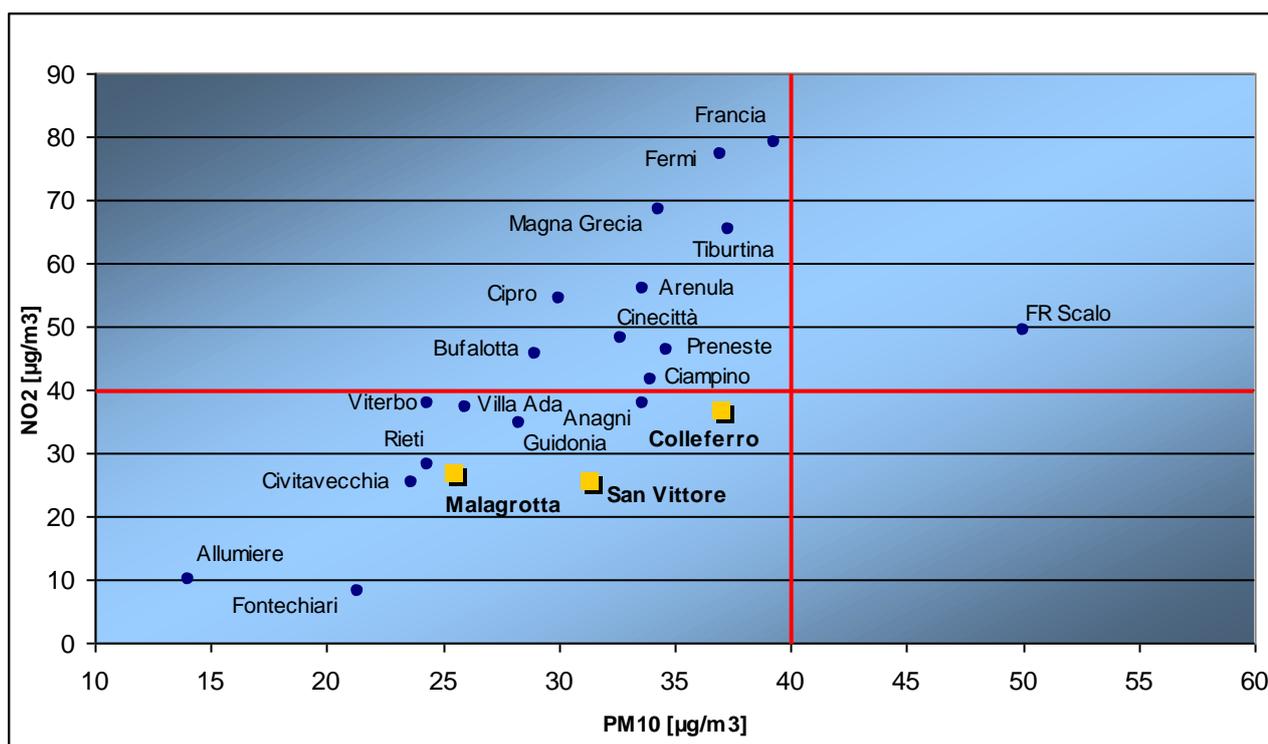


Grafico 9.5. Confronto tra le medie annuali di NO<sub>2</sub>-PM<sub>10</sub> delle centraline regionali (2008-2010) e le medie finali delle campagne.

Secondo lo schema già applicato nell'area complessa di Malagrotta, anche queste aree industriali sono caratterizzate da un valore più elevato dell'indice di intensità dei microinquinanti in rapporto al PM<sub>10</sub> rispetto a quello relativo alle stazioni di tipo urbano e da traffico.

Tale indice è stato calcolato considerando i livelli di concentrazione medi dei metalli in traccia e del benzo(a)pirene normalizzati in rapporto alla corrispondente concentrazione di PM<sub>10</sub>. In questo modo è stato individuato un indice che misura l'intensità di microinquinanti presenti in aria ambiente a pari livello di concentrazione in aria di PM<sub>10</sub>.

Tipologia della Stazione	Range variazione Indice
Fondo urbano	0.9 - 2.6
Urbana	0.7 - 2.5
Traffico	0.5 - 2.4
Malagrotta	0.7 - 3.0
<b>Colleferro</b>	0.6 - 2.9
Civitavecchia	0.6 - 3.5
<b>San Vittore del Lazio</b>	0.6 - 3.7

Tabella 9.24 Indice per la valutazione della presenza di microinquinanti in aria in rapporto alla concentrazione di PM<sub>10</sub>

Dall'esame della tabella si nota che nelle stazioni di misura posizionate nelle aree con forte presenza industriale, il valore massimo dell'indice in esame è maggiore rispetto a quello relativo alle stazioni presenti in contesti urbani (fondo urbano, urbana e traffico) e che il range di variazione complessivo è di paragonabile entità. Questo ad indicare che l'intensità specifica di micro inquinanti sia maggiore nelle aree industriali mentre la variabilità dell'indice è da attribuire principalmente alla circolazione delle masse d'aria di trasporto dell'inquinante che condizionano e rendono relativamente omogenee vaste aree di territorio.

Secondo la metodologia consolidata nello studio, l'ulteriore elemento informativo che integra l'analisi precedentemente presentata è la valutazione modellistica del footprint degli impianti presenti nell'area (Appendice Tavola 4).

I footprint utilizzati per i diversi impianti sono:

- livelli al suolo di ossidi di azoto  $\text{NO}_x$  (ovvero  $\text{PM}_{10}$ ) per gli impianti
- livelli al suolo di  $\text{PM}_{10}$  per il complesso delle sorgenti diffuse (traffico, riscaldamento civile, etc.)

I footprint stimati per via modellistica sull'area di Colleferro, vedi capitolo 8, evidenziano il ruolo determinante della circolazione meteorologica delle masse d'aria nella complessa distribuzione dell'inquinante a livello del suolo.

L'integrazione, quindi, dell'approccio di analisi ambientale proposto con quella di carattere strettamente epidemiologico può fornire gli elementi di discriminazione e di lettura di realtà territoriali a tutti gli effetti di notevole complessità.

#### 9.4 *Trattamento Meccanico Biologico*

Gli impianti di Trattamento Meccanico Biologico presenti nella regione Lazio sono sette, di seguito si elencano gli impianti con i rispettivi comuni e numero di popolazione in esame.

Codice	Impianto	Comuni
<b>TMB1</b>	TMB di Colfelice	Arce
		Colfelice
		Pontecorvo
		Roccasecca
		San Giovanni Incarico
<b>TMB2</b>	TMB di Albano	Albano Laziale
		Aprilia
		Ardea
		Ariccia
		Pomezia
		Roma
<b>TMB3</b>	TMB di Casale Bussi	Viterbo Vitorchiano
<b>TMB4</b>	TMB di Malagrotta	Roma
<b>TMB5</b>	TMB di Rocca Cencia	Monte Compatri Roma
<b>TMB6</b>	TMB di Malagrotta	Roma
<b>TMB7</b>	TMB di Roma Salaria	Roma

Tabella 9.25. Codici identificativi degli impianti di trattamento meccanico biologico dei rifiuti urbani

I Comuni limitrofi ai sette impianti di trattamento meccanico e biologico sono quattordici con un numero totale di abitanti pari a 3.052.032 dei quali 2.721.558 sono residenti nel comune di Roma.

Codice	Comune	Popolazione residente nel 2008
TMB1	Arce	5.941
	Colfelice	1.839
	Pontecorvo	13.265
	Roccasecca	7.594
	San Giovanni Incarico	3.440
TMB2	Albano Laziale	38.992
	Aprilia	67.606
	Ardea	40.124
	Ariccia	18.183
	Pomezia	57.363
	Roma	2.721.558
TMB3	Viterbo	61.754
	Vitorchiano	4.454
TMB4	Roma	2.721.558
TMB5	Monte Compatri	9.918
	Roma	2.721.558

<b>Codice</b>	<b>Comune</b>	<b>Popolazione residente nel 2008</b>
TMB6	Roma	2.721.558
TMB7	Roma	2.721.558
<b>Totale comuni</b>		<b>3.052.032</b>
Totale Regione Lazio		5.593.864

Tabella 9.26. Popolazione residente nei comuni limitrofi agli impianti di TMB dei rifiuti urbani. (fonte: ISTAT "Stima del carico inquinante delle acque reflue urbane anno 2005-2008")

Analogamente a quanto effettuato nei paragrafi precedenti, sono stati analizzati tre differenti livelli informativi:

- inquadramento territoriale: funzionale a fornire elementi descrittivi correlati alla potenziale "sensibilità" ambientale del contesto territoriale;
- fattori di pressione: diretti e indiretti specifici funzionali alla valutazione quali/quantitativa dei possibili "effetti di dose" sui soggetti residenti e operanti nell' area in studio;
- Indicatori di qualità ambientale: utili a correlare i diversi fattori di esposizione della popolazione in relazione e per confronto con le diverse scale territoriali definite (Ambito territoriale impianto, Comuni limitrofi, Ambito territoriale area vasta).

### **Inquadramento Territoriale**

Le caratteristiche di inquadramento territoriale consentono di mettere a fuoco alcuni degli elementi principali di potenziale interazione tra l'ecosistema umano e i fattori ambientali di impatto dei sistemi antropici.

<b>Descrizione</b>	<b>Range di variabilità Ambito territoriale impianto</b>	<b>Valore medio Ambito territoriale impianto</b>
Popolazione residente	In corso	In corso
% centri urbani	0-76 (%)	38%
Lunghezza infrastrutture stradali principali (Autostrade, SS, Strade extraurbane)	12-59 km (complessivamente 153 km)	35 km
Uso del suolo	Seminativi e aree naturali 51-96 %	Seminativi e aree naturali 73.5%
	Servizi/industria 0-35%	Servizi/industria 17.5%
Lunghezza corsi d'acqua significativi	11-26 Km	18.5 Km
Interazione con aree di protezione ambientale	poco significativa	

Tabella 9.27. Sintesi inquadramento territoriale

Gli impianti di trattamento meccanico-biologico sono collocati rispettivamente 4 nell'area del comune di Roma, 1 in prossimità della discarica di Viterbo, uno presso la discarica di Albano Laziale e l'ultimo in provincia di Frosinone a Colfelice. Gli ambiti territoriali sono quindi fortemente condizionati dalla presenza e contiguità con le infrastrutture urbane e viarie della zona di Roma.

In particolare la rete stradale principale interessata e la percentuale di aree urbanizzate mostrano livelli di qualche rilevanza (Appendice Tavola 1).

### Fattori di Pressione

La stima delle emissioni di inquinanti in atmosfera nel periodo 1996/2008 conferma e maggiormente approfondisce quanto già emerso dall'analisi del punto precedente.

Gli areali degli impianti collocati nell'area di Roma sono soggetti a una pressione derivante dall'insieme delle sorgenti diffuse caratteristica di zone a vocazione mista e con una significativa circolazione di automobili e veicoli pesanti. Il rapporto, quindi, tra le emissioni degli impianti di TMB e quelle degli areali risulta contenuto.

Descrizione	Emissioni Impianti	Emissioni Ambiti territoriali degli impianti	Emissioni comuni limitrofi (t/anno)
Ossidi di azoto	-	4%	53412
Particolato PM <sub>10</sub>	<1%	13%	4400
Mercurio	-	-	0.09
Arsenico	-	-	0.03
Benzene	<1%	4%	1281
Cadmio	<1%	-	0.08
Cromo			0.073
Diossido di zolfo (SO <sub>2</sub> +SO <sub>3</sub> )	<1%	3%	7665
Particolato (< 2.5 micron)	<1%	13%	3958
Piombo	-	-	11
Zinco	-	-	3
Nichel	-	-	0.9
Idrogeno solforato (H <sub>2</sub> S)	3 (T/anno)		

Tabella 9.28. Sintesi fattori di pressione - sistema TMB

Le aree di Viterbo, Colleferice e Albano sono caratterizzate da un modesto contributo delle emissioni di origine diffusa che si confronta con un quadro emissivo degli impianti di TMB soprattutto caratterizzato da emissioni di polveri totali (connessi al ciclo di trattamento impiantistico) percentualmente poco significative. Comunque, una corretta attenzione viene posta, in fase di autorizzazione e di controllo, alle emissioni

di un insieme articolato di parametri macro e microinquinanti a tutela delle condizioni di impatto ambientale complessivo.

### Indicatori di qualità ambientale

Le diverse campagne sperimentali di monitoraggio condotte su postazioni mobile o fisse, già analizzate nei paragrafi precedenti, sono di supporto alla valutazione di indicatori di qualità ambientale anche in questo ambito, visto la sostanziale coincidenza degli impianti di TMB con i complessi impiantistici delle discariche.

Monitoraggi	Area Impianti	
	Tipo di Stazione/parametri rilevati	Laboratorio mobile
Macroinquinanti	x	x
Aldeidi	x	
VOC	x	
Metalli	x	x
IPA	x	x
Diossine	x	
PCB	x	
Idrogeno solforato	X	

Tabella 9.29. Quadro analisi condotte nelle campagne di monitoraggio

Il quadro sinottico costruito per la valutazione degli indicatori di qualità dell'aria associati al sistema degli areali dei TMB evidenzia delle caratteristiche del tutto analoghe a quelle relative al sistema delle discariche.

Quadro sinottico	Ambiti territoriali impianti	Comuni limitrofi	Ambito territoriale area vasta
NO <sub>2</sub> range livelli di concentrazione in aria media annua	22-46 (ug/m3)*	3-74 (ug/m3)*	7-82 (ug/m3)
PM <sub>10</sub> range livelli di concentrazione in aria media annua	22-32 (ug/m3)*	16-49 (ug/m3)*	12-52 (ug/m3)
Metalli (Cd, NI, As e Pb) % rispetto ai limiti vigenti	5%	-	8%
IPA -Benzo(a)pirene rispetto ai limiti vigenti	38%	-	45%
Benzene rispetto ai limiti vigenti	26%	-	39%

Tabella 9.30. Sintesi indicatori di qualità ambientale

In particolare i livelli medi stimati per via modellistica per  $PM_{10}$  e  $NO_2$  indicano una discreta omogeneità delle aree inserite in contesti urbani (vedi Roma) con quanto osservabile in contesti urbani diversi ma a medesima vocazione urbanistica. Inoltre come si evince dal grafico della distribuzione dei livelli di  $PM_{10}$  e  $NO_2$  medi, gli areali di Viterbo e Albano sono caratterizzati da indici di qualità dell'aria relativamente favorevoli in confronto a stazioni di misura tipicamente collocate su arterie a traffico intenso.

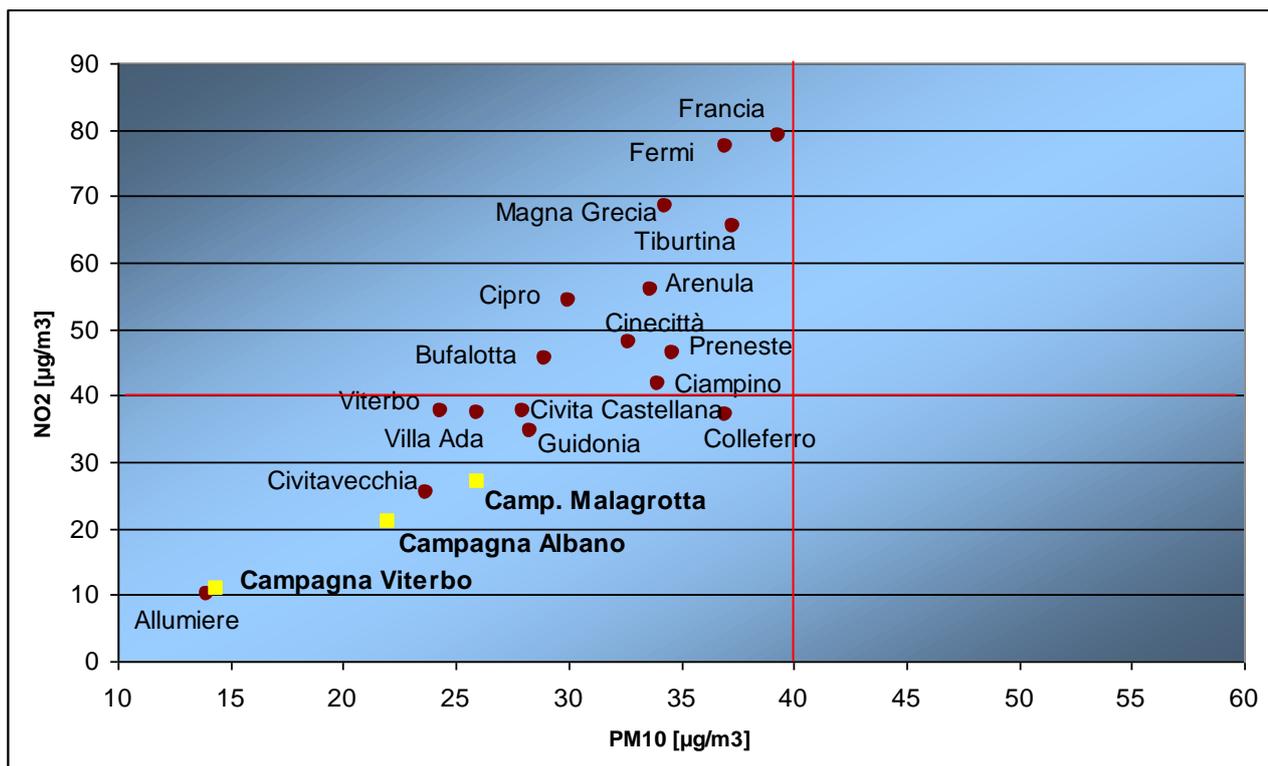


Grafico 9.6. Confronto tra le medie annuali di  $NO_2$  e  $PM_{10}$  delle centraline regionali (2008-2010) con le medie delle campagne effettuate dall'ARPA Lazio.

Il quadro complessivo che emerge suggerisce che, dal punto di vista ambientale, oltre il mantenimento di adeguati programmi di controllo degli impianti (AIA) probabilmente una lettura integrata del sistema discariche-TMB rappresenta un efficace ambito di sinergia con le valutazioni a carattere epidemiologico. Inoltre, la predisposizione di una articolata strategia di monitoraggio ambientale che, sulla base di misure continue in stazioni fisse (rete regionale) e misure di parametri inquinanti mirati e specifici per periodi statisticamente significativi consenta di costruire un supporto efficace alla valutazione di piani e programmi di sviluppo e/o di intervento.

## Appendici (\*)

### Schede impianti di gestione rifiuti urbani

### Valutazione modellistica dell'impronta (footprint) degli impianti

#### Report

- ⇒ Il Monitoraggio Della Qualità dell'aria nei Pressi del Termovalorizzatore di San Vittore del Lazio (Fr)
- ⇒ Risultati e Confronti - Monitoraggi della Qualità dell'aria Impianti di termovalorizzazione dei Rifiuti nella Regione Lazio
- ⇒ Relazione conclusiva sullo stato della qualità dell'aria a Malagrotta nel periodo 13 giugno – 4 dicembre del 2008
- ⇒ Relazione conclusiva sullo stato della qualità dell'aria a Malagrotta nel periodo 7 Febbraio – 2 Aprile del 2009
- ⇒ Valutazione modellistica della qualità dell'aria nell'area di Colleferro
- ⇒ Valutazione ante-operam dei punti di massima ricaduta delle sostanze inquinanti emesse dall'impianto di gassificazione di Albano
- ⇒ Monitoraggio della qualità dell'aria nelle zone interessate dagli impianti di smaltimento dei rifiuti (periodo 2011-2012)

#### Tavole

TAV.1 Fattori di sensibilità ambientale

TAV.2 Fattori di pressione – Emissioni totali annuali di PM<sub>10</sub> [t/a]

TAV.3 Livello di concentrazione media annua di PM<sub>10</sub> [µg/m<sup>3</sup>]

TAV.4 Distribuzione spaziale dell'impronta degli impianti di trattamento dei rifiuti urbani

**(\*) Le appendici sono riportate nella parte finale del rapporto**

**Riferimenti bibliografici**

Delibera del Consiglio Regionale del Lazio n.66 del 10 del 2009, "*Piano di risanamento della qualità dell'aria*", supplemento ordinario del BUR n.11 del 20 marzo 2010.

ISPRA, "Indagine ambientale nell'area di Malagrotta", aprile 2011

ISPRA, "Rapporto Rifiuti urbani 2011",2012

ISPRA, "Rapporto Rifiuti urbani 2009",2010

ISPRA, "Rapporto Rifiuti 2008",2019

APAT, "Rapporto Rifiuti 2007",2008

APAT - ONR, "Rapporto Rifiuti u2006",2007

APAT - ONR, "Rapporto Rifiuti 2005",2006

APAT - ONR, "Rapporto Rifiuti 2004",2005

APAT - ONR, "Rapporto Rifiuti 2003",2004

APAT - ONR, "Rapporto Rifiuti 2002",2003

APAT - ONR, "Rapporto Rifiuti 2001",2002

EEA, "EMEP/CORINAIR, Emission inventory Guidebook 2007", technical report n.16/2007.

EEA, "EMEP/CORINAIR, Air pollution emission inventory Guidebook 2009", technical report n.9/2009.

US Enviromental Protecion Agency, "Emission factors & AP42", V edizione, 1995.

ISTAT, "Censimento industria e servizi 2001 - Classificazione delle attività economiche Ateco 2007".

ISTAT, "Stime del carico inquinante delle acque reflue urbane", 2010.

ISTAT "Stima del carico inquinante delle acque reflue urbane anno" 2005-2008

ISPRA, "La disaggregazione a livello provinciale dell'inventario nazionale delle emissioni - anni 1190-1995-2000-2005", Rapporti 92/2009.

Delibera della Giunta Regionale del Lazio del 18/01/2012 "Piano di gestione dei rifiuti", supplemento ordinario n.15 del BURL n.10 del 14 marzo 2012.

Delibera del Consiglio Regionale n.66 del 10 dicembre 2009 "Piano di risanamento della qualità dell'aria".

Delibera del Consiglio Regionale n.42 del 2007 "Piano regionale di tutela delle acque".

Anfossi D. (1985): "Analysis of plume rise data from five TVA Steam Plants". J. Clim. appl. Met. 24, 1225-1236

D. Anfossi, F. Desiato, G. Tinarelli, G. Brusasca, E. Ferrero, D. Sacchetti, (1998): "TRANSALP 1989 Experimental Campaign - part II: Simulation of a tracer experiment with Lagrangian particle models. Atmospheric Environment, 32, 7, 1157-1166.

M. Boznar, G. Brusasca, C. Cavicchioli, P. Faggian, S. Finardi, P. Mlakar, M.G. Morselli, R. Sozzi, G. Tinarelli (1994): "Application of advanced and traditional diffusion models to an experimental campaign in complex terrain". Reprint of Second International Conference "Air Pollution 1994", 27-29 Sept 1994, Barcelona, Spain, pp. 159-166.

Brusasca G., Tinarelli G., Anfossi D., Zannetti P. (1987): "Particle modeling simulation of atmospheric dispersion using the MC-LAGPAR package", Environmental Software 2,151-158.

Brusasca G., Tinarelli G., Anfossi D. (1989): "Comparison between the results of a Monte Carlo atmospheric diffusion model and tracer experiments", Atmospheric Environment 23, 1263-1280.

Brusasca G., Tinarelli G., Anfossi D. (1992): "Particle model simulation of diffusion in low windspeed stable conditions", Atmospheric Environment 26, 707-723.

Geai P. (1987): "Methode d'interpolation and reconstitution tridimensionnelle d'un champ de vent: le code d'analyse objective MINERVE", EDF/DER report HE-34/87.03.

Hanna S. R. (1982): "Application in air pollution modelling" in "Atmospheric Turbulence and Air Pollution Modelling". Ed. by S.T.M. Nieuwstadt and H. Van Dop, D.Reitell Pub. Comp., pp.275-310.

Manzi G., Brusasca G., Morselli M.G., Tinarelli G. (1998): "Indagine generale per lo studio pluridisciplinare del deperimento del pino silvestre ed altre specie botaniche in Val D'Aosta, simulazione della dispersione in atmosfera degli inquinanti emessi dal traffico veicolare e dal riscaldamento", relazione ENEL/CRAM 1998-0022

Pacitti M., P. Mensio, G. Brusasca, G. Tinarelli, G. Genon, F. Marchese, G. Nobile, G. Malvasi (1987): "Global evaluation of the activity of toxic and hazardous waste landfills using monitoring and modeling integrated system". Proc. of 5th International Conference "Air Pollution 1997", 16-18 September, Bologna, Italy. Air Pollution V, modelling, monitoring and management, 517-526, Computational Mechanics Publications.

Paine, R.J.(1988): "User's guide to the CTDM meteorological preprocessor (METPRO) program". US-EPA Report EPA/600/8-88/004.

Pielke R.A., Cotton W.R., Walko R.L., Tremback C.J., Lyons W.A., Grasso L.D., Nicholls M.E., Moran M.D., Wesley D.A., Lee T.J. and Copeland J.H. (1992): "A comprehensive meteorological modelling system – RAMS". Meteorol. Atmos. Phys. 49, 69-91.

Rodrigues D.J., Greenly G. D., Gresho P. M., Lange R., Lawver B. S., Lawson L. A., and Walker B. (1982): "User's guide to the MATHEW/ADPIC models", Lawrence Livermore National Laboratory, University of California, Atmospheric and Geophysical Sciences Division, Livermore, California, USAG 82-16.

Scire J.S., Insley E.M., Yamartino R.J. (1990): "Model formulation and user's guide for the CALMET meteorological model". Rep. No. A025-1, Sigma Research Corporation, prepared for the California Air Resources Board, Sacramento, CA..

Stefani A., Brusasca G., Grigolon E., Martinelli U., Marzorati A. (1997): "Integrazione di un sistema di supervisione ambientale nel sistema informativo della Centrale Termoelettrica di Fusina", Atti del 97° convegno AEI - Baveno (VB) 7-9 Maggio 1997.

Thomson D.J. (1984): "Random walk modelling of diffusion in inhomogeneous turbulence", Q. J. R. Meteorol. Soc. 110, 1107-1120.

Thomson D.J. (1987): "Criteria for the selection of stochastic models of particle trajectories in turbulent flows". J. Fluid Mech., 180, 529-556.

Tinarelli G., Anfossi D., Brusasca G., Ferrero E., Giostra U., Morselli M.G., Moussafir J., Tampieri F., Trombetti F. (1994): "Lagrangian particle simulation of tracer dispersion

in the lee of a schematic two-dimensional hill", *Journal of Applied Meteorology*, Vol. 33, N. 6, 744-756.

1987 Brusasca G., Tinarelli G., Anfossi D., Zannetti P.: "Particle modeling simulation of atmospheric dispersion using the MC-LAGPAR package", *Environmental Software* 2,151-158.

Anfossi D., Brusasca G., Tinarelli G.: "Sensitivity analysis of a Monte Carlo atmospheric diffusion model", *Il Nuovo Cimento C* 11, 13-28.

Brusasca G., Tinarelli G., Moussafir J., Biscay P., Zannetti P., Anfossi D.: "Development of a portable FORTRAN 77 code for Monte Carlo particle modelling of atmospheric diffusion (MC-LAGPAR II) - Validation against analytical solution and tracer experiments", *Proc. of Envirosoft '88, Porto Carras (Greece) 27-29 September:Computer Technique in Environmental studies, Computational Mechanics Pub., Springer-Verlag, 431-450.*

1989 Brusasca G., Tinarelli G., Anfossi D.: "Comparison between the results of a Monte Carlo atmospheric diffusion model and tracer experiments", *Atmospheric Environment* 23, 1263-1280.

1990 Anfossi D., Brusasca G., Tinarelli G.: "Simulation of atmospheric diffusion in low windspeed meandering conditions by a Monte Carlo dispersion model". *Il Nuovo Cimento C* 13, N. 6, 995-1006.

Anfossi D., Brusasca G., Tinarelli G.: "Results from a random walk dispersion model in low windspeed stable conditions", *Proc. of 9th Symposium on Turbulence and Diffusion, American Meteorological Society, Roskilde (Denmark), April 30 - May 3, 6.1, 160-163.*

Brusasca G., Morselli M.G., Anfossi D.: "Particle diffusion model evaluation against tracer experiments", *Proc. of the 18th CCMS-NATO meeting, Vancouver (Canada), 13-17 May, Air Pollution Modelling and its Application VIII, Plenum Press, 625-626.*

1991 Anfossi D., Brusasca G., Tinarelli G.: "Modello lagrangiano di dispersione di inquinanti in atmosfera a scala locale", Bollettino Geofisico XIV, 1, 23-33.

Brusasca G., Tinarelli G., Anfossi D., Ferrero E., Tampieri F., Trombetti F.: "Development of a Lagrangian stochastic model for dispersion in complex terrain", Proc. of the 19th CCMS-NATO meeting, Ierapetra, Crete (Greece), 29 September - 4 October 1991; Air Pollution Modelling and its Application X, Plenum Press, 329-337.

Brusasca G., Tinarelli G., Anfossi D., Ferrero E., Castelli G., Centemeri M., Finzi G.: "Software presentation of LAMBDA code - LAgrangian Model for Buoyant Dispersion in the Atmosphere", Proc. of the 19th CCMS-NATO meeting Ierapetra, Crete (Greece), 29 September - 4 October; Air Pollution Modelling and its Application IX, Plenum Press, 723-724.

Finzi G. e G. Brusasca: "La Qualità dell'Aria: Modelli Previsionali e Gestionali", Cap. 4 "Modelli di diffusione a particelle", MASSON Editore, pp. 346.

1992 Anfossi D., Ferrero E., Brusasca G., Tinarelli G., Tampieri F., Trombetti F., Giostra U.: "Dispersion simulation of a wind tunnel experiment with lagrangian particle models", Il Nuovo Cimento C 15, 139-158.

Anfossi D., Brusasca G. Ferrero E. (1992): "Modelli per la dispersione degli inquinanti in atmosfera", Le Scienze n. 288, 38-49.

Brusasca G., Tinarelli G., Anfossi D.: "Particle model simulation of diffusion in low windspeed stable conditions", Atmospheric Environment 26, 707-723.

Tampieri F., C. Scarani, U. Giostra, G. Brusasca, G. Tinarelli, D. Anfossi, E. Ferrero: "On the application of random flight dispersion models in inhomogeneous turbulent flows", Annales Geophysicae, 10, 749-758.

Tinarelli G., Giostra U., Ferrero E., Tampieri F., Anfossi D., Brusasca G., Trombetti F.: "SPRAY, a 3-D particle model for complex terrain dispersion", Proc. of 10th Symposium on Turbulence and Diffusion, American Meteorological Society, Portland, Oregon (USA), 29-Sept. - 2 Oct, P2.9, 147-150.

Giostra U., Tampieri F., Brusasca G., Tinarelli G., Anfossi D., Ferrero E. (1992): "Sulla applicazione di modelli di dispersione Lagrangiani a condizioni di turbolenza non omogenea", 9° Convegno Nazionale GNFAO, Roma 8-9-10 giugno, Bollettino Geofisico XV, N. 1, 90-91.

1993 Anfossi D., Ferrero E., Brusasca G., Marzorati A., Tinarelli G.: "A simple way of computing buoyant plume rise in Lagrangian stochastic dispersion models", Atmospheric Environment 27A, 1443-1451.

Brusasca G., Morselli M.G., Anfossi D.: "Model evaluation criteria on tracer experimental data". Proceeding of the Manno workshop "Intercomparison of advanced practical short-range atmospheric dispersion models" August 30- September 3 1993, Manno, Switzerland 131-140.

Tinarelli G., Anfossi D., Brusasca G., Ferrero E., Morselli M.G., Moussafir J.: "A complete 3-D Lagrangian particle model to simulate the dispersion of non-reacting airborne pollutants over complex terrain". Proceedings of the Manno workshop "Intercomparison of advanced practical short-range atmospheric dispersion models" August 30- September 3 1993, Manno, Switzerland 103-111.

Brusasca G., Marzorati A., Nadalutti M., Sguarnieri S., Tinarelli G., Zardetto G.: "Nodo Intelligente per il monitoraggio ambientale dell'area industriale di Porto Marghera e Fusina", atti del convegno internazionale ANIPLA, Milano, 23-25 Novembre 1993, 797-811.

Tinarelli G., Anfossi D., Brusasca G., Ferrero E., Giostra U., Morselli M.G., Tampieri F., Trombetti F.: "Lagrangian model simulation of 3-d concentration distribution over complex terrain", Proc. of the 20th CCMS-NATO meeting, Valencia, 29 November-3 December 1993; Air Pollution Modelling and its Application X, Plenum Press, 621-622.

1994 Boznar M., G. Brusasca, C. Cavicchioli, P. Faggian, S. Finardi, P. Mlakar, M.G. Morselli, R. Sozzi, G. Tinarelli: "Application of advanced and traditional diffusion models to an experimental campaign in complex terrain". Reprint of Second International Conference "Air Pollution 1994", 27-29 Sept 1994, Barcelona, Spain, pp. 159-166.

Nanni A., Riva M., Tinarelli G., Brusasca G.: "Particle model simulation of pollutants dispersion from a line source in complex terrain", Proc. of 5th International Symposium on Highway and Urban Pollution, Copenhagen, 22-24 May 1994. Pubblicato su The Science of the total Environment, Elsevier 189/190, 301-309 (1996).

Tinarelli G., Anfossi D., Brusasca G., Ferrero E., Giostra U., Morselli M.G., Moussafir J., Tampieri F., Trombetti F.: "Lagrangian particle simulation of tracer dispersion in the lee of a schematic two-dimensional hill", Journal of Applied Meteorology, Vol. 33, N. 6, 744-756.

1995 Anfossi D., Sacchetti D., Trini Castelli S.: "Development and sensitivity analysis of a Lagrangian particle model for long range dispersion", Environmental Software 10, 263-287.

Brusasca G., Ferrero E., Anfossi D., Desiato F., Tinarelli G., Morselli M.G., Finardi S., Sacchetti D.: "Intercomparison of 3-D flow and particle models with Transalp 1989 meteorological and tracer data", Proc. of the 21st CCMS-NATO meeting, Baltimore, 6-10 November, 1995, 386-394. Air Pollution Modelling and its Application XI, Plenum Press, 559-567.

Ferrero E., Anfossi D., Brusasca G., Tinarelli G.: "Lagrangian Particle Model: Evaluation against Tracer Data", Int. J. Environment and Pollution, Vol. 5, N. 4-6, 360-374.

Tampieri F., U. Giostra, F. Trombetti, D. Anfossi, E. Ferrero, G. Tinarelli: "Flux gradient relationships for turbulent dispersion in complex terrain", Nonlinear Processes in Geophysics, 2, 89-100.

1996 Anfossi D., Ferrero E., Sacchetti D., Trini Castelli S.: "Comparison among empirical probability density functions of the vertical velocity in the surface layer based on higher order correlations", Boundary Layer Meteorology, 82, 193-218.

Ferrero E., Anfossi D., Brusasca G., Tinarelli G., Alessandrini S., Trini Castelli S.: "Simulation of atmospheric dispersion in convective boundary layer: comparison between different Lagrangian particle models", 4th Workshop on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, Oostende, 6-9 May 1996, 67-74. Pubblicato su Int. J. Environment and Pollution, Vol 8, Nos. 3-6, 315-323.

1997 Anfossi D., E. Ferrero, G. Tinarelli, S. Alessandrini: "A simplified version of the correct boundary conditions for skewed turbulence in Lagrangian particle models", Atmospheric Environment, 31, 2, 301-308.

Stefani A., Brusasca G., Grigolon E., Martinelli U., Marzorati A. "Integrazione di un sistema di supervisione ambientale nel sistema informativo della Centrale Termoelettrica di Fusina", Atti del 97° convegno AEI - Baveno (VB) 7-9 Maggio 1997, 65-70.

Bacci P., Brusasca G., Morselli M.G. (1997): "Modellistica dell'inquinamento atmosferico prodotto da impianti industriali in condizioni meteo-diffusive complesse", SIDISA - Simposio internazionale di ingegneria sanitaria ambientale, Revello 3-7 giugno 1997.

Pacitti, M. P. Mensio, G. Brusasca, G. Tinarelli, G. Genon, F. Marchese, G. Nobile, G. Malvasi: "Global evaluation of the activity of toxic and hazardous waste landfills using monitoring and modeling integrated system". Proc. of 5th International Conference "Air Pollution 1997", 16-18 September, Bologna, Italy. Air Pollution V, modelling, monitoring and management, 517-526, Computational Mechanics Publications.

Brusasca G.: "La modellistica di dispersione degli inquinanti in atmosfera", Giornate di Studio "Progettare la qualità dell'aria", 25-27 Settembre, Lipari (ME).

Trini Castelli S., Anfossi D.: "Intercomparison of 3-D turbulence parameterizations for dispersion models in complex terrain derived from a circulation model". Nuovo Cimento, 20 C, 287-313, Editrice Compositori, Bologna.

Ferrero E., D.Anfossi, G. Tinarelli, S. Trini Castelli: "An intercomparison of two turbulence closure schemes and four parameterizations for stochastic dispersion models". *Nuovo Cimento*, 20 C, 315-329, Editrice Compositori, Bologna.

Ferrero E., D.Anfossi, G. Brusasca, G. Tinarelli, Alessandrini S., S. Trini Castelli: "Simulation of atmospheric dispersion in convective boundary layer: comparison between two Lagrangian particle models". *Int. J. Environment and Pollution*, 8, 315-323.

1998 Anfossi D., F. Desiato, G. Tinarelli, G. Brusasca, E. Ferrero, D. Sacchetti, "TRANSALP 1989 Experimental Campaign - part II: Simulation of a tracer experiment with Lagrangian particle models.", *Atmospheric Environment*, 32, 7, 1157-1166.

Ferrero E., Anfossi D., Tinarelli G., Tamiazzo M. "Intercomparison of Lagrangian stochastic models based on two different PDF's". 5th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modeling for Regulatory Purposes, Rhodes, Greece, 18-21 May 1998.

Tinarelli G., Anfossi D., Bider M., Ferrero E., Trini Castelli S.: "A new high performance version of the Lagrangian particle dispersion model SPRAY, some case studies", Preprints of the 23rd CCMS-NATO meeting, Varna, 28 September - 2 October 1998, 343-350. DEMETRA publications.

Anfossi D., Trini Castelli S., Ferrero E., Brusasca G., Tinarelli G.: "Confronto tra modelli stocastici Lagrangiani di dispersione nello strato limite convettivo basati su diverse PDF", *Convegno di Meccanica Stocastica*, Lampedusa, 1-3 giugno 1998.

Bacci P., Brusasca G., Morselli M.G., Negri A., Tinarelli G.: "Modellistica di diffusione per la gestione dei rifiuti", *RICICLA '98*, Rimini, 17-20 settembre 1998.

Degrazia G., D.Anfossi: "Estimation of the Kolmogorov constant  $C_0$  from classical statistical diffusion theory". *Atmospheric Environment*, 32, 3611-3614. Pergamon Press, Oxford.

Ferrero E., D. Anfossi: "Comparison of PDFs, closures schemes and turbulence parameterizations in Lagrangian Stochastic Models". *Int. J. Environment and Pollution*, 9, 384-410.

Ferrero E., D. Anfossi: "Sensitivity analysis of Lagrangian Stochastic models for CBL with different PDF's and turbulence parameterizations". *Air Pollution Modelling and its Applications XII*, S.E. Gryning and N. Chaumerliac eds., Plenum Press, New.

1999 Sansigolo Kerr A., Anfossi D., Aparecida Do Nascimento S.: "Analysis of the atmospheric aerosol impact on Serra do Mar Sierra, Cubatao, Brazil", 2nd International Conference - Urban Air Quality, Madrid, 3-5 March, 1999.

Anfossi D., Bellasio R., Bianconi R., Bider M., Canepa E., Modesti F., Mosca S., Ratto C., Tinarelli G., Trini Castelli S.: "A prototype integrated system of models simulating accidental releases and atmospheric dispersion in a topographically complex area". 4th International Congress "Energy, Environment and Technological Innovation", Rome, September 20-24, 1999.

Ferrero E., Tamiazzo M., Anfossi D., Tinarelli G.: "Lagrangian stochastic models applied to urban atmospheric dispersion". 4th International Congress "Energy, Environment and Technological Innovation", Rome, September 20-24, 1999.

Sansigolo Kerr A., Anfossi D., Carvalho J., Trini Castelli S.: "A dispersion study of the aerosol emitted by fertilizer plants in the region of Serra do Mar Sierra, Cubatao, Brazil". 6th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modeling for Regulatory Purposes, Rouen, France, 11-14 October 1999.

Ferrero E., Anfossi D., Tinarelli G.: "Simulation of atmospheric dispersion in urban stable boundary layer". 6th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modeling for Regulatory Purposes, Rouen, France, 11-14 October 1999.

Carvalho J., G. Degrazia, D. Anfossi, S. Trini Castelli: "Simulation of Copenhagen tracer diffusion experiment by means of a Lagrangian particle model", *Hybrid Methods in Engineering*, 1, 309-327, 2000.

Anfossi D., G. Degrazia, E. Ferrero, S.E. Gryning, M.G. Morselli, S. Trini Castelli: "Estimation of the Lagrangian structure function constant  $C_0$  from surface layer wind data". *Boundary-Layer Meteorology*, 95, 249-270.

Tinarelli G., D.Anfossi, M. Bider, E.Ferrero, S. Trini Castelli: "A new high performance version of the Lagrangian particle dispersion model SPRAY, some case studies". *Air Pollution Modelling and its Applications XIII*, S.E. Gryning and E. Batchvarova eds., Kluwer Academic / Plenum Press, New York, 499-507.

Anfossi D., G. Degrazia, E. Ferrero, S.E. Gryning, M.G. Morselli, S. Trini Castelli: "Estimation of Kolmogorov constant  $C_0$  from sonic anemometer measurements in the Atmospheric Surface Layer". *Air Pollution Modelling and its Applications XIII*, S.E. Gryning and E. Batchvarova eds., Kluwer Academic / Plenum Press, New York, 631-639 in press (2001).

Cuffini S., Pavone F., Anfossi D., Nanni A., Tinarelli G.: "Metodologie integrate per il controllo della qualità dell'aria in aree ad alta urbanizzazione". *Atti del convegno "Arie di città" – Bologna 28-30 Novembre 2000*, in press.

Ferrero E., D. Anfossi, G. Tinarelli, S. Trini Castelli: "Lagrangian Particle Simulation of an EPA Wind Tunnel Tracer Experiment in a Schematic Two-Dimensional Valley". *Air Pollution Modelling and its Applications XIV*, S.E. Gryning and F.A. Schiermeier eds., Kluwer Academic / Plenum Press, New York, in press.

Finardi S., G. Tinarelli, A. Nanni, D. Anfossi, E. Ferrero, S. Trini Castelli: "In situ diagnostic or nested prognostic meteorological models to drive dispersion simulations in complex area: a comparison in a real application". *Air Pollution Modelling and its Applications XIV*, S.E. Gryning and F.A. Schiermeier eds., Kluwer Academic / Plenum Press, New York, in press.

Carvalho J., G. Degrazia, D. Anfossi, S. Trini Castelli: "Study of the transport and diffusion process in the PBL using the RAMS and SPRAY models: application to the TRACT experiment". *Air Pollution Modelling and its Applications XIV*, S.E. Gryning and F.A. Schiermeier eds., Kluwer Academic / Plenum Press, New York, in press.

Ferrero E., D.Anfossi, G. Tinarelli: "Simulation of atmospheric dispersion in urban stable boundary layer". In press on IJEP.

Sansigolo Kerr A., D. Anfossi, S. Trini Castelli, S. Nascimento: "Investigation of inhalable aerosol dispersion at Cubatao by means of a modelling system for complex terrain". In press on Hybrid Methods in Engineering.

Sansigolo Kerr A., D. Anfossi, J. Carvalho, S. Trini Castelli: "A dispersion study of the aerosol emitted by fertilizer plants in the region of Serra do Mar Sierra, Cubatao, Brazil". In press on IJEP.

Ferrero E., D.Anfossi, G. Tinarelli, M. Tamiazzo: "Intercomparison of Lagrangian stochastic models based on two different PDF's". In press on IJEP.

Brusasca G., Carboni G., Finardi S., Sanavio D., Tinarelli G., Toppetti A., (2001): "Comparison of a Gaussian (ISC3) and a Lagrangian Particle Model (SPRAY) for Regulatory applications in Flat and Complex Terrain Sites Representative of Typical Italian Landscape", presented to the 7th International Conference on Harmonization within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, Belgirate, Italy, May 28-31, 2001.