



ARPALAZIO

AGENZIA REGIONALE PROTEZIONE AMBIENTALE DEL LAZIO

EPIDEMIOLOGIA RIFIUTI AMBIENTE SALUTE NEL LAZIO ERAS LAZIO





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

2013

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.

Rapporto a cura di:

ARPA LAZIO, Servizio tecnico

Giorgio Catenacci, Alessandro D. Di Giosa, Rosangela Lonetto

Il report espone i risultati delle caratterizzazioni ambientali a supporto delle indagini epidemiologiche realizzate nell'ambito del Programma ERAS curato da:

- Dipartimento di epidemiologia SSR- Lazio/ASL RM E
- ARPA Lazio
- Regione Lazio, Direzione Regionale Attività Produttive e Rifiuti

Riassunto

La gestione di rifiuti è un processo complesso che interessa popolazioni diverse e migliaia di lavoratori. Le sostanze che si generano durante lo smaltimento possono contaminare l'ambiente e da qui deriva 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 sulla salute della popolazione interessata, come dimostra l'inadeguatezza delle prove scientifiche finora a disposizione. Dalla necessità di fare chiarezza su questi due aspetti cruciali nasce il programma ERAS Lazio.

Voluto dalla Direzione regionale Energia e Rifiuti, ERAS Lazio è un programma di epidemiologia ambientale, coordinato dal Dipartimento di epidemiologia del Servizio sanitario regionale in collaborazione con l'ARPA del Lazio. Il programma si avvale della collaborazione dell'ARPA Emilia-Romagna per l'esperienza acquisita nel progetto Monitor. Il programma ERAS Lazio è stato istituito ai sensi della DGR n. 929/08 e della Legge finanziaria regionale n. 31/2008, art.34.

Il report espone i risultati delle caratterizzazioni ambientali a supporto degli studi epidemiologici condotti mediante indagini sperimentali e valutazioni modellistiche condotte dall'ARPA Lazio e dedicate, in particolare, alla rilevazione dei livelli di concentrazione in aria di macroinquinanti (NO_x, PM₁₀...), metalli, idrocarburi policiclici aromatici, aldeidi, sostanze organiche volatili, diossine, PCB e idrogeno solforato. 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 qualificare meglio le aree in studio per un efficiente supporto alla valutazione a carattere epidemiologico. Le informazioni raccolte sono derivate principalmente dalla gestione pluriennale della rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria e dall'analisi di una serie di campagne sperimentali dedicate. I due set di dati (misurati) sono stati successivamente integrati dalla valutazione dei livelli medi di concentrazione di inquinanti 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.

Nell'ambito del programma, l'ARPA Lazio, attraverso l'utilizzo di complessi modelli di dispersione degli inquinanti in aria, ha effettuato una stima dell'impronta (footprint - 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) degli impianti di trattamento e gestione dei rifiuti.

Parole chiave: rifiuti, emissioni, qualità dell'aria, discarica, inceneritore, TMB

Contatti autori

Giorgio Catenacci – giorgio.catenacci@arpalazio.it

Alessandro D. Di Giosa – alessandro.digiosa@arpalazio.it

Rosangela Lonetto – rosangela.lonetto@arpalazio.it

©ARPA Lazio – Rieti 2013

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Coordinamento editoriale: ARPA Lazio – Divisione polo didattico

INDICE

PREMESSA.....	Pag.	5
1 RIFIUTI NEL LAZIO	"	7
1.1 Il Programma ERAS.....	"	9
1.2 La metodologia	"	10
2 CARATTERIZZAZIONE DEL TERRITORIO	"	13
3 SISTEMA DELLE DISCARICHE.....	"	17
3.1 Indagini Sperimentali.....	"	18
3.2 Valutazione Ambientale	"	21
3.3 Studio Epidemiologico	"	24
4 AREA COMPLESSA MALAGROTTA.....	"	25
4.1 Indagini Sperimentali.....	"	26
4.2 Valutazione Ambientale	"	29
4.3 Studio Epidemiologico	"	33
5 SISTEMA TERMOVALORIZZATORI	"	35
5.1 Indagini Sperimentali.....	"	35
5.2 Valutazione Ambientale	"	38
5.3 Studio Epidemiologico	"	41
6 SISTEMA TRATTAMENTO MECCANICO BIOLOGICO	"	43
6.1 Indagini Sperimentali.....	"	43
6.2 Valutazione Ambientale	"	45
6.3 Studio Epidemiologico	"	46
7 SVILUPPI FUTURI.....	"	49
8 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	"	51
INDICE DELLE TABELLE	"	53
INDICE DELLE FIGURE.....	"	55
APPENDICE	"	57

LEGENDA

Acronimo	Definizione
ARPA Lazio	Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale del Lazio
ERAS Lazio	Epidemiologia Rifiuti Ambiente e Salute Lazio
AIA	Autorizzazione Integrata Ambientale
CDR	Combustibile Derivato da Rifiuti
CO	Monossido di carbonio
H₂S	Idrogeno solforato
IPA	Idrocarburi Policiclici Aromatici
NO₂	Biossido di azoto
NO_x	Ossidi di azoto
O₃	Ozono
PM₁₀, PM_{2.5}	Particolato
SO₂	Biossido di zolfo
SO_x	Ossidi di zolfo
TMB	Trattamento Meccanico Biologico
VOC/SOV	Sostanze Organiche Volatili

PREMESSA

La gestione dei rifiuti è un processo complesso che va dalla formazione, alla raccolta, al trasporto, fino alla trasformazione e al loro smaltimento. Al processo sono interessati migliaia di lavoratori e popolazioni diverse; i prodotti chimici che si generano durante lo smaltimento possono contaminare l'ambiente e molte sostanze sono tossiche per l'uomo. I risultati degli studi epidemiologici, tuttavia, sono talvolta utilizzati in modo strumentale per suffragare tesi diverse, dal momento che il settore dei rifiuti è al centro di forti controversie e interessi economici, spesso di natura contrapposta. Gli impianti di trattamento dei rifiuti sono, poi, localizzati in un contesto geografico e ambientale particolarmente complesso, in prossimità di centri urbani e industriali e ciò complica ulteriormente la valutazione del reale apporto di questi impianti sulla qualità dell'aria, del suolo o delle acque e, di conseguenza, dei possibili effetti sanitari sulla popolazione interessata (lavoratori e residenti).

Il programma ERAS Lazio è nato proprio dalla consapevolezza che le prove scientifiche relative agli effetti sulla salute degli impianti di trattamento dei rifiuti sono ancora inadeguate, così come non sono ancora esaustive le informazioni relative a qualità e quantità delle sostanze emesse, per tecnologia utilizzata e tipologia dei rifiuti trattati.

Voluto dalla Direzione regionale energia e rifiuti, ERAS Lazio è un programma di epidemiologia ambientale, coordinato dal Dipartimento di epidemiologia del Servizio sanitario regionale in collaborazione con l'ARPA Lazio.

Il programma si è avvalso della collaborazione dell'ARPA Emilia-Romagna per l'esperienza acquisita nel progetto Monitor (<http://www.ARPA.emr.it/monitor/>).

Il programma ERAS Lazio è stato istituito ai sensi della DGR n. 929/08 e della Legge finanziaria regionale n. 31/2008 art.34.

1. RIFIUTI NEL LAZIO

Nel 2012, sul territorio erano presenti 10 discariche per rifiuti urbani (9, se si considerano le due discariche adiacenti di Latina come un unico impianto), 4 impianti di termovalorizzazione dei rifiuti (collocati uno nel comune di San Vittore del Lazio, due adiacenti nel comune di Colferro e l'ultimo nel comune di Roma, il gassificatore di Malagrotta) e 7 impianti per il trattamento meccanico biologico (TMB), di cui 3 annessi agli impianti di discarica (si veda la tabella 1.1 e la figura 1.1).

IMPIANTI DI TRATTAMENTO DEI RIFIUTI URBANI	
DISCARICA	
Località	Comune
Malagrotta	Roma
Inviolata	Guidonia
Cecchina	Albano Laziale
Colle Fagiolara	Colferro
Le Fornaci	Viterbo
Borgo Montello	Latina
Cerreto	Roccasecca
Cupinoro	Bracciano
Fosso Crepacuore	Civitavecchia
TERMOVALORIZZATORE	
Località	Comune
Valle Porchio	San Vittore del Lazio
Colle Sughero	Colferro
Malagrotta (Gassificatore)	Roma
TRATTAMENTO MECCANICO BIOLOGICO	
Località	Comune
S. P. Ortella	Colfelice
Cecchina	Albano Laziale
Casale Bussi	Viterbo
Malagrotta 1	Roma
Rocca Cencia	Roma
Malagrotta 2	Roma
Roma Salaria	Roma

Tab. 1.1 - Localizzazione degli impianti di trattamento dei rifiuti urbani nel Lazio

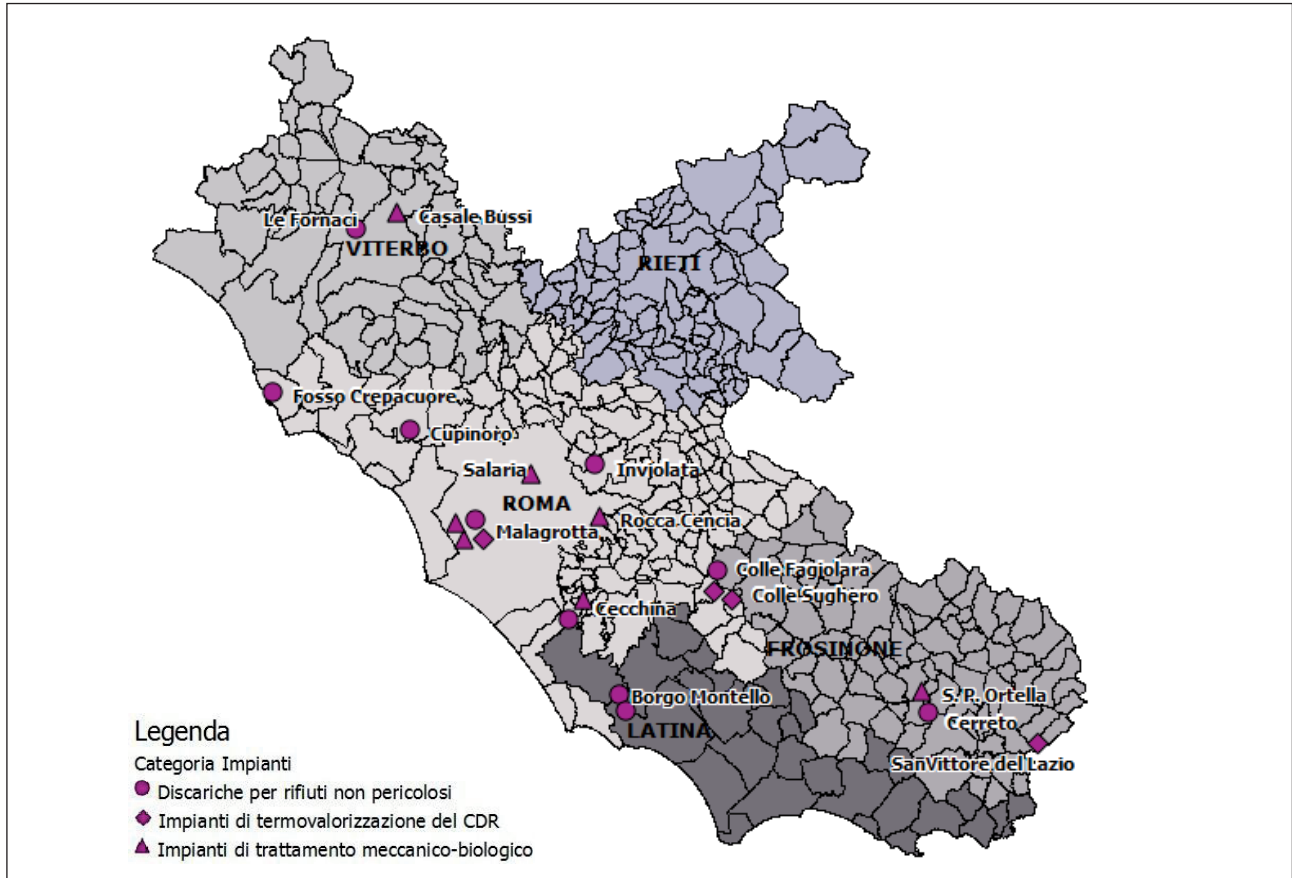


Fig. 1.1 - Localizzazione geografica degli impianti per il trattamento dei rifiuti urbani nel Lazio

Il Lazio produce oltre 3,3 milioni di tonnellate di rifiuti urbani (dato 2008), con una produzione *pro capite* media di 601,7 kg/abitante. Un dato, quest'ultimo, che colloca la regione tra le prime 5 in Italia per produzione *pro capite* (Figura 2).

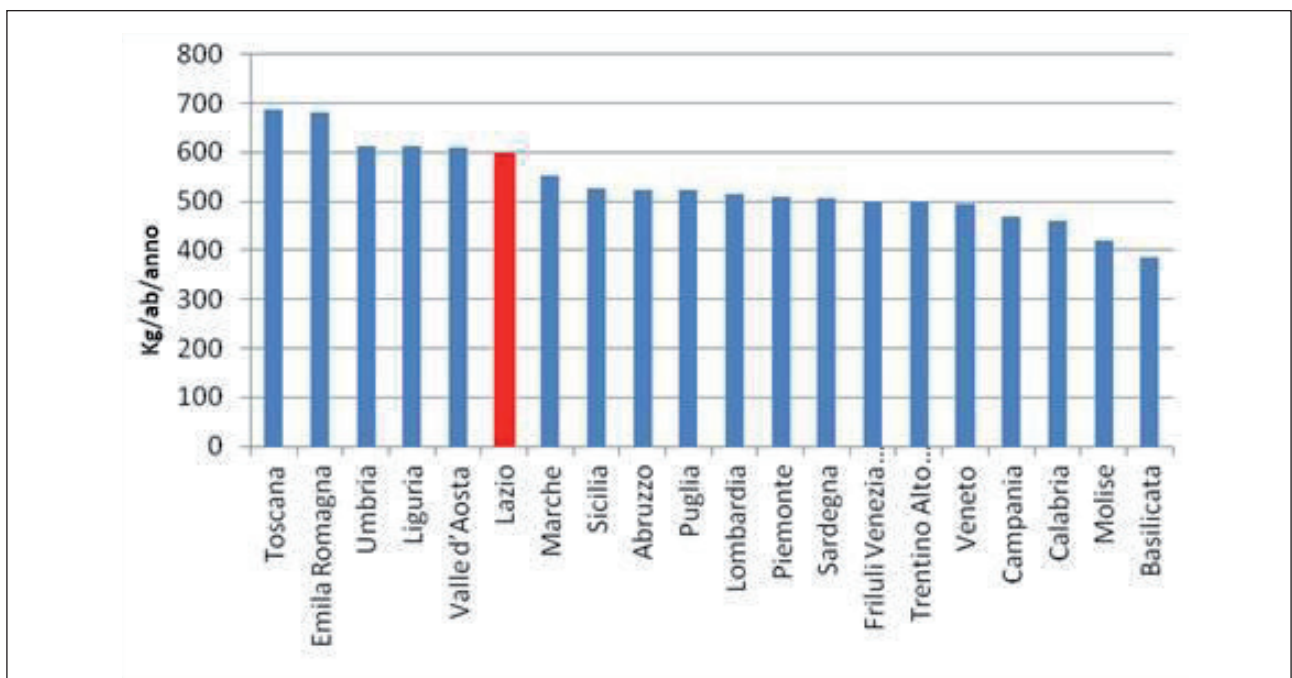


Fig. 1.2 - Produzione pro capite di rifiuti per regione. Anno 2008 (Fonte: ISPRA, Rapporto rifiuti 2009)

Quasi il 77% della produzione è concentrata nella provincia di Roma, dove si registra anche il livello più alto di produzione *pro capite* (648 kg/ab/anno). I dati delle province di Roma e di Latina relativi alla produzione *pro capite* sono più elevati rispetto al panorama nazionale, collocandosi rispettivamente al 21-esimo e al 28-esimo posto della classifica delle province capoluogo di regione. Le province di Viterbo, Rieti e Frosinone registrano, invece, valori di produzione *pro capite* inferiori alla media nazionale.

Nel periodo 1996-2008 la produzione di rifiuti nella regione è passata da 2,5 a 3,3 milioni di tonnellate con un andamento irregolare: mentre nel primo quinquennio si è registrata una crescita media del 3,7 per cento annuo, nel periodo 2002-2003 la produzione di rifiuti urbani è diminuita, per riprendere a crescere nell'anno successivo, seppure a ritmi più contenuti (Tabella 1.2).

Provincia	Rifiuti prodotti [t]	Rifiuti prodotti per provincia [%]	Produzione pro capite [kg/ab/anno]
Frosinone	222.987	6,59	448,7
Latina	317.750	9,38	495,1
Rieti	79.661	2,35	501
Roma	2.601.875	76,85	648,3
Viterbo	163.563	4,83	518,4
Totale	3.385.837	100,00	601,7

Tab. 1.2 - Produzione di rifiuti. Dati per provincia (Anno 2008)

Fonte: Elaborazione Regione Lazio Det. 376 del 07/08/2010

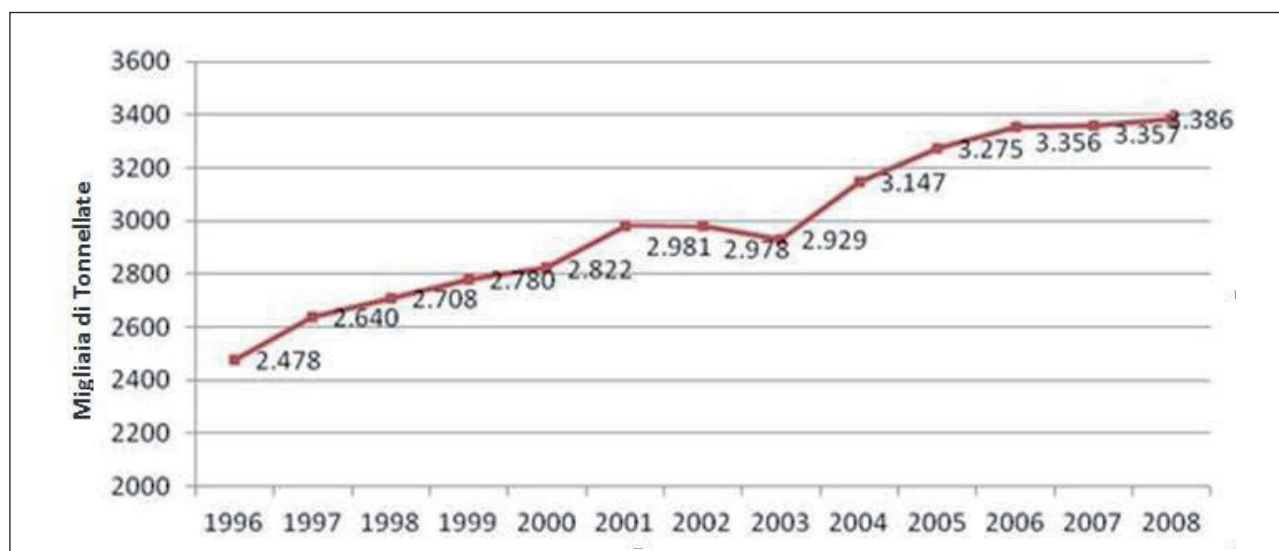


Fig. 1.3 - Andamento della produzione totale rifiuti nel Lazio (Fonte: Elaborazione su dati ISPRA e Regione Lazio)

1.1 Il Programma ERAS

Per rispondere in maniera esaustiva alle domande di conoscenza sul tema, il programma ha previsto l'analisi di diversi aspetti del trinomio *rifiuti, ambiente e salute* utilizzando un approccio integrato agli aspetti ambientali ed epidemiologici.

Le principali azioni del programma sono riportate di seguito:

- Sintetizzare le conoscenze scientifiche disponibili sull'argomento

- Censire le discariche di rifiuti urbani, gli impianti di trattamento meccanico e biologico (TMB) e i termovalorizzatori presenti nella regione Lazio
- Stimare le emissioni in aria relative a ciascun impianto
- Caratterizzare la popolazione potenzialmente esposta
- Valutare gli effetti sulla salute della popolazione esposta agli impianti esistenti
- Valutare le condizioni di salute dei lavoratori
- Curare gli aspetti di comunicazione e di pubblicizzazione dei risultati del programma attraverso un sito web dedicato.

1.2 La metodologia

Il metodo sviluppato ha previsto l'integrazione di dati ambientali e socio-demografici su base geografica per la valutazione dell'esposizione della popolazione residente nelle aree circostanti gli impianti per il trattamento dei rifiuti regionali.

Per ogni impianto sono state create mappe con la relativa localizzazione geografica, compresi i comuni interessati, le *impronte al suolo (footprint)* delle concentrazioni degli inquinanti emessi dagli impianti stessi (stimate attraverso modelli di dispersione elaborati dall'ARPA Lazio) e la popolazione residente georeferenziata.

In appendice sono presenti le mappe dei footprint delle discariche e dei termovalorizzatori. Le analisi dei diversi fattori di impatto ambientale del ciclo dei rifiuti e delle aree territoriali di riferimento, basate sulle serie storiche, sono derivate dalle reti di monitoraggio dell'inquinamento atmosferico e delle acque, dalle attività sperimentali di monitoraggio dedicato e dai controlli ambientali degli impianti. Le analisi sono state integrate con la valutazione delle emissioni e dei fattori di pressione dei diversi comparti antropici (traffico, industria) associata alla loro distribuzione spaziale sul territorio.

Sono state svolte le seguenti attività:

- ⇒ Integrazione delle analisi ambientali mediante la conduzione di campagne sperimentali *ad hoc*.

Le campagne, svolte con mezzi mobili e centraline rilocabili, hanno interessato l'area di Malagrotta, quella dei termovalorizzatori e quattro aree con presenza di discariche. Sono stati selezionati ambiti territoriali "tipo" (a campione) sui quali condurre campagne di rilevamento contemporaneo di "macroinquinanti" (PM_{10} , NO_2) da confrontare con i trend acquisiti dalla rete fissa di rilevamento della qualità dell'aria. Sono stati anche misurati inquinanti specifici (IPA, diossine, metalli) per valutare possibili impatti, diretti e indiretti, degli impianti oggetto dello studio. Si è proceduto in questo modo anche per la necessità, associata alle valutazioni epidemiologiche, di fornire elementi conoscitivi più precisi circa lo stato di qualità ambientale in una finestra temporale (1996-2008) rilevante nella valutazione degli indici di esposizione della popolazione.

- ⇒ Individuazione dei livelli di concentrazione medi di inquinante intorno agli impianti mediante catene modellistiche specializzate (sistema ARPA Lazio, RAMS-SPRAY). Questa concentrazione costituisce, in linea di principio, il footprint, cioè l'impronta specifica del singolo impianto sul territorio e quindi sulla popolazione potenzialmente esposta. In questo modo è stato possibile costruire un sistema di indicatori che tiene conto dei potenziali impatti derivati dal ciclo dei rifiuti e, contemporaneamente, di quelli riconducibili alle altre sorgenti di inquinamento presenti sul territorio.

Gli studi epidemiologici hanno adottato un approccio di *coorte* retrospettivo. Le popolazioni studiate (*coorti*) sono rappresentate dagli abitanti dei comuni in prossimità degli impianti. Più precisamente, sono stati considerati i residenti entro un raggio di 5 km dal perimetro degli impianti, ad eccezione di Malagrotta per la quale, considerata la complessità del sito, l'area è stata allargata fino ad un raggio di 7 km. Le *coorti* sono composte dalle persone

residenti nelle aree oggetto dello studio all'1/1/1996 e da tutte quelle successivamente trasferitesi nelle aree fino al 31 dicembre 2003. L'approccio di coorte di popolazione, basato sulla ricostruzione della storia anagrafica di tutti gli individui residenti, il loro successivo follow-up e il computo dei tassi di occorrenza di malattia e di mortalità, è ritenuto in epidemiologia quello in grado di valutare in maniera più valida il nesso causale tra un'esposizione e lo stato di salute di una particolare popolazione esposta.

Le caratteristiche di esposizione considerate sono state:

1. La distanza dal perimetro di ogni impianto in studio
2. La stima dell'esposizione individuale a concentrazioni degli inquinanti scelti come traccianti degli impianti (idrogeno solforato, H_2S , per le discariche e polveri fini, PM_{10} , per i termovalorizzatori); nel caso degli impianti di trattamento meccanico biologico è stato considerato come "tracciante" un inquinante generico.

Gli esiti sanitari di interesse, relativi al periodo 1996-2010, sono stati accertati con un follow-up individuale, attraverso i sistemi informativi di mortalità e di ricovero ospedaliero.

Nella figura 1.4 sono schematizzate le diverse fasi della valutazione integrata ambiente-salute ai fini dello studio epidemiologico del programma ERAS.

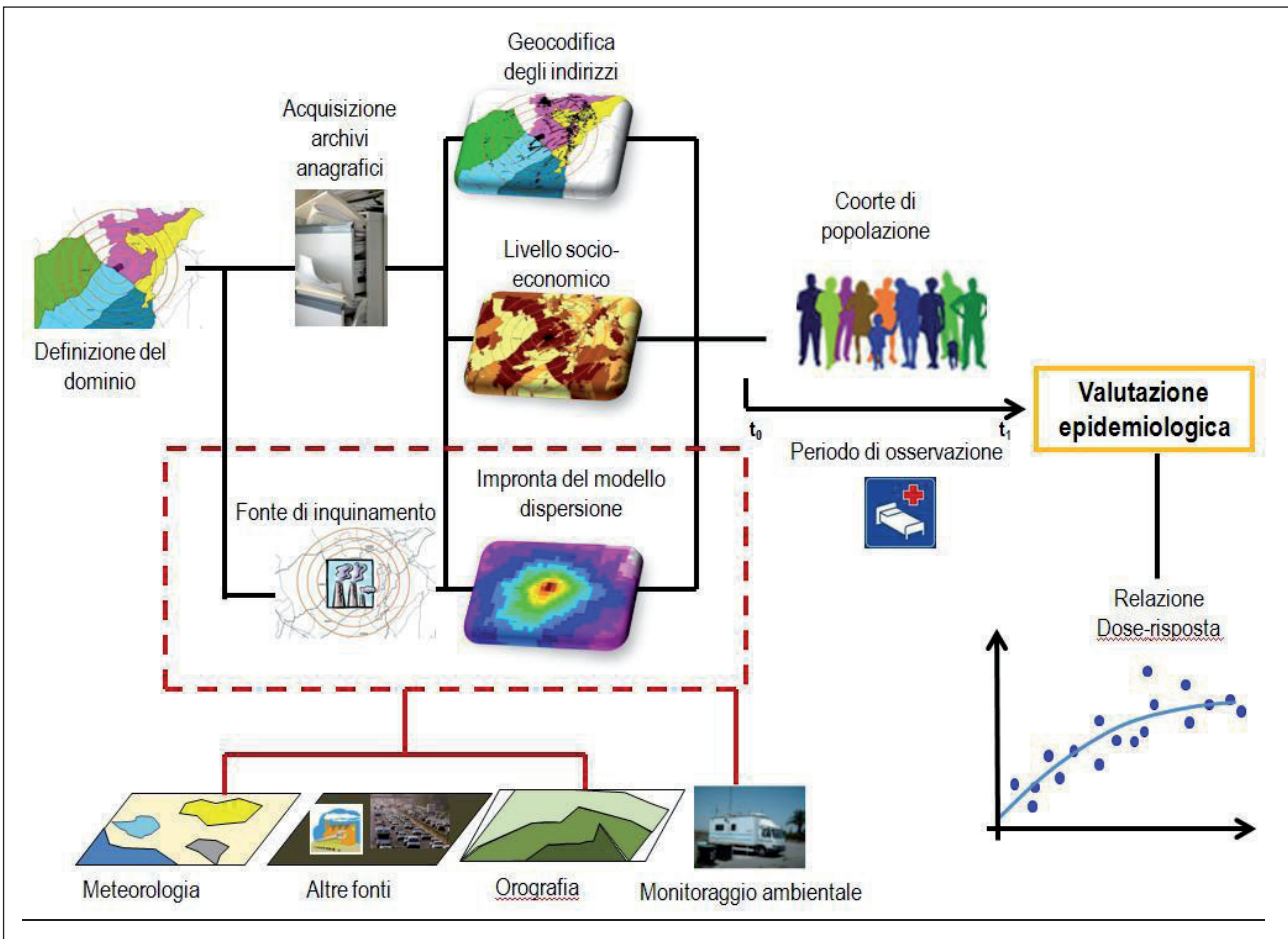


Fig. 1.4 - Schema dello studio epidemiologico – ambiente e salute

La valutazione epidemiologica dello stato di salute della popolazione residente intorno agli impianti ha considerato sia gli effetti a breve termine (esiti della gravidanza, ricoveri ospedalieri per cause respiratorie e cardiovascolari), sia quelli a lungo termine (mortalità, ospedalizzazioni).

La misura di associazione tra gli indicatori di esposizione (distanza e concentrazioni di inquinanti) e mortalità/morbidità per causa specifica è il Rischio Relativo (RR), stimato da

modelli logistici o da modello di sopravvivenza di Cox. Il RR è calcolato come rapporto tra due rischi di morire (o contrarre la malattia) ed esprime l'eccesso (o il difetto) di rischio del gruppo di interesse rispetto al gruppo di confronto (non esposto). Per esempio, se per il gruppo A il RR di mortalità rispetto al gruppo B (riferimento) risulta pari a 1.58, si può concludere che i soggetti del gruppo A hanno un rischio di morte del 58% superiore a quello del gruppo B. Viceversa, se per il gruppo C il RR di mortalità è pari a 0.50, i soggetti di questo gruppo hanno un rischio di morte dimezzato rispetto a quello osservato tra i soggetti di riferimento. Le analisi sono state condotte per gli uomini e le donne separatamente e sono stati valutati come possibili fattori di confondimento (e quindi considerati nella analisi statistica) l'età, il periodo di calendario, il livello socio-economico della sezione di censimento corrispondente, l'inquinamento atmosferico di fondo, la residenza in prossimità di strade principali, autostrade e complessi industriali.

2. CARATTERIZZAZIONE DEL TERRITORIO

I comuni interessati dal Programma ERAS sono 33, così suddivisi:

- Provincia di Frosinone – 10 comuni
- Provincia Latina – 2 comuni
- Provincia di Roma – 18 comuni
- Provincia di Rieti – 0 comuni
- Provincia di Viterbo – 3 comuni

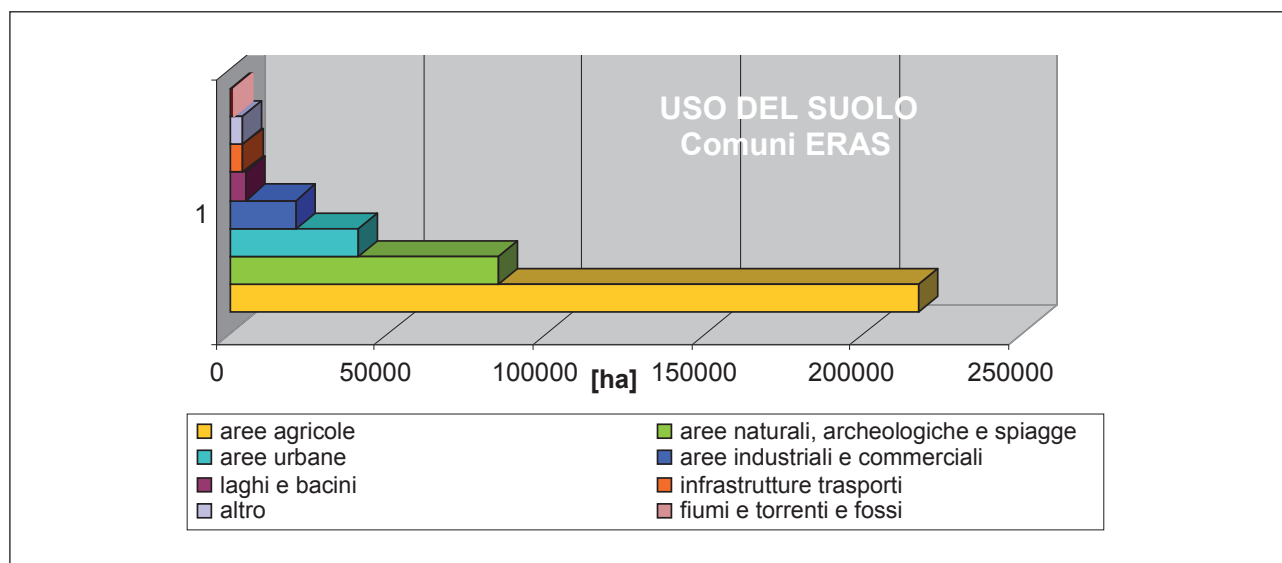
La popolazione complessiva residente nel 2008 nei comuni facenti parte del programma ERAS è pari a 3.537.410 abitanti, di cui 2.721.558 ricadono nel comune di Roma. La tabella 2.1 mostra il numero degli abitanti residenti per provincia.

	Popolazione residente nel 2008
Comuni programma ERAS della Provincia di FR	104.480
Comuni programma ERAS della Provincia di LT	183.925
Comuni programma ERAS della Provincia di RM	3.169.291
Comuni programma ERAS della Provincia di VT	79.714
Totale comuni programma ERAS	3.537.410
Totale Regione Lazio	5.593.864

Tab. 2.1 - Popolazione residente anno 2008 (fonte Istat)

Uso del suolo

Il territorio dei comuni coinvolti nel programma presenta una prevalenza di aree agricole e naturali.



Le attività economiche presenti nei comuni interessati dal programma coinvolgono complessivamente 1.008.233 addetti. Una quota significativa è costituita dagli addetti presenti nel comune di Roma.

Comuni ERAS	n. addetti
	1.008.233
Provincia Frosinone	101.565
Provincia Latina	88.185
Provincia Viterbo	46.791
Provincia Roma	1.030.955
Totale Lazio	1.291.766

Tab. 2.2 - Censimento industria e servizi 2001
Classificazione delle attività economiche Ateco 2007 (fonte ISTAT)

Industria

Nel Lazio gli impianti in possesso di Autorizzazione Integrata Ambientale – AIA (ai sensi del D.Lgs. 152/2006), sono in totale 116 (dato 2011). Il numero maggiore è presente all'interno della provincia di Roma, con 51 attività autorizzate, seguono Frosinone con 27, Latina con 20, Viterbo con 15 e da ultimo Rieti con 3.

Nei comuni interessati dal programma ERAS, nel 2011, sono presenti 44 impianti industriali soggetti ad AIA.

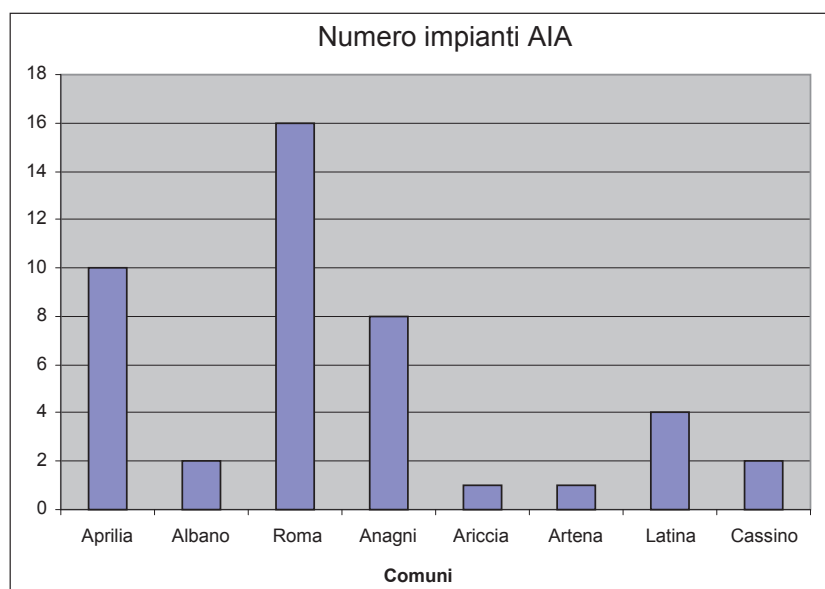


Fig. 2.2 - Impianti industriali soggetti ad AIA

Aree naturali e corsi d'acqua

Nell'area dei comuni oggetto del programma ERAS sono presenti aree naturali sottoposte a vincoli di tutela per una superficie complessiva pari a circa 1.517 ettari.

Nella tabella seguente si riportano le tre tipologie delle aree naturali presenti nelle aree di studio e le rispettive dimensioni in ettari.

Tipologia Area naturale	Superficie Comuni Programma ERAS [ha]	Totale superficie [ha]
Parco	505	2.266
SIC	626	3.484
ZPS	386	3.785
Totale complessivo	1.517	9.535

Tab. 2.3 - Somma della superficie dei comuni in osservazione che ricadono in aree naturali protette (Fonte Regione Lazio)

Considerando i corpi idrici di riferimento definiti dalla Regione Lazio ai fini della tutela delle acque, nelle aree interessate dal Programma ERAS, sono presenti i fiumi principali riportati nel grafico 2.3.

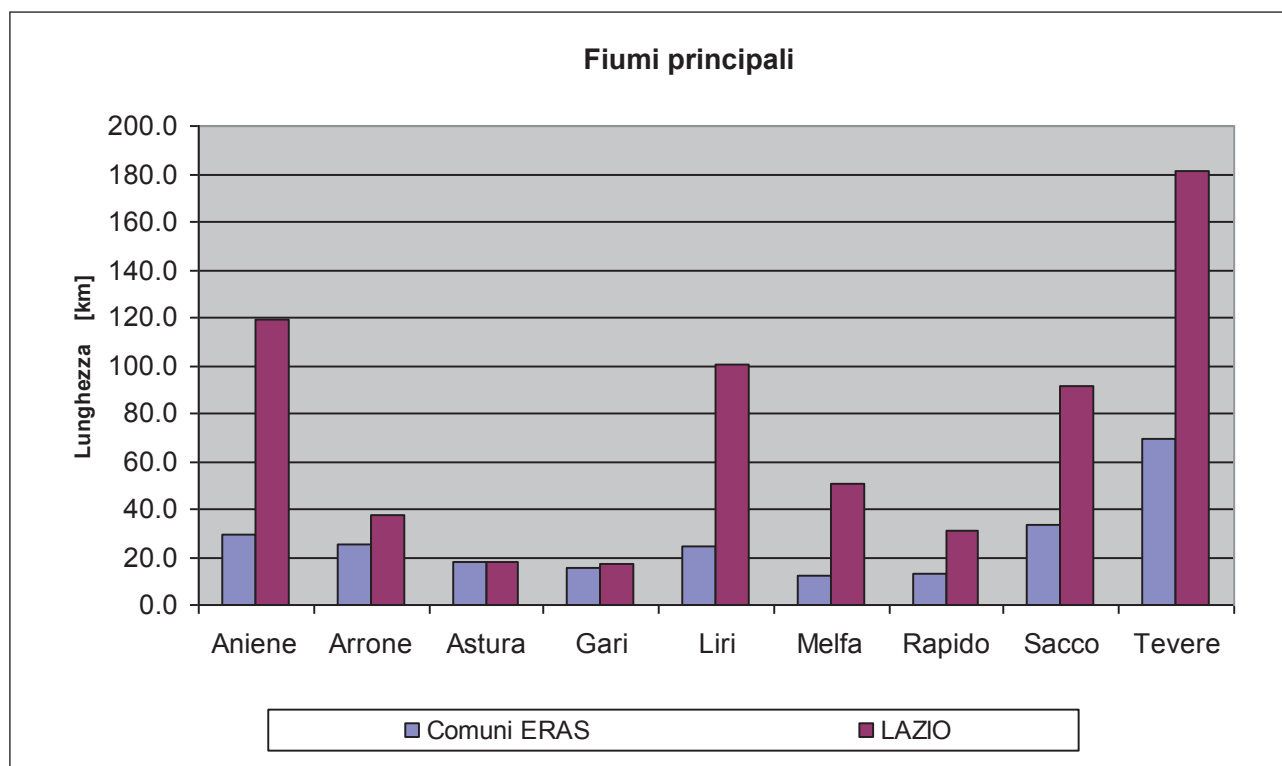


Fig. 2.3 - Fiumi principali che attraversano l'area in osservazione

Emissioni in atmosfera

Nell'ambito del piano di risanamento della qualità dell'aria (ottobre 2010) la Regione Lazio si è avvalsa di un'articolata stima delle emissioni di sostanze inquinanti a livello comunale per le diverse tipologie di sorgenti (industria, traffico ecc.).

Nella tabella 2.4 sono riportate le emissioni stimate a livello annuo (t/anno) per l'area dei comuni oggetto del programma ERAS e i valori relativi alla regione e alle province coinvolte al fine di consentire un agevole confronto relativo alla "potenziale" criticità dell'area.

COMUNE	Inquinante [t/anno]					
	CO	NMHC	NH ₃	NO _x	SO ₂	PM10
totale comuni ERAS	153390	47794	5646	50916	19799	7994
totale provincia di Frosinone	34234	12429	3015	12624	695	1854
totale provincia di Latina	33278	16394	3744	6778	475	1508
totale provincia di Roma	181122	4899	5317	55629	13082	8103
totale provincia di Viterbo	19652	53349	3469	12232	9630	1933
totale regione Lazio	275121	6990	17163	89292	23938	13873

Tab. 2.4 - Emissioni stimate (t/anno)

3. SISTEMA DELLE DISCARICHE

Il sistema delle discariche dei rifiuti urbani della regione Lazio è costituito da 9 siti distribuiti nel territorio appartenente alla provincia di Viterbo (1 impianto), di Frosinone (1 impianto), di Latina (2 impianti) e di Roma (5 impianti). Tale sistema, data la significativa differenza delle popolazioni servite, si caratterizza per capacità di smaltimento molto differenti a partire dal sito di Civitavecchia con circa 50.000 t/anno in media, a quello di Malagrotta con più di 1.000.000 t/anno. I siti sono contraddistinti da fattori di impatto ambientale (emissioni complessive dell'area ed emissioni specifiche da impianti rifiuti) e relative caratteristiche di inquinamento atmosferico significativamente differenti anche rispetto alla popolazione potenzialmente interessata. L'analisi condotta su un areale di riferimento di circa 27 km² attorno agli impianti viene rappresentata nel grafico successivo.

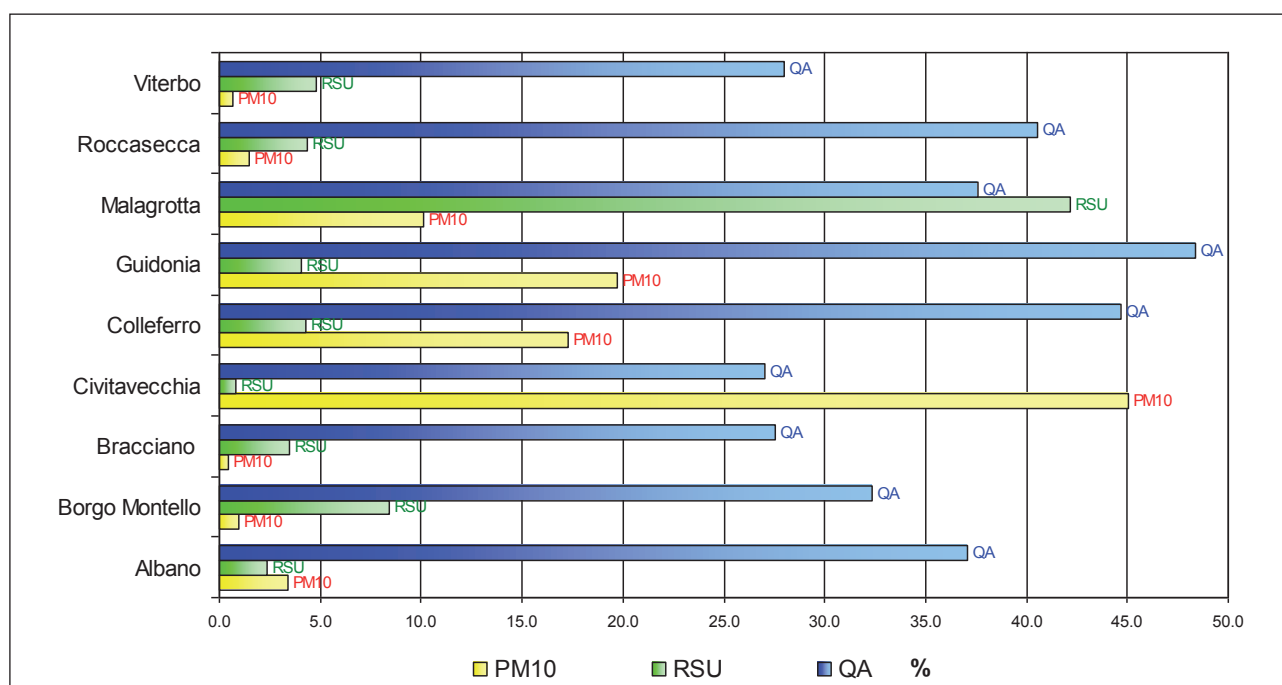


Fig. 3.1 - Confronto tra quantità di rifiuti trattate e indicatori di qualità dell'aria

PM₁₀: emissioni di particolato fine: valori normalizzati rispetto al totale degli impianti (%)

RSU- rifiuti urbani: totale annuo smaltito normalizzato rispetto al totale trattato dagli impianti

QA - qualità dell'aria: livelli di concentrazione media annua di PM₁₀ normalizzati rispetto al limite di legge espresso pari a 50%

I siti sono caratterizzati dal rapporto tra le quantità di rifiuti smaltiti e i livelli di emissione di inquinanti, dovuti al complesso delle sorgenti antropiche, che varia da 0.02 a Civitavecchia (per la presenza di impianti di produzione energia) a più di 4 a Malagrotta. Dal punto di vista ambientale, i fattori di pressione che condizionano il potenziale impatto epidemiologico evidenziano uno spettro ampio di situazioni tra la conduzione e la gestione delle discariche e le altre attività presenti sul territorio. Dall'analisi del grafico si può osservare che il complesso dei 9 siti, dal punto di vista dei fattori di pressione, si distingue in 2 gruppi principali, il primo identificato dalla presenza di un'importante componente di emissioni industriali e da traffico (Malagrotta, Colleferro, Civitavecchia e Guidonia) e il secondo nel quale la presenza delle discariche è associata a fattori di pressione tipici di aree a vocazione urbanistica mista.

Utilizzando gli indici di qualità dell'aria come fattori di supporto alle valutazioni epidemiologiche, si osserva che nei siti indagati, per quanto riguarda il PM₁₀, i valori stimati per via modellistica presentano un rapporto rispetto al limite di legge che varia tra il 25% (es. Civitavecchia) e il 95% (es. Colferro).

3.1 Indagini sperimentali

Le indagini sperimentali condotte dall'ARPA Lazio sono state dedicate alla rilevazione dei livelli di concentrazione in aria di macroinquinanti (NO_x, PM₁₀...), metalli in traccia, idrocarburi policiclici aromatici, aldeidi, sostanze organiche volatili, diossine, policlorobifenili e idrogeno solforato. 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 oggetto di studio per un efficiente supporto della valutazione a carattere epidemiologico. Le informazioni raccolte sono sostanzialmente derivate dalla gestione pluriennale della rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria e dall'analisi di una 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.

Nel territorio che ospita il sistema delle discariche dei rifiuti urbani della regione Lazio, l'ARPA Lazio, con mezzi mobili e centraline rilocabili, ha condotto campagne sperimentali esattamente nei pressi della discarica di Malagrotta, Cecchina, Viterbo, Borgo Montello e Guidonia. 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 3.1 si elencano i periodi delle campagne di monitoraggio della qualità dell'aria eseguite.

Territorio	Impianto	Periodo delle campagne
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

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

Tab. 3.1 - Periodo di monitoraggio e localizzazione delle campagne sperimentali eseguite.

Ulteriori informazioni sui risultati ottenuti nelle singole campagne di misura sono disponibili nel sito www.eraslazio.it.

Nella tabella 3.2 si riportano le medie degli inquinanti maggiormente indicativi, ottenute nelle differenti campagne di monitoraggio. Come si può evincere dalla tabella seguente, l'area monitorata attorno alle discariche non presenta valori superiori ai limiti normativi vigenti.

Campagna	NO ₂ [µg/m ³]	SO ₂ [µg/m ³]	PM ₁₀ [µg/m ³]	PM _{2.5} [µg/m ³]
Limite annuo	40	20	40	25
Malagrotta (RM)	27	2	25.5	14.7*
Cecchina (RM)	21	1.5	22	17
Guidonia (RM)	19	2	28	14
Le Fornaci (VT)	11	0.9	14.4	9.1
Borgo Montello (LT)	10	1	20	10

*Concentrazione relativa alla sola campagna 2012

Tab. 3.2 - Concentrazioni medie del periodo della campagna

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 e risultano dello stesso ordine di quelle rilevate dalle centraline fisse che, a loro volta, sono inferiori ai limiti stabiliti dal D.Lgs. 155/2010.

Campagna	Piombo [µg/m ³]	Cadmio [ng/m ³]	Arsenico [ng/m ³]	Nichel [ng/m ³]	Benzo(a)pirene [ng/m ³]
Limite/Valore Obiettivo	0.5	5	6	20	1
Malagrotta	0.007	0.2	0.5	2.1	0.28
Albano	0.006	0.2	0.3	1.3	0.82
Guidonia	0.002	0.1	0.4	1.4	0.02
Viterbo	0.0005	0.1	0.3	1.5	0.04

Tab. 3.3 - Concentrazioni medie dei metalli e del benzo(a)pirene

I policlorobifenili 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 pg/m³ (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 pg/m³). Nell'autunno 2008 è stata effettuata un'altra campagna con risultati analoghi: PCB totali a Malagrotta 1,0 – 3,7 pg/m³; PCB totali a Cinecittà 18 pg/m³.

Durante le campagne di monitoraggio della qualità dell'aria realizzate negli anni 2011-2012, nei pressi delle discariche di Viterbo, Malagrotta, Guidonia e Borgo Montello sono state ricavate le medie delle concentrazioni dei policlorobifenili. Nella tabella 3.4 si mostrano le medie dei PCB totali e dei PCB-7 ottenuti.

Campagna	PCB tot [pg/m ³]	PCB-7 [pg/m ³]	Diossine Teq [fg/m ³]*
Malagrotta	98.6	63.3	12.8
Borgo Montello	57.5	42.3	24.4
Guidonia	101.6	64.7	20.6
Viterbo	15.1	11.4	5.7

*fg= fentogrammi =10⁻⁹ microgrammi
*pg= picogrammi =10⁻⁶ microgrammi

Tab. 3.4 - Media della concentrazione dei Policlorobifenili e delle diossine

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) è confrontabile con i livelli di PCB-7 osservati in studi di letteratura [Urban background levels of dioxin and PCB in Oslo, M. Schlabach, D. Tønnesen, 2008] rilevati nelle aree urbane come Sofienbergparken ad Oslo (15,3 – 61,9 pg/m³), Sjursjøya (54 pg/m³), Atene (41,7 pg/m³) e Seoul (42,2 pg/m³) relativi a stazioni di monitoraggio in ambiente urbano/industriale ad elevata intensità. Si evidenzia che i valori medi rilevati in letteratura sono relativi a monitoraggi 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.

Il livello di concentrazione delle 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. Dagli studi effettuati si evince che i Teq riscontrati nei pressi delle discariche risultano confrontabili con i valori minimi osservati negli studi di letteratura di diverse campagne sperimentali condotte in aree urbane (Atene: 42-73 fg/m³, Valerenga: 40-200 fg/m³ ...).

Le aldeidi sono composti caratteristici sia di fenomeni odorigeni che precursori attivi nei processi di formazione dello smog fotochimico (O₃ - NO₂). La generale uniformità dei livelli rilevati nelle diverse stazioni, è indicativa della stazionarietà e persistenza di tali composti in atmosfera.

Nella tabella 3.5 sono riportati i valori misurati nelle campagne in esame. Per un confronto, sono stati determinati a Cinecittà gli stessi inquinanti con la stessa tecnica e nel medesimo periodo delle campagne eseguite a Malagrotta e ad Albano e dai risultati si è visto che la presenza di queste sostanze nelle diverse località è di paragonabile entità.

Campagna	Formaldeide [µg/m ³]	Acetaldeide [µg/m ³]	Benzaldeide [µg/m ³]	Butirraldeide [µg/m ³]	Benzene [µg/m ³]
Malagrotta	2.26	1.94	0.15	-	1.40
Albano	2.50	1.20	-	-	1.30
Viterbo	1.96	1.49	0.12	1.02	0.59
Guidonia	4.13	10.4	4.77	8.56	0.38
Borgo Montello	3.10	0.60	0.60	2.10	0.50

Tab. 3.5 - Concentrazioni medie delle aldeidi e del benzene riferite al periodo delle campagne

I livelli di concentrazione di benzene (inferiori al limite di 5 µg/m³) sono indicativi della differente collocazione territoriale delle aree in studio, in particolare Malagrotta e Albano sono in contesti a significativa area antropica mentre Viterbo, Guidonia e Borgo Montello sono collocati in un contesto extra-urbano a scarsa circolazione veicolare.

Oltre a campagne di monitoraggio della qualità dell'aria tramite campionatori attivi (aria aspirata con pompe su filtri per la raccolta del particolato) o passivi (radielli) è stata effettuata anche una campagna di *biomonitoraggio* con l'utilizzo di alcune specie di licheni delle quali è nota la capacità di accumulare nella propria struttura alcuni microinquinanti presenti in aria.

Inoltre, nelle stazioni individuate per il prelievo di licheni autoctoni o per il posizionamento di licheni nei pressi degli impianti, sono stati prelevati campioni compositi di suolo sui quali sono stati analizzati i microinquinanti ricercati anche sui licheni. I campioni di suolo sono stati utilizzati anche per effettuare indagini eco tossicologiche.

I risultati del biomonitoraggio sono coerenti con il quadro emerso dalle indagini "tradizionali".

3.2 Valutazione ambientale

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 queste sono localizzate, è stato scelto, laddove possibile, di fornire, per gli indicatori individuati, il range di variazione tra il valore minimo e massimo osservato confrontando i valori degli indicatori calcolati per ogni singolo impianto.

Per analizzare in termini complessivi e sintetici tutte le attività di monitoraggio e di valutazione modellistica si farà riferimento:

- agli *Ambiti territoriali degli impianti*: superficie pari a circa 28 km² e definita da un cerchio di 3 km di raggio centrato sull'impianto;
- all'*Ambito territoriale di area vasta*: costituito dal territorio delle province del Lazio in cui sono presenti impianti oggetto del programma;
- ai *Comuni limitrofi*: comuni contenuti, anche solo parzialmente, nell'Ambito territoriale dell'impianto.

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 ₂ range livelli di concentrazione in aria media annua	12-49 [µg/m ³]*	2-73 [µg/m ³]*	7-82 [µg/m ³]
PM ₁₀ range livelli di concentrazione in aria media annua	20-36 [µg/m ³]*	13-49 [µg/m ³]*	12-52 [µg/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%
* range di livelli di concentrazione media annua stimati mediante valutazione modellistica			

Tab. 3.6 - Sintesi indicatori di qualità ambientale

Il quadro di riferimento sinottico mostra che le aree di studio hanno valori massimi di NO₂ e PM₁₀ 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 siano 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_{10} - NO_2 , rilevata nelle campagne sperimentali in prossimità delle aree di discarica e delle centraline della rete regionale, (vedi figura 3.2) 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.

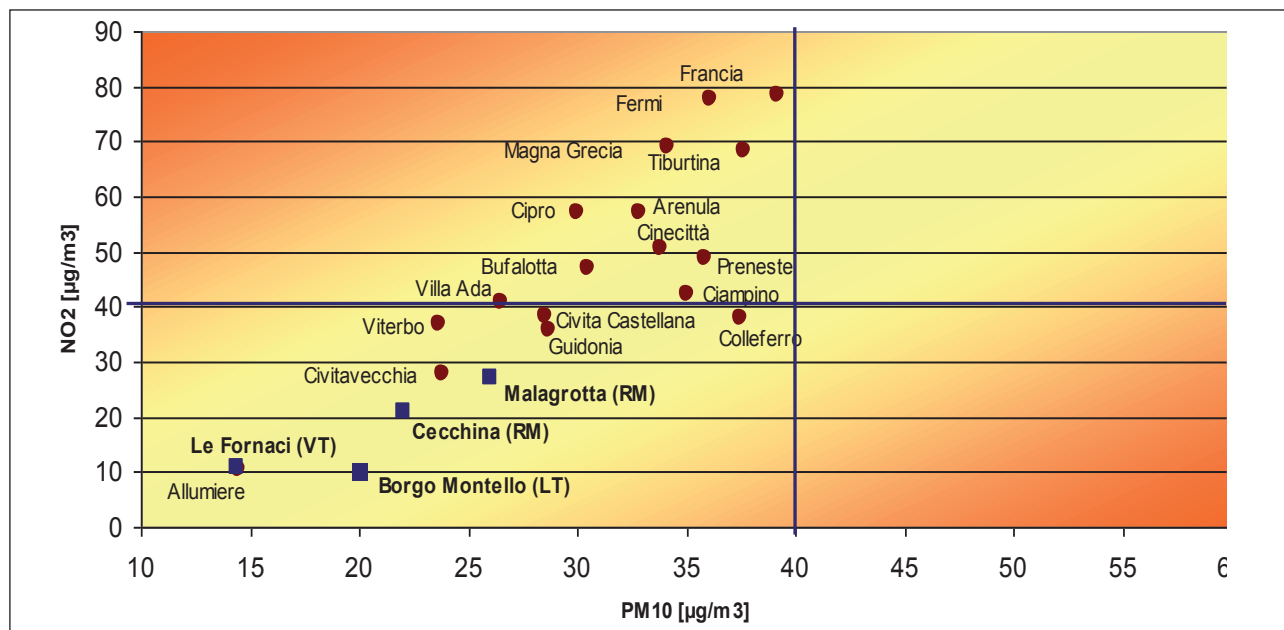


Fig. 3.2 - Distribuzione dei livelli medi di concentrazione di PM_{10} e NO_2 rilevati dalla rete regionale e dalle campagne sperimentali (2008-2011)

Le posizioni relative nel grafico delle quattro aree sottoposte a monitoraggio nell'ambito delle 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. La valutazione complessiva del sistema ambientale ed epidemiologico ha quindi tenuto in considerazione questi elementi di variabilità e di trend temporale dell'evoluzione dell'inquinamento ambientale.

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.

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_2S) valutato mediante tecniche modellistiche. In questo modo sono state individuate zone a diversa esposizione caratteristiche del potenziale impatto delle discariche (si veda Figura 3.3).

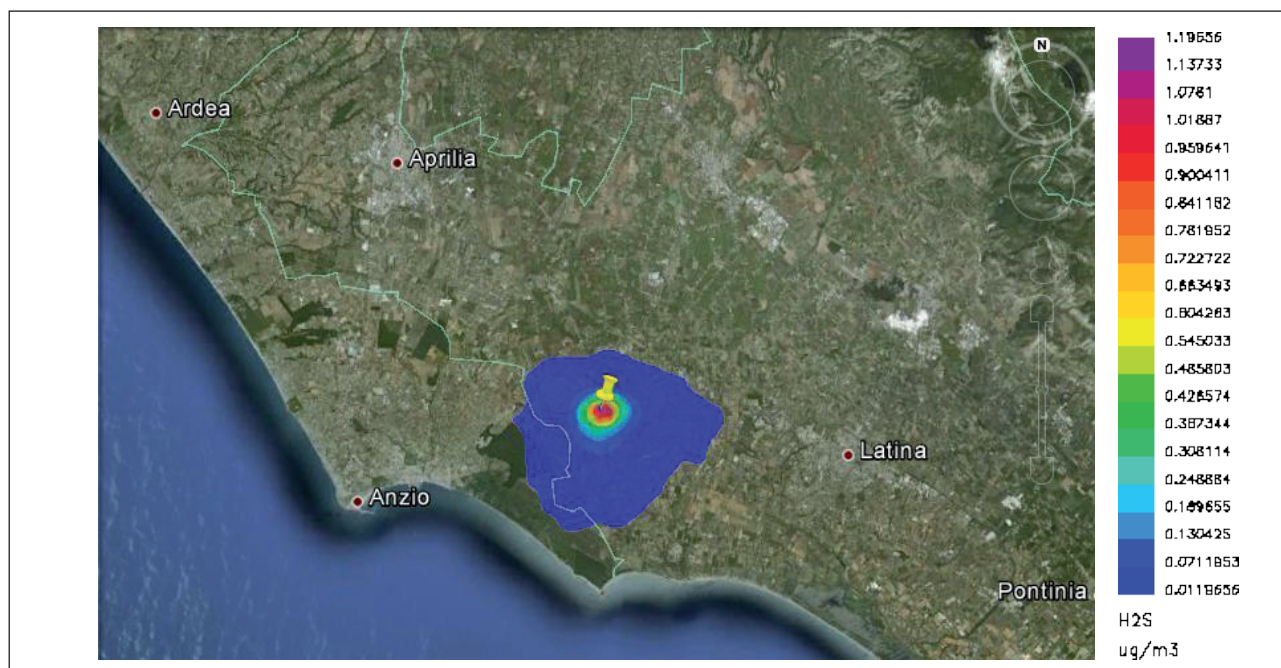


Fig. 3.3 - Impronta della discarica di Borgo Montello (LT). Concentrazioni di H_2S stimate dal modello di dispersione

Nella tabella 3.7 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 influenzata 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.

Discarica	% Ambito territoriale impianto a concentrazione > 1% del valore massimo	Concentrazione massima H_2S
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

Tab. 3.7 - 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.

3.3 Studio epidemiologico

Lo studio epidemiologico di coloro che risiedono entro i 5 km dagli impianti di discarica del Lazio ha coinvolto 242.409 soggetti, dei quali 26.662 (11%) residenti entro 2 km dai siti. I confronti di mortalità interni alla coorte per valutare l'effetto della distanza e della concentrazione di idrogeno solforato (H_2S), considerato tracciante dell'impatto degli impianti, non hanno mostrato variazioni di eccessivo rilievo. Alcuni effetti sanitari, tuttavia, sono stati riscontrati analizzando le ospedalizzazioni. Tra gli uomini residenti in zone a più alte concentrazioni di H_2S risultano livelli di ospedalizzazione più elevati per malattie del sistema respiratorio (+26%) e tumore della vescica (+59%) rispetto a coloro che risiedono in aree a basso impatto potenziale. Tra le donne più esposte si sono osservati livelli ospedalizzazione più elevati per asma (+62%) e malattie del sistema urinario (+27%).

4 AREA COMPLESSA 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 e il complesso impiantistico di Malagrotta quest'ultimo costituito da un impianto di discarica per rifiuti urbani al quale sono connessi due impianti per il trattamento meccanico biologico dei rifiuti, denominati rispettivamente Malagrotta 1 e Malagrotta 2. Nel territorio in osservazione sono anche presenti alcune cave per l'estrazione di materiali da costruzione. L'analisi ambientale, finalizzata alle valutazioni epidemiologiche, indica che l'area è caratterizzata da livelli di emissione di PM_{10} pari a circa il 10% delle emissioni totali dei siti di discarica del Lazio a fronte di una percentuale di rifiuti trattati di circa 45%.

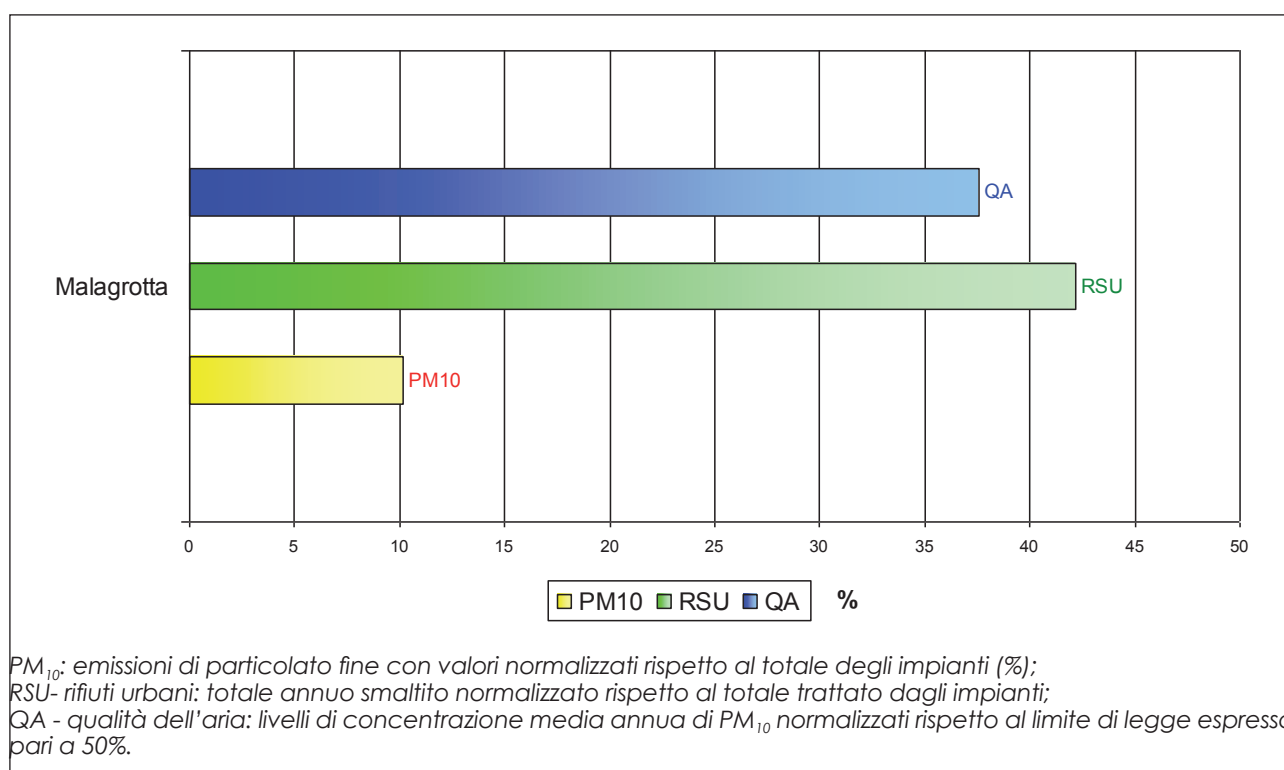


Fig. 4.1 - Confronto livelli di rifiuti trattati e indicatori di qualità dell'aria

Oltre alla presenza di strutture industriali, l'area di Malagrotta si caratterizza per una significativa presenza di rilevanti arterie da traffico. Nell'arco temporale di riferimento 1996-2008 si sono registrati livelli di emissione medi annui di ossidi di azoto e di ossidi di zolfo rispettivamente pari a circa il 3% e il 28% delle emissioni stimate sull'intero comune di Roma. La significativa incidenza delle emissioni di ossidi di zolfo è da mettere in relazione alle emissioni industriali presenti nell'area e alla contemporanea riduzione delle emissioni sull'intero comune di Roma dovuta alle politiche di contenimento promosse nell'arco degli ultimi 15 anni. Nell'area, quindi, insistono sorgenti di emissione con profili caratteristici fortemente differenziati sia nelle quantità annue che per tipologia di inquinante emesso (NO_x e PM_{10} prevalentemente da sorgenti di combustione e traffico, composti organici con profili specifici per ogni tipologia di impianto).

L'analisi degli indici di qualità dell'aria, valutati sia attraverso stime modellistiche che per mezzo di misure sperimentali, indica un livello di concentrazione medio annuo di PM_{10} e di

NO₂ pari a circa il 75% del limite previsto dalla normativa vigente. Il confronto con le diverse tipologie di aree del comune di Roma mostra che l'area di Malagrotta presenta valori massimi di NO₂ e PM₁₀ inferiori a quelli di zona a forte traffico urbano e valori minimi superiori a quelli registrati in aree residenziali e rurali.

Un ulteriore elemento che caratterizza il potenziale impatto delle aree a elevata complessità come Malagrotta è l'analisi della distribuzione dei livelli di concentrazione in aria di microinquinanti (metalli e idrocarburi policiclici aromatici) in rapporto alle concentrazioni di PM₁₀. Tale indice ha un valore massimo pari a circa 3 per l'area di Malagrotta, da confrontare con un valore di circa 2.5 per le aree prevalentemente residenziali e caratterizzate da traffico (es. Tiburtina, Corso Francia).

Nel paragrafo successivo si riportano le medie complessive degli inquinanti maggiormente indicativi, monitorati nelle diverse campagne eseguite presso il complesso di Malagrotta. Ulteriori informazioni sui risultati ottenuti nelle singole campagne di misura sono disponibili nel sito web www.eraslazio.it.

4.1 Indagini sperimentali

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 e infine i dati registrati dalla centralina fissa della rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria installata, da febbraio 2010, nel territorio in osservazione. Di seguito si mostrano le medie degli inquinanti gassosi e del particolato fine ottenute dalle campagne periodiche di monitoraggio della qualità dell'aria e dalla centralina fissa di Malagrotta.

Monitoraggi	Periodo	Benzene [µg/m ³]	NO ₂ [µg/m ³]	O ₃ [µg/m ³]	PM ₁₀ [µg/m ³]	PM _{2.5} [µg/m ³]	SO ₂ [µg/m ³]
limite annuo		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*
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
*da Giugno 2010							

Tab. 4.1 - Valori medi delle concentrazioni degli inquinanti gassosi e del particolato fine

Occorre premettere che in nessun caso è possibile effettuare rigorosi confronti dei valori rilevati con i valori limite di legge, mancando la necessaria copertura temporale dei dati. 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.

Per ognuna delle 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 al PM₁₀ 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 ₁₀
Malagrotta	2
Villa Ada	3
Bufalotta	4
Cipro	6
Cinecitta	9
Magna Grecia	10
Preneste	15
Fermi	15
Tiburtina	19
Francia	21

Tab. 4.2 - Media dei superamenti del PM₁₀ nei periodi delle due campagne effettuate a Malagrotta

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 (IPA). Di seguito si mostrano le medie del benzo(a)pirene, l'unico tra gli IPA per il quale la normativa attualmente vigente prevede un limite da rispettare pari a 1 ng/m³. Le concentrazioni medie determinate nei due periodi delle campagne hanno evidenziato valori di benzo(a)pirene a Malagrotta inferiori a quelli rilevati nelle centraline di Roma nello stesso periodo.

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

Tab. 4.3 - 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. Inoltre sono stati inseriti i valori ottenuti nella campagna svolta nel 2012 a Malagrotta.

Stazione	Pb [mg/m ³]	Cd [ng/m ³]	As [ng/m ³]	Ni [ng/m ³]
Limite/valore obiettivo annuo	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

Tab. 4.4 - Concentrazioni medie di metalli rilevati durante i periodi delle campagne

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 che seguono sono riportate, rispettivamente, le medie delle concentrazioni delle sostanze organiche volatili e le medie delle aldeidi rilevate nei due periodi delle campagne.

MEDIA CAMPAGNE 2008 - 2009		
Inquinante [µg/m³]	Cinecittà	Malagrotta
Tricloroetano	<0.1	<0.1
Acetonitrile	1.0	1.3
Alfa-Pinene	<0.1	0.2
Benzene	1.7	1.4
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 etil 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

Tab. 4.5 - Medie della concentrazione di SOV a Malagrotta e Roma/Cinecittà (2008-2009)

Inquinante [µg/m³]	Campagna 2009-2010
Benzene	2.9
Toluene	4.9
Etilbenzene	1.0
O-Xilene	0.9
M-Xilene	2.6
P-Xilene	1.0

Tab. 4.6 - 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 µg/m³

MEDIA CAMPAGNE 2008 - 2009		
Inquinante [µg/m³]	Cinecittà	Malagrotta
Acetaldeide	2.37	1.94
Benzaldeide	0.20	0.15
Formaldeide	2.91	2.26

Tab. 4.7 - Medie delle concentrazioni di aldeidi a Malagrotta e Cinecittà (2008-2009)

Nella campagna eseguita nel 2008, nel corso della quale è stato monitorato l'idrogeno solforato (H₂S), si sono registrati livelli medi nel periodo pari a 1,7 µg/m³ decisamente inferiori rispetto al valore di 150 µg/m³ fissato dall'OMS nelle linee guida sulla qualità dell'aria. Sono stati registrati diversi superamenti del livello di 7 µg/m³ (soglia olfattiva) variamente distribuiti nell'arco della giornata.

I Policlorobifenili (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 pg/m³. Valori mediamente più alti sono stati registrati nello stesso periodo presso il sito di Cinecittà (da 18,3 a 48 pg/m³). Nell'autunno 2008 è stata effettuata un'altra campagna con risultati analoghi: PCB totali a Malagrotta 1,0 – 3,7 pg/m³; PCB totali a Cinecittà 18 pg/m³.

Di seguito, invece, si espongono le medie dei PCB totali e PCB-7 ottenute durante l'ultima campagna di monitoraggio eseguita dal 10 luglio al 13 agosto 2012.

CAMPAGNA MALAGROTTA	MEDIA [pg/m ³]
PCB totali	98.6
PCB-7	63.3

Tab. 4.8 - Medie PCB totali e PCB-7, campagna di Malagrotta 2012

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/m³ (1 picogrammo=10⁻⁶ microgrammo) tale valore è del tutto confrontabile con i livelli di PCB-7 osservati in studi di letteratura [Urban backgroun levels of dioxin and PCB in Oslo, M. Schlabach, D. Tønnessen, 2008] rilevati nelle aree urbane come Sofienbergparken ad Oslo (15,3 – 61,9 pg/m³), Sjursjoya (54 pg/m³), Atene (41,7 pg/m³), Seoul (42,2 pg/m³) relativi a stazioni di monitoraggio in ambiente urbano/industriale ad elevata intensità.

Si evidenzia che i valori medi citati in letteratura sono relativi a rilievi effettuati 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.

Le diossine sono state determinate nel periodo estivo del 2012; il livello della loro concentrazione espresso in tossicità equivalente (Teq) è pari a 12.8 fg/m³ (fg=fentogrammi=10⁻⁹microgrammi) ed è stato calcolato mediante la tecnica del "medium bound" abitualmente utilizzata in ambito internazionale per valutare tali concentrazioni. Confrontando, indicativamente, tale risultato con i livelli di Teq riscontrati in diverse campagne sperimentali condotte in aree urbane come Sofienbergparken (4,80- 86,5) Atene (42-73), Roma (4,4-245), Valerenga (40-200) e Beijing (18-644) si evince che i Teq riscontrati nell'area di Malagrotta, che variano tra 2.7 – 18.9 fg/m³, risultano confrontabili con i valori *minimi* osservati negli studi sopra citati.

4.2 Valutazione ambientale

Al fine di fornire utili elementi di valutazione ambientale per l'area complessa di Malagrotta e tenuto conto della difficoltà e variabilità del contesto territoriale in cui sono localizzati gli impianti, 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.

Per analizzare in termini complessivi e sintetici tutte le attività di monitoraggio e di valutazione modellistica si fa riferimento:

- agli *Ambiti territoriali degli impianti*: superficie pari a circa 28 km² e definita da un cerchio di 3 km di raggio centrato sull'impianto;

- all'*Ambito territoriale di area vasta*: costituito dal territorio delle province del Lazio in cui sono presenti impianti oggetto del programma;
- ai *Comuni limitrofi*: comuni contenuti, anche solo parzialmente, nell'*Ambito territoriale dell'impianto*.

Nel quadro sinottico che segue sono stati raccolti gli elementi principali sintetizzati in opportuni indicatori.

Quadro sinottico	Ambito territoriale impianti	Comuni limitrofi (Roma)	Ambito territoriale area vasta
NO ₂ range livelli di concentrazione in aria media annua	35-43 [µg/m ³]*	2.5-74 [µg/m ³]*	7-82 [µg/m ³]
PM ₁₀ range livelli di concentrazione in aria media annua	23-27 [µg/m ³]*	16-49 [µg/m ³]*	12-52 [µg/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 ₂) rispetto ai limiti vigenti	12%	-	6%
* range di livelli di concentrazione media annua stimati mediante valutazione modellistica			

Tab. 4.9 - Sintesi indicatori di qualità ambientale

Il quadro di riferimento sinottico mostra che l'area di Malagrotta presenta valori massimi di NO₂ e PM₁₀ 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 un territorio come quello romano, in generale, si osservano livelli di fondo e 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. Il contributo delle sorgenti industriali, inoltre, con emissioni in quota, ha caratteristiche di diluizione più efficaci di quelle determinate da sorgenti al suolo (traffico veicolare). Di conseguenza 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 SO₂ 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 µg/m³ valore medio annuo).

Osservando la distribuzione dei livelli di concentrazione PM₁₀-NO₂ rilevata nell'area di Malagrotta e nelle centraline della rete regionale (vedi figura 4.2) 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 PM₁₀ e di NO₂ registrati nella stazione di Malagrotta sono pari a circa 30 µg/m³ rispetto ai limiti di 40 µg/m³ di riferimento.

Confronto campagne Malagrotta – centraline rete regionale

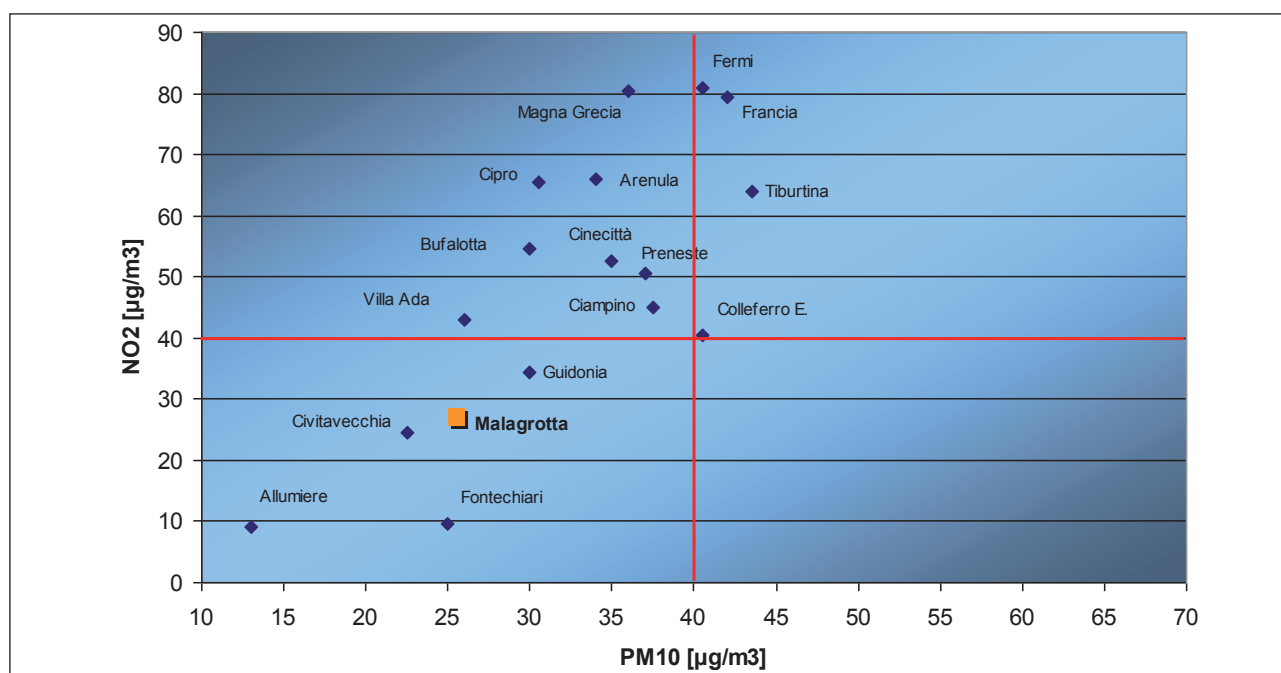


Fig. 4.2 - Valori medi registrati durante le due campagne eseguite (2008-2009) a Malagrotta dall'AR-PA Lazio nell'ambito del programma ERAS

Considerando la complessità delle sorgenti puntuali presenti, si è ritenuto importante approfondire l'analisi dei livelli di concentrazione degli inquinanti allo scopo di fornire una 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.

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_{10} . In questo modo è stato individuato un indice che misura l'intensità di microinquinanti presenti in aria ambiente a pari livello di PM_{10} .

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
Colleferro	0.6 - 2.9
Civitavecchia	0.6 - 3.5
San Vittore del Lazio	0.6 - 3.7

Tab. 4.10 - Indice per la valutazione della presenza di microinquinanti in aria in rapporto alla concentrazione di PM_{10}

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 e 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 efficaci e solidi 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.

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.

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 $3 \text{ mg}/\text{m}^3$ 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

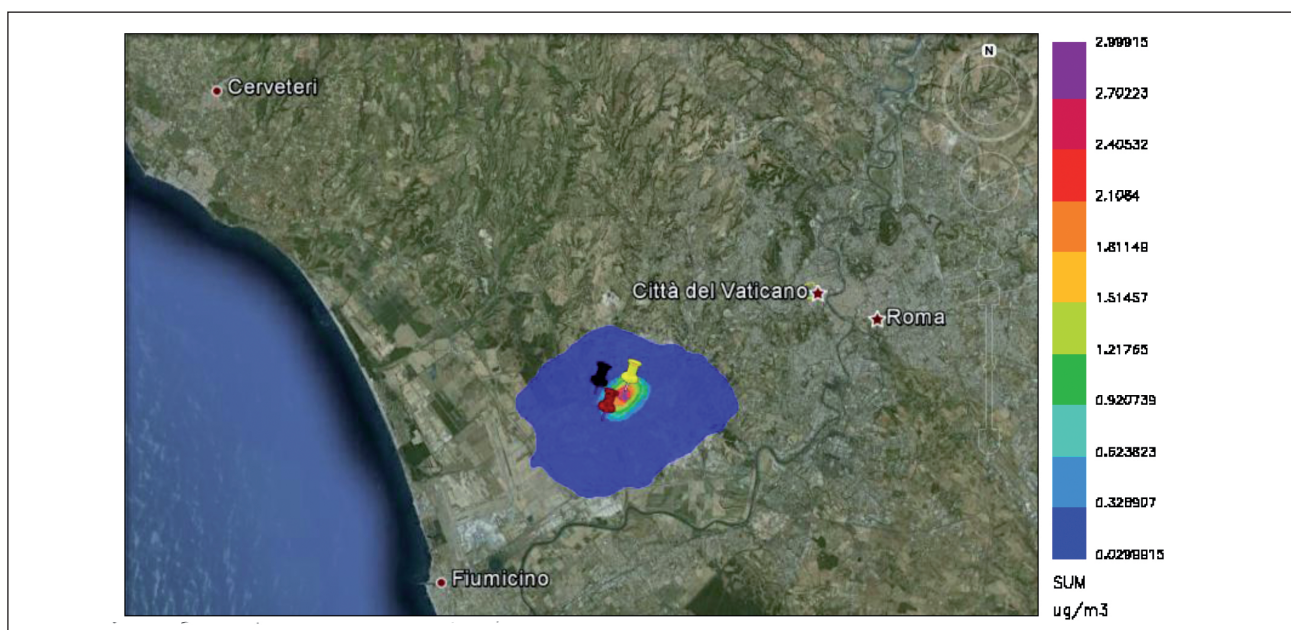


Fig. 4.3 - Footprint della discarica di Malagrotta

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.

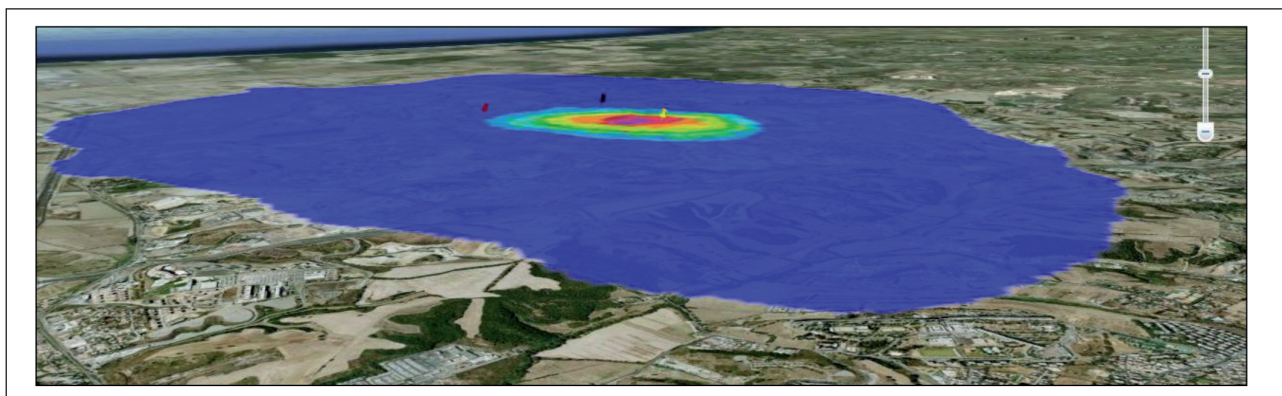


Fig. 4.4 - Footprint della discarica di Malagrotta 3D

4.3 Studio epidemiologico

Lo studio epidemiologico ha messo in evidenza tra le 85.559 persone residenti entro 7 km dalla discarica di Malagrotta, un quadro di mortalità tra le persone più esposte in gran parte paragonabile con quello osservato nella popolazione di riferimento. Fanno eccezione le patologie del sistema circolatorio (donne) e dell'apparato respiratorio (uomini) che sono aumentate tra i residenti nell'area più prossima agli impianti. Per le patologie tumorali, si osserva tra le donne un eccesso di tumore della laringe e della mammella nelle zone più prossime. Rispetto a coloro che abitano lontano dagli impianti dell'area, i residenti più prossimi ricorrono più frequentemente alle cure ospedaliere, in particolare per malattie circolatorie, urinarie e dell'apparato digerente.

Per quanto riguarda i risultati relativi alla valutazione dell'impatto potenziale definito dall'impronta dei diversi impianti, si è riscontrata nelle donne più esposte ad H_2S (impronta discarica) e SO_x (impronta raffineria) una maggiore frequenza (circa il 35% in più rispetto al riferimento) di tumori della laringe e della vescica. Limitatamente ai ricoveri, si è osservata un'associazione tra H_2S e malattie del sistema circolatorio (donne). L' SO_x è risultato associato a malattie dell'apparato respiratorio (uomini) e a tumore della laringe tra le donne. L'esposizione a PM_{10} (impronta inceneritore) è risultata associata prevalentemente a patologie dell'apparato respiratorio, a tumore del pancreas (uomini), a tumore della laringe, del fegato e della mammella (donne).

Alcune delle associazioni emerse, considerando la distanza dagli impianti o la concentrazione stimata degli inquinanti scelti come traccianti (H_2S , SO_x e PM_{10}), sono basate su pochi casi ma sono coerenti per le diverse analisi effettuate (mortalità e ricoveri) e sono potenzialmente attribuibili all'inquinamento prodotto nei passati decenni dagli impianti industriali presenti nell'area. Tuttavia, poiché l'interazione e quindi l'impronta dei diversi impianti presenti nell'area è complessa, l'impatto epidemiologico "fotografia" la sovrapposizione di effetti variamente stratificati nell'arco del decennio di riferimento ed è, quindi, molto difficile determinare quali siano le emissioni (e di conseguenza gli impianti) che sono maggiormente responsabili degli effetti riscontrati.

5. SISTEMA TERMOVALORIZZATORI

Come già detto, nel Lazio sono attivi quattro impianti di termovalorizzazione dei rifiuti, collocati uno nel comune di San Vittore del Lazio, due nel comune di Colferro (adiacenti) e l'ultimo nel comune di Roma (gassificatore). Il gassificatore non è stato considerato nello studio complessivo in quanto la sua entrata in esercizio è recente ed è posteriore alla finestra di riferimento temporale oggetto di studio.

I due areali interessati dagli impianti sono soggetti a fattori di pressione molto differenti. L'area di Colferro, al contrario di San Vittore, è interessata dalla presenza di impianti industriali di qualche rilevanza e, comunque, dalla vicinanza di infrastrutture di trasporto significative. Le quantità di rifiuti smaltiti sono del tutto paragonabili per i due siti mentre il carico emissivo, in termini di PM_{10} , è sostanzialmente differente, come si osserva nella Figura 5.1.

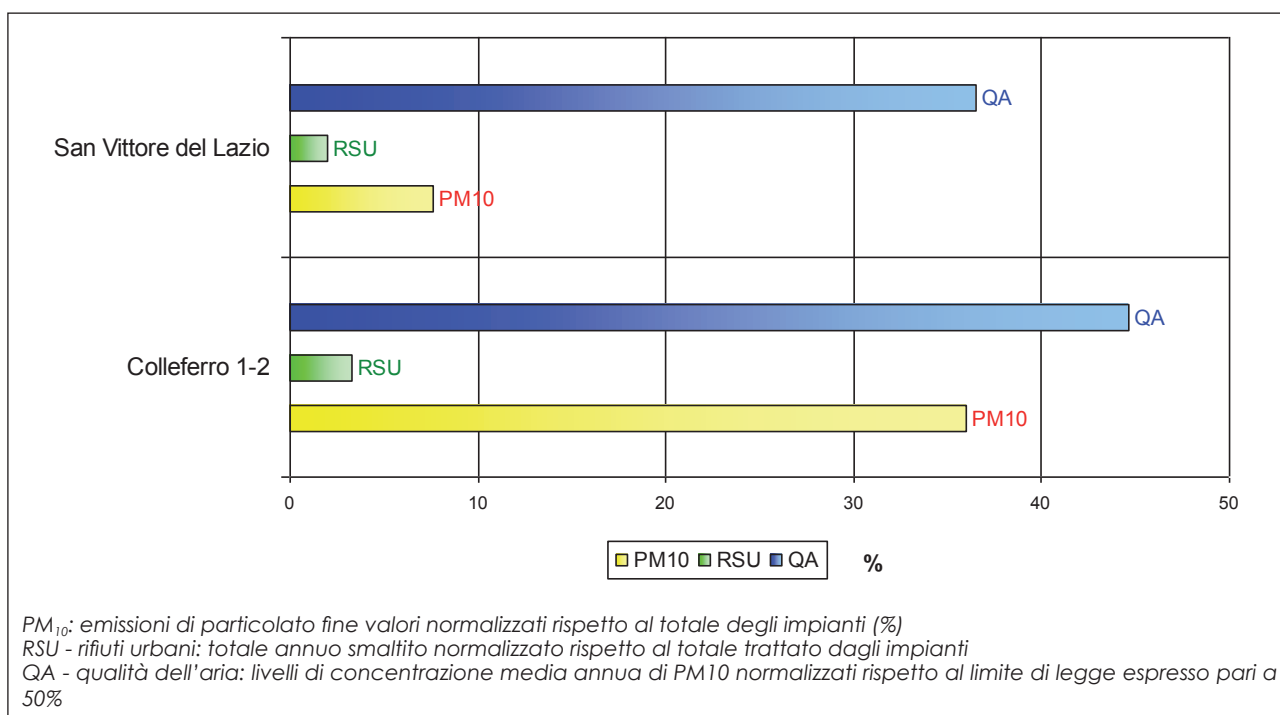


Fig. 5.1 - Confronto quantità di rifiuti trattati e indicatori di qualità dell'aria

La valutazione degli indici di qualità dell'aria, stimata sia per via modellistica sia dal punto di vista sperimentale, mette in evidenza come l'areale di Colferro viva una criticità maggiore rispetto a quello di San Vittore del Lazio. A questo livello di criticità concorre anche la posizione geografica dell'area di Colferro che soffre di condizioni meteo-climatiche sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti e, quindi, favorevoli al loro accumulo nei bassi strati dell'atmosfera.

5.1 Indagini sperimentali

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, PM₁₀ e ozono). Di seguito si riporta una tabella riassuntiva del periodo di monitoraggio delle campagne eseguite dall'ARPA Lazio.

TERRITORIO	IMPIANTO	PERIODO DELLE CAMPAGNE
Malagrotta	Gassificatore	2008-2009-2012*
San Vittore del Lazio	Termovalorizzatore	2004-2011
Colferro	2 Termovalorizzatori	2008-2010

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

Tab. 5.1 - 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: SO₂, NO₂, CO, PM₁₀, O₃, 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.

Ulteriori informazioni sui dati inerenti alle singole campagne di misura sono presenti nel sito www.eraslazio.it.

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

* Limite per la protezione degli ecosistemi

Tab. 5.2 - Concentrazioni medie complessive degli inquinanti rilevati nelle campagne

Come si può desumere dalla tabella precedente, l'area monitorata attorno ai termovalorizzatori non presenta superamenti dei valori degli inquinanti maggiormente indicativi. Di seguito si mostrano i risultati dei soli metalli e idrocarburi policiclici aromatici 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 Colferro 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 [µg/m³]	Cd [ng/m³]	As [ng/m³]	Ni [ng/m³]	Benzo(a)pirene [ng/m³]
<i>Limite - Valore obiettivo</i>	0.5	5	6	20	1
Malagrotta	0.007	0.2	0.5	2.1	0.3
Colferro	0.007	0.2	0.6	1.7	0.9
San Vittore del Lazio	0.006	0.3	0.4	2.2	0.1

Tab. 5.3 - 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.

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 e dei policlorobifenili; nella tabella 5.4 si mostra la media della tossicità equivalente, dei PCB totali e dei PCB-7.

Campagne	PCB tot [pg/m³]*	PCB-7 [pg/m³]	Diossine Teq [fg/m³]**
Malagrotta	98.6	63.3	12.8
San Vittore del Lazio	156.4	95.3	14.2

*pg=picogrammo=10⁻⁶ microgrammo
**fg=fentogrammo =10⁻⁹ microgrammo

Tab. 5.4 - Media della concentrazione dei policlorobifenili e delle diossine

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. Confrontando, indicativamente, i risultati ottenuti con i livelli di Teq riscontrati in diverse campagne sperimentali condotte in aree urbane come Sofienbergparken (4,80- 86,5), Atene (42-73), Roma (4,4-245), Valerenga (40-200) e Beijing (18-644) si evince che i Teq riscontrati nell'area di Malagrotta e di San vittore del Lazio risultano confrontabili con i valori *minimi* osservati negli studi sopra citati [Urban background levels of dioxin and PCB in Oslo, M. Schlabach, D. Tønnessen, 2008].

Per quanto riguarda la concentrazione media dei PCB-7 (ottenuta dalla somma dei 7 congeneri definiti ad "alta tossicità" : 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180) è confrontabile con i livelli di PCB-7 osservati in studi di letteratura [Urban background levels of dioxin and PCB in Oslo, M. Schlabach, D. Tønnessen, 2008] rilevati nelle aree urbane come Sofienbergparken ad Oslo (15,3 – 61,9 pg/m³), Sjursjoya (54 pg/m³), Atene (41,7 pg/m³), Seoul (42,2 pg/m³) relativi a stazioni di monitoraggio in ambiente urbano/industriale ad elevata intensità. Si evidenzia che i valori medi rilevati in letteratura sono relativi a monitoraggi effettuati 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 fa riferimento ad un'unica postazione e a un periodo limitato dell'anno.

5.2 Valutazione ambientale

Al fine di fornire utili elementi di valutazione ambientale del sistema dei termovalorizzatori e tenuto conto della complessità e variabilità dei contesti territoriali in cui sono localizzati gli impianti, 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.

Per analizzare in termini complessivi e sintetici tutte le attività di monitoraggio e di valutazione modellistica si fa riferimento:

- agli *Ambiti territoriali degli impianti*: superficie pari a circa 28 km² e definita da un cerchio di 3 km di raggio centrato sull'impianto;
- all'*Ambito territoriale di area vasta*: costituito dal territorio delle province del Lazio in cui sono presenti impianti oggetto del programma;
- ai *Comuni limitrofi*: comuni contenuti, anche solo parzialmente, nell'Ambito territoriale dell'impianto.

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 ₂ range livelli di concentrazione in aria media annua	10-49 [µg/m ³]*	3-49 [µg/m ³]*	7-82 [µg/m ³]
PM ₁₀ range livelli di concentrazione in aria media annua	21-36 [µg/m ³]*	15-36 [µg/m ³]*	12-52 [µg/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 ₂) rispetto ai limiti vigenti	11%	-	6%

* range di livelli di concentrazione media annua stimati mediante valutazione modellistica

Tab. 5.5 - Sintesi indicatori di qualità ambientale

Analogamente a quanto osservato per le aree a significativa vocazione industriale, i livelli minimi di concentrazione di PM₁₀ e NO₂ stimati dal modello all'interno dell'ambito territoriale degli impianti, sono maggiori di quelli calcolati nelle aree dei comuni limitrofi. Inoltre, i livelli massimi di concentrazione stimati all'interno dell'ambito territoriale degli 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. È importante evidenziare come 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 hanno 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 PM₁₀ e NO₂ (figura 5.2), si osser-

va che la stazione fissa di Colferro 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, sia a livello nazionale che internazionale, il problema principale su cui orientare le politiche di riduzione dell'inquinamento atmosferico.

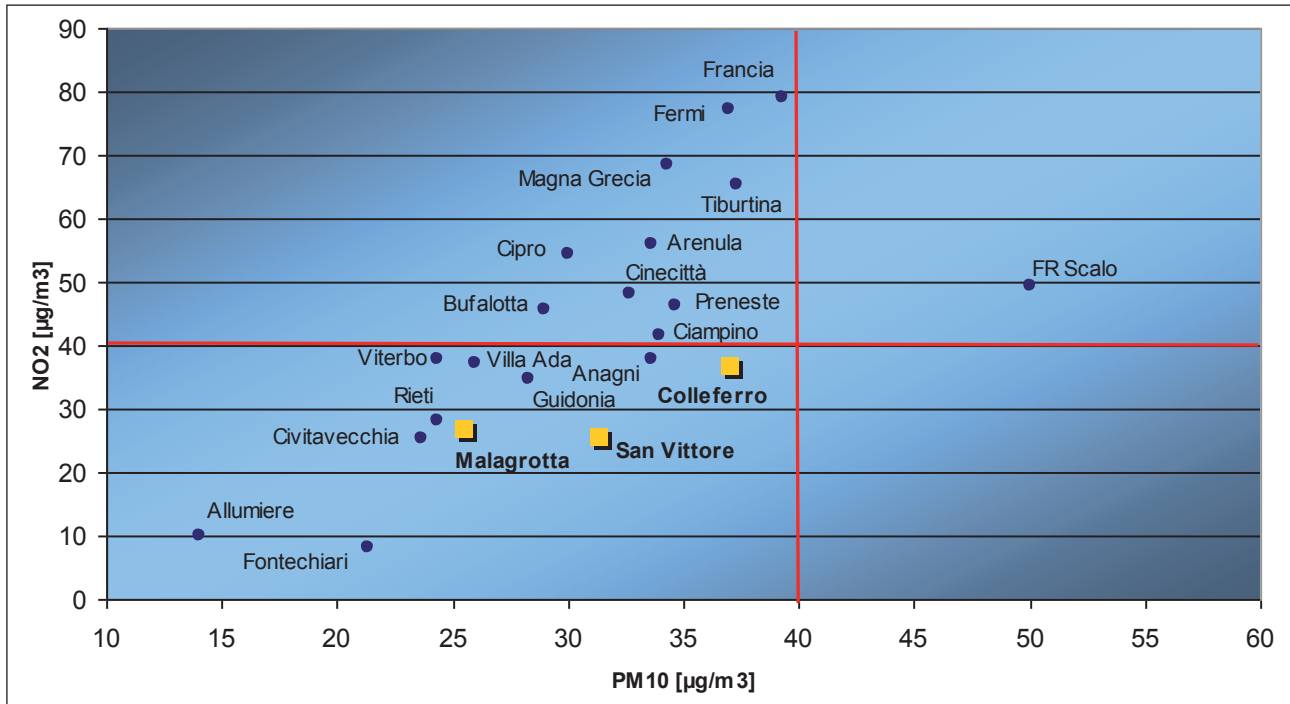


Fig. 5.2 - Confronto tra le medie annuali delle centraline regionali della provincia di Roma e di Frosinone (2008-2010) e le medie finali delle campagne sperimentali

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_{10} 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_{10} . 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_{10} .

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
Colferro	0.6 - 2.9
Civitavecchia	0.6 - 3.5
San Vittore del Lazio	0.6 - 3.7

Tab. 5.6 - Indice per la valutazione della presenza di microinquinanti in aria in rapporto alla concentrazione di PM_{10}

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 sta ad indicare che l'intensità specifica di microinquinanti è 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.

I footprint utilizzati per i diversi impianti sono:

- livelli al suolo di ossidi di azoto NO_x (ovvero PM_{10}) per gli impianti
- livelli al suolo di PM_{10} per il complesso delle sorgenti diffuse (traffico, riscaldamento civile etc.)

I footprint stimati per via modellistica sull'area di Colleferro, evidenziano il ruolo determinante della circolazione meteorologica delle masse d'aria nella complessa distribuzione dell'inquinante a livello del suolo (Figura 5.3).

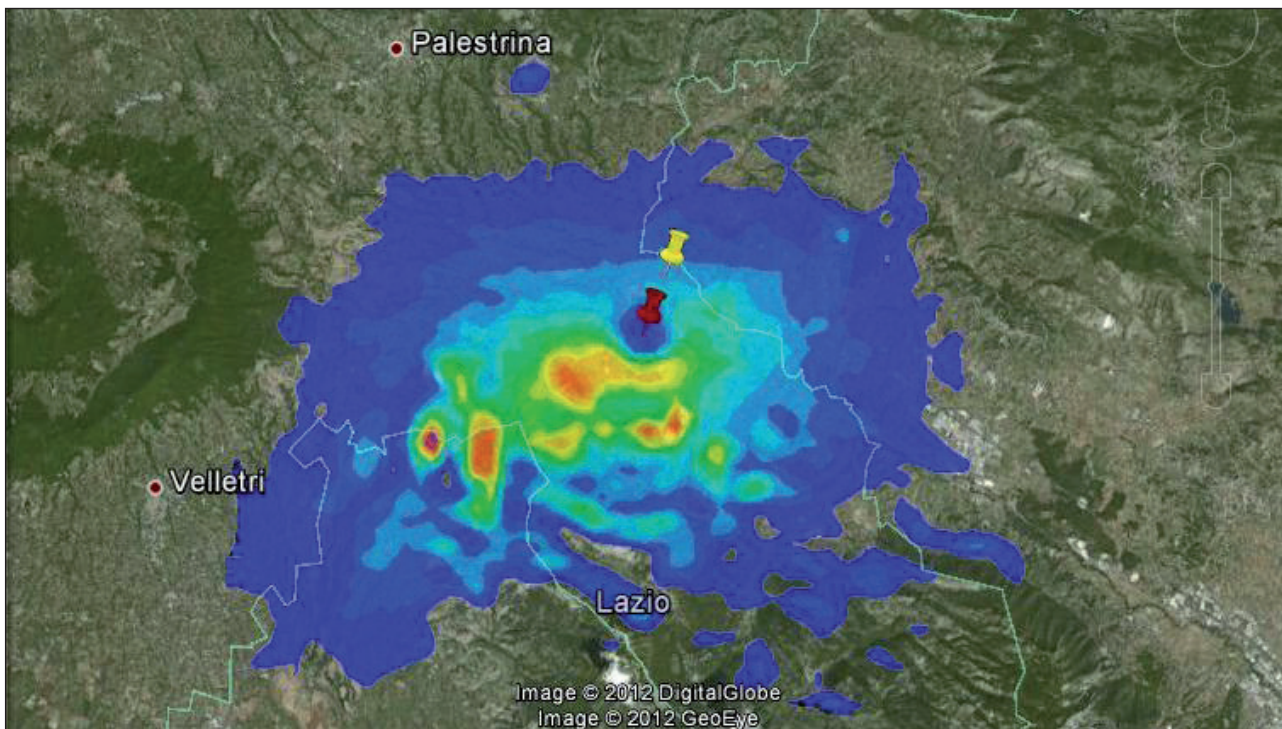


Fig. 5.3 - Impronta del termovalorizzatore di Colleferro. Concentrazioni di PM_{10} stimate dal modello di dispersione

L'impronta dei termovalorizzatori, valutata in correlazione con quella relativa alla modellizzazione di tutte le altre sorgenti antropiche presenti sulle aree, ha permesso di costruire un quadro di riferimento rispetto alla popolazione potenzialmente esposta.

L'integrazione dell'approccio di analisi ambientale proposto con quella di carattere strettamente epidemiologico può, quindi, fornire gli elementi di discriminazione e di lettura di realtà territoriali a tutti gli effetti di notevole complessità.

5.3 Studio epidemiologico

Lo studio epidemiologico effettuato sui residenti nei pressi dei termovalorizzatori di Colferro e San Vittore ha preso in considerazione solo il ricorso alle cure ospedaliere della popolazione (e non la mortalità). Entrambi gli impianti infatti sono relativamente recenti, essendo in attività dalla fine del 2002. Lo studio ha considerato i tassi di ospedalizzazione per causa dei residenti, nel periodo 1996-2010, potenzialmente dovuti al contributo aggiuntivo all'inquinamento ambientale delle emissioni dei termovalorizzatori (PM_{10} impronta impianti), confrontando la frequenza relativa di ospedalizzazioni nei periodi pre e post termovalorizzatori. Sono stati arruolati 47.192 residenti tra il 1996 e il 2008. L'analisi della morbosità associata all'inquinamento prodotto dai termovalorizzatori dopo la loro entrata in funzione ha evidenziato, per i residenti di sesso maschile nelle zone ad alta esposizione, un eccesso di ospedalizzazioni per malattie dell'apparato respiratorio (+26%) e malattie polmonari cronico ostruttive (+86%). Tra i bambini (0-14 anni) si osserva un aumento dei ricoveri per cause naturali e malattie dell'apparato respiratorio a seguito della attivazione degli impianti nella zona ad alta concentrazione di PM_{10} .

Lo studio sugli esiti della gravidanza delle donne residenti nei pressi dei termovalorizzatori ha considerato come esiti principali la gemellarità, il rapporto tra sessi, la frequenza di nati pretermine (con età gestazionale < 37 settimane, esclusi i gemelli), il basso peso alla nascita (nati a termine con peso <2500 gr esclusi i gemelli e i nati pretermine) e i piccoli per età gestazionale (neonati di peso in grammi inferiore o uguale al 10° percentile previsto per la settimana di gravidanza e per il sesso del neonato). Per nessuno degli esiti sanitari sono state evidenziate differenze tra i bambini nati da mamme residenti nelle aree a più elevata concentrazione di inquinanti emessi dai termovalorizzatori rispetto ai bambini nati da madri residenti nelle zone di riferimento.

6. SISTEMA TRATTAMENTO MECCANICO BIOLOGICO

Il trattamento meccanico-biologico (TMB) è una tecnologia di trattamento a freddo dei rifiuti indifferenziati (e/o avanzati dalla raccolta differenziata) che sfrutta l'abbinamento di processi meccanici a processi biologici quali la digestione anaerobica e il compostaggio. Appositi macchinari separano la frazione umida (l'organico da bioessiccare) dalla frazione secca (carta, plastica, vetro, inerti ecc.); quest'ultima frazione può essere in parte riciclata oppure usata per produrre combustibile derivato dai rifiuti (CDR) rimuovendo i materiali incombustibili.

Gli impianti di trattamento meccanico biologico 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.

6.1 Indagini sperimentali

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 Lazio 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.

TERRITORIO	IMPIANTO	PERIODO DELLE CAMPAGNE
Malagrotta (RM)	2 TMB	2008-2009-2012
Albano (RM)	TMB	2009-2010
Casale Bussi (VT)	TMB	2011-2012

Tab. 6.1 - Periodo di monitoraggio e localizzazione delle campagne sperimentali eseguite

Durante le campagne sperimentali sono stati monitorati i seguenti inquinanti: SO₂, NO₂, CO, PM₁₀, PM_{2,5}, O₃, sostanze organiche volatili, diossine, policlorobifenili, aldeidi, metalli e idrocarburi policiclici aromatici (IPA). 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 a 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. Ulteriori informazioni sulle singole campagne di misura sono presenti nel sito www.eraslazio.it.

Come si può evincere dalla tabella 6.2, l'area monitorata attorno ai TMB non presenta valori superiori ai limiti normativi vigenti.

Campagna	NO ₂ [µg/m ³]	SO ₂ [µg/m ³]	PM ₁₀ [µg/m ³]	PM _{2.5} [µg/m ³]
<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

*Concentrazione ottenuta nella campagna 2012

Tab. 6.2 - Concentrazioni medie complessive degli inquinanti rilevati nelle campagne

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 corrispondenti concentrazioni rilevate nelle stazioni di Villa Ada e Corso Francia a Roma negli stessi periodi della campagna di Malagrotta e di Albano e si è osservato che le concentrazioni medie ottenute dalle campagne in esame risultano dello stesso ordine di grandezza o inferiori a quelle rilevate dalle centraline fisse site a Villa Ada e a Corso Francia che, a loro volta, sono minori dei limiti stabiliti dal D.Lgs. 155/2010.

Campagna	Pb [µg/m ³]	Cd [ng/m ³]	As [ng/m ³]	Ni [ng/m ³]	Benzo(a)pirene [ng/m ³]
<i>Limite - Valore Obiettivo</i>	0.5	5	6	20	1
Malagrotta	0.007	0.2	0.5	2.1	0.28
Albano	0.006	0.2	0.3	1.3	0.82
Viterbo	0.0005	0.1	0.3	1.5	0.04

Tab. 6.3 - Concentrazioni medie di metalli rilevati durante i periodi delle campagne

Le aldeidi sono composti caratteristici sia di fenomeni odorigeni che precursori attivi nei processi di formazione dello smog fotochimico (O₃-NO₂). La generale uniformità dei livelli rilevati nelle diverse stazioni è indicativa della stazionarietà e persistenza di tali composti in atmosfera.

Campagna	Formaldeide [µg/m ³]	Acetaldeide [µg/m ³]	Benzaldeide [µg/m ³]	Benzene [µg/m ³]
Malagrotta	2.26	1.94	0.15	1.4
Albano	2.5	1.2	-	1.3
Viterbo	1.96	1.49	0.12	0.59

Tab. 6.4 - Concentrazioni medie delle aldeidi e del benzene riferite al periodo delle campagne

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 si trova in un contesto a significativa area antropica mentre la campagna di Viterbo è collocata in un contesto extra-urbano a scarsa circolazione veicolare.

I policlorobifenili 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 $18 \text{ pg}/\text{m}^3$.

Durante le campagne di monitoraggio della qualità dell'aria realizzate negli anni 2011-2012, a Malagrotta e a Viterbo sono state ricavate le medie delle concentrazioni dei policlorobifenili. Nella tabella 6.5 si mostrano le medie dei PCB totali e dei PCB-7 ottenuti.

Campagna	PCB tot [pg/m ³]	PCB-7 [pg/m ³]	Diossine Teq [fg/m ³]*
Malagrotta	98.6	63.3	12.8
Viterbo	15.1	11.4	5.7

*fg= fentogrammi = 10^{-9} microgrammi

Tab. 6.5 - Media della concentrazione dei policlorobifenili e delle diossine

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 osservati in studi di letteratura [Urban backgroun levels of dioxin and PCB in Oslo, M. Schlabach, D. Tønnessen, 2008] rilevati nelle aree urbane come Sofienbergparken ad Oslo ($15,3 - 61,9 \text{ pg}/\text{m}^3$), Sjursjoya ($54 \text{ pg}/\text{m}^3$), Atene ($41,7 \text{ pg}/\text{m}^3$), Seoul ($42,2 \text{ pg}/\text{m}^3$) relativi a stazioni di monitoraggio in ambiente urbano/industriale ad elevata intensità, mentre le concentrazioni rilevate a Viterbo risultano essere leggermente inferiori rispetto ai livelli dei PCB-7 di letteratura.

Si evidenzia che i valori medi rilevati in letteratura sono relativi a monitoraggi eseguiti 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.

Il livello di concentrazione delle 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.

Dagli studi effettuati si evince che i Teq riscontrati nei pressi dei TMB risultano confrontabili con i valori minimi osservati negli studi di letteratura [Urban backgroun levels of dioxin and PCB in Oslo, M. Schlabach, D. Tønnessen, 2008] di diverse campagne sperimentali condotte in aree urbane (Atene ($42-73 \text{ fg}/\text{m}^3$), Valerenga ($40-200 \text{ fg}/\text{m}^3$)

6.2 Valutazione ambientale

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 (vedi par. 3.2)

Quadro sinottico	Ambiti territoriali impianti	Comuni limitrofi	Ambito territoriale area vasta
NO ₂ range livelli di concentrazione in aria media annua	22-46 (µg/m ³)*	3-74 (µg/m ³)*	7-82 (µg/m ³)
PM ₁₀ range livelli di concentrazione in aria media annua	22-32 (µg/m ³)*	16-49 (µg/m ³)*	12-52 (µg/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%

* range di livelli di concentrazione media annua stimati mediante valutazione modellistica

Tab. 6.6 - Sintesi indicatori di qualità ambientale

In particolare i livelli medi stimati per via modellistica per PM₁₀ e NO₂ 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 PM₁₀ e NO₂ 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.

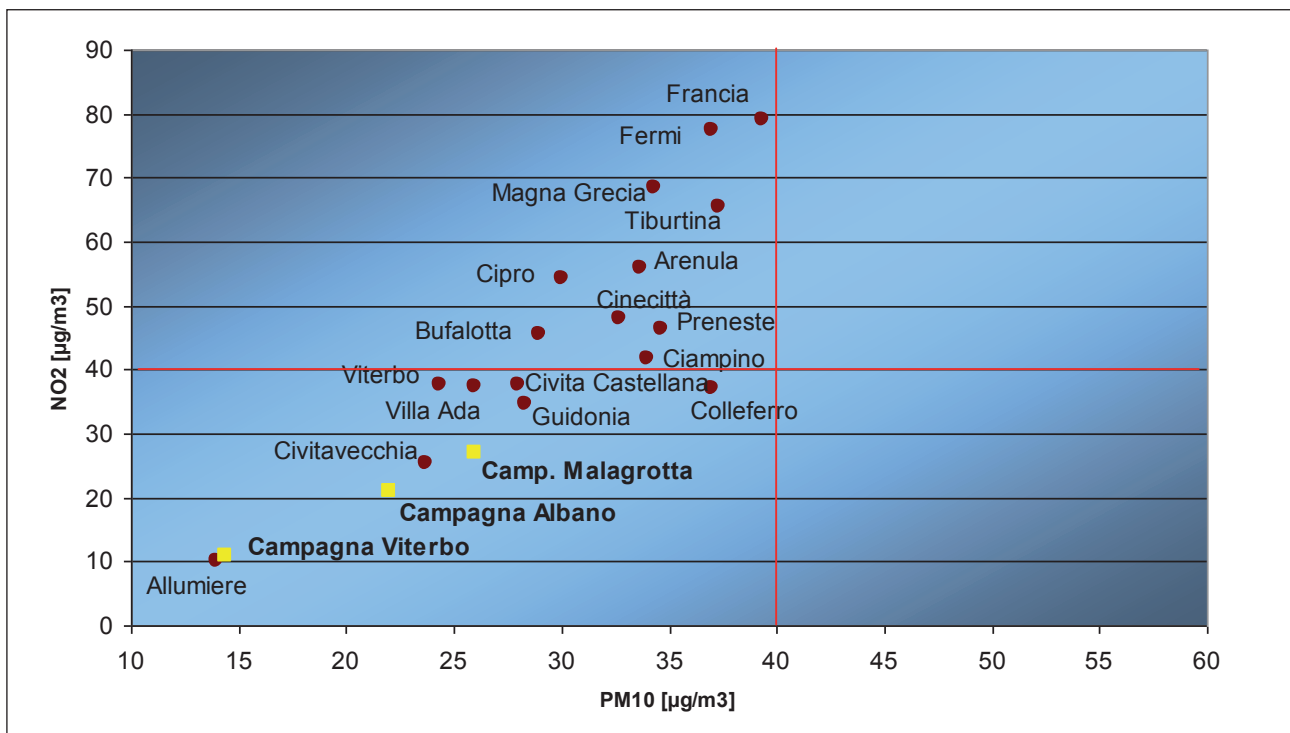


Fig. 6.1 - Confronto tra le medie annuali di NO₂ e PM₁₀ delle centraline regionali (2008-2010) con le medie delle campagne effettuate dall'ARPA Lazio

6.3 Studio Epidemiologico

Dagli archivi anagrafici comunali sono stati arruolati in uno studio di coorte retrospettivo tutti i cittadini residenti (al 1996 o entrati successivamente) entro 5 Km dai TMB di Rocca Cencia e Roma Salaria (Comune di Roma). L'accertamento dello stato in vita fino al 31 dicembre

2008 è stato effettuato attraverso una procedura di record-linkage con le anagrafi comunali e con il Registro nominativo delle cause di morte della Regione Lazio. Il ricorso ai ricoveri ospedalieri è stato valutato mediante una procedura di record-linkage con il Sistema Informativo Ospedaliero. L'indirizzo di ciascun membro della coorte è stato geocodificato in modo da assegnare ad ogni residenza la concentrazione di un tracciante generico proveniente da un impianto di TMB, stimata attraverso un modello di dispersione. È stata valutata l'associazione tra l'indicatore di esposizione e l'accesso alle cure ospedaliere per tutte le cause di malattie dell'apparato cardiovascolare e respiratorie tenendo conto di numerose variabili: sito, età, variabili socio-economiche individuali e di area, PM_{10} come indicatore di inquinamento atmosferico di fondo, residenza in prossimità di strade principali, autostrade e industrie. La coorte è composta da 265.052 persone, delle quali 8.933 residenti in zone in cui si osserva la massima ricaduta dell'inquinante "tracciante" emesso dagli impianti (gruppo dei più esposti). I tassi di ospedalizzazione generale della popolazione esposta a più alti livelli dell'inquinante generico non differiscono da quelli della popolazione non esposta. Anche per le malattie dell'apparato circolatorio e respiratorio non si è riscontrata alcuna associazione tra l'esposizione in studio e il ricorso ai ricoveri ospedalieri.

7. SVILUPPI FUTURI

Il programma ERAS Lazio ha delineato un quadro dei potenziali effetti sanitari nelle popolazioni esposte agli impianti di smaltimento dei rifiuti che deve ovviamente tener conto dei limiti dovuti alla complessità delle aree e delle esposizioni considerate. In generale, l'indagine non ha evidenziato particolari scostamenti nella mortalità totale rispetto ad altre aree non interessate da impianti di questo genere. Tuttavia ha messo in luce alcune criticità nei tassi di ospedalizzazione e le associazioni emerse nei diversi studi sono potenzialmente attribuibili all'inquinamento prodotto dagli impianti per il trattamento dei rifiuti nei decenni passati.

L'integrazione delle competenze ambientali e sanitarie è risultata determinante nella valutazione dell'impatto del ciclo di gestione dei rifiuti urbani per la complessità del contesto territoriale in cui sono localizzati gli impianti. Si tratta di contesti anche fortemente urbanizzati e/o con la presenza di altre sorgenti di inquinamento (rete stradale, impianti industriali, impianti di riscaldamento domestico) che hanno reso necessaria l'applicazione di sofisticati modelli di dispersione degli inquinanti per la caratterizzazione della popolazione potenzialmente coinvolta.

In effetti, l'analisi ambientale riferita alle reti di monitoraggio, ai sistemi sperimentali evoluti e alle tecniche modellistiche di valutazione degli impatti è stata in grado di supportare l'indagine epidemiologica su archi temporali presenti e passati, garantendo una maggiore accuratezza per le aree di indagine e gli elementi discriminanti delle diverse forme di contaminazione. L'approccio integrato ha reso disponibili informazioni utili a valutare l'impatto ambientale e sanitario del ciclo dei rifiuti urbani, a definire piani di monitoraggio e controllo finalizzati ad approfondire gli aspetti critici e a indagare nuovi potenziali impatti, a disporre di dati scientifici in grado di fornire informazioni tecnicamente valide ai cittadini.

ERAS Lazio ha coniugato una metodologia scientifica rigorosa e un livello di comunicazione accessibile ai cittadini. Un sito Internet dedicato al progetto (www.eraslazio.it) costituisce il veicolo fondamentale della comunicazione, necessario per la complessità del tema e la ricchezza quantitativa dei dati da rendere pubblici.

Sono tuttavia da tenere presenti alcuni aspetti critici. Lo studio ha considerato con molta attenzione la *matrice aria*, ma non si può escludere un inquinamento a carico delle matrici *acqua* e *suolo* che, per via alimentare, può comunque arrivare all'uomo. Le concentrazioni di inquinanti stimati presso la residenza delle persone possono non rappresentare adeguatamente la reale esposizione, perché le persone non sono sempre nella loro abitazione, e questo studio non include tutte le informazioni riguardanti le attività quotidiane e il lavoro degli individui della coorte. Per quanto riguarda i fattori di rischio individuale non è stato possibile controllare il fumo di sigarette, l'assunzione di alcol, l'attività fisica e l'obesità. Tuttavia è importante osservare che molte delle abitudini personali elencate sono associate allo stato sociale. È ragionevole dunque ritenere che la correzione effettuata nell'analisi statistica per gli indicatori di istruzione e di stato socio-economico abbia anche contribuito a tener conto delle variabili individuali non misurabili sperimentalmente.

Il programma ERAS Lazio ha le potenzialità per proseguire le proprie attività con campagne di misura e di biomonitoraggio che, integrando gli ordinari programmi di controllo degli impianti con la misura di parametri inquinanti mirati e specifici per periodi statisticamente significativi, consentono di costruire un supporto efficace per l'accertamento dell'esposizione e della contaminazione umana e per una valutazione integrata di diversi scenari delle politiche del ciclo dei rifiuti nella regione Lazio e del loro impatto sull'ambiente e sulla salute negli anni futuri, secondo tecniche già consolidate di Integrated Environmental and Health Assessment (IEHIA - www.integrated-assessment.eu).

8. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Delib. C.R. 27-09-2007, n. 42, *Piano di Tutela delle Acque Regionali (PTAR) ai sensi del D.Lgs. n. 152/1999 e successive modifiche ed integrazioni*, Bollettino Ufficiale della Regione Lazio del 10 dicembre 2007, n. 34, supplemento ordinario n. 3
- Delib. C.R. 10-12-2009 n. 66, *Piano per il Risanamento della Qualità dell'Aria. Norme di attuazione, coordinamento dei termini di entrata in vigore*, Bollettino Ufficiale della Regione Lazio del 20 marzo 2010, n. 11, supplemento ordinario n. 60
- Delib. C.R. 18-1-2012 n. 14, *Approvazione del piano di Gestione dei Rifiuti del Lazio ai sensi dell'articolo 7, comma 1 della legge regionale 9 luglio 1998, n. 27 (Disciplina regionale della Gestione dei Rifiuti)*, Bollettino Ufficiale della Regione Lazio del 14 marzo 2012, n. 10, supplemento ordinario n. 15
- ANPA, ONR, *Rapporto rifiuti 2001*, Roma, Stabilimenti Tipografici Carlo Colombo, 2001
- APAT, ONR, *Rapporto rifiuti 2002*, Roma, APAT, 2002
- APAT, ONR, *Rapporto rifiuti 2003*, Roma, APAT, 2003
- APAT, ONR, *Rapporto rifiuti 2004*, Roma, APAT, 2004
- APAT, ONR, *Rapporto rifiuti 2005*, Roma, APAT, 2005
- APAT, ONR, *Rapporto rifiuti 2006*, Roma, APAT, 2007
- ISPRA, *Rapporto Rifiuti 2007*, Roma, ISPRA, 2008
- ISPRA, *Indagine ambientale nell'area di Malagrotta (aprile 2011)*, Roma, ISPRA, 2011
- EEA, *EMEP/CORINAIR Emission inventor. Guidebook 2007*, Copenhagen, EEA, 2007
- EEA, *EMEP/CORINAIR Air pollution emission inventory. Guidebook 2009*, Copenhagen, EEA, 2009
- EPA, *Emission factors & AP 42. Compilation of air Pollutant emission factors*, Washington, EPA, 1995
- ISTAT, *Classificazione delle attività economiche: Ateco 2007 derivata dalla NACE Rev. 2*, Roma, ISTAT, 2009
- ISTAT, *Stime del carico inquinante delle acque reflue urbane 2010*, Roma, ISTAT, 2010
- ISTAT, *Stima del carico inquinante delle acque reflue urbane 2005-2008*, Roma, ISTAT, 2010
- ISPRA, *La disaggregazione a livello provinciale dell'inventario nazionale delle emissioni. Anni 1990 – 1995 – 2000 – 2005*, Roma, ISPRA, 2009
- Hanna, S. R., *Application in air pollution modelling*, in *Atmospheric turbulence and air pollution modelling: a course held in The Hague, 21-25 September 1981*, edited by S.T.M. Nieuwstadt and H. Van Dop, D.Reitell, Boston, Kluwer, 1982, pp. 275-310
- Thomson, D.J., *Criteria for the selection of stochastic models of particle trajectories in turbulent flows*, in *Journal of Fluid Mechanics*, (1987), vol. 180, pp 529-556
- Brusasca, G., Tinarelli, G., Anfossi, D., *Comparison between the results of a Monte Carlo atmospheric diffusion model and tracer experiment*, in *Atmospheric Environment*, 23 (1989), n. 6, pp. 1263-1280
- Brusasca, G., Tinarelli, G., Anfossi, D., *Particle model simulation of diffusion in low windspeed stable conditions*, in *Atmospheric Environment* 26 (1992), n. 4, pp. 707-723
- Pielke, R. A. [et al.], *A comprehensive meteorological modelling system – RAMS*, in *Meteorology and Atmospheric Physics*, 49 (1992), n 1-4, pp 69-91

- Anfossi, D., Brusasca, G., Ferrero, E., *Modelli per la dispersione degli inquinanti in atmosfera*, in *Le Scienze* n. 288 (1992), pp. 38-49
- Brusasca, G., Tinarelli, G., Anfossi, D., *Particle model simulation of diffusion in low windspeed stable conditions*, in *Atmospheric Environment*, 26 (1992), n. 4, pp 707-723
- Tampieri, F. [et al.], *On the application of random flight dispersion models in inhomogeneous turbulent flows*, in *Annales Geophysicae*, 10 (1992) n. 10, pp. 749-758
- Brusasca, G. [et al.], *Development of a Lagrangian stochastic model for dispersion in complex terrain*", in *Air Pollution Modelling and its Application X*, (edited by Sven-Erik Gryning and Millán M. Millán), New York, Plenum Press, c 1994, pp. 329-337
- Anfossi, D. [et al.], *A simplified version of the correct boundary conditions for skewed turbulence in Lagrangian particle models*, in *Atmospheric Environment*, 31 (1997), n. 2, pp. 301-308
- Trini Castelli, S., Anfossi, D., *Intercomparison of 3-D turbulence parameterizations for dispersion models in complex terrain derived from a circulation model*, in *Nuovo Cimento della Società italiana di fisica – C*, 20 (1997), n. 3, pp. 287-313
- Ferrero, E. [et al.], *An intercomparison of two turbulence closure schemes and four parameterizations for stochastic dispersion models*, in *Nuovo Cimento della Società italiana di fisica – C*, 20 (1997), n. 3, pp. 315-329
- Ferrero, E. [et al.], *Simulation of atmospheric dispersion in convective boundary layer: comparison between two Lagrangian particle models*, in *International Journal of Environment and Pollution*, 8 (1997), nn. 3-6, pp. 315-323
- Degrazia, G. Anfossi, D., *Estimation of the Kolmogorov constant C_0 from classical statistical diffusion theory*, in *Atmospheric Environment*, 32 (1998), n. 20, pp. 3611-3614
- Ferrero E., Anfossi, D., *Comparison of PDFs, closure schemes and turbulence parameterizations in Lagrangian Stochastic Models*, in *International Journal of Environment and Pollution*, 9 (1998), n. 4, pp. 384-410
- Ferrero, E., Anfossi, D., *Sensitivity analysis of Lagrangian Stochastic models for CBL with different PDF's and turbulence parameterizations*, in *Air Pollution Modelling and its Applications XII* (edited by S.E. Gryning and N. Chaumerliac), New York, Plenum Press, c 1998, pp. 673-680
- Ferrero, E. [et al.], *Lagrangian stochastic models applied to urban atmospheric dispersion*, in G. Imbesi, A. De Martino *Energy Environment and Technological Innovation Conferences: Conferences and Contribution of the 4th International Congress Energy, Environment and Technological Innovation*, Roma, 20-24 settembre 1999, Roma, Cangemi, 2000
- Tinarelli, G. [et al.], *A new high performance version of the Lagrangian particle dispersion model SPRAY, some case studies*, in S. E. Gryning, E. Batchvarova, *Air Pollution Modelling and its Applications XIII*, New York, Kluwer Academic Press, 2000, pp. 499-507
- Cuffini, S. [et al.], *Metodologie integrate per il controllo della qualità dell'aria in aree ad alta urbanizzazione*, in V. Poluzzi (a cura di) *Arie di città: la qualità dell'aria in ambiente urbano: atti del Convegno*, Bologna 28-30 novembre 2000, Bologna, Arpa Emilia Romagna, 2000
- Brusasca, G. [et al.], *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*, in *Proceedings from 7th International Conference on Harmonization within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes*, Belgirate (Italia), 28-31 May 2001, 130-134

La bibliografia completa (inclusa la parte epidemiologica) è consultabile in rete all'indirizzo www.eraslazio.it.

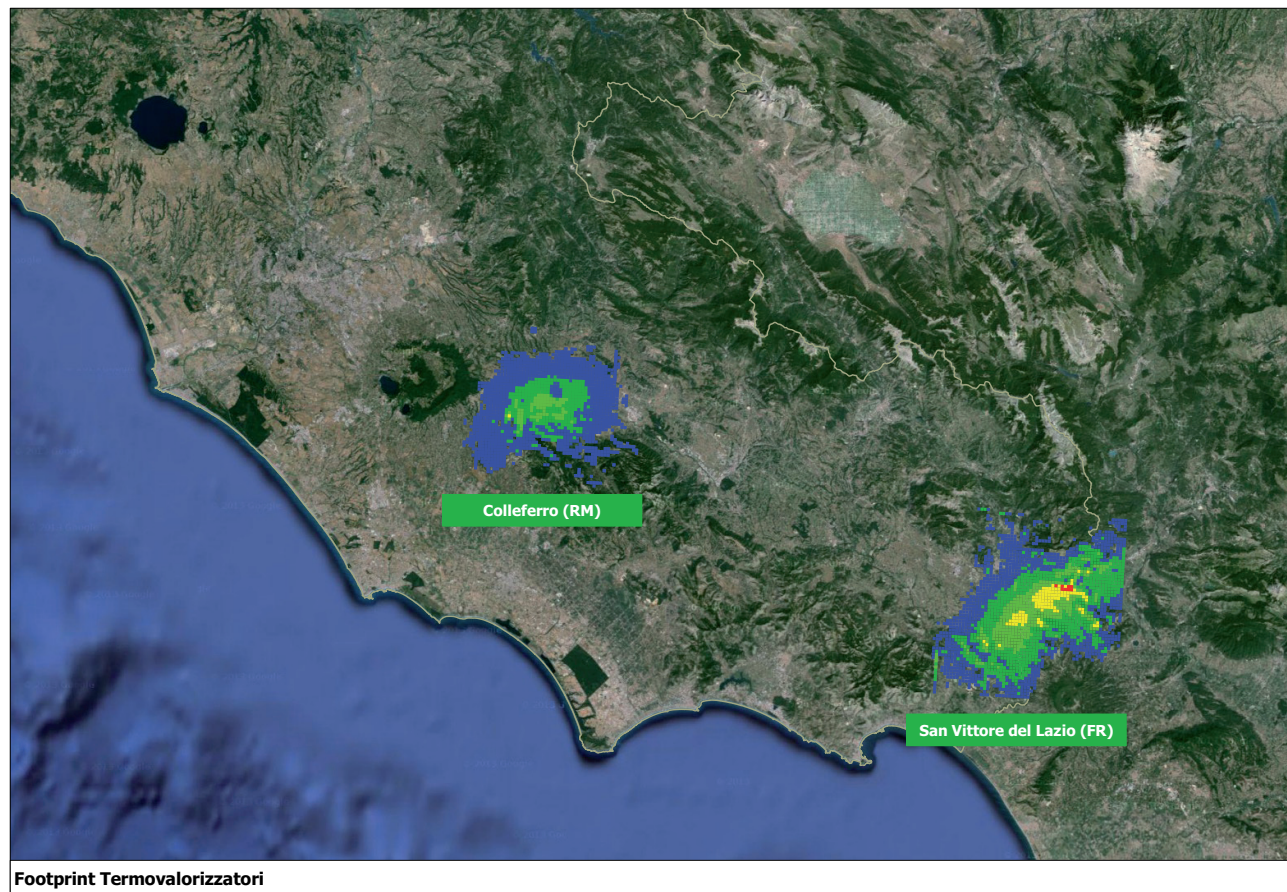
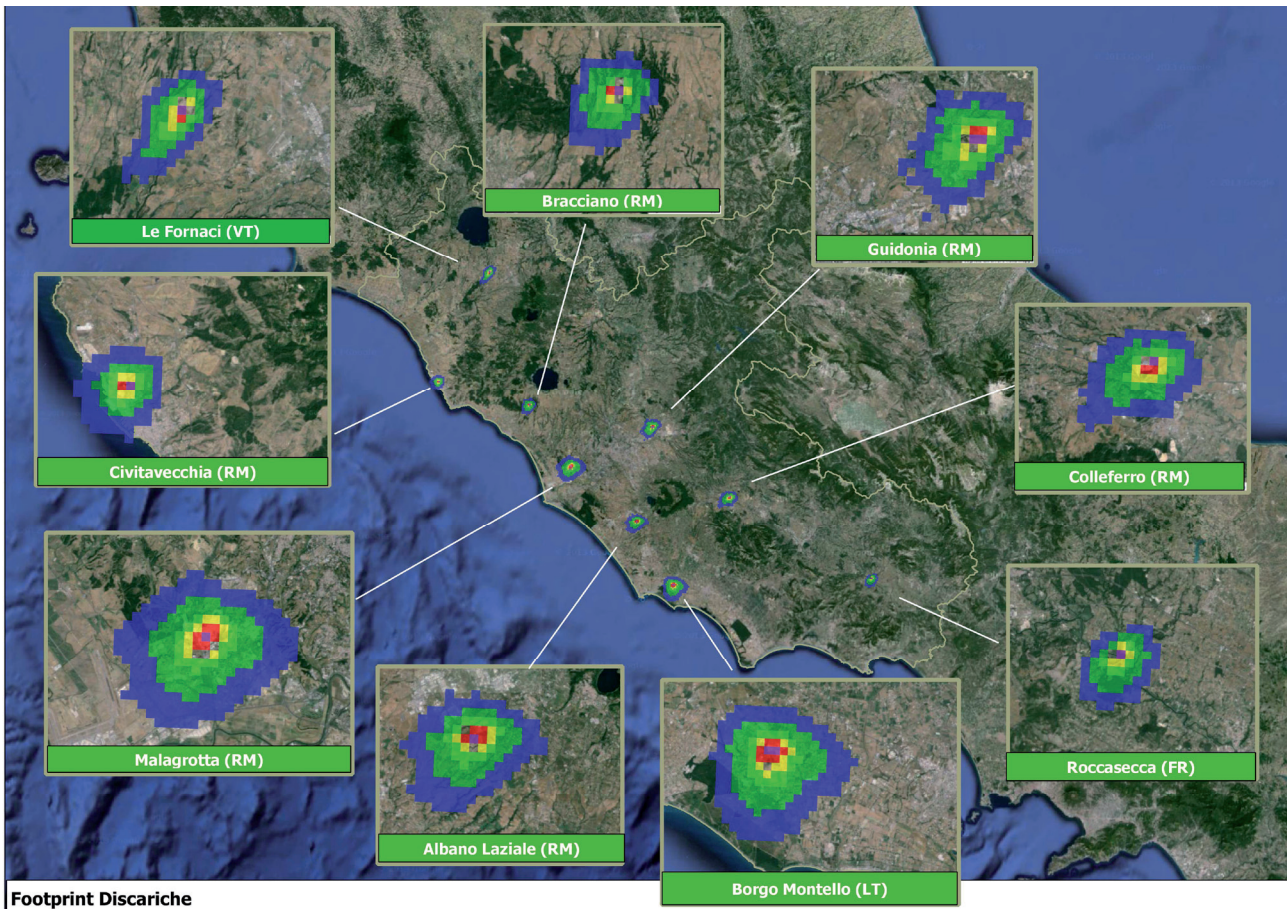
INDICE DELLE TABELLE

Tab. 1.1 - Localizzazione degli impianti di trattamento dei rifiuti urbani nel Lazio	Pag.	7
Tab. 1.2 - Produzione di rifiuti. Dati per provincia (Anno 2008)	"	9
Tab. 2.1 - Popolazione residente anno 2008 (fonte Istat)	"	13
Tab. 2.2 - Censimento industria e servizi 2001	"	14
Tab. 2.3 - Somma della superficie dei comuni in osservazione che ricadono in aree naturali protette (Fonte Regione Lazio)	"	14
Tab. 2.4 - Emissioni stimate (t/anno).....	"	15
Tab. 3.1 - Periodo di monitoraggio e localizzazione delle campagne sperimentali eseguite.	"	18
Tab. 3.2 - Concentrazioni medie del periodo della campagna.....	"	19
Tab. 3.3 - Concentrazioni medie dei metalli e del benzo(a)pirene.....	"	19
Tab. 3.4 - Media della concentrazione dei Policlorobifenili e delle diossine	"	20
Tab. 3.5 - Concentrazioni medie degli aldeidi e del benzene riferite al periodo delle campagne	"	20
Tab. 3.6 - Sintesi indicatori di qualità ambientale	"	21
Tab. 3.7 - Percentuale di area con livelli di footprint superiori all'1% del valore massimo	"	23
Tab. 4.1 - Valori medi delle concentrazioni degli inquinanti gassosi e del particolato fine.....	"	26
Tab. 4.2 - Media dei superamenti del PM ₁₀ nei periodi delle due campagne effettuate a Malagrotta.....	"	27
Tab. 4.3 - Concentrazioni medie rilevate nei periodi di campagna	"	27
Tab. 4.4 - Concentrazioni medie di metalli rilevati durante i periodi delle campagne	"	27
Tab. 4.5 - Medie della concentrazione di SOV a Malagrotta e Roma/Cinecittà (2008-2009)	"	28
Tab. 4.6 - Medie della concentrazione di SOV a Malagrotta (2009-2010)	"	28
Tab. 4.7 - Medie delle concentrazioni di aldeidi a Malagrotta e Cinecittà (2008-2009) ...	"	28
Tab. 4.8 - Medie PCB totali e PCB-7, campagna di Malagrotta 2012.....	"	29
Tab. 4.9 - Sintesi indicatori di qualità ambientale	"	30
Tab. 4.10 - Indice per la valutazione della presenza di microinquinanti in aria in rapporto alla concentrazione di PM ₁₀	"	31
Tab. 5.1 - Periodo di monitoraggio e localizzazione delle campagne sperimentali eseguite.....	"	36
Tab. 5.2 - Concentrazioni medie complessive degli inquinanti rilevati nelle campagne..	"	36
Tab. 5.3 - Concentrazioni medie di periodo	"	37
Tab. 5.4 - Media della concentrazione dei policlorobifenili e delle diossine.....	"	37
Tab. 5.5 - Sintesi indicatori di qualità ambientale	"	38
Tab. 5.6 - Indice per la valutazione della presenza di microinquinanti in aria in rapporto alla concentrazione di PM ₁₀	"	39
Tab. 6.1 - Periodo di monitoraggio e localizzazione delle campagne sperimentali eseguite	"	43
Tab. 6.2 - Concentrazioni medie complessive degli inquinanti rilevati nelle campagne..	"	44
Tab. 6.3 - Concentrazioni medie di metalli rilevati durante i periodi delle campagne	"	44
Tab. 6.4 - Concentrazioni medie delle aldeidi e del benzene riferite al periodo delle campagne	"	44
Tab. 6.5 - Media della concentrazione dei policlorobifenili e delle diossine.....	"	45
Tab. 6.6 - Sintesi indicatori di qualità ambientale	"	46

INDICE DELLE FIGURE

Fig. 1.1 - Localizzazione geografica degli impianti per il trattamento dei rifiuti urbani nel Lazio	Pag.	8
Fig. 1.2 - Produzione pro capite di rifiuti per regione. Anno 2008.....	"	8
Fig. 1.3 - Andamento della produzione totale rifiuti nel Lazio	"	9
Fig. 1.4 - Schema dello studio epidemiologico – ambiente e salute	"	11
Fig. 2.1 - Fonte Carta Uso del Suolo Regione Lazio, 2003.....	"	13
Fig. 2.2 - Impianti industriali soggetti ad AIA	"	14
Fig. 2.3 - Fiumi principali che attraversano l'area in osservazione	"	15
Fig. 3.1 - Confronto tra quantità di rifiuti trattate e indicatori di qualità dell'aria	"	17
Fig. 3.2 - Distribuzione dei livelli medi di concentrazione di PM ₁₀ e NO ₂ rilevati dalla rete regionale e dalle campagne sperimentali (2008-2011)	"	22
Fig. 3.3 - Impronta della discarica di Borgo Montello (LT). Concentrazioni di H ₂ S stimate dal modello di dispersione	"	23
Fig. 4.1 - Confronto livelli di rifiuti trattati e indicatori di qualità dell'aria.....	"	25
Fig. 4.2 - Valori medi registrati durante le due campagne eseguite (2008-2009) a Malagrotta dall'ARPA Lazio nell'ambito del programma ERAS	"	31
Fig. 4.3 - Footprint della discarica di Malagrotta	"	32
Fig. 4.4 - Footprint della discarica di Malagrotta 3D.....	"	33
Fig. 5.1 - Confronto quantità di rifiuti trattati e indicatori di qualità dell'aria.....	"	35
Fig. 5.2 - Confronto tra le medie annuali delle centraline regionali della provincia di Roma e di Frosinone (2008-2010) e le medie finali delle campagne sperimentali.....	"	39
Fig. 5.3 - Impronta del termovalorizzatore di Colleferro. Concentrazioni di PM ₁₀ stimate dal modello di dispersione.....	"	40
Fig. 6.1 - 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	"	46

APPENDICE



METADATI

Titolo: Epidemiologia Rifiuti Ambiente Salute nel Lazio. ERAS Lazio

Autore: ARPA Lazio. Divisione ricerca e sviluppo.

Soggetto: Progetto ERAS Lazio

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

Editore: ARPA Lazio

Data: 2013-09-30

Tipo: Report ambientale

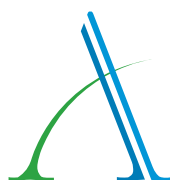
Formato: Cartaceo, elettronico

Identificatore: Report_2013_DT0.ERAS_02

Lingua: IT

Copertura: Lazio - 2008-2012

Gestione dei diritti: ARPA Lazio, Agenzia regionale per la protezione ambientale del Lazio



ARPALAZIO
AGENZIA REGIONALE PROTEZIONE AMBIENTALE DEL LAZIO

IMPAGINAZIONE E STAMPA

TIBURTINI
CARATTERE TIPOGRAFICO

tiburtini.it

Ottobre 2013

Report - Rifiuti



ARPALAZIO

AGENZIA REGIONALE PROTEZIONE AMBIENTALE DEL LAZIO