



D/EP/Lazio

Dipartimento di Epidemiologia del Servizio Sanitario Regionale - Regione Lazio



Regione Lazio



Rapporto

“Epidemiologia Rifiuti Ambiente Salute nel Lazio - ERAS Lazio”

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

Volume 3

(E) RAPPORTO SALUTE

IL DISEGNO E LA METODOLOGIA DEGLI STUDI EPIDEMIOLOGICI

INTRODUZIONE

Lo studio di coorte è comunemente utilizzato in epidemiologia per l'analisi degli effetti di salute di un potenziale fattore di rischio. Questo approccio, a differenza di altri, permette di stimare il tempo esatto in cui ogni soggetto è stato a rischio di sviluppare l'evento in studio (tempo-persona). La sequenza temporale dello studio viene stabilita rispetto alla collocazione nel tempo dell'osservatore. Lo studio di coorte è definito prospettico, se l'informazione sull'esposizione è registrata all'inizio dello studio ed il *follow-up* è condotto nel futuro o retrospettivo, se la coorte viene definita nel passato ed il tempo a rischio è intercorso prima dell'inizio dello studio.

Un aspetto cruciale nella pianificazione di qualsiasi studio epidemiologico riguarda l'individuazione di fonti dei dati adatte all'identificazione della popolazione che ha dato origine ai casi (popolazione sorgente) e dell'esito in studio. Uno studio di coorte retrospettivo può essere svolto anche utilizzando i dati raccolti dai Sistemi Informativi correnti, grazie all'integrazione di archivi di popolazione e archivi di dati sanitari. L'indubbio vantaggio in termini di contenimento dei costi può comportare un grande dispendio in termini di gestione dei dati perché questi archivi nascono con finalità diverse da quelle di uno studio epidemiologico. E', perciò, importante che questi archivi siano completi (per limitare la perdita selettiva di informazioni), validi (per limitare la presenza di errori sistematici), di qualità omogenea per tutto il periodo in studio ed accurati (per evitare errori di informazione). Il disegno dello studio di coorte tende, per costruzione, a ridurre i problemi relativi al *bias* di informazione e di selezione, ma la scarsa qualità della fonte informativa potrebbe tuttavia inficiare la validità dell'analisi. Fonti informative largamente disponibili sono le anagrafi comunali che, nel Lazio dal 1996, sono disponibili in formato digitale e forniscono informazioni relative alla popolazione residente ed i suoi movimenti nel tempo.

La misura dell'esposizione è particolarmente delicata in epidemiologia ambientale poiché la variabile di esposizione individuale è spesso solo un'approssimazione della esposizione vera¹. Quanto più è imprecisa sarà questa misura tanto più vi sarà il rischio di una misclassificazione dell'esposizione che può portare ad una attenuazione dei rischi relativi stimati. La definizione dell'esposizione, in molti studi, si basa su modelli di dispersione degli inquinanti emessi dalla fonte di inquinamento presa in esame nell'analisi²⁻³. In quest'ottica risulta indispensabile l'integrazione dei dati di

popolazione con sistemi d'informazione geografica (GIS – Geographic Information System). Nell'ambito dell'epidemiologia ambientale è sempre più diffuso l'utilizzo di dati di popolazione georiferiti per la selezione degli esposti sulla base della distanza della loro residenza da fonti di inquinamento presenti nel territorio quali industrie⁴, antenne radio e tv⁵, inceneritori⁶, discariche⁷ e strade⁸⁻¹⁰.

Uno degli obiettivi di ERAS Lazio è la valutazione, attraverso studi di coorte di popolazione, dello stato di salute delle persone residenti in prossimità degli impianti per il trattamento dei rifiuti e dei lavoratori addetti al ciclo dei rifiuti. In questo ambito sono stati redatti i seguenti rapporti:

- Valutazione epidemiologica dello stato di salute della popolazione residente nei pressi delle discariche per i rifiuti urbani del Lazio;
- Valutazione epidemiologica dello stato di salute della popolazione residente nell'area di Malagrotta a Roma;
- Valutazione epidemiologica dello stato di salute della popolazione residente nei pressi dei termovalorizzatori del Lazio;
- Valutazione epidemiologica dello stato di salute della popolazione residente nei pressi degli impianti di trattamento meccanico-biologico del Lazio;
- La salute riproduttiva delle donne residenti nei pressi dei termovalorizzatori e delle discariche del Lazio;
- Valutazione epidemiologica dello stato di salute dei lavoratori addetti alla raccolta, trasporto e smaltimento dei rifiuti urbani a Roma.

La metodologia utilizzata in queste analisi è riassunta nella Figura 1. Le coorti di popolazione arruolate hanno utilizzato come fonte dei dati gli archivi anagrafici dei comuni interessati e i Sistemi Informativi Sanitari Regionali per la definizione degli esiti sanitari. L'esposizione ad impianti per il trattamento dei rifiuti (discariche e termovalorizzatori) è stata definita sulla base di due misure: la distanza dal perimetro degli impianti e la concentrazione al suolo dell'inquinante considerato come tracciante del singolo impianto, definita sulla base di modelli di dispersione. Tutte le coorti sono state georeferenziate (attribuzione delle coordinate geografiche agli indirizzi di residenza dei soggetti inclusi nello studio), non solo per attribuire ad ognuno la misura dell'esposizione, ma anche per descrivere al meglio le caratteristiche individuali (livello socio-economico) e la realtà circostante (eventuali altri fattori di pressione ambientale presenti nel territorio).

In questo rapporto vengono riassunti i metodi utilizzati per l'analisi epidemiologica nell'ambito del Progetto ERAS Lazio:

- lo sviluppo di una metodologia affidabile per la costruzione di coorti di popolazione da fonte anagrafica e il *follow-up* utilizzando i Sistemi Informativi Sanitari;
- la georeferenziazione dei soggetti inclusi nello studio (attribuzione delle coordinate geografiche agli indirizzi di residenza delle coorti);
- la definizione dell'esposizione attraverso l'uso di modelli di dispersione;
- l'analisi statistica e le misure di associazione utilizzate per valutare la relazione tra esposizione e mortalità/morbidità (Modello di Cox, Hazard ratio).

METODI

Costruzione di coorti di popolazione da fonte anagrafica e accertamento degli esiti sanitari

Agli uffici anagrafici dei comuni in studio sono stati richiesti i dati della popolazione residente al 1 Gennaio 1996 e di tutti coloro che sono entrati nel comune (per nascita o immigrazione) o usciti dal comune (per morte o emigrazione) nel periodo 1996-2008. Per ogni persona sono state richieste le informazioni anagrafiche (cognome, nome, data di nascita, comune di nascita, data di decesso e sesso), l'indirizzo di residenza e tutte le date relative ai movimenti da e per il comune (data di emigrazione, immigrazione). Ogni record relativo ad un individuo doveva essere provvisto di un codice identificativo (numero progressivo individuale) e del codice fiscale. Sono stati richiesti anche i cambiamenti di residenza all'interno dello stesso comune, ma per la maggior parte delle anagrafi oggetto dello studio queste informazioni non sono ancora disponibili in formato digitale.

I dati ricevuti sono stati sottoposti a diversi controlli di qualità:

- è stata verificata la presenza di tutti i campi richiesti: nei casi in cui l'anagrafe non ha fornito informazioni fondamentali, non ricavabili da altre variabili (cognome, nome, data di emigrazione, data di decesso, indirizzo di residenza ecc.), è stata inviata una nuova richiesta dati. In altri casi le informazioni non complete sono state ricavate da altre già disponibili (ad esempio l'attribuzione del sesso, sulla base del codice fiscale o del nome).

- è stata valutata la completezza dei dati (quante informazioni mancanti): negli archivi anagrafici spesso risultava non compilata l'informazione relativa alla data di iscrizione. Per attribuire questa informazione è stata utilizzata la data di nascita, se la persona era nata nel comune, la data di immigrazione, se la persona era nata altrove ma immigrata nel comune e la data di inizio *follow-up* per gli altri.

Dopo aver effettuato questi primi controlli, è stato verificato che l'anagrafe avesse effettuato una corretta estrazione dati. Sono state, quindi, esaminate le date di nascita, immigrazione, emigrazione e morte, per controllare che non vi fossero degli anni senza eventi e che la frequenza immigrazione degli eventi fosse approssimativamente costante nel periodo in studio (1996-2008). Per emigrazioni e decessi è stata necessaria un'ulteriore verifica: il confronto del numero di deceduti per anno con i dati del ReNCaM (Registro Nominativo delle Cause di Morte); il confronto del numero di emigrazioni con il dato ISTAT.

Una volta verificata la completezza dei dati anagrafici, è stata selezionata la coorte dei residenti:

1. è stata verificata la presenza/assenza di record doppi per codice individuale fornito dall'anagrafe e sono state eliminate le informazioni ripetute;
2. è stato verificato che il codice fiscale, dove presente, fosse attendibile e il più possibile completo;
3. a seguito di una lunga procedura di sistemazione delle variabili, è stato ricalcolato il codice fiscale mediante un algoritmo basato su cognome, nome, data di nascita, sesso e comune di nascita dell'individuo. Se incompleto, il codice fiscale ricalcolato è stato sistemato e integrato sulla base del codice fiscale fornito dall'anagrafe;
4. è stata verificata la presenza di record doppi per codice fiscale ricalcolato, sono state eliminate le informazioni ripetute e integrate quelle aggiuntive (es. diverse date di emigrazione ed immigrazione su più record relative allo stesso individuo);
5. è stata selezionata la coorte sulla base delle date di iscrizione e cancellazione dal comune. Sono stati, per esempio, eliminati i nati dopo la chiusura del *follow-up* (2009), i deceduti prima dell'inizio del *follow-up* (1996) e le emigrazioni o immigrazioni avvenute al di fuori del periodo di osservazione;

6. per ogni individuo è stato accertato lo stato in vita alla fine del *follow-up* (vivo/morto, emigrato o irreperibile).

Come fonte dati della mortalità (1996-2008) è stato utilizzato il Registro Nominativo delle Cause di Morte (ReNCaM) che contiene tutti i decessi avvenuti nel Lazio a prescindere dalla residenza del deceduto e tutti i decessi dei residenti nella regione a prescindere dal luogo di decesso. Come fonte dati dei ricoveri ospedalieri è stato utilizzato il Sistema Informativo Ospedaliero (SIO) del Lazio, che rileva e gestisce i dati analitici di tutti i ricoveri ospedalieri (in acuzie e post-acuzie) che ogni anno si verificano negli Istituti di Ricovero e Cura della Regione a partire dal 1994, con una copertura e qualità dei dati soddisfacente solo dal 1996.

Georeferenziazione degli indirizzi di residenza delle coorti in studio

Negli ultimi anni si è diffuso l'utilizzo di software basati su sistemi di informazione geografica (es. ArcGIS), utili non solo per elaborare mappe ma anche per integrare i dati sanitari o di popolazione in un sistema geografico, effettuare analisi spaziali e per la valutazione dell'esposizione. Gli indirizzi di residenza delle coorti arruolate nell'ambito del progetto ERAS Lazio sono stati georeferenziati per assegnare l'esposizione ed attribuire ad ogni individuo della coorte le variabili ambientali e di contesto sociale utili per definire al meglio l'associazione tra l'esposizione a discariche/inceneritori e mortalità/morbosità per causa.

Le informazioni necessarie per la georeferenziazione degli indirizzi di residenza sono:

- nome della via (es. "Viale Manzoni");
- numero civico (es. "103");
- indirizzo (es. "Viale Manzoni 103");
- CAP (es. "00182");
- Comune (es. "Roma");
- Stato (es. "Ita").

I nomi delle vie di residenza sono stati modificati perché vi fosse una corrispondenza con le vie dello stradario di TELEATLAS, contenute nel software ArcGIS (es. da "Viale Manzoni" a "Viale Alessandro Manzoni"). La via modificata e il numero civico sono stati utilizzati per definire l'indirizzo di residenza corretto. Questo indirizzo è stato poi geocodificato attraverso una procedura automatica del software ArcGIS che restituisce

le coordinate geografiche di tutti gli indirizzi individuati sul territorio dal software. È stato necessario procedere con una geocodifica manuale nei seguenti casi:

1. nello stradario era presente la via ma non quel particolare numero civico: sono state quindi attribuite le coordinate geografiche dei numeri civici vicini;
2. la via non era presente nello stradario: è stata effettuata una ricerca sul sito <http://it.bing.com/> che restituisce le coordinate geografiche corrispondenti (in termini di Latitudine e Longitudine).

Chiaramente, in caso di quote elevate di indirizzi non georeferenziati o di informazioni mancanti/irreperibili, il comune è stato escluso dallo studio per evitare un *bias* di selezione.

Definizione dell'esposizione e modelli di dispersione

La valutazione dell'esposizione agli impianti di trattamento dei rifiuti si basa solitamente sulla distanza tra due punti: l'impianto (un punto, nel caso di un camino, un perimetro nel caso di una discarica) e la residenza del soggetto, nell'ipotesi che il rischio aumenti all'avvicinarsi agli impianti. Tale approccio non considera la complessità dei meccanismi che intervengono nella diffusione degli inquinanti in aria, dovuta principalmente alla meteorologia e all'orografia del territorio. I modelli di dispersione consentono di tenere conto di questi aspetti, restituendo mappe di concentrazione degli inquinanti che rappresentano l'impronta al suolo dell'impianto considerato. Nel progetto ERASLazio, sono state dunque considerati due approcci per la misura dell'esposizione della popolazione residente nei pressi degli impianti per il trattamento dei rifiuti: la distanza e le impronte degli inquinanti scelti come traccianti degli impianti in studio (Idrogeno Solforato - H₂S - per le discariche, polveri PM₁₀ per i termovalorizzatori). Per le 9 discariche e i 2 termovalorizzatori presenti nel Lazio è stato definito un dominio di simulazione modellistica (30x30 Km) centrato su ciascun impianto. Le emissioni di questi inquinanti sono state stimate considerando quantità autorizzate, tipologia di impianto (puntiforme o areale) e modalità di emissione (altezza di rilascio, velocità dei fumi e relativa temperatura). Per stimare le tonnellate/anno emesse dalle sorgenti areali (discariche) è stato usato il modello Landfill Gas Emissions, sviluppato dalla US Environmental Protection Agency¹¹, il quale considera gli anni di attività della discarica, la sua capacità e il quantitativo di rifiuto/anno conferito. I lotti delle discariche sono stati suddivisi in celle di 125x125m al fine di distribuire sull'area della discarica le emissioni ottenute; le emissioni stimate

in ogni cella hanno costituito l'input per il modello SPRAY. Nel caso di termovalorizzatori e raffinerie, invece, non è necessario stimare il quantitativo di inquinante emesso, perché si utilizzano i valori autorizzati.

Le emissioni degli impianti (discarica, inceneritore), così ottenute, sono state fornite al modello lagrangiano a particelle 3D SPRAY insieme ai campi meteorologici 3D generati da RAMS. Il risultato dell'integrazione di questi modelli è la definizione dell'impronta al suolo di ogni singolo impianto. La scelta di un modello lagrangiano a particelle è dovuta alla complessità dell'orografia del territorio laziale. In zone che presentano un'orografia meno complessa e una meteorologia meno variabile è possibile eseguire le stesse stime utilizzando modelli di dispersione più semplici (modello gaussiano)¹².

Analisi statistica e misure di associazione

L'associazione tra gli indicatori di esposizione (distanza o concentrazioni di inquinanti) e la mortalità/morbidità delle coorti è stata valutata mediante il modello di sopravvivenza di Cox. Questo modello semiparametrico è basato sull'assunto che il rapporto tra i rischi sia costante nel tempo, senza specificare il rischio al baseline. Il Rischio Relativo (RR), stimato dal modello di Cox che nello specifico prende il nome di Hazard Ratio (HR), è calcolato come rapporto tra due rischi di morire (o contrarre la malattia) ed esprime l'eccesso (o il difetto) di rischio del gruppo posto al numeratore rispetto al gruppo posto al denominatore. Per esempio, se il RR di mortalità del gruppo A 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 0.25, i soggetti di questo gruppo hanno un rischio di morte quattro volte più piccolo di quello osservato tra i soggetti di riferimento.

Negli studi osservazionali la valutazione epidemiologica deve tenere conto delle possibili disomogeneità tra esposti e non esposti per diverse caratteristiche quali età, genere e stato socio-economico, che a loro volta sono associate al rischio di malattia. Questi fattori possono agire come confondenti dell'associazione tra esposizione ed esito, è pertanto necessario effettuare un aggiustamento attraverso l'utilizzo di metodi multivariati. Questi metodi permettono di studiare le differenze tra esposti e non esposti (esprese in termini di RR) "al netto" del possibile effetto confondente della disomogenea distribuzione delle caratteristiche date.

Negli studi del progetto ERAS Lazio sono state considerate come possibili confondenti della relazione tra inquinanti emessi da discariche e inceneritori e mortalità/morbidità alcune variabili ambientali e di condizione sociale: età, periodo di calendario, livello socio-economico, inquinamento atmosferico di fondo (PM_{10}), residenza in prossimità di strade principali, autostrade e industrie.

RISULTATI

Nell'ambito del progetto ERAS, sono state ricostruite le coorti di popolazione residente in più di 20 comuni della Regione Lazio. La grande mole di dati ha consentito di mettere in evidenza differenze nella qualità degli archivi anagrafici comunali, pertanto in questo rapporto vengono riportati alcuni esempi sui controlli e le procedure che sono state effettuate prima di accettare i dati nella analisi. I comuni "virtuosi" sono stati confrontati con altri che hanno fornito dati di scarsa qualità e per i quali è stato necessario attuare diverse procedure di ottimizzazione o addirittura l'eliminazione dallo studio.

Si consideri per esempio il comune di Bracciano. Tra il 1996 ed il 2007 risultano 1,432 deceduti da fonte ReNCaM e 1,455 da fonte anagrafica (Tabella 1). Anche il confronto del numero di deceduti per singolo anno conferma che i dati forniti dall'anagrafe risultano completi, corretti e coerenti. La stessa cosa non si può affermare per il comune di Albano Laziale. Secondo i dati originariamente forniti dall'anagrafe, infatti, il numero annuale di deceduti aumentava col passare del tempo, solo dal 2005 diventava confrontabile con il dato ReNCaM. L'incompletezza dell'estrazione dati è dimostrata dal fatto che non risultava alcun decesso nel 1996, uno solo nel 1997 e 3 nel 1998.

Anche le frequenze annuali delle nascite hanno fornito indicazioni in merito alla qualità dei dati inviati dalle anagrafi. È anomalo che ci siano, nell'arco di 12 anni, dei trend troppo marcati o che ci siano delle forti variazioni da un anno all'altro. Come si può notare dalla tabella 2, la distribuzione dell'anno di nascita del comune di Roccasecca risulta decisamente più omogenea, quindi più attendibile, di quella del comune di Albano Laziale, in cui il numero di nati passava da 166 nel 1996 a 23 nel 2008.

Nei casi in cui gli uffici anagrafici non siano stati in grado di soddisfare le richieste è stato necessario ridurre il periodo in studio o eliminare il comune dalle analisi. L'anagrafe del comune di Civitavecchia ha incontrato diverse difficoltà nell'estrazione dei dati riferiti agli anni 1996-2003, gli unici dati sistematizzati ed utilizzabili sono risultati quelli dal 2004 in poi. Diverso è il caso del comune di Pontecorvo per il quale non siamo mai riusciti ad ottenere i dati anagrafici richiesti.

Alcuni comuni presentavano un'alta quota di record senza indirizzo di residenza: in alcuni casi si è cercato di recuperare il più possibile questa informazione trascrivendo gli indirizzi manualmente dai cartellini anagrafici; in altri casi, anche a causa dell'impossibilità di una collaborazione con gli uffici anagrafici, i file si sono dimostrati inutilizzabili. Nei dati del comune di Fonte Nuova, per esempio, su un totale di 43,089 residenti, per 4,615 (10.7%) non veniva riportato l'indirizzo di residenza.

Per alcuni comuni, invece, la procedura di georeferenziazione è stata determinante nella valutazione della qualità dei dati: se la proporzione di persone con indirizzo geocodificato era bassa (<85%) è stato necessario escludere il comune dall'analisi, se invece questa proporzione era più elevata ($\geq 85\%$) sono state confrontate le caratteristiche (in termini di stato in vita) delle persone geocodificate e non, per non incorrere in *bias* di selezione. Per il comune di Latina (Tabella 3) la quota di persone non geocodificate era molto bassa (1.3%) e non si evidenziavano grandi differenze nella distribuzione dello stato in vita nei due gruppi (geocodificati/non geocodificati). Al contrario, il comune di Paliano presentava un'alta quota di persone con indirizzi non geocodificati (38.4%), pertanto Paliano non è stato inserito nello studio.

La modellistica di dispersione degli inquinanti si sta affermando come strumento complementare a disposizione dell'epidemiologo nella valutazione dell'esposizione della popolazione residente nei pressi di impianti industriali. I risultati delle simulazioni condotte nell'ambito del progetto ERAS Lazio, per la stima dei modelli di dispersione degli inquinanti, mostrano aree molto eterogenee dal punto di vista dell'inquinamento ambientale.

Come si può notare dalla tabella 4, sebbene le dimensioni delle discariche di Civitavecchia e Colleferro siano molto simili, la discarica di Colleferro raggiunge valori

di concentrazione di H₂S quasi sette volte più elevati rispetto a quella di Civitavecchia (0.765 µg/m³ VS 0.113 µg/m³). I livelli di concentrazione massimi di H₂S stimati per la discarica di Latina raggiungono il valore di 1.196 µg/m³ mentre per la discarica di Roccasecca, la cui area è circa 24 volte più piccola, il valore più alto è di 0.314 µg/m³. Nell'area di Malagrotta (Roma) si raggiungono le più alte concentrazioni di H₂S (2.999 µg/m³).

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Uno studio di coorte prevede la definizione della popolazione in studio attraverso il suo arruolamento e la determinazione a priori di un periodo di osservazione durante il quale i componenti della coorte vengono seguiti nel tempo attraverso contatti ripetuti. La tecnica di cui si è trattato in questo rapporto, invece, ha previsto l'arruolamento di coorti di popolazione senza nessun contatto diretto con chi partecipa allo studio. Si utilizzano infatti i dati anagrafici di tutti i residenti in un certo comune nell'arco di diversi anni e, solo successivamente, sulla base dei dati ottenuti, viene selezionata la popolazione di interesse.

La metodologia utilizzata nel progetto ERASLazio presenta diversi punti di forza:

- rappresenta una proposta innovativa rispetto alle metodologie utilizzate fino ad oggi;
- è una tecnica poco dispendiosa in termini economici e di tempo. Non richiede un vasto impiego di forza lavoro: non è necessario aggiornare lo stato in vita della coorte effettuando visite a domicilio o interviste telefoniche perché la definizione dello stato in vita si basa sui dati forniti dalle anagrafi comunali;
- rispetto alla costruzione di una coorte con metodologia classica, si guadagna in termini di potenza statistica, in quanto, non si estrae un campione della popolazione, ma si studiano tutti i residenti nel comune. Non vi è quindi il problema della rappresentatività tipico degli studi campionari;
- non si rischia di incorrere nel *response bias* in quanto la partecipazione delle persone allo studio non dipende dal loro assenso;
- questa tecnica, associata alla georeferenziazione degli indirizzi di residenza, permette di ottenere una distribuzione spaziale dei soggetti in studio a cui si può associare la distribuzione spaziale dell'esposizione;

- l'utilizzo dei modelli di dispersione, associato a dati di popolazione georeferiti, permette di superare un grande limite degli studi di epidemiologia ambientale che per molto tempo hanno considerato esclusivamente la distanza dagli impianti come esposizione a fonti di inquinamento, ipotizzando che l'inquinante si disperdesse nell'aria in fasce concentriche dal centroide dell'impianto.
- le coorti di popolazione così costruite possono essere facilmente riutilizzate per altri studi attraverso l'attribuzione di nuove informazioni quali esposizione e variabili di confondimento.

Oltre ai tanti vantaggi, questa nuova procedura ha anche alcuni punti di debolezza:

- i rapporti con gli uffici anagrafici del Lazio non sono stati sempre semplici; spesso, a causa della mancata risposta al primo tentativo di contatto, è stato necessario ricontattarli (attraverso telefonate, e-mail e fax) o inviare un nostro tecnico per estrarre i dati dal software anagrafico. Nonostante tutti gli sforzi, i dati di alcuni comuni non sono mai arrivati;
- nonostante questa tecnica permetta un risparmio in termini economici e di tempo, è certamente complessa e laboriosa dal punto di vista della programmazione;
- alcune delle scelte prese durante le fasi di lavorazione dei dati anagrafici sono difficili, sia perché i file hanno una struttura diversa da comune a comune (pertanto non è possibile costruire un programma unico per tutti i file) sia perché, a volte, ci si è trovati a decidere sull'esclusione o l'inclusione di alcuni soggetti con informazioni dubbie;
- questa tecnica può introdurre *bias* di selezione. Si ha un *bias* di selezione nei casi in cui si ha un difetto selettivo di partecipazione che è correlato con l'esposizione e con l'esito in studio. Ciò potrebbe avvenire, per esempio, se vi fosse una proporzione molto diversa di deceduti con indirizzo non geocodificato (quindi non inclusi nello studio) rispetto al gruppo dei geocodificati.

In conclusione, la metodologia proposta rappresenta una strategia ottimale per lo sviluppo di studi di coorte utili alla valutazione del danno da esposizioni ambientali. Ovviamente, debbono essere considerate con cura le possibili distorsioni che si

possono generare in uno studio di coorte e sono necessari controlli rigorosi dei dati anagrafici acquisiti.

BIBLIOGRAFIA

1. Baker D, Nieuwenhuijsen MJ: Environmental epidemiology: Study methods and application. *Oxford University Press* 2008.
2. Nyberg F, Gustavsson P, Järup L, Bellander T, Berglind N, Jakobsson R, Pershagen G.: Urban air pollution and lung cancer in Stockholm. *Epidemiology* 2000 Sep; 11(5):487-95.
3. Bellander T, Berglind N, Gustavsson P, Jonson T, Nyberg F, Pershagen G, Järup L.: Using geographic information systems to assess individual historical exposure to air pollution from traffic and house heating in Stockholm. *Environ Health Perspect* 2001 Jun; 109(6):633-9.
4. Dolk H, Thakrar B, Walls P, Landon M, Grundy C, Sáez Lloret I, Wilkinson P, Elliott P.: Mortality among residents near cokeworks in Great Britain. *Occup Environ Med* 1999 Jan; 56(1):34-40.
5. Dolk H, Elliott P, Shaddick G, Walls P, Thakrar B.: Cancer incidence near radio and television transmitters in Great Britain. II. All high power transmitters. *Am J Epidemiol* 1997 Jan 1;145(1):10-7.
6. Elliott P, Shaddick G, Kleinschmidt I, Jolley D, Walls P, Beresford J, Grundy C.: Cancer incidence near municipal solid waste incinerators in Great Britain. *Br J Cancer* 1996 Mar; 73(5):702-10.
7. Elliott P, Briggs D, Morris S, de Hoogh C, Hurt C, Jensen TK, Maitland I, Richardson S, Wakefield J, Jarup L.: Risk of adverse birth outcomes in populations living near landfill sites. *BMJ* 2001 Aug 18; 323(7309):363-8.
8. Livingstone AE, Shaddick G, Grundy C, Elliott P.: Do people living near inner city main roads have more asthma needing treatment? Case control study. *BMJ* 1996 Mar 16; 312(7032):676-7.
9. English P, Neutra R, Scalf R, Sullivan M, Waller L, Zhu L.: Examining associations between childhood asthma and traffic flow using a geographic information system. *Environ Health Perspect* 1999 Sep; 107(9):761-7.
10. Hoek G, Brunekreef B, Goldbohm S, Fischer P, van den Brandt PA.: Association between mortality and indicators of traffic-related air pollution in the Netherlands: a cohort study. *Lancet* 2002 Oct 19; 360(9341):1203-9.
11. EPA <http://www.epa.gov/ttnatcat1/dir1/landgem-v302-guide.pdf>.

12. Regione Emilia-Romagna. I Risultati del Progetto Monitor. Gli Effetti degli Inceneritori sull'Ambiente e la Salute in Emilia-Romagna. Quaderni di Monitor 04>11. Bologna, Novembre 2011.

Figura 1. Schema dello studio epidemiologico – ambiente e salute

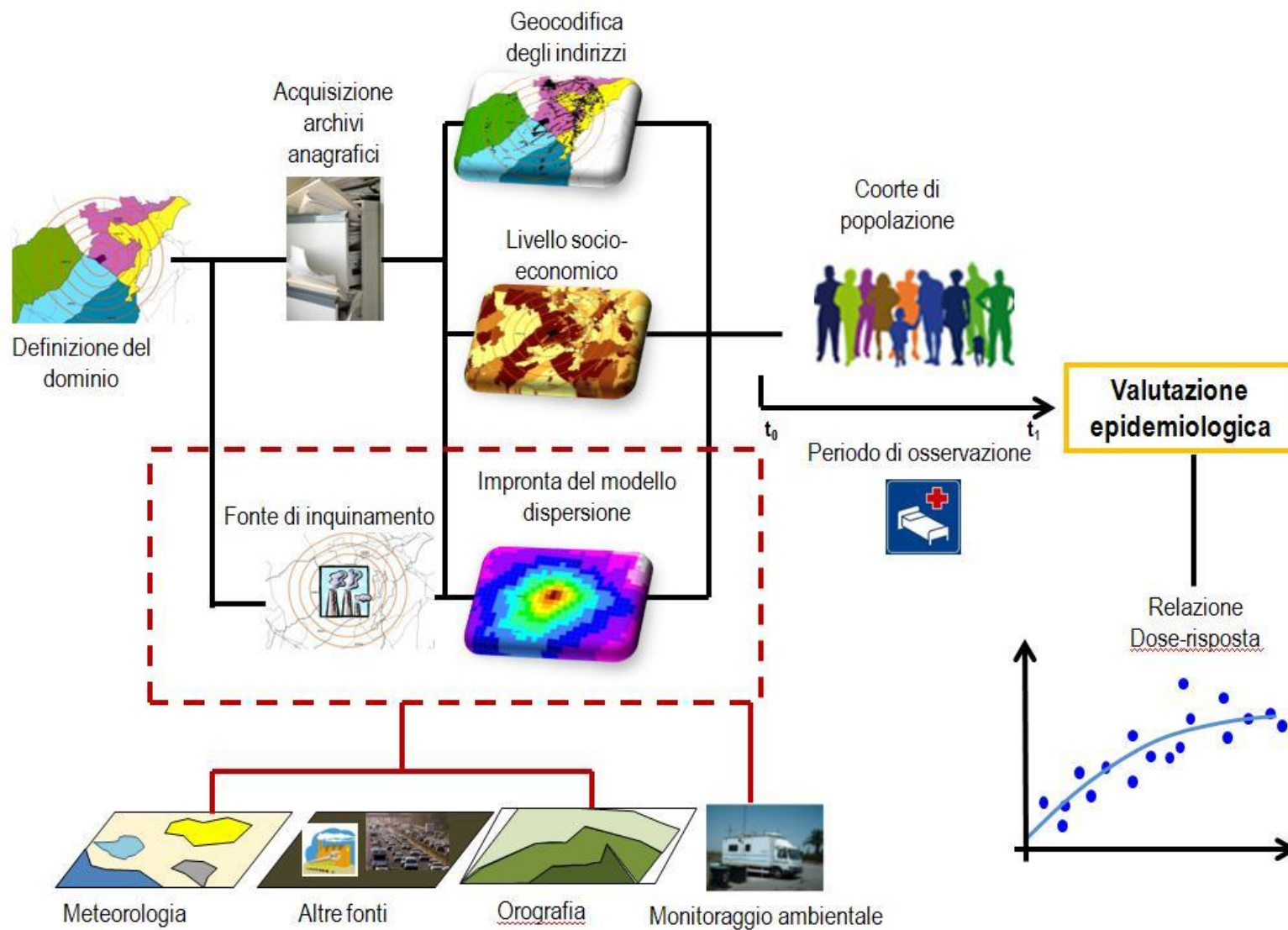


Tabella 1. Confronto tra il numero di decessi per anno da fonte anagrafica e da ReNCaM, comuni di Bracciano e di Albano Laziale

Anno	Bracciano		Albano Laziale	
	ReNCaM	Anagrafe	ReNCaM	Anagrafe
1996	115	91	273	0
1997	101	103	229	1
1998	115	111	288	3
1999	105	116	283	110
2000	133	145	271	195
2001	129	137	282	191
2002	107	101	290	212
2003	109	134	272	204
2004	116	116	302	269
2005	147	146	340	336
2006	138	137	323	336
2007	117	118	321	332
Totale	1,432	1,455	3,474	2,189

Tabella 2. Confronto tra le distribuzioni di frequenza dei nati per anno, comuni di Albano Laziale e Roccasecca

Anno	Albano Laziale	Roccasecca
1996	166	83
1997	150	80
1998	114	68
1999	149	75
2000	142	76
2001	132	78
2002	143	70
2003	130	54
2004	106	72
2005	96	58
2006	80	65
2007	46	61
2008	23	58

Tabella 3. Valutazione dello stato in vita dei residenti alla fine del *follow-up* per esito della procedura di geocodifica, comuni di Latina e Paliano

	Latina		Paliano	
	n	%	n	%
Totale residenti dal 1/1/1996 al 31/12/2007	123,714	100.0	9,957	100.0
Residenti geocodificati	122,050	98.7	6,137	61.6
vivi e residenti Al 31/12/2007	102,617	84.1	4,935	80.4
emigrati	9,699	7.9	516	8.4
deceduti	9,734	8.0	686	11.2
Residenti non geocodificati	1,664	0.3	3,820	38.4
vivi e residenti Al 31/12/2007	1,512	90.9	2,457	64.3
emigrati	42	2.5	1,094	28.6
deceduti	110	6.6	269	7.0

Tabella 4. Perimetro e superficie delle discariche del Lazio e livelli di concentrazione massima di H₂S

Discarica	Perimetro (m)	Area (m ²)	Concentrazione Massima di H ₂ S µg/m ³
Albano Laziale	3,368	512,716	0.23428
Bracciano	1,975	151,804	0.31118
Civitavecchia	1,029	71,797	0.11378
Colleferro	1,384	82,673	0.76516
Guidonia Montecelio	1,978	231,396	0.35908
Latina	4,072	978,594	1.19660
Roccasecca	760	40,057	0.31497
Roma	6,320	1,791,195	2.99920
Viterbo	2,196	220,952	1.17740

**VALUTAZIONE EPIDEMIOLOGICA DELLO STATO DI SALUTE DELLA
POPOLAZIONE RESIDENTE NEI PRESSI DELLE DISCARICHE PER I RIFIUTI
URBANI DEL LAZIO**

RIASSUNTO

INTRODUZIONE. La gestione dei rifiuti urbani (RU) è un problema di rilevanza ambientale e sanitaria. Le evidenze relative agli effetti sulla salute degli impianti di discarica dei rifiuti non sono ancora esaustive. Obiettivo di questo studio è valutare l'associazione tra la residenza nei pressi delle nove discariche per lo smaltimento dei rifiuti urbani presenti nel Lazio e mortalità e morbosità per causa.

METODI. 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 dalle discariche per RU di Albano Laziale, Bracciano, Civitavecchia, Colferro, Guidonia Montecelio, Latina, Roccasecca, Roma-Malagrotta e Viterbo. 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 due misure di esposizione: la distanza della residenza dal perimetro della discarica e la concentrazione di idrogeno solforato (H₂S) (uno dei gas emessi che può essere considerato tracciante) proveniente dalla discarica, stimata attraverso un modello di dispersione. Per valutare l'associazione tra gli indicatori di esposizione (distanza e H₂S) e mortalità/morbosità causa specifica nella analisi interna alla coorte sono stati calcolati i rischi relativi (Hazard Ratio, HR) mediante il modello di Cox tenendo conto di numerose variabili: sito, età, periodo di calendario, livello socio-economico, PM₁₀ come indicatore di inquinamento atmosferico di fondo, residenza in prossimità di strade principali, autostrade e industrie.

RISULTATI. La coorte è composta da 242,409 residenti entro 5 Km dalle discariche, dei quali 5,187 (2%) abitavano entro 1 Km dal perimetro di una discarica e 21,475 entro 1-2 Km. Il 47.1% dei residenti entro 1 km era di basso livello socio-economico mentre tale percentuale era più bassa (24%) nel gruppo di riferimento (3-5 Km).

I confronti di mortalità interni alla coorte per valutare l'effetto distanza e concentrazione di H₂S non hanno mostrato variazioni di rilievo se si fa eccezione di soli indizi emersi per il tumore del colon retto e dell'apparato urinario negli uomini e il tumore della vescica nelle donne. Effetti più marcati sono stati riscontrati per i ricoveri con, per gli uomini, livelli di ospedalizzazione più elevati per malattie del sistema circolatorio, malattie del sistema respiratorio e tumore della vescica. Per le donne si sono osservati livelli ospedalizzazione più elevati per tumore del pancreas, malattie del sistema circolatorio, malattie polmonari cronico ostruttive e malattie dell'apparato urinario.

CONCLUSIONI. Lo studio di coloro che risiedono nei 5 Km dagli impianti di discarica del Lazio ha evidenziato un quadro di mortalità e morbosità relativamente sovrapponibile a quello regionale. Dalla analisi interna alla coorte, tuttavia, sono emerse diverse associazioni con la distanza o la concentrazione stimata di H₂S non sempre univoche e consistenti. Tra queste, l'aumento della morbosità per malattie respiratorie è coerente con le indicazioni della letteratura scientifica e può avere un nesso di causalità con le esposizioni ambientali.

INTRODUZIONE

La gestione dei rifiuti urbani (RU) ha implicazioni ecologiche, sanitarie, economiche e sociali. Le normative al riguardo hanno imposto regole sempre più stringenti a tutela dell'ambiente e della salute dei cittadini, i quali a loro volta sono divenuti sempre più consapevoli ed attenti ai pericoli che possono derivare da uno smaltimento improprio. Le strategie utilizzate per ottimizzare tale gestione, secondo le normative europee e nazionali, tendono a ridurre la quantità di materiale effettivamente smaltito, attraverso la prevenzione, il riciclo e l'uso di tecnologie per il riutilizzo di materiali ed energia.

I risultati degli studi epidemiologici relativi all'impatto sulla salute dei sistemi di smaltimento dei rifiuti, specie discariche ed inceneritori, sono stati riassunti in diversi documenti e revisioni sistematiche.¹⁻³ I possibili rischi per la salute per chi risiede nei pressi di una discarica sono riconducibili a diverse modalità di esposizione: l'inalazione di sostanze (gas) direttamente emesse dal sito, il contatto con l'acqua o il suolo inquinati, il consumo di prodotti o di acqua contaminati. Le preoccupazioni maggiori riguardano le discariche abusive che non sono sottoposte a controllo e ricevono rifiuti senza alcuna selezione all'origine, ma anche gli effetti delle discariche autorizzate sono state indagate da diversi studi. Alcuni lavori scientifici hanno messo in evidenza deboli prove di associazione tra residenza nei pressi di discariche controllate e rischio per la salute. La debolezza delle osservazioni deriva, tra l'altro, dall'indicatore di esposizione impiegato. Infatti, nella maggior parte degli studi disponibili, in mancanza di informazioni sull'esposizione, la distanza dalla discarica viene utilizzata come indicatore dell'esposizione.

Nel 1999 uno studio condotto in Canada ha confrontato l'incidenza di patologie tumorali nella popolazione maschile residente nei pressi di una discarica a Montreal con quella residente in zone più distanti dall'impianto.⁴ La distanza dalla discarica è stata attribuita ad ogni individuo sulla base dell'indirizzo di residenza al momento della diagnosi. E' stato osservato un eccesso di rischio tra gli uomini residenti vicino alla discarica per linfoma non-Hodgkin, tumore dello stomaco, dei reni e del pancreas. Nel 2002, Jarup ha analizzato il rischio di cancro nella popolazione residente entro 2 Km da 9,565 discariche in Gran Bretagna.⁵

Nonostante la potenza statistica della indagine, lo studio non ha evidenziato eccessi di cancro nella popolazione in esame; anche in questo studio in mancanza di una misura dell'esposizione si è considerata la distanza dalle discariche come indicatore della esposizione vera della popolazione.

In uno studio finlandese è stato riscontrato un eccesso nel numero di casi di tumore del pancreas e della pelle tra gli uomini residenti in case costruite su un'ex area di scarico di rifiuti industriali e domestici.⁶ In Italia, uno dei primi studi sull'argomento, ha preso in esame la zona in cui è situata la discarica di Malagrotta a Roma.⁷ In quest'area, situata ad ovest della capitale, sono presenti diverse fonti di inquinamento: una discarica di rifiuti urbani, un inceneritore di rifiuti ospedalieri e una raffineria di prodotti petrolchimici. Lo studio ha valutato la mortalità in un'area di 10 Km dal complesso impiantistico. Lo studio non ha evidenziato particolari associazioni tra prossimità al sito e mortalità per varie tipologie di tumore, ad eccezione di un aumento di mortalità per tumore della laringe tra i residenti più prossimi al sito. Anche in questo caso, il più importante limite dello studio riguarda la definizione dell'esposizione basata sulla distanza.

Uno studio ecologico pubblicato nel 2000 ha confrontato i tassi di mortalità e di ospedalizzazione della popolazione residente nei pressi di una discarica in Galles e quelli registrati in popolazioni che presentavano le stesse caratteristiche di livello socio-economico, ma situate in zone diverse da quella in esame.⁸ I risultati di tale studio non hanno evidenziato differenze tra le due popolazioni, sia in termini di mortalità che di ricorso ai ricoveri ospedalieri.

In una revisione della letteratura pubblicata nel 2009, volta a valutare l'impatto sulla salute umana delle pratiche di gestione dei rifiuti, Giusti ha concluso che le evidenze di un'associazione tra la residenza vicino a discariche e gli effetti avversi sulla salute della popolazione sono insufficienti e non conclusive.⁹ Ha aggiunto anche che, al fine di migliorare la qualità e l'utilità degli studi epidemiologici applicati alle popolazioni residenti in aree dove sono ubicati gli impianti di gestione dei rifiuti, è preferibile effettuare studi di coorte di sufficiente potenza statistica, utilizzando dati di esposizione individuali e più attendibili della distanza. Altri studi volti ad indagare gli effetti sulla salute della popolazione residente vicino alle discariche si sono concentrati sugli esiti riproduttivi; tali studi si basano sull'ipotesi

che risiedere nei pressi di una discarica aumenti il rischio del verificarsi di nascite pre-termine, di nati con basso peso alla nascita, di piccoli per età gestazionale e di malformazioni alla nascita.

Alla luce di quanto esaminato nella rassegna della letteratura, le conoscenze epidemiologiche ad oggi disponibili, ancorché non conclusive, fanno ritenere che il conferimento in discariche controllate, costruite e condotte in accordo alla normativa nazionale e comunitaria, non comporti un rischio per l'ambiente e per la salute delle popolazioni insediate nelle vicinanze dell'impianto.³

Obiettivo di questo studio è quello di verificare l'associazione tra la residenza in prossimità delle discariche per lo smaltimento dei RU presenti nel Lazio e lo stato di salute della popolazione, sia in termini di mortalità che di ricorso alle cure ospedaliere.

Lo studio è stato condotto con un 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. L'approccio di coorte è ritenuto in epidemiologia quello in grado di valutare in maniera più valida il nesso eziologico tra una esposizione e lo stato di salute di una particolare popolazione esposta. In questo approccio, tutti i soggetti vengono seguiti nel tempo rispetto alla esposizione di interesse specificatamente definita e sono minori le possibilità di distorsione. A differenza degli studi di carattere ecologico per comune o per aggregati di sezione di censimento, che usano al numeratore la frequenza degli eventi e al denominatore una stima della popolazione residente (dati ISTAT), nello studio di coorte di popolazione il calcolo degli indici epidemiologici (mortalità, morbosità) ha al denominatore il tempo persona (anni-persona) esatto in cui i soggetti della coorte sono stati a rischio di sviluppare gli esiti in studio. Le caratteristiche di esposizione considerate sono state: 1. la distanza dal perimetro di ogni impianto 2. la stima della esposizione individuale a idrogeno solforato (o acido solfidrico- H_2S), un gas emesso dai rifiuti in discarica, stimato da un modello di dispersione.

METODI

Caratteristiche delle discariche

Nel Lazio sono attualmente presenti dieci discariche per il trattamento dei RU, situate nei comuni di Albano Laziale (RM), Bracciano (RM), Civitavecchia (RM), Roccasecca (FR), Colleferro (RM), Guidonia Montecelio (RM), Latina (LT), Roma, e Viterbo. Le due discariche situate nel comune di Latina, sono confinanti, e sono state quindi considerate in questo studio come un unico sito.

Tutte le discariche sono attive da numerosi anni, e di seguito sono indicate le particolari caratteristiche. L'anno ufficiale di inizio attività è stato spesso preceduto da diversi anni in cui le operazioni di discarica venivano effettuate in attesa di autorizzazione. In particolare la discarica di Albano Laziale (RM), situata nella località di Roncigliano, è in funzione dagli inizi degli anni ottanta; la discarica di Bracciano (RM), situata a Cupinoro, è classificata come discarica per rifiuti non pericolosi ed inizia la propria attività a partire dal maggio 2007; la discarica di Civitavecchia (RM) è situata a Fosso Crepacuore e è costituita da due lotti di capacità complessiva netta pari a 87.378 mc, in grado di ricevere nei limiti delle quote assentite, un quantitativo di rifiuti stimato in 78.640 t circa; la discarica di Guidonia Montecelio (RM) è in esercizio a partire dall'anno 1991; la discarica di Latina, situata a Borgo, suddivisa in due lotti, è in esercizio a partire da agosto 1990; la discarica di Cerreto (FR), nel comune di Roccasecca è entrata in esercizio a partire dal novembre 2002; la discarica di Viterbo Le Fornaci è entrata in esercizio a partire dall'anno 2000, e ad oggi risulta essere suddivisa in tre invasi; il complesso impiantistico di Malagrotta, situato nel comune di Roma, è costituito da un impianto di discarica per rifiuti non pericolosi al quale sono collegati impianti per il Trattamento Meccanico Biologico dei rifiuti. La discarica di Malagrotta inizia la propria attività a partire dal 1987.

Area in studio

L'area in studio ha compreso i comuni che rientrano in un raggio di 5 Km dal perimetro delle discariche. I perimetri delle discariche sono stati geocodificati utilizzando il software GIS (Geographic Information System). In particolare il perimetro di ogni discarica è stato identificato utilizzando le carte tecniche regionali (CTR), in scala 1:5000. Tutte le informazioni sono state proiettate

secondo il seguente sistema di riferimento: WGS84_UTM33N (Il Sistema geodetico mondiale del 1984 con la proiezione universale della Trasversa di Mercatore relativa alla zona 33Nord).

Questo procedimento ha consentito di stimare superficie e perimetro dei siti in studio:

Comune	Perimetro (m)	Area (m2)
ALBANO LAZIALE	3,368	512,716
BRACCIANO	1,975	151,804
CIVITAVECCHIA	1,029	71,797
COLLEFERRO	1,384	82,673
GUIDONIA MONTECELIO	1,978	231,396
LATINA	4,072	978,594
ROCCASECCA	760	40,057
ROMA	6,320	1,791,195
VITERBO	2,196	220,952

Indicatori di esposizione

La valutazione dell'esposizione della popolazione residente è stata effettuata con due modalità, considerando:

- la distanza dal perimetro delle discariche, costruita utilizzando il software ArcGIS, che ha permesso di definire 5 cerchi di raggio 1 Km, intorno al perimetro delle discariche, fino a definire l'area di interesse (0-5 Km);
- le emissioni areali delle discariche espresse in termini di idrogeno solforato (acido solfidrico) (H₂S), generate utilizzando il Landfill Gas Emissions (LandGEM) Model (sviluppato dalla US Environmental Protection Agency.¹⁰) e il modello di dispersione lagrangiano a particelle SPRAY. A questo scopo, per ogni discarica è stata costruita una griglia regolare che approssima l'area della discarica con una risoluzione di 125x125 m (celle) e sono stati calcolati i tassi di emissione di H₂S, per ogni cella. I parametri utilizzati per stimare le emissioni sono stati: il tempo di attività, e quindi le informazioni relative alle date di apertura e chiusura di ciascun settore della discarica, la capacità di contenimento del rifiuto (tonnellate di rifiuti) e il tasso di ricevimento dei rifiuti. I tassi di emissione stimati da LandGEM sono stati considerati come dati di input per il modello lagrangiano. Il modello

lagrangiano utilizza informazioni sulle emissioni, sulla orografia e sulla meteorologia. Questa procedura ha consentito la produzione di mappe di concentrazione media annuale dell'acido solfidrico (H_2S) specifiche per discarica.

L'uso combinato della distanza geografica e delle concentrazioni stimate fornisce un quadro più completo dell'impatto delle discariche sull'ambiente e sull'uomo. Le concentrazioni di H_2S emesso dai rifiuti definiscono l'inquinamento della matrice aria mentre la distanza può essere considerata un indicatore dell'inquinamento delle matrici acqua e suolo sotto l'ipotesi che la contaminazione avvenga maggiormente nella zona limitrofa alla discarica.

Disegno dello studio e definizione della coorte

Lo studio è stato condotto con un approccio di coorte di popolazione. Si è considerata di interesse la popolazione che ha risieduto in un'area di 5 Km dal perimetro delle discariche in un periodo compreso tra il 1 Gennaio 1996 e il 31 Dicembre 2008, più precisamente tutti i soggetti residenti al 1 gennaio 1996 e successivamente entrati fino al 31 dicembre 2008. Ha fatto eccezione a questo criterio la coorte di Civitavecchia che ha come inizio per il reclutamento il 1 Gennaio 2004 (per l'impossibilità di recuperare l'archivio anagrafico informatizzato negli anni precedenti), la coorte di Roma che è composta dai soggetti censiti all'ottobre 2001 e residenti da almeno cinque anni allo stesso indirizzo e le coorti di Albano Laziale e Latina per le quali il *follow-up* finisce al 31 Dicembre del 2007.

Poiché, ad oggi, non esiste un sistema informativo geografico che unisca in un unico archivio la popolazione residente nel Lazio con informazioni sulla residenza già georeferenziate, è stata predisposta una metodologia innovativa per la definizione della coorte e il relativo *follow-up*. La metodologia viene di seguito descritta.

Selezione della popolazione in studio e follow-up della coorte

Per selezionare la coorte di popolazione residente nei pressi delle discariche, sono stati recuperati gli archivi informatizzati forniti dagli Uffici Anagrafe di tutti i comuni del Lazio che ricadono nell'area di 5 Km intorno alle discariche. I comuni considerati sono:

- Albano Laziale, Aprilia, Ardea, Ariccia e Pomezia per la discarica di Albano Laziale (discarica di Albano-Cecchina) (provincia di Roma);
- Bracciano e Cerveteri per la discarica di Bracciano (provincia di Roma);
- Colferro e Genazzano per la discarica di Colferro (provincia di Roma);
- Civitavecchia, Guidonia Montecelio, Latina, Viterbo per le relative discariche
- Roccasecca e Colfelice per la discarica di Roccasecca (provincia di Frosinone);
- Roma per la discarica di Malagrotta.

La popolazione considerata è quella che ha avuto una residenza nei comuni indicati dal 01/01/1996 al 31/12/2008. Gli archivi comunali ricevuti dalle anagrafi sono stati sottoposti a rigorose procedure di controllo prima di essere utilizzati per l'analisi.

Tutti i soggetti arruolati nella coorte sono stati seguiti per quanto riguarda il proprio stato in vita fino al 31 Dicembre 2008. I soggetti emigrati dal comune di residenza in altro comune sono stati considerati vivi fino al momento della emigrazione, e il *follow-up* è dunque cessato al momento della migrazione. L'attribuzione delle informazioni sanitarie (mortalità e ricorso alle cure ospedaliere) alla coorte è stata effettuata con procedure di *record-linkage* nella salvaguardia della normativa sulla privacy. Per i soggetti deceduti è stata recuperata l'informazione sulla causa di morte (codifica ICD IX-CM) utilizzando il Registro Nominativo delle Cause di Morte (ReNCaM) della Regione Lazio. Le informazioni relative ai ricoveri ospedalieri sono state recuperate dal Sistema Informativo Ospedaliero (SIO) del Lazio che rileva e gestisce i dati analitici di tutti i ricoveri ospedalieri (in acuzie e post-acuzie) che ogni anno si verificano negli Istituti di Ricovero e Cura della Regione (pubblici e privati). Sono quindi state attribuite a tutte le persone che hanno avuto un ricovero la diagnosi principale, codificata secondo le regole della IX Classificazione Internazionale delle Malattie, la data di ricovero e di dimissione. Per ogni individuo ricoverato è stato analizzato

solo il primo ricovero (acuto e in regime ordinario) avvenuto nel periodo in studio per patologia di interesse.

Le analisi di mortalità e ospedalizzazione sono state effettuate con modalità diverse: per la mortalità è stata considerata una latenza di 5 anni; la coorte in studio è quindi composta dai soggetti residenti al 1 Gennaio 1996 o successivamente entrati nell'area fino al 31 Dicembre 2003, assumendo che sia necessaria un'esposizione di almeno 5 anni per osservare effetti sulla mortalità imputabili a tale esposizione. Questa ipotesi non è invece stata fatta per l'analisi delle ospedalizzazioni; la coorte in studio è composta infatti dai soggetti residenti al 1 Gennaio 1996 e successivamente entrati nell'area fino al 31 Dicembre 2008.

Geocodifica della coorte e attribuzione delle variabili di confondimento

La georeferenziazione dell'indirizzo di residenza della popolazione in studio è stata necessaria sia per la selezione della coorte (sulla base della distanza dal perimetro della discarica, come spiegato precedentemente) sia per l'attribuzione ad ogni soggetto della propria esposizione (distanza o concentrazione di H₂S) e di altre informazioni di contesto considerate nell'analisi come confondenti.

Per poter individuare la posizione di ogni individuo nello spazio è stata richiesta alle anagrafi comunali l'informazione relativa all'indirizzo di residenza della persona all'inizio del *follow-up*. Ciò ha consentito l'attribuzione delle coordinate geografiche a tutti i cittadini residenti mediante il software ArcGIS. Le operazioni di geo-referenziazione sono state realizzate per una quota rilevante di residenti attraverso procedure di normalizzazione dell'indirizzo ed interrogazione attraverso le mappe dei sistemi TELEATLAS e NAVDAC. In pochi casi le operazioni non sono riuscite per indisponibilità dell'indirizzo o il mancato ritrovamento di questo nello stradario GIS.

Una volta geocodificata la coorte dei residenti si è proceduto con l'attribuzione delle variabili che descrivono le caratteristiche individuali e altri fattori relativi al contesto ambientale della coorte in studio (vicinanza di strade ad altro traffico, altre fonti di inquinamento industriale presenti nell'area in studio, livello di inquinamento atmosferico). Queste informazioni sono state considerate come

potenziali confondenti della relazione tra la residenza nell'area interessata dalle discariche in studio e gli *outcome* in studio (mortalità e ospedalizzazioni).

Per tutte le sezioni di censimento del Lazio è disponibile un indicatore socio-economico (SES) sulla base di variabili raccolte al censimento 2001 (disponibili a livello di piccola area - sezione di censimento).¹¹ Queste variabili (istruzione, occupazione, condizione abitativa, composizione familiare, immigrazione) sono state utilizzate per definire l'indice SES, accorpato in cinque classi: alto, medio-alto, medio, medio-basso, basso. Ad ogni soggetto residente è stato dunque attribuito il valore dell'indice SES della sezione di residenza di appartenenza.

Ad ogni soggetto della coorte è stato attribuito un valore di concentrazione media annua di PM₁₀ come misura della qualità dell'aria nella zona di residenza. Le concentrazioni di PM₁₀ sono state calcolate considerando undici macrosettori: produzione energia e trasformazione combustibili, combustione non industriale, combustione nell'industria, processi produttivi, estrazione e distribuzione combustibili, uso di solventi, trasporto su strada, altre sorgenti mobili e macchinari, trattamento e smaltimento rifiuti, agricoltura, altre sorgenti e assorbimenti. La valutazione delle concentrazioni di PM₁₀ è stata effettuata su tutta la regione Lazio (considerando una risoluzione di 4x4 Km) e con una risoluzione maggiore per la città di Roma (1x1 Km).

Sono stati presi in considerazione due indicatori di inquinamento da traffico: la residenza entro un buffer di 500 m da autostrade e di 150 m da strade principali. La classificazione della tipologia di strada è stata fatta utilizzando le informazioni presenti nel database della società TELEATLAS; la classificazione è avvenuta selezionando il valore dell'attributo Functional Road Class (FRC): autostrade (FRC = 1) strade principali (1 <= FRC <= 5).

Infine, è stata considerata anche la residenza entro 1 Km ed entro 2 Km dalle industrie di rilievo presenti nella regione.

Analisi statistica

Per la valutazione dello stato di salute della coorte in studio è stata effettuata un'analisi della mortalità (per l'intero periodo di *follow-up*) e della storia delle

ospedalizzazioni (per il periodo 2004-2008) di tutti i residenti entro 5 Km dai siti, confrontandola con quella dei residenti nel Lazio nello stesso periodo. Questa analisi è stata effettuata per confrontare l'intera coorte con il resto della regione e rappresenta una valida premessa alla analisi successiva che considera la distanza dalle discariche e il livello di concentrazione di H₂S alla residenza delle persone in studio.

Sono stati calcolati rapporti standardizzati di mortalità e ospedalizzazione (SMR, SHR) aggiustati per età (metodo indiretto) specifici per causa e genere. Il denominatore per il calcolo dei casi attesi è rappresentato dagli anni persona della coorte. Il numero di decessi o ricoveri osservato è stato rapportato al numero di decessi o ricoveri attesi sulla base della popolazione di riferimento della regione Lazio. Sono stati calcolati gli intervalli di confidenza al 95% dei rapporti standardizzati. Questi tassi indicano il rapporto tra i decessi o ricoveri osservati nella popolazione residente nell'area in esame e i decessi o ricoveri attesi, ottenuti applicando alla popolazione residente i tassi specifici di mortalità del Lazio. Se la mortalità o l'ospedalizzazione dell'area in studio per una data causa non differisce da quella di confronto (cioè gli eventi osservati sono pari agli eventi attesi), il corrispondente SMR o SHR sarà pari a 1.0; valori di SMR o SHR sopra 1.0 indicano un aumento della mortalità o dell'ospedalizzazione rispetto all'atteso, mentre valori sotto 1.0 indicano un decremento. I limiti di confidenza indicano gli estremi inferiore e superiore dell'intervallo di valori all'interno del quale è probabile che ricada il valore vero del tasso (la probabilità è stabilita a priori, in questo caso è il 95%). L'ampiezza dell'intervallo dà una misura della precisione statistica della stima (tanto più è ampio l'intervallo, tanto più la stima è imprecisa) ed è influenzato dalle dimensioni della popolazione in studio e dalla rarità della malattia (tanto più piccolo è il numero di eventi, tanto più imprecisa è la stima dell'SMR o SHR e dunque tanto più ampio è l'intervallo di confidenza). L'intervallo di confidenza fornisce l'informazione sulla probabilità che l'associazione osservata sia statisticamente significativa: se entrambi gli estremi dell'intervallo sono al di sopra o al di sotto del valore nullo (in questo caso SMR=1.0), significa che con una probabilità del 95% l'SMR indica un eccesso (o un difetto) di mortalità.

Successivamente è stata valutata l'associazione tra la residenza nei pressi delle discariche e la mortalità e le ospedalizzazioni della coorte. Come detto in

precedenza, sono state considerate due diverse variabili di esposizione una basata sulla distanza dalla discarica, l'altra basata sulle concentrazioni di H₂S ottenute dal modello:

- Distanza: i soggetti della coorte, residenti entro 5 Km, sono stati suddivisi in diverse fasce di esposizione caratterizzate da una distanza crescente dal perimetro delle discariche (residenti entro il raggio di 1 Km, tra 1 Km e 2 Km e tra 2 Km e 3 Km, tra 3 Km e 4 Km, tra 4 Km e 5 km).
 - Una prima analisi ha confrontato i rischi di mortalità e ospedalizzazione dei *gruppi degli esposti* (i residenti nelle fasce 0-1 Km, 1-2 Km e 2-3 Km) con quella del *gruppo di riferimento* (residenti nella fascia distante 3-5 km).
 - Un'analisi successiva ha considerato la distanza (da 0 a 5 Km) come variabile continua (test per il trend), in modo da valutare se al diminuire della distanza (per ogni Km) dalle discariche aumentasse il rischio di mortalità o ricovero.
- Concentrazione di H₂S: i soggetti della coorte, residenti entro 5 Km, sono stati classificati sulla base della distribuzione percentile della concentrazione di H₂S registrata al loro indirizzo di residenza.
 - In una prima analisi sono stati confrontati i rischi di mortalità e ricovero della coorte con un valore di H₂S superiore al 90° percentile con quelli della popolazione caratterizzata da concentrazioni di H₂S più basse (inferiori al 50° percentile).
 - Successivamente anche la variabile relativa alle concentrazioni di H₂S è stata considerata come continua. È stato valutato l'aumento del rischio di mortalità all'aumentare di 0.030 µg/m³ dell'H₂S o di ricovero all'aumentare di 0.022 µg/m³ dell' H₂S (differenza tra il 95° e il 5° percentile della distribuzione).

L'associazione tra le esposizioni di interesse e mortalità/morbosità è stata valutata in una analisi interna alla coorte attraverso una analisi di sopravvivenza (*Cox proportional hazard model*) con la stima di rischi relativi (Hazard Ratios, HR, ed intervalli di confidenza al 95%). Tale metodica si può considerare lo standard negli studi sugli effetti a lungo termine delle esposizioni ambientali. Nel modello multivariato di analisi l'età è stata considerata come asse temporale e sono state considerate le seguenti variabili di aggiustamento: livello socio-economico (SES),

PM₁₀ da modello di dispersione regionale, residenza entro 150 m da strade principali, residenza entro 500 m da autostrade e residenza entro 1 o 2 Km dalle industrie della regione. L'analisi di Cox è stata stratificata per tre periodi di calendario, (1996-2000, 2001-2004, 2005-2008) per tenere conto del trend temporale della mortalità o delle ospedalizzazioni, e per scaricare, al fine di tenere conto delle diverse realtà territoriali delle zone in studio. È stato inoltre analizzato il ricorso ai ricoveri ospedalieri dei bambini (età inferiore ai 14 anni). L'interpretazione degli Hazard Ratio (valori superiori od inferiori ad 1.0) e dei rispettivi intervalli di confidenza è simile a quanto descritto per l'SMR.

La gestione dei data base è stata effettuata utilizzando il software SAS mentre per le analisi statistiche sono stati usati i software STATA (versione 12, StataCorp) ed R (www.r-project.org/).

RISULTATI

Caratteristiche degli impianti e della coorte

Nella figura 1 è riportata la localizzazione delle discariche in studio nella regione e la concentrazione di stimata PM₁₀ dal modello regionale con una risoluzione di 4 *4 Km.

Nelle figure 2-10 sono riportati i confini amministrativi dei comuni che costituiscono l'area in studio per ogni impianto, la localizzazione delle discariche, gli anelli concentrici che descrivono la distanza dalle discariche (0-1, 1-2, 2-3, 3-4, e 4-5 Km) calcolati a partire dal confine perimetrale delle discariche stesse, i risultati dei modelli di dispersione per l' H₂S, le industrie, le autostrade e le strade principali e i membri della coorte residenti all'inizio del *follow-up* opportunamente georeferenziati.

La tabella 1 mostra la coorte totale dei residenti per distanza dalle nove discariche (residenti entro il raggio di 1 Km, tra 1 Km e 2 Km, tra 2 Km e 3 Km, tra 3 Km e 5 Km), per sesso, età all'inizio del *follow-up*, livello socio-economico, discarica, livello di PM₁₀ all'indirizzo di residenza (<50° percentile, 50°-90° percentile e >90°percentile), residenza vicino a strade principali, autostrade e industrie.

La coorte dei residenti entro 5 Km dalle discariche per RU del Lazio è composta da 242,409 persone, delle quali 5,187 residenti entro 1 Km dal perimetro delle discariche, 21,475 tra 1 e 2 Km e 65,386 tra i 2 e i 3 Km. La distribuzione per età della popolazione mostra un leggero aumento della quota dei residenti di età maggiore di 65 anni tra i residenti nelle fasce di distanza più lontane alle discariche (6.7% a 0-1 Km, 8.7% a 3-5 km). Si osserva un netto gradiente di livello socio-economico: le persone che abitano nelle immediate vicinanze di una discarica sono soprattutto di livello socio-economico medio-basso e basso (28.1% e 47.3%) mentre, nel gruppo di riferimento, la popolazione si distribuisce quasi uniformemente su tutti i livelli. La coorte residente entro 1 Km dal perimetro delle discariche è composta soprattutto dai residenti intorno alle discariche di Roma e Albano Laziale. La popolazione esposta ad alte concentrazioni di PM₁₀ si trova nelle zone più distanti dalle discariche (14.8% nella fascia 3-5 Km). La stessa cosa si può dire per le autostrade, le strade principali e le industrie, quindi entro 2 Km dalle discariche vi è una minore presenza di altre fonti di inquinamento rispetto alla fascia di riferimento.

La tabella 2 mostra le caratteristiche della coorte in studio per classe di esposizione a H₂S (<50°percentile, 50°-90° percentile e >90° percentile) per sesso, età all'inizio del *follow-up*, livello socio-economico, discarica, concentrazione di PM₁₀ (<50° percentile, 50°-90° percentile e >90°percentile), strade principali, autostrade e industrie. La distribuzione per età della popolazione mostra una quota simile di residenti di età maggiore di 65 anni tra le tre categorie di concentrazione di H₂S. Le persone che risiedono in zone con una concentrazione di H₂S tra il 50° e il 90° percentile si distribuiscono quasi uniformemente per livello socio-economico, mentre si osserva una quota elevata di persone con un basso livello socio-economico sia tra i meno esposti ad H₂S che tra i più esposti (31.2% e 28.3% rispettivamente). Le persone che presentano livelli elevati di concentrazione di H₂S risiedono soprattutto in prossimità delle discariche di Albano Laziale, Latina, Guidonia, Roma e Colleferro. Tra le persone con bassi livelli di concentrazione di H₂S (<50° percentile) non vi è nessuno che vive vicino le discariche di Latina e di Malagrotta (Roma); queste discariche sono quelle con la superficie più estesa tra le discariche in studio e la loro impronta sul territorio circostante mostrano livelli di concentrazione di H₂S più elevati.

Il 60.9% della popolazione esposta a concentrazioni di H₂S inferiori al 50° percentile della distribuzione risiede in zone caratterizzate anche da bassi livelli di PM₁₀ atmosferico, mentre il 17.7% della coorte, che risiede in zone con le più alte concentrazioni di H₂S, è caratterizzata anche da più alti livelli di PM₁₀. Quasi il 34% della coorte maggiormente esposta ad H₂S risiede entro 150 m dalle strade principali e quasi il 9% vicino ad autostrade. Infine il 7.2% degli esposti ad H₂S risiede entro 1 Km dalle principali industrie della regione rispetto al 2.5% del gruppo dei meno esposti.

Vengono di seguito illustrati i risultati della analisi di mortalità e delle persone ricoverate; sia per la mortalità che per la morbosità, i risultati verranno presentati in termini di confronto della intera popolazione che vive nei cinque km dagli impianti con la popolazione regionale, confronto interno per distanza e confronto interno per livelli di esposizione ad H₂S.

Analisi della mortalità: confronto con la popolazione regionale

Nella tabella 3 si riportano i risultati dell'analisi della mortalità (SMR, IC 95%) per causa, separatamente per i 120.232 uomini e le 122.177 donne della coorte, prendendo come riferimento i tassi di mortalità dei residenti nella regione Lazio nello stesso periodo.

Uomini

La mortalità per cause naturali (tutte le cause eccetto i traumatismi) è di poco superiore (+3%) a quanto riscontrato nella popolazione maschile del Lazio nello stesso periodo (SMR=1.03, IC95%=1.00-1.05); si osserva inoltre un eccesso di mortalità pari a circa il 20% sia per malattie dell'apparato respiratorio che per malattie polmonari croniche (BPCO) (SMR=1.20, IC95%=1.09-1.325; SMR=1.23, IC95%=1.08-1.38).

L'analisi per cause tumorali mostra una mortalità di poco superiore all'atteso (+3%), con aumenti più marcati, rispetto al riferimento, per tumore della pleura (SMR=1.93) e mieloma multiplo (SMR=1.39). Si riscontra, invece, una mortalità inferiore a quella osservata a livello regionale per malattie cardiovascolari e per

morbo di Parkinson (SMR=0.95, IC95%=0.91-0.99; SMR=0.82, IC95%=0.67-0.99, rispettivamente).

Donne

La mortalità per cause naturali non si discosta da quella osservata nella popolazione femminile della regione Lazio nello stesso periodo (SMR=0.97, IC95%=0.94-1.00), mentre la mortalità per tumore risulta inferiore a quella della popolazione di riferimento nello stesso periodo (SMR=0.90, IC95%=0.85-0.95). In particolare, si osserva una riduzione del rischio di mortalità per tumore della trachea, dei bronchi e del polmone (SMR=0.77), per tumori del tessuto linfatico ed ematopoietico (SMR=0.73) e mieloma (SMR=0.57). Si riscontra, inoltre, una minore mortalità anche per le malattie dell'apparato digerente (SMR=0.86).

Analisi della mortalità: confronto interno per distanza

Nella tabella 4 - a)Uomini; b)Donne - si mostrano i risultati dell'analisi della mortalità in cui viene considerata come esposizione la distanza in km dalle discariche. Le tabelle riportano i risultati ottenuti considerando la distanza come variabile categorica (0-1, 1-2 2-3 Km), e gli Hazard Ratios dell'aumento del rischio al diminuire della distanza dalla discarica (Trend lineare per 1 Km). Vengono illustrati, separatamente per gli uomini (a) e per le donne (b), il numero di decessi osservati, gli Hazard Ratio (HR) e i rispettivi intervalli di confidenza (IC al 95%) al variare della distanza.

Uomini

A parità di età, condizione socio-economica ed livelli di inquinamento del luogo di residenza (ottenuti considerando le informazioni relative al PM₁₀ e alla vicinanza della residenza del soggetto da autostrade, strade principali e industrie), il gruppo dei residenti nelle vicinanze delle discariche (0-1 Km e 1-2 Km) presenta una mortalità generale e specifica per causa simile a quella della popolazione di riferimento (residenti nella fascia 3-5 Km). Si è osservato però un eccesso di mortalità per tumore del colon retto tra gli uomini residenti nella fascia 1-2 Km (HR=1.72, IC95%=1.06-2.79), ma tale aumento non è omogeneo tra gli impianti ma sostenuto dagli abitanti in prossimità della discarica di Civitavecchia. Infine, l'analisi del trend per distanza evidenzia che avvicinandosi alla discarica vi è un

aumento di rischio di mortalità per malattie dall'apparato urinario (HR=1.25, IC95%=1.02-1.54).

Donne

Anche nelle donne, a parità di età, condizione socio-economica ed livelli di inquinamento del luogo di residenza si osserva che il gruppo delle residenti nelle vicinanze delle discariche (0-1 Km e 1-2 Km) ha una mortalità generale e specifica per causa simile a quella della popolazione di riferimento (residenti nella fascia 3-5 km Km Si osserva, tuttavia, un eccesso di rischio di mortalità per tumore della vescica tra le donne residenti nella fascia 1-2 Km (HR=4.79, IC95%=1.03-22.34, eccesso basato su soli 3 casi) e tra quelle residenti tra 2 e 3 Km (HR=4.85, IC95%=1.52-15.42, eccesso basato su 9 casi); per questa patologia si osserva un chiaro aumento del rischio legato alla distanza. Si segnala, tuttavia, che tra le donne residenti nelle immediate vicinanze dalla discarica non si è osservato nel periodo in studio alcun decesso per questa patologia.

Analisi della mortalità: confronto interno per livelli di esposizione a H₂S

Nella tabella 5 – a)Uomini; b)Donne – si mostrano l'associazione tra i livelli di concentrazione di H₂S e la mortalità della coorte. Sono riportati sia i risultati ottenuti considerando la concentrazione di H₂S come variabile categorica (livelli di concentrazione superiori al 90° percentile della distribuzione vs livelli inferiori al 50° percentile) sia l'aumento di rischio di mortalità per un aumento lineare pari a 0.030 mg/m³ di H₂S (differenza tra il 95° e il 5° percentile).

Uomini

I residenti esposti ad alte concentrazioni di H₂S non mostrano eccessi di mortalità per cause naturali rispetto ai residenti in aree caratterizzate da una concentrazione di H₂S inferiore al 50° percentile della distribuzione. Al contrario, si osserva un rischio di mortalità inferiore all'atteso per malattie ischemiche del cuore (HR=0.67, IC95%=0.47-0.96). Anche l'analisi che considera la concentrazione di H₂S come variabile continua non riporta nessun eccesso di rischio (HR=0.94, IC95%=0.89-1.00 per le cause di morte naturale).

Donne

Le donne esposte ad alte concentrazioni di H₂S mostrano un eccesso di mortalità per cause naturali, tale eccesso, tuttavia non raggiunge la significatività statistica (HR=1.14, IC95%=0.98-1.32). L'analisi del rischio di mortalità causa-specifico evidenzia un eccesso per il tumore della vescica basato su un numero esiguo di casi (tre). L'analisi volta a valutare l'aumento del rischio di mortalità all'aumento lineare di concentrazione di H₂S non ha evidenziato particolari associazioni sia per cause naturali sia per specifiche causa di morte.

Analisi delle persone ricoverate: confronto con la popolazione regionale

Nella tabella 6 si riportano i risultati dell'analisi delle persone ospedalizzate (SHR) per causa, separatamente per uomini e donne appartenenti alla coorte dei residenti entro 5 Km, nel periodo 2004-2008. Sono stati presi come riferimento i tassi di ospedalizzazione della popolazione residente nel Lazio nello stesso periodo.

Uomini

La frequenza di uomini con un ricovero ospedaliero per cause naturali nella coorte è superiore rispetto a quella della popolazione di riferimento regionale nello stesso periodo (SHR=1.04, IC95%=1.03-1.06). Si osservano tassi di persone ospedalizzate più bassi per tumori maligni (SHR=0.90, IC95%=0.87-0.94), in particolare per tumori del colon retto e del pancreas (SHR=0.83 e SHR=0.74, rispettivamente). Anche le ospedalizzazioni per malattie del sistema circolatorio risultano in difetto rispetto ai livelli regionali (SHR=0.92, IC95%=0.89-0.94), nello specifico per malattie cardiache, ischemiche del cuore e cerebrovascolari (SHR=0.87, SHR=0.79 e SHR=0.91, rispettivamente). Sono tuttavia in eccesso rispetto al riferimento le ospedalizzazioni per malattie polmonari cronico ostruttive (SHR=1.23, IC95%=1.13-1.34). Si osserva infine che la frequenza di ricoveri ospedalieri nella coorte per malattie dell'apparato digerente risulta in difetto rispetto ai tassi regionali (SHR=0.88, IC95%=0.85-0.91).

Donne

Anche le donne residenti entro 5 Km dal perimetro delle discariche presentano dei tassi di ospedalizzazione superiori a quelli regionali per tutte le cause naturali (SHR=1.03, IC95%=1.02-1.05). Calcolando gli SHR per causa specifica, si

osservano frequenze di ricoveri per tutti i tumori maligni inferiori rispetto a quelle regionali (SHR=0.90, IC95%=0.87-0.94) e, nello specifico, per tumori della vescica e del tessuto linfatico ed ematopoietico (SHR=0.75 e SHR=0.69, rispettivamente). Si segnala inoltre un minor ricorso alle cure ospedaliere per le malattie dell'apparato respiratorio (SHR=0.92, IC95%=0.88-0.95) e per il grande gruppo delle malattie del sistema circolatorio (SHR=0.87, IC95%=0.84-0.90), più specificatamente malattie cardiovascolari, ischemiche del cuore e cerebrovascolari (SHR=0.87, SHR=0.85 e SHR=0.81, rispettivamente). Anche la frequenza di ricoveri ospedalieri per malattie dell'apparato digerente risulta in difetto rispetto ai tassi regionali (SHR=0.91, IC95%=0.88-0.94).

Analisi delle persone ricoverate: confronto interno per distanza

Nella tabella 7 - a)Uomini; b)Donne - si mostrano i rischi relativi di ospedalizzazione della coorte totale e del sottogruppo dei bambini (età compresa tra 0 e 14 anni), ottenuti dal modello di Cox in cui la distanza dal perimetro delle discariche rappresenta l'esposizione. La tabella riporta i risultati ottenuti considerando la distanza come variabile categorica (0-1, 1-2, 2-3 Km) ovvero come variabile continua.

Uomini

Gli uomini residenti entro 1 Km dalle discariche mostrano un rischio di ospedalizzazione per cause naturali che non differisce da quello degli uomini residenti nell'area 3-5 Km, ad eccezione di un aumentato ricorso alle cure ospedaliere per malattie cerebrovascolari (HR=1.31, IC95%=1.00-1.73).

Gli uomini residenti nella fascia 1-2 km si sono ricoverati, nel periodo in studio, in misura maggiore rispetto al riferimento, soprattutto per malattie del sistema circolatorio (HR=1.12, IC95%=1.05-1.21), in particolare malattie cardiache (HR=1.14, IC95%=1.04-1.25), malattie cerebrovascolari (HR=1.14, IC95%=1.05-1.24). L'analisi del trend conferma tale eccesso di rischio. Gli eccessi osservati si riscontrano principalmente tra i residenti in prossimità degli impianti di Civitavecchia e di Albano Laziale.

L'analisi dei ricoveri dei bambini mostra un eccesso di ospedalizzazione generale (+13%), soprattutto per malattie dell'apparato respiratorio (+16%), se si

confrontano i bambini residenti nelle immediate vicinanze dalle discariche (0-1 Km) con quelli delle fasce più distanti (3-5). Gli eccessi osservati si riscontrano principalmente tra i bambini residenti a Civitavecchia, Albano Laziale e Guidonia.

Donne

Le donne residenti nelle immediate vicinanze delle discariche (0-1 Km) non mostrano eccessi di ospedalizzazione rispetto alla popolazione di riferimento. L'analisi delle ospedalizzazioni causa-specifica, mostra eccessi di ricovero per tumore del pancreas (basato su 5 casi), malattie cardiache e malattie polmonari cronico ostruttive, quest'ultimo eccesso si osserva principalmente tra le donne residenti a Latina.

Le donne residenti nella fascia 1-2 Km dalle discariche mostrano un aumentato ricorso alle cure ospedaliere rispetto al riferimento (+5%). Dall'analisi specifica per diagnosi principale di ricovero risulta un eccesso per malattie cerebrovascolari (HR=1.18, IC95%=1.00-1.40). Tra le bambine si osserva in generale un aumentato ricorso alle cure ospedaliere associato con la vicinanza alle discariche (p del trend <0.05).

Analisi delle persone ricoverate: confronto interno per livelli di esposizione a H₂S

Nella tabella 8 – a)Uomini; b)Donne – si riportano i risultati dell'analisi dei ricoveri per concentrazione di H₂S.

Uomini

I rischi di ospedalizzazione generale della popolazione maschile esposta a più alti livelli di H₂S (>90° percentile) non differiscono da quelli della popolazione non esposta (HR=1.01, IC95%=0.96-1.06). Si riscontrano però eccessi per tumore della vescica e infezione delle vie respiratorie (HR=1.59, IC95%=1.09-2.32; HR=1.26, IC95%=1.06-1.50 rispettivamente). Gli uomini residenti in aree con alte concentrazioni di H₂S hanno un rischio di ospedalizzazione inferiore al gruppo di riferimento per tumore del fegato (HR=0.26, IC95%=0.07-0.96) e tumore della trachea, bronchi e polmoni (HR=0.63, IC95%=0.42-0.94). L'analisi del trend lineare per esposizione a H₂S non mostra alcuna associazione tra l'esposizione in studio e il ricorso ai ricoveri ospedalieri.

I bambini (0-14 anni) maggiormente esposti ad H₂S presentano un rischio maggiore di ricovero per infezioni delle vie respiratorie (HR=1.31, IC95%=1.03-1.67).

Donne

Le donne che risiedono in zone con alta concentrazione di H₂S hanno un rischio maggiore (+5%) di ricoverarsi rispetto al riferimento (HR=1.05, IC95%=1.00-1.10). Questo maggior rischio è dovuto in particolare all'asma e alle malattie dell'apparato urinario (HR=1.62, IC95%=1.12-2.34; HR=1.27, IC95%=1.03-1.57 rispettivamente). I risultati dell'analisi che valuta l'aumento di rischio di ospedalizzazione all'aumentare lineare dell' H₂S mostrano un lieve eccesso di ricoveri per malattie del sistema circolatorio (HR=1.01, IC95%=1.00-1.03).

Gran parte dell'eccesso registrato per le cause naturali e l'asma è dovuto ad un maggior ricorso ai ricoveri delle bambine esposte alle più alte concentrazioni di inquinante (HR=1.17, IC95%=1.03-1.31; HR=1.79, IC95%=1.14-2.83 rispettivamente).

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Lo studio ha considerato tutta la popolazione che nel Lazio risiede entro 5 Km dalle discariche per rifiuti urbani; per queste persone si è evidenziato un quadro di mortalità e morbosità relativamente sovrapponibile a quello regionale, con le sole eccezioni nei maschi delle malattie dell'apparato respiratorio (compresa la broncopneumopatia cronica ostruttiva, BPCO), i tumori della pleura e il mieloma multiplo.

L'analisi interna alla coorte è stata effettuata considerando come indicatori di esposizione alle discariche sia la distanza in Km tra queste e la residenza di ciascun individuo della coorte, sia le concentrazioni di idrogeno solforato (H₂S) calcolato mediante simulazione modellistica e attribuite alla residenza degli individui della coorte. L'ipotesi che si voleva verificare era che risiedere vicino ad una discarica, o risiedere in aree caratterizzate da alte concentrazioni di idrogeno

solforato proveniente dalle discariche, costituisca un fattore di rischio per la salute (mortalità/ricoveri ospedalieri) dei residenti.

L'analisi di mortalità basata sui confronti interni (residenti vicino ad una discarica/esposti a concentrazioni elevate vs residenti lontano/esposti a concentrazioni più basse) non ha fornito particolari evidenze, ad eccezione di una più elevata mortalità tra le donne per tumore della vescica e tra gli uomini per patologie a carico dell'apparato urinario; questi eccessi si sono osservati in maniera omogenea tra i diversi siti. Per quanto riguarda i ricoveri ospedalieri sono stati osservati aumenti per malattie cardiovascolari e respiratorie. L'eccesso di ospedalizzazioni per malattie dell'apparato respiratorio è coerente sia considerando come esposizione la distanza che il livello di concentrazione di H₂S. Questi eccessi, tuttavia non si sono osservati in modo omogeneo tra i residenti di tutte le aree, essendo più colpiti i residenti di Civitavecchia, di Albano Laziale e di Guidonia Montecelio. La prima area è una delle più critiche dal punto di vista ambientale nella regione per la presenza delle centrali termoelettriche, del porto e, in passato, di un cementificio. Albano e Guidonia hanno diverse criticità legate soprattutto all'inquinamento originato dal traffico stradale e alla presenza di industrie a potenziale impatto ambientale. Più importante, dal punto di vista di sanità pubblica, è l'eccesso di ospedalizzazioni per patologie dell'apparato respiratorio (in particolare asma e infezioni acute delle vie respiratorie), tra i bambini e soprattutto le bambine residenti nelle immediate vicinanze dalle discariche.

Il quadro di salute dei residenti in prossimità delle discariche, con problematiche principalmente a carico dell'apparato respiratorio, depone quindi per un effetto nocivo potenzialmente attribuibile ad emissioni di sostanze irritanti, come l'acido solfidrico, batteri o endotossine. L'effetto si osserva al netto di altri fattori che possano aver compromesso la qualità dell'aria nei pressi delle discariche, come gli inquinanti generati da traffico veicolare o da altri siti industriali presenti nello stesso territorio. La letteratura recente^{12,13}, del resto, ha suggerito una relazione molto stretta tra esposizione ad idrogeno solforato in prossimità di discariche e danni all'apparato respiratorio.

L'approccio seguito in questo studio e nelle modalità di analisi adottate ha cercato di superare alcuni dei limiti degli studi disponibili in letteratura:

- Disegno dello studio. È stato utilizzato un approccio di coorte di popolazione per dare una misura molto più dettagliata della popolazione a rischio: attraverso la ricostruzione della storia anagrafica della popolazione residente in 16 comuni della Regione è stato possibile calcolare gli anni-persona e quindi le misure di frequenza basate su individui e non su un approccio ecologico;
- Georeferenziazione dei soggetti in studio. È stata utilizzata una tecnica innovativa volta ad individuare, attraverso il software ArcGIS, le coordinate geografiche di ciascun indirizzo di residenza nei comuni in studio. Ciò ha permesso di attribuire ad ogni persona un livello di esposizione (distanza o concentrazione di H₂S) e diverse informazioni relative al proprio contesto ambientale;
- Esiti in studio. La valutazione dello stato di salute della coorte è stata realizzata sia in termini di mortalità che di morbosità;
- Esposizione. Oltre alla distanza, si è cercato un modo innovativo per misurare l'esposizione alle discariche, valutando le concentrazioni di H₂S mediante simulazioni modellistiche basate su modelli areali;
- Confondenti. I risultati sono aggiustati per il potenziale effetto confondente sia di variabili individuali età e posizione socio-economica, ma anche e soprattutto tenendo conto di variabili relative al contesto ambientale (vicinanza da strade ad alto traffico, prossimità a siti industriali, qualità dell'aria) che avrebbero potuto distorcere le associazione in studio.

Al di là dei punti di forza dello studio, occorre sottolineare i limiti:

- Storia residenziale. Non tutte le anagrafi dei comuni in studio hanno fornito informazioni relative alle variazioni di domicilio all'interno del comune. Per questo motivo l'esposizione associata ad ogni individuo è relativa all'indirizzo di residenza all'inizio del *follow-up*. Se fosse stato possibile avere a disposizione tutte le variazioni e le relative date di cambio di domicilio sarebbe stato possibile effettuare delle analisi di sensibilità considerando la residenza prevalente o costruendo misure di esposizione pesate sulla base delle diverse residenze;

- Esiti in studio. Mortalità e ricoveri ospedalieri forniscono informazioni solo su una quota di patologia e ovviamente sfuggono molte malattie che non fanno ricorso ai servizi ospedalieri. In futuro potranno essere usati altri strumenti informativi (prescrizioni farmaceutiche, prestazioni di pronto soccorso) per poter meglio valutare lo stato di salute della popolazione;
- Esposizione. Nonostante i miglioramenti apportati alla metodologia di individuazione dei livelli di esposizione, occorrono ulteriori sviluppi per fornire una misura dell'impatto delle discariche sull'ambiente; la distanza può essere utilizzata perché di facile comprensione ed utile per l'individuazione della popolazione in studio, invece l'H₂S fornisce una misura dell'inquinamento dell'aria della zona di interesse. Lo studio ha inoltre considerato solo la matrice aria, mentre non si può escludere un inquinamento a carico delle matrici acqua e suolo che per via alimentare può comunque arrivare all'uomo.
- Fattori di confondimento individuali. In questo studio non erano disponibili dei dati sulle abitudini personali delle persone incluse nella coorte che hanno un possibile ruolo eziologico per le patologie indagate: il fumo di sigarette, l'alcol, l'attività fisica e l'obesità. Il reperimento di queste informazioni, per esempio tramite interviste telefoniche o visite domiciliari, sarebbe stato proibitivo per una coorte composta da diverse decine di migliaia di persone. Occorre, tuttavia, valutare quanto la indisponibilità di questi dati possa aver falsato i risultati, aver cioè introdotto un confondimento non controllato nella fase di analisi dei dati. E' da osservare che molte delle abitudini personali elencate sono associate allo stato sociale ed è dunque ragionevole pensare che l'aggiustamento effettuato per indicatore socioeconomico (un potente fattore di rischio) abbia anche aggiustato per le variabili individuali non misurate.

Lo studio di coloro che risiedono nei cinque km dagli impianti di discarica del Lazio ha evidenziato un quadro di mortalità e morbosità relativamente sovrapponibile a quello regionale. Dalla analisi interna alla coorte sono emerse diverse associazioni con la distanza o la concentrazione stimata di H₂S non sempre univoche e consistenti. L'aumento della morbosità per malattie respiratorie ed asma osservato sia negli adulti sia nei bambini è coerente con le indicazioni della

letteratura scientifica e può avere un nesso di causalità con le esposizioni ambientali

BIBLIOGRAFIA

1. Associazione Italiana di Epidemiologia. Trattamento dei Rifiuti e Salute. Posizione dell'Associazione Italiana di Epidemiologia. 2008 <http://www.epidemiologia.it/?q=node/273>.
2. WHO. (2007) Population health and waste management: scientific data and available options. <http://www.euro.who.int/document/E91021.pdf>.
3. Porta et al. Systematic review of epidemiological studies on health effects associated with management of solid waste. *Environ Health* 2009 Dec 23; 8:60 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2805622/?tool=pubmed>.
4. Goldberg MS, Siemiatyck J, DeWar R, Dèsy M, Riberdy H: Risk of developing cancer relative to living near a municipal solid waste landfill site in Montreal, Quebec, Canada. *Arch Environ Health* 1999; 54:291-296.
5. Jarup L, Briggs D, de Hoogh C, Morris S, Hurt C, Lewin A, Maitland I, Richardson S, Wakefield J, Elliott P: Cancer risks in populations living near landfill sites in Great Britain. *Br J Cancer* 2002; 86:1732-1736.
6. Pukkala E and Pönkä A: Increased incidence of cancer and asthma in houses buuilt on a former dump area. *Environ Health Perspect* 2001; 109:1121-1125.
7. Michelozzi P, Fusco D, Forastiere F, Ancona C, Dell'Orco V, Perucci CA: Small area study of mortality among people living near multiple sources of air pollution. *Occup Environ Med* 1998; 55:611-615.
8. Fielder HMP, Poon-King CM, Palmer S R, Moss N, Coleman G: Assessment of impact on health of residents living near the Nant-y-Gwyddon landfill site: retrospective analysis. *British Medical Journal* 2000; 320:19-22.
9. Giusti L: A review of waste management practices and their impact on human health. *Waste Manag* 2009 Aug; 29(8):2227-39.
10. EPA <http://www.epa.gov/ttn/catc1/dir1/landgem-v302-guide.pdf>.
11. Cesaroni G, Agabiti N, Rosati R, Forastiere F, Perucci CA. An index of socioeconomic position based on 2001 Census, Rome. *Epidemiol & Prev* 2006 Nov-Dec; 30(6):352-7).
12. Heaney CD, Wing S, Campbell RL, Caldwell D, Hopkins B, Richardson D, Yeatts K. Relation between malodor, ambient hydrogen sulfide, and health in a community bordering a landfill. *Environ Res* 2011 Aug; 111(6):847-52.
13. Corrêa CR, Abrahão CE, Carpintero Mdo C, Anaruma Filho F. Landfills as risk factors for respiratory disease in children. *J Pediatr (Rio J)* 2011 Jul-Aug; 87(4):319-24.

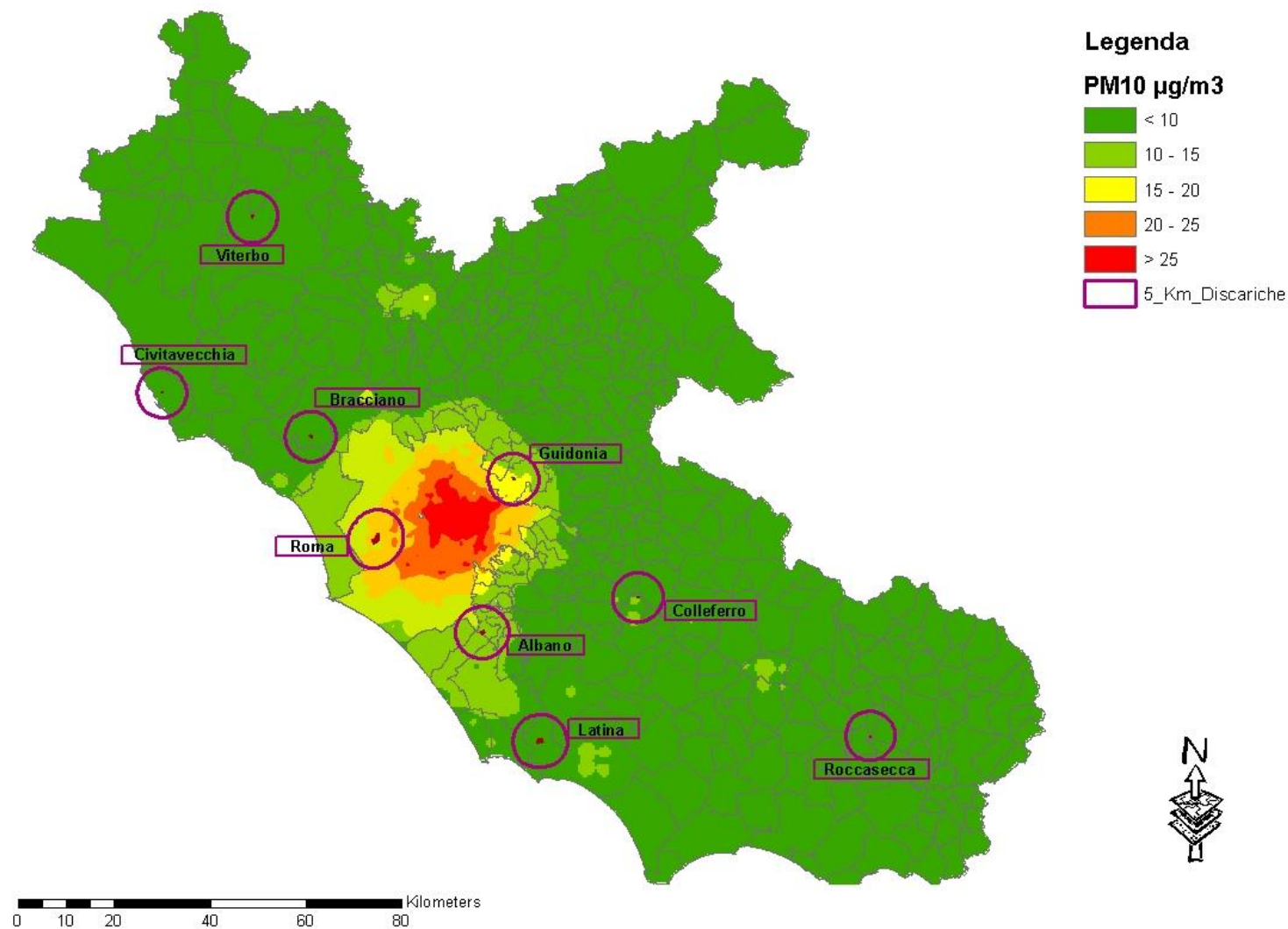
Figura 1. Localizzazione delle discariche in studio, perimetri delle discariche, buffer di 5 Km dal perimetro e livelli di PM₁₀ (µg/m³) di qualità dell'aria

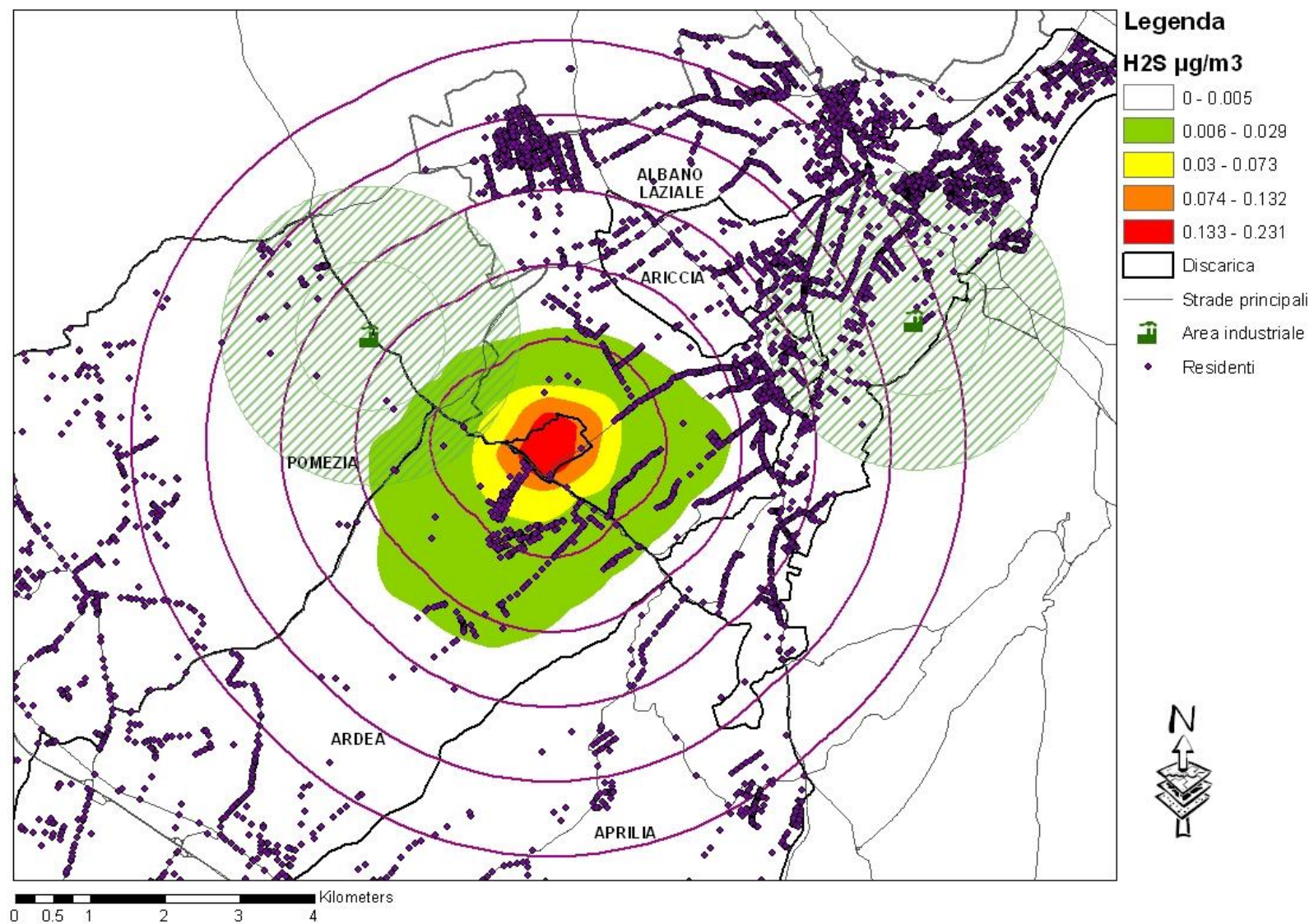
Figura 2. Discarica di Albano Laziale. Area in studio, coorte dei residenti, fasce di distanza dalla discarica e livelli di concentrazione di H₂S (µg/m³)

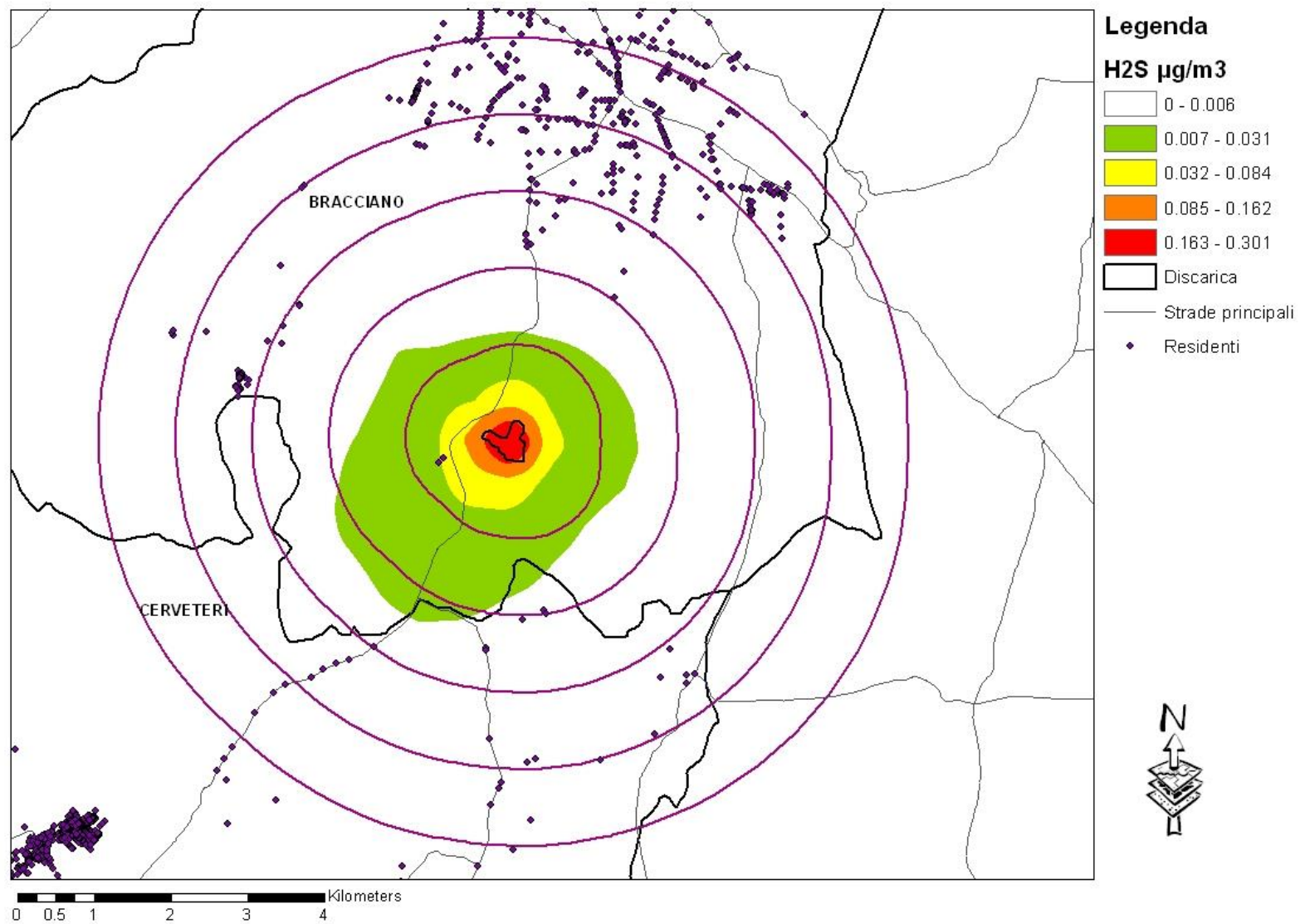
Figura 3. Discarica di Bracciano. Area in studio, coorte dei residenti, fasce di distanza dalla discarica e livelli di concentrazione di H₂S (µg/m³)

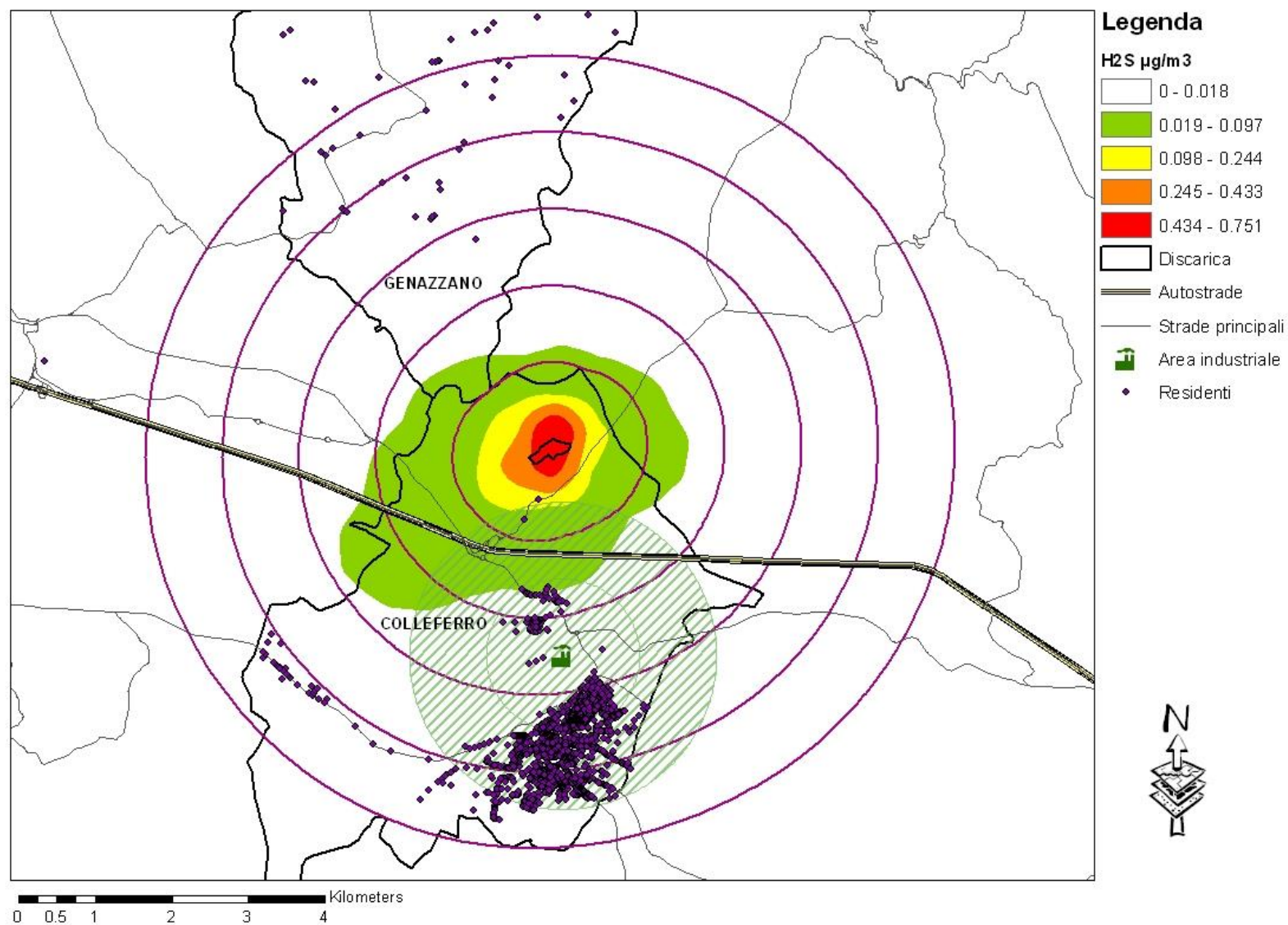
Figura 4. Discarica di Colferro. Area in studio, coorte dei residenti, fasce di distanza dalla discarica e livelli di concentrazione di H₂S (µg/m³)

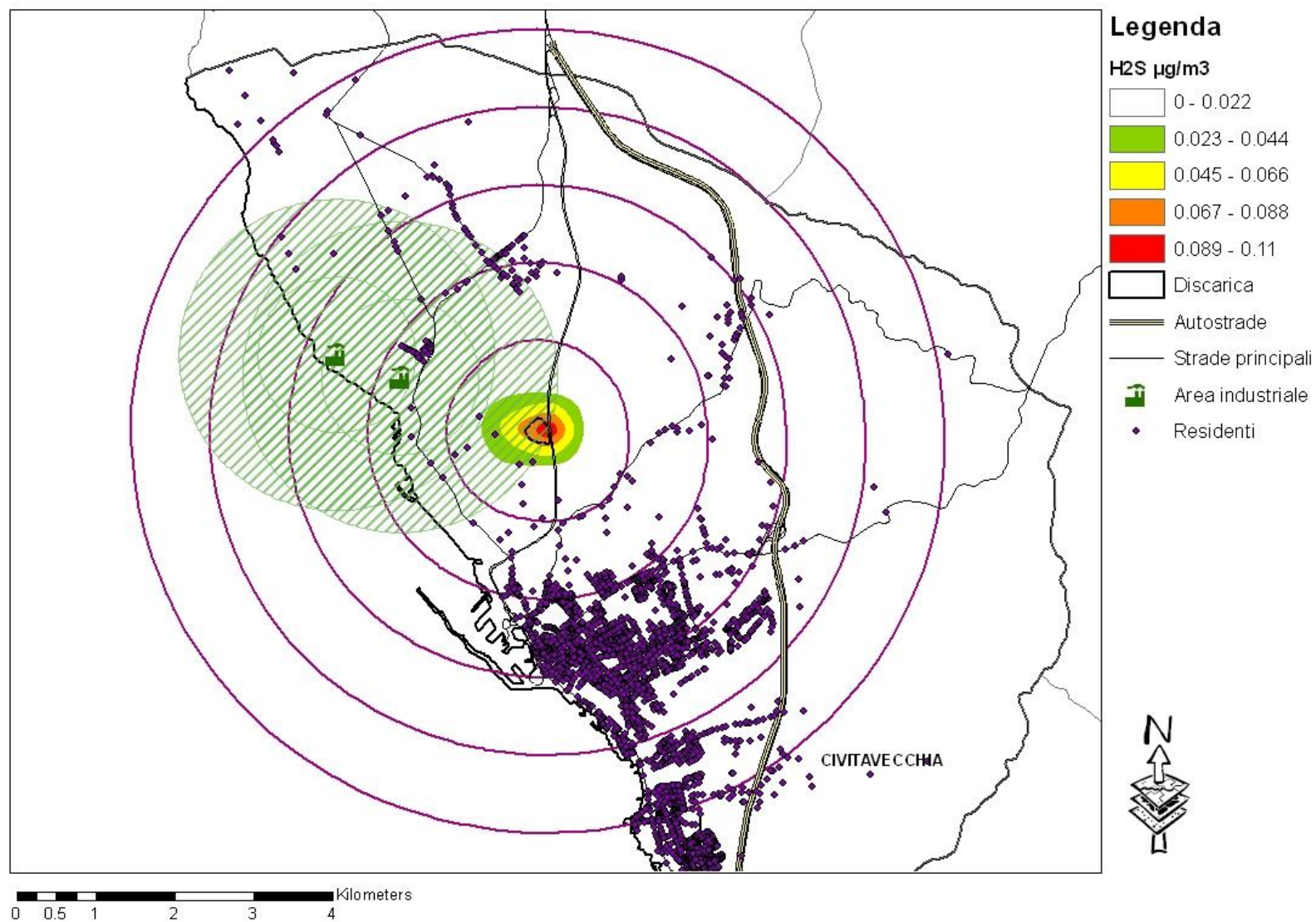
Figura 5. Discarica di Civitavecchia. Area in studio, coorte dei residenti, fasce di distanza dalla discarica e livelli di concentrazione di H₂S ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

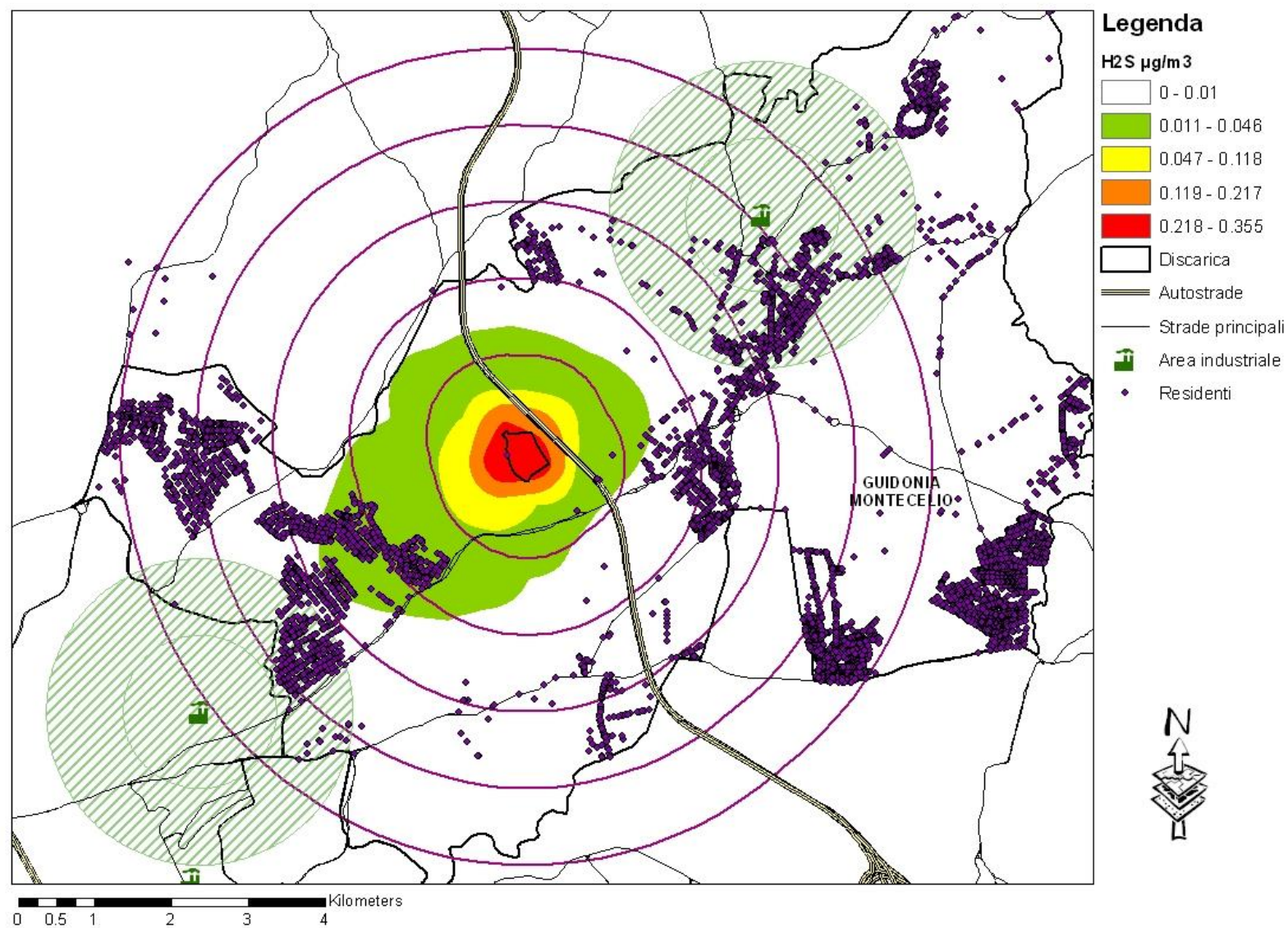
Figura 6. Discarica di Guidonia Montecelio. Area in studio, coorte dei residenti, fasce di distanza dalla discarica e livelli di concentrazione di H₂S (µg/m³)

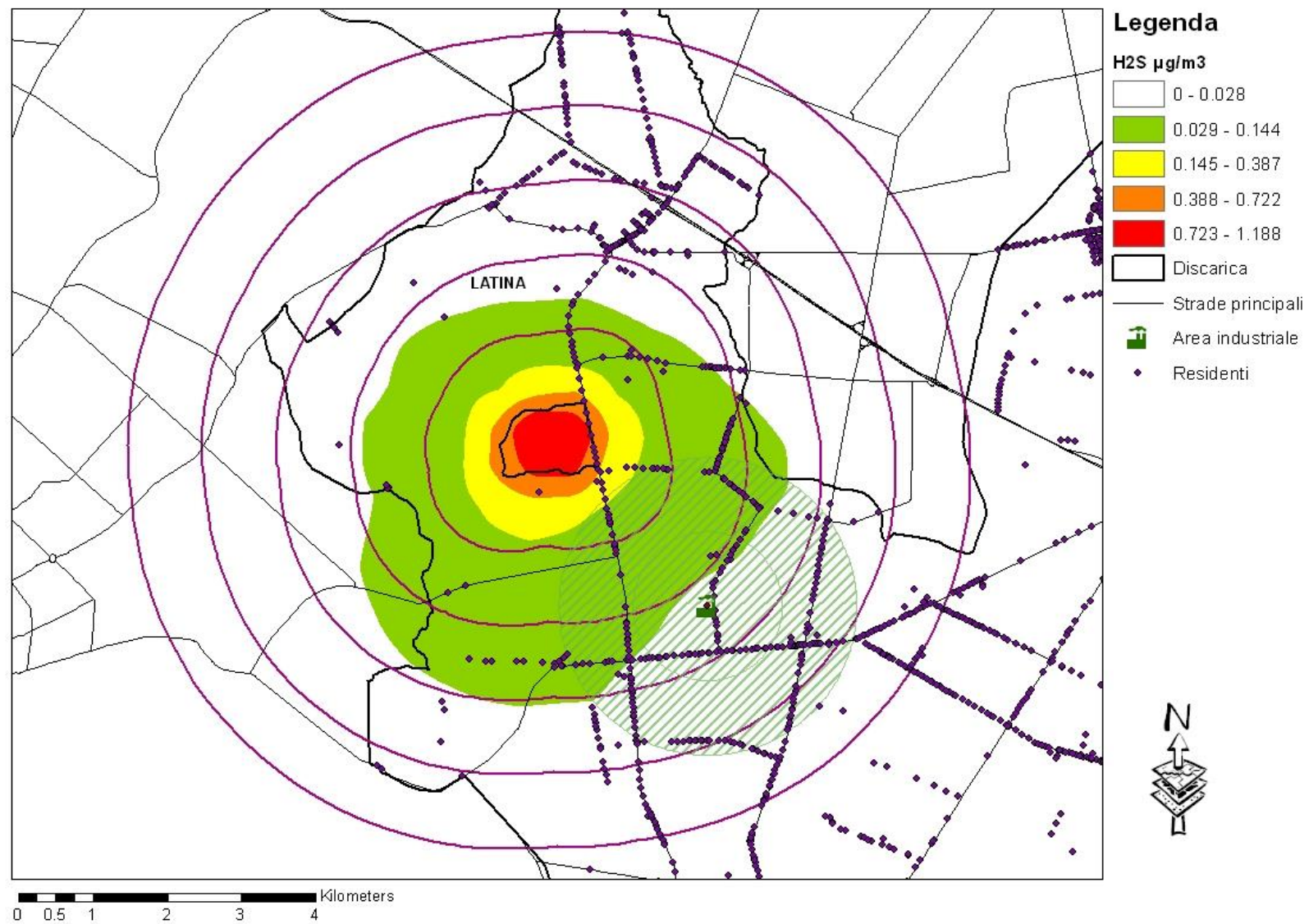
Figura 7. Discarica di Latina. Area in studio, coorte dei residenti, fasce di distanza dalla discarica e livelli di concentrazione di H₂S (µg/m³)

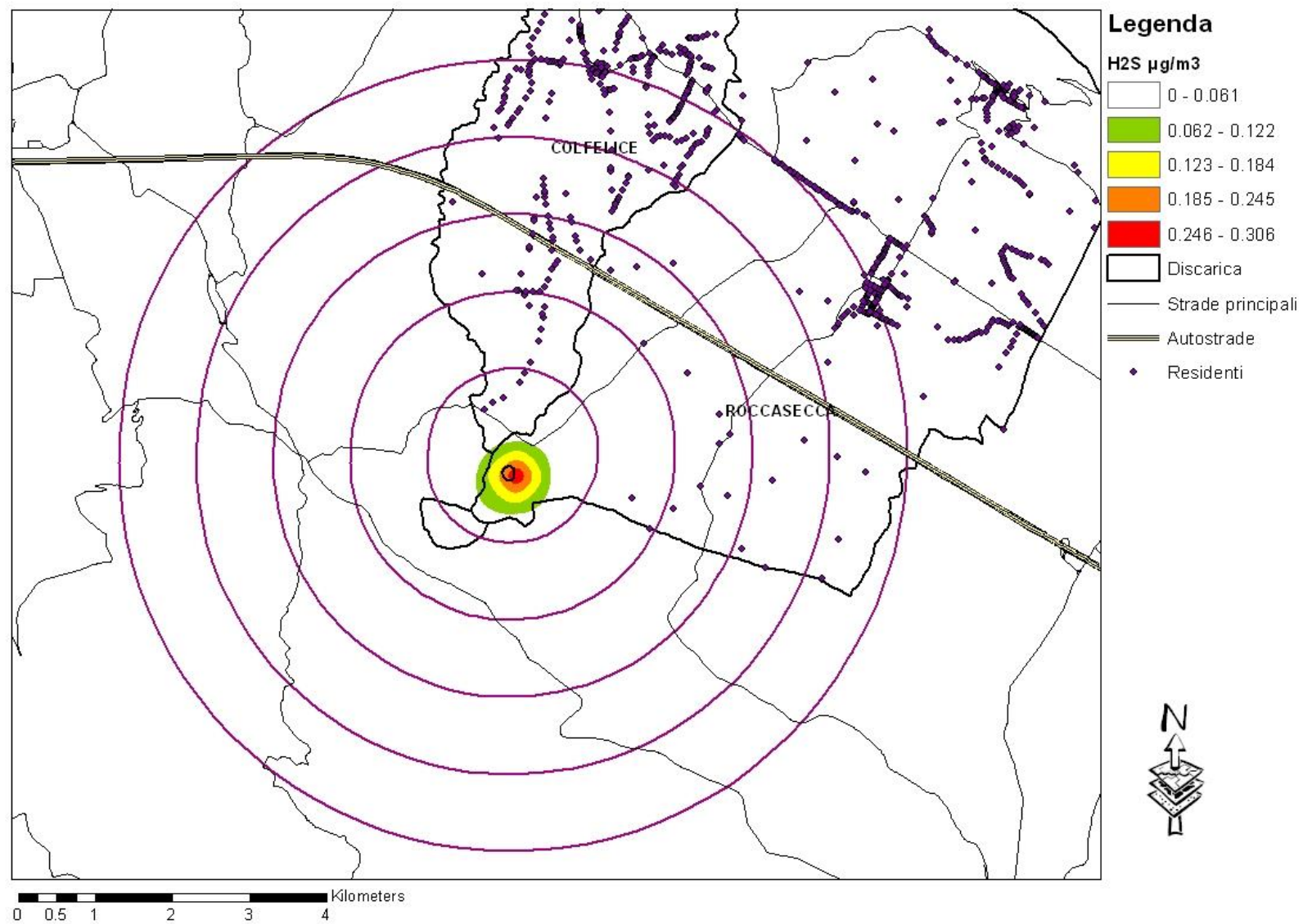
Figura 8. Discarica di Roccasecca. Area in studio, coorte dei residenti, fasce di distanza dalla discarica e livelli di concentrazione di H₂S (µg/m³)

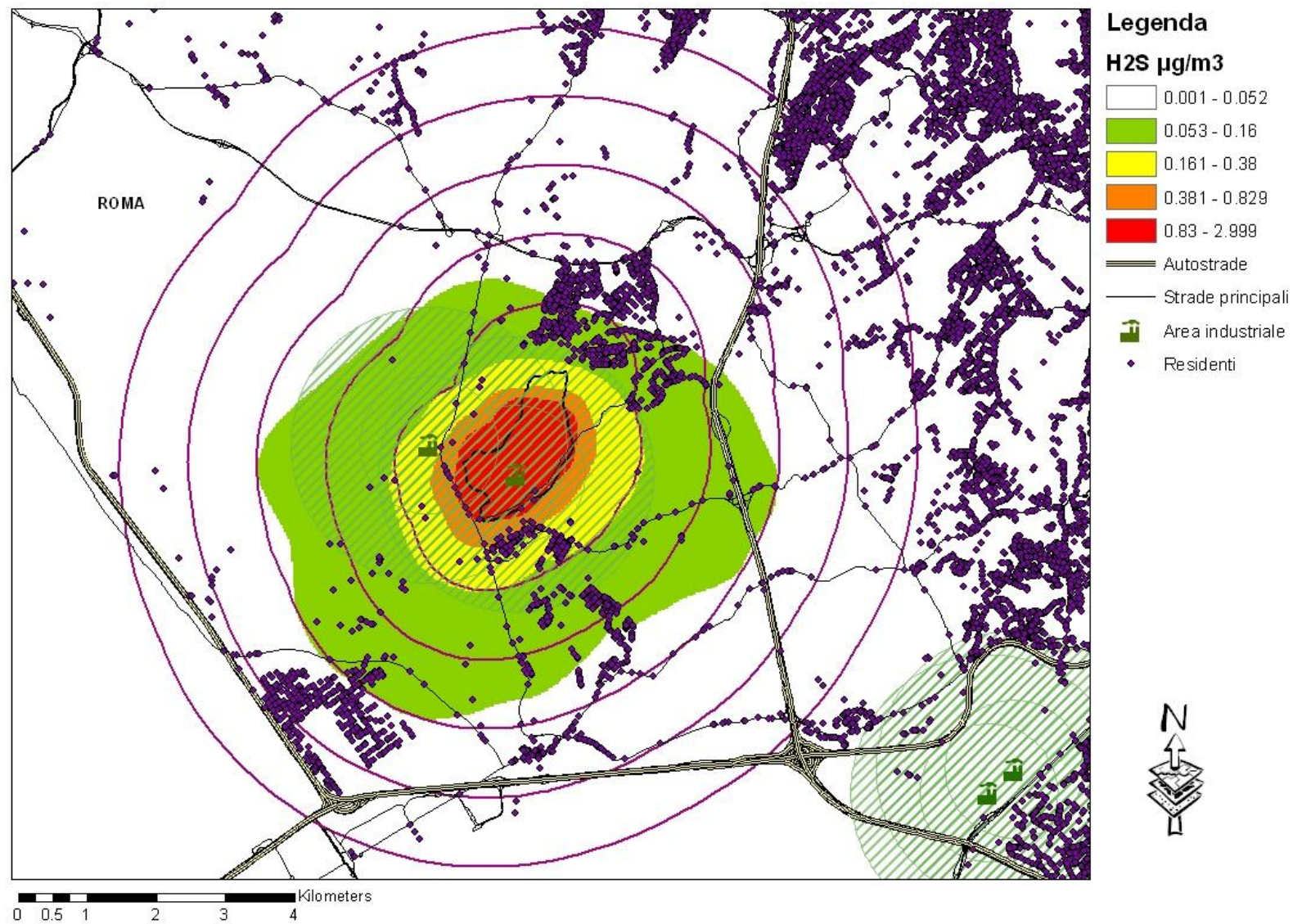
Figura 9. Discarica di Roma Malagrotta. Area in studio, coorte dei residenti, fasce di distanza dalla discarica e livelli di concentrazione di H₂S (µg/m³)

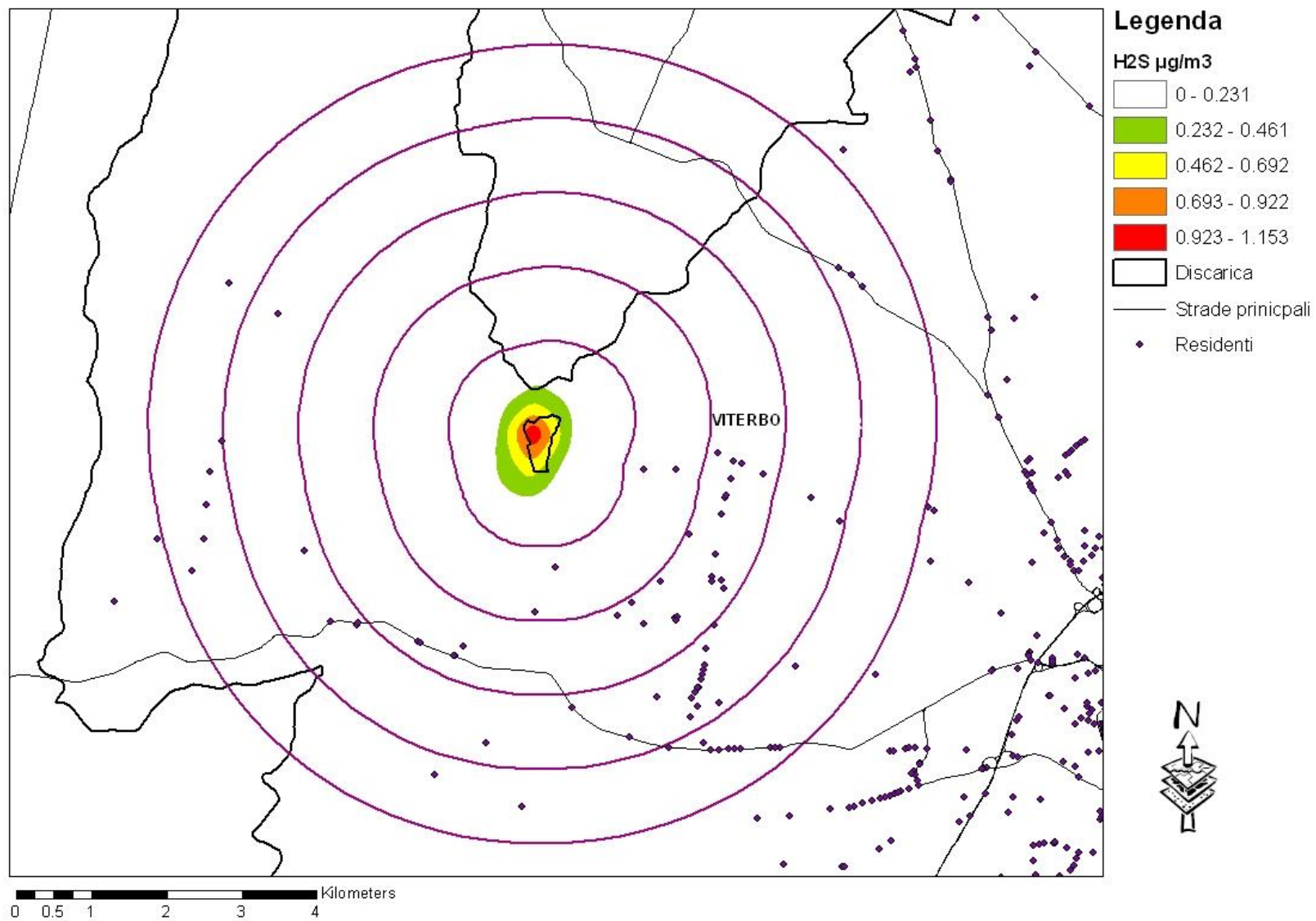
Figura 10. Discarica Viterbo. Area in studio, coorte dei residenti, fasce di distanza dalla discarica e livelli di concentrazione di H₂S (µg/m³)

Tabella 1. Coorte dei residenti per distanza dalle nove discariche, per sesso, età all'inizio del *follow-up*, livello socio-economico, discarica, livello di PM₁₀ e residenza in prossimità di strade principali, autostrade e industrie

	Totale	Distanza									
		Totale		0-1 Km		1-2 Km		2-3 Km		3-5 Km	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
		242,409	100.0	5,187	100.0	21,475	100.0	65,386	100.0	150,361	100.0
Sesso	Maschi	120,232	49.6	2,619	50.5	10,801	50.3	32,369	49.5	74,443	49.5
	Femmine	122,177	50.4	2,568	49.5	10,674	49.7	33,017	50.5	75,918	50.5
Età	0-14	62,244	25.7	1,290	24.9	5,614	26.1	17,142	26.2	38,198	25.4
	15-44	113,719	46.9	2,414	46.5	10,524	49.0	30,867	47.2	69,914	46.5
	45-64	46,249	19.1	1,134	21.9	3,945	18.4	11,964	18.3	29,206	19.4
	>65	20,197	8.3	349	6.7	1,392	6.5	5,413	8.3	13,043	8.7
Livello socio-economico	Alto	23,589	9.7	0	0.0	81	0.4	2,778	4.2	20,730	13.8
	Medio-alto	41,955	17.3	22	0.4	1,836	8.5	11,662	17.8	28,435	18.9
	Medio	42,286	17.4	1,058	20.4	4,050	18.9	14,499	22.2	22,679	15.1
	Medio-Basso	50,394	20.8	1,460	28.1	5,510	25.7	13,473	20.6	29,951	19.9
	Basso	62,157	25.6	2,452	47.3	8,552	39.8	14,347	21.9	36,806	24.5
	missing	22,028	9.1	195	3.8	1,446	6.7	8,627	13.2	11,760	7.8
Discarica	Albano Laziale	52,438	21.6	2,273	43.8	4,386	20.4	15,064	23.0	30,715	20.4
	Bracciano	3,954	1.6	15	0.3	2	0.0	544	0.8	3,393	2.3
	Latina	5,677	2.3	331	6.4	583	2.7	1,785	2.7	2,978	2.0
	Civitavecchia	52,150	21.5	89	1.7	4,446	20.7	24,343	37.2	23,272	15.5
	Guidonia	80,319	33.1	35	0.7	7,919	36.9	19,335	29.6	53,030	35.3
	Viterbo	798	0.3	0	0.0	17	0.1	331	0.5	450	0.3
	Roma	15,096	6.2	2,411	46.5	3,624	16.9	1,211	1.9	7,850	5.2
	Roccasecca	2,610	1.1	21	0.4	65	0.3	694	1.1	1,830	1.2
	Colleferro	29,367	12.1	12	0.2	433	2.0	2,079	3.2	26,843	17.9
PM10	< 50° percentile	121,222	50.0	1,480	28.5	7,859	36.6	41,431	63.4	70,452	46.9
	50° - 90° percentile	96,369	39.8	3,706	71.4	13,199	61.5	21,854	33.4	57,610	38.3
	> 90° percentile	24,818	10.2	1	0.0	417	1.9	2,101	3.2	22,299	14.8
Strade principali	> 150 m	127,711	52.7	4,007	77.3	13,988	65.1	29,490	45.1	80,226	53.4
	<= 150 m	114,698	47.3	1,180	22.7	7,487	34.9	35,896	54.9	70,135	46.6
Autostrade	> 500 m	232,981	96.1	5,150	99.3	21,304	99.2	63,691	97.4	142,836	95.0
	<= 500 m	9,428	3.9	37	0.7	171	0.8	1,695	2.6	7,525	5.0
Industrie	> 2 Km	179,043	73.9	4,379	84.4	19,632	91.4	58,360	89.3	96,672	64.3
	0 - 1 Km	12,863	5.3	132	2.5	713	3.3	2,261	3.5	9,757	6.5
	1 - 2 Km	50,503	20.8	676	13.0	1,130	5.3	4,765	7.3	43,932	29.2

Tabella 2. Coorte dei residenti per livello di concentrazione di idrogeno solforato (H₂S), per sesso, età all'inizio del *follow-up*, livello socio-economico, discarica, livello di PM₁₀ e residenza in prossimità di strade principali, autostrade e industrie

	Totale	Totale		Concentrazione di H ₂ S					
		n	%	<50° percentile		50°-90° percentile		>90° percentile	
				n	%	n	%	n	%
		242,409	100.0	121,702	100.0	96,491	100.0	24,216	100.0
Sesso	Maschi	120,232	49.6	59,918	49.2	48,183	49.9	12,131	50.1
	Femmine	122,177	50.4	61,784	50.8	48,308	50.1	12,085	49.9
Età	0-14	62,244	25.7	31,072	25.5	25,529	26.5	5,643	23.3
	15-44	113,719	46.9	56,435	46.4	45,870	47.5	11,414	47.1
	45-64	46,249	19.1	23,760	19.5	17,226	17.9	5,263	21.7
	>65	20,197	8.3	10,435	8.6	7,866	8.2	1,896	7.8
Livello socio-economico	Alto	23,589	9.7	16,045	13.2	7,106	7.4	438	1.8
	Medio-alto	41,955	17.3	16,677	13.7	20,772	21.5	4,506	18.6
	Medio	42,286	17.4	16,035	13.2	21,669	22.5	4,582	18.9
	Medio-Basso	50,394	20.8	22,180	18.2	21,495	22.3	6,719	27.7
	Basso	62,157	25.6	38,012	31.2	17,299	17.9	6,846	28.3
	missing	22,028	9.1	12,753	10.5	8,150	8.4	1,125	4.6
Discarica	Albano Laziale	52,438	21.6	32,077	26.4	18,089	18.7	2,272	9.4
	Bracciano	3,954	1.6	3,643	3.0	296	0.3	15	0.1
	Latina	5,677	2.3	0	0.0	2,187	2.3	3,490	14.4
	Civitavecchia	52,150	21.5	51,816	42.6	295	0.3	39	0.2
	Guidonia	80,319	33.1	31,532	25.9	43,424	45.0	5,363	22.1
	Viterbo	798	0.3	95	0.1	550	0.6	153	0.6
	Roma	15,096	6.2	0	0.0	3,642	3.8	11,454	47.3
	Roccasecca Colleferro	2,610 29,367	1.1 12.1	2,038 501	1.7 0.4	571 27,437	0.6 28.4	1 1429	0.0 5.9
PM10	< 50° percentile	121,222	50.0	74,067	60.9	40,648	42.1	6,507	26.9
	50° - 90° percentile	96,369	39.8	45,523	37.4	37,412	38.8	13,434	55.5
	> 90° percentile	24,818	10.2	2,112	1.7	18,431	19.1	4,275	17.7
Strade principali	> 150 m	127,711	52.7	63,984	52.6	47,700	49.4	16,027	66.2
	<= 150 m	114,698	47.3	57,718	47.4	48,791	50.6	8,189	33.8
Autostrade	> 500 m	232,981	96.1	117,707	96.7	93,138	96.5	22,136	91.4
	<= 500 m	9,428	3.9	3,995	3.3	3,353	3.5	2,080	8.6
Industrie	> 2 Km	179,043	73.9	107,923	88.7	50,633	52.5	20,487	84.6
	0 - 1 Km	12,863	5.3	3,052	2.5	8,063	8.4	1,748	7.2
	1 - 2 Km	50,503	20.8	10,727	8.8	37,795	39.2	1,981	8.2

Tabella 3. Decessi per causa della coorte dei residenti entro 5 Km dalle nove discariche. Numero di casi osservati (OSS), attesi (ATT) e rapporti standardizzati indiretti di mortalità (SMR) aggiustati per età con i relativi Intervalli di Confidenza (IC) al 95% per causa e periodo. Riferimento regione Lazio. Uomini e donne. Periodo 1996 -2008

CAUSA (ICD-9-CM)	uomini					donne				
	OSS	ATT	SMR	I.C. 95%		OSS	ATT	SMR	I.C. 95%	
Tutte le cause (001-999)	6525	6338.1	1.03	1.00	1.05	5507	5676.0	0.97	0.94	1.00
Tumori totali (140-239)	2333	2263.8	1.03	0.99	1.07	1461	1627.2	0.90	0.85	0.95
Stomaco (151)	162	143.1	1.13	0.96	1.32	107	98.8	1.08	0.89	1.31
Colon retto (153-154, 159)	253	262.2	0.97	0.85	1.09	199	219.0	0.91	0.79	1.04
Fegato e dotti biliari (155-156)	153	153.8	0.99	0.84	1.17	116	111.9	1.04	0.86	1.24
Pancreas (157)	85	102.4	0.83	0.66	1.03	100	97.8	1.02	0.83	1.24
Laringe (161)	45	38.1	1.18	0.86	1.58	8	4.1	1.94	0.84	3.82
Trachea, bronchi e polmoni (162)	706	679.7	1.04	0.96	1.12	162	211.5	0.77	0.65	0.89
Pleura (163)	21	10.9	1.93	1.20	2.95	9	5.0	1.79	0.82	3.40
Connettivo e tessuti molli (171)	5	9.2	0.55	0.18	1.27	4	8.3	0.48	0.13	1.24
Mammella (174)						244	268.6	0.91	0.80	1.03
Utero (179-180;182)						60	66.8	0.90	0.68	1.16
Ovaio (183)						62	73.8	0.84	0.64	1.08
Prostata (185)	187	173.9	1.08	0.93	1.24					
Testicolo (186)	1	3.2	-	-	-					
Vescica (188)	123	108.3	1.14	0.94	1.35	21	27.7	0.76	0.47	1.16
Rene (189)	54	59.6	0.91	0.68	1.18	31	25.9	1.20	0.81	1.70
Encefalo ed altri tumori del SNC (191-192; 225)	54	61.5	0.88	0.66	1.15	40	52.4	0.76	0.55	1.04
Tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	192	177.1	1.08	0.94	1.25	106	145.7	0.73	0.60	0.88
Linfomi non-Hodgkin (200-202)	63	56.4	1.12	0.86	1.43	40	44.7	0.89	0.64	1.22
Linfomi Hodgkin (201)	9	7.0	1.28	0.59	2.43	2	5.3	-	-	-
Mieloma (203)	46	33.0	1.39	1.02	1.86	18	31.7	0.57	0.34	0.90
Leucemie (204-208)	74	80.7	0.92	0.72	1.15	46	63.9	0.72	0.53	0.96
Diabete (250)	152	164.2	0.93	0.78	1.08	217	203.4	1.07	0.93	1.22
Morbo di Parkinson e altre malattie del SNC (330-349)	106	129.2	0.82	0.67	0.99	123	162.4	0.76	0.63	0.90
Malattie cardiovascolari (390-459)	2205	2326.1	0.95	0.91	0.99	2367	2473.8	0.96	0.92	1.00
Malattie ischemiche (410-414)	918	915.9	1.00	0.94	1.07	701	705.1	0.99	0.92	1.07
Malattie apparato respiratorio (460-519)	436	363.5	1.20	1.09	1.32	285	268.6	1.06	0.94	1.19
BPCO (490-492, 494, 496)	269	219.5	1.23	1.08	1.38	140	142.0	0.99	0.83	1.16
Malattie apparato digerente (520-579)	322	292.4	1.10	0.98	1.23	209	243.5	0.86	0.75	0.98
Malattie apparato genito urinario (580-629)	101	86.3	1.17	0.95	1.42	96	78.3	1.23	0.99	1.50
Traumatismi e avvelenamenti (800-999)	350	354.7	0.99	0.89	1.10	226	240.9	0.94	0.82	1.07

Tabella 4. Rischi relativi (Hazard Ratios, HR) di mortalità aggiustati per età, SES, PM₁₀, residenza vicino a strade principali, autostrade e industrie e i relativi Intervalli di Confidenza (IC) al 95% per le diverse fasce di distanza dalle nove discariche

a) Uomini

CAUSA (ICD-9-CM)	Distanza												Trend lineare (per 1 Km)			
	3-5 Km*		2-3 Km			1-2 Km			0-1 Km							
	n	n	HR	I.C. 95%		n	HR	I.C. 95%		n	HR	I.C. 95%		HR	I.C. 95%	
Cause naturali (001-799)	3,919	1,476	1.00	0.93	1.06	445	1.00	0.90	1.11	109	0.88	0.72	1.08	0.99	0.97	1.02
Tumori totali (140-239)	1,531	532	0.94	0.85	1.05	164	0.94	0.79	1.12	46	0.92	0.67	1.25	0.99	0.95	1.04
Stomaco (151)	110	35	0.95	0.63	1.44	15	1.39	0.78	2.47	2	0.55	0.13	2.37	1.03	0.88	1.22
Colon retto (153-154,159)	145	46	1.04	0.72	1.48	23	1.72	1.06	2.79	7	1.70	0.74	3.90	1.12	0.98	1.29
Fegato e dotti biliari (155-156)	84	22	0.66	0.40	1.10	6	0.65	0.27	1.54	3	1.19	0.34	4.17	0.85	0.69	1.05
Pancreas (157)	60	16	0.64	0.36	1.16	8	0.89	0.40	1.98	1	-	-	-	0.95	0.76	1.18
Laringe (161)	33	10	0.79	0.37	1.69	1	-	-	-	1	-	-	-	0.92	0.66	1.29
Trachea bronchi e polmoni (162)	462	179	1.06	0.88	1.28	49	0.88	0.64	1.20	12	0.80	0.43	1.46	1.00	0.92	1.08
Vescica (188)	86	26	0.78	0.49	1.24	9	0.79	0.38	1.66	2	-	-	-	0.92	0.77	1.11
Rene (189)	41	9	0.53	0.24	1.16	3	0.57	0.17	1.90	1	-	-	-	0.85	0.64	1.14
Encefalo (191)	30	11	1.04	0.48	2.22	1	-	-	-	2	-	-	-	1.13	0.82	1.57
Tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	129	50	0.98	0.69	1.40	10	0.69	0.36	1.35	2	-	-	-	0.99	0.85	1.15
Malattie cardiovascolari (390-459)	1,460	531	0.96	0.86	1.07	168	1.05	0.88	1.24	37	0.82	0.59	1.16	0.98	0.93	1.02
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	607	219	0.97	0.81	1.14	76	1.03	0.80	1.33	12	0.55	0.30	1.01	0.93	0.87	1.00
Malattie apparato respiratorio (460-519)	265	131	1.18	0.93	1.49	30	0.94	0.63	1.41	10	1.03	0.53	2.03	1.03	0.94	1.14
Malattie apparato digerente (520-579)	207	79	1.11	0.83	1.48	30	1.26	0.83	1.91	5	0.80	0.31	2.03	1.01	0.90	1.13
Malattie dell'apparato urinario (580-599)	59	29	1.44	0.86	2.39	9	1.55	0.72	3.36	3	1.61	0.45	5.77	1.25	1.02	1.54

* Categoria di riferimento

b) Donne

CAUSA (ICD-9-CM)	Distanza															
	3-5 Km*		2-3 Km			1-2 Km			0-1 Km			Trend lineare (per 1 Km)				
	n	n	HR	I.C. 95%		n	HR	I.C. 95%		n	HR	I.C. 95%		HR	I.C. 95%	
Cause naturali (001-799)	3,307	1,346	1.04	0.97	1.12	364	1.06	0.94	1.19	89	1.18	0.94	1.47	1.01	0.98	1.04
Tumori totali (140-239)	939	356	1.05	0.92	1.20	98	0.98	0.79	1.23	27	1.00	0.66	1.50	1.00	0.94	1.06
Stomaco (151)	69	31	1.34	0.84	2.15	5	0.62	0.24	1.60	2	-	-	-	0.97	0.79	1.18
Colon retto (153-154,159)	112	48	1.12	0.77	1.63	10	0.89	0.46	1.75	3	1.25	0.37	4.23	1.07	0.91	1.26
Fegato e dotti biliari (155-156)	49	11	0.71	0.35	1.45	1	-	-	-	2	-	-	-	0.87	0.65	1.17
Pancreas (157)	65	23	1.07	0.62	1.83	7	1.12	0.49	2.58	4	1.99	0.61	6.47	1.01	0.81	1.25
Laringe (161)	4	1	-	-	-	2	-	-	-	1	-	-	-	0.81	0.43	1.53
Trachea bronchi e polmoni (162)	114	34	0.91	0.60	1.39	12	0.98	0.52	1.86	2	-	-	-	0.99	0.83	1.17
Vescica (188)	9	9	4.85	1.52	15.42	3	4.79	1.03	22.34	0	-	-	-	1.81	1.12	2.95
Rene (189)	18	11	1.46	0.61	3.50	2	-	-	-	0	-	-	-	1.00	0.68	1.48
Encefalo (191)	24	6	0.72	0.28	1.84	2	-	-	-	1	-	-	-	0.79	0.55	1.13
Tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	67	27	0.93	0.57	1.53	9	1.29	0.62	2.68	3	1.59	0.46	5.42	0.99	0.81	1.22
Malattie cardiovascolari (390-459)	1,543	607	1.00	0.90	1.12	171	1.08	0.91	1.27	40	1.21	0.87	1.69	0.99	0.94	1.03
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	455	175	1.06	0.87	1.29	56	1.19	0.88	1.61	13	1.28	0.71	2.31	1.02	0.94	1.11
Malattie apparato respiratorio (460-519)	168	94	1.33	0.99	1.81	19	1.21	0.73	1.99	4	1.33	0.47	3.73	1.08	0.94	1.23
Malattie apparato digerente (520-579)	147	43	0.71	0.49	1.04	13	0.92	0.51	1.66	5	1.55	0.60	4.03	0.95	0.82	1.11
Malattie dell'apparato urinario (580-599)	52	37	1.52	0.93	2.49	5	0.85	0.33	2.22	1	-	-	-	1.12	0.89	1.41

* Categoria di riferimento

Tabella 5. Rischi Relativi (Hazard Ratios, HR) di mortalità aggiustati per età, SES, PM₁₀, residenza vicino a strade principali, autostrade e industrie e i relativi Intervalli di Confidenza (IC) al 95% per i diversi livelli di concentrazione di H₂S

a) Uomini

CAUSA (ICD-9-CM)	Concentrazioni di H ₂ S							
	<50° percentile*		>90° percentile			Trend lineare (per 0.030ug/m ³)		
	n	n	HR	I.C. 95%		HR	I.C. 95%	
Cause naturali (001-799)	2,684	570	0.93	0.81	1.07	0.94	0.89	1.00
Tumori totali (140-239)	1,007	226	1.00	0.80	1.24	0.92	0.84	1.01
Stomaco (151)	70	14	0.86	0.38	1.95	0.89	0.61	1.30
Colon retto (153-154,159)	92	27	1.29	0.66	2.52	0.95	0.76	1.20
Fegato e dotti biliari (155-156)	54	10	0.54	0.18	1.58	0.51	0.20	1.26
Pancreas (157)	42	9	0.60	0.18	2.05	0.73	0.37	1.44
Laringe (161)	21	5	0.31	0.06	1.47	0.18	0.02	1.86
Trachea bronchi e polmoni (162)	300	60	0.94	0.63	1.40	0.97	0.84	1.11
Vescica (188)	59	15	1.22	0.48	3.09	0.70	0.39	1.24
Rene (189)	22	8	1.09	0.31	3.86	0.88	0.48	1.59
Encefalo (191)	16	5	1.38	0.34	5.63	1.00	0.72	1.38
Tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	91	14	0.86	0.40	1.87	0.77	0.43	1.38
Malattie cardiovascolari (390-459)	1,007	211	0.88	0.71	1.10	0.94	0.86	1.04
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	439	81	0.67	0.47	0.96	0.91	0.77	1.06
Malattie apparato respiratorio (460-519)	201	42	0.96	0.58	1.60	0.96	0.80	1.14
Malattie apparato digerente (520-579)	127	33	0.95	0.53	1.71	1.03	0.90	1.17
Malattie dell'apparato urinario (580-599)	47	7	0.54	0.14	2.11	0.65	0.26	1.60

* Categoria di riferimento

b) Donne

CAUSA (ICD-9-CM)	Concentrazioni di H ₂ S							
	<50° percentile		>90° percentile			Trend lineare (per 0.030ug/m ³)		
	n	n	HR	I.C. 95%		HR	I.C. 95%	
Cause naturali (001-799)	2,436	462	1.14	0.98	1.32	1.00	0.97	1.03
Tumori totali (140-239)	646	139	1.07	0.81	1.42	1.01	0.95	1.07
Stomaco (151)	44	10	0.67	0.23	1.93	0.86	0.55	1.34
Colon retto (153-154,159)	92	10	0.87	0.35	2.15	0.97	0.70	1.35
Fegato e dotti biliari (155-156)	30	1	-	-	-	0.64	0.14	2.94
Pancreas (157)	41	19	2.26	0.85	6.03	1.04	0.89	1.21
Laringe (161)	4	3	0.00	0.00	0.00	1.18	0.86	1.60
Trachea bronchi e polmoni (162)	64	19	1.30	0.58	2.91	1.07	0.95	1.20
Vescica (188)	6	3	12.55	1.45	108.34	1.08	0.93	1.26
Rene (189)	18	1	-	-	-	0.22	0.01	6.28
Encefalo (191)	11	4	0.23	0.04	1.43	0.31	0.08	1.22
Tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	53	13	1.63	0.64	4.19	0.90	0.55	1.47
Malattie cardiovascolari (390-459)	1,165	221	1.09	0.88	1.36	0.99	0.94	1.05
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	344	67	1.03	0.69	1.55	1.01	0.92	1.12
Malattie apparato respiratorio (460-519)	125	21	1.60	0.84	3.05	0.96	0.77	1.20
Malattie apparato digerente (520-579)	96	17	1.13	0.55	2.32	1.01	0.87	1.18
Malattie dell'apparato urinario (580-599)	53	3	0.43	0.09	1.94	0.47	0.10	2.23

* Categoria di riferimento

Tabella 6. Ricoveri per causa della coorte dei residenti entro 5 Km dalle nove discariche. Numero di casi osservati (OSS), attesi (ATT) e rapporti standardizzati indiretti di ospedalizzazione (SHR) aggiustati per età con i relativi Intervalli di Confidenza (IC) al 95% per causa e periodo. Riferimento regione Lazio. Uomini e donne. Periodo 2004 -2008

CAUSA (ICD-9-CM)	uomini					donne				
	OSS	ATT	SHR	I.C. 95%		OSS	ATT	SHR	I.C. 95%	
Cause naturali (001-629;677-799)	21,116	20,249	1.04	1.03	1.06	22,180	21,468	1.03	1.02	1.05
Tumori maligni (140-208)	2,323	2,574	0.90	0.87	0.94	2,150	2,378	0.90	0.87	0.94
Stomaco (151)	100	109	0.91	0.74	1.11	84	73	1.14	0.91	1.42
Colon retto (153-154)	281	338	0.83	0.74	0.94	238	264	0.90	0.79	1.02
Primitivi del fegato (155)	74	90	0.82	0.65	1.03	32	43	0.74	0.51	1.05
Pancreas (157)	47	63	0.74	0.55	0.99	60	62	0.96	0.74	1.24
Laringe (161)	56	56	0.99	0.75	1.29	5	8	0.62	0.20	1.44
Trachea bronchi e polmoni (162)	382	382	1.00	0.90	1.11	132	140	0.94	0.79	1.12
Vescica (188)	331	357	0.93	0.83	1.03	61	81	0.75	0.58	0.97
Rene (189)	87	105	0.83	0.67	1.03	49	52	0.94	0.70	1.24
Encefalo (191)	45	55	0.82	0.60	1.09	36	43	0.84	0.59	1.16
Tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	185	191	0.97	0.84	1.12	106	153	0.69	0.57	0.84
Malattie sistema circolatorio (390-459)	5,306	5,789	0.92	0.89	0.94	4,040	4,644	0.87	0.84	0.90
Malattie cardiache (390-429)	3,344	3,865	0.87	0.84	0.90	2,512	2,888	0.87	0.84	0.90
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	1,477	1,871	0.79	0.75	0.83	751	885	0.85	0.79	0.91
Malattie cerebrovascolari (430-438)	1,251	1,380	0.91	0.86	0.96	1,109	1,374	0.81	0.76	0.86
Malattie apparato respiratorio (460-519)	3,518	3,633	0.97	0.94	1.00	2,596	2,826	0.92	0.88	0.95
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466,480-487)	1,247	1,300	0.96	0.91	1.01	959	1,015	0.95	0.89	1.01
Malattie polmonari cronico ostruttive (490-492;494;496)	546	443	1.23	1.13	1.34	338	328	1.03	0.92	1.15
Asma (493)	130	146	0.89	0.74	1.06	110	123	0.89	0.73	1.08
Malattie apparato digerente (520-579)	4,182	4,758	0.88	0.85	0.91	3,718	4,080	0.91	0.88	0.94
Malattie dell'apparato urinario (580-599)	1,347	1,365	0.99	0.93	1.04	897	962	0.93	0.87	1.00
Nefrite, sindrome nefrosica e nefrosi (580-589)	347	357	0.97	0.87	1.08	252	271	0.93	0.82	1.05
Disturbi ghiandola tiroidea (240-246)	140	166	0.84	0.71	1.00	575	562	1.02	0.94	1.11

Tabella 7. Hazard Ratios (HR) di ricovero aggiustati per età, SES, PM₁₀, residenza vicino a strade principali, autostrade e industrie ed Intervalli di Confidenza (IC) al 95% per le diverse fasce di distanza dalle nove discariche. a) Uomini

CAUSA (ICD-9-CM)	Distanza															
	3-5 Km*			2-3 Km			1-2 Km			0-1 Km			Trend lineare (per 1 Km)			
	n	n	HR	I.C. 95%	n	HR	I.C. 95%	n	HR	I.C. 95%	HR	I.C. 95%	HR	I.C. 95%		
Cause naturali (001-629;677-799)	26,896	11,139	0.99	0.97	1.01	3,969	1.04	1.00	1.08	1,018	1.02	0.96	1.09	1.00	0.99	1.01
Tumori maligni (140-208)	2,972	1,100	0.96	0.89	1.03	366	0.97	0.87	1.09	95	0.91	0.73	1.13	0.98	0.95	1.01
Stomaco (151)	125	55	1.21	0.85	1.71	14	0.97	0.54	1.74	3	0.82	0.25	2.69	1.04	0.90	1.21
Colon retto (153-154)	332	115	0.98	0.78	1.23	42	1.08	0.77	1.52	16	1.27	0.73	2.21	1.04	0.95	1.14
Primitivi del fegato (155)	72	15	0.46	0.25	0.83	6	0.57	0.24	1.36	2	-	-	-	0.75	0.60	0.93
Pancreas (157)	67	19	0.82	0.47	1.42	8	0.88	0.39	1.95	0	-	-	-	0.92	0.74	1.14
Laringe (161)	82	26	0.87	0.54	1.39	11	1.05	0.54	2.05	2	-	-	-	0.98	0.81	1.18
Trachea bronchi e polmoni (162)	490	180	0.94	0.78	1.13	55	0.91	0.68	1.22	12	0.80	0.44	1.46	0.96	0.88	1.03
Vescica (188)	390	146	1.01	0.82	1.25	44	0.97	0.70	1.35	16	1.32	0.77	2.28	1.03	0.95	1.12
Rene (189)	110	44	0.99	0.68	1.45	14	0.88	0.49	1.59	2	-	-	-	0.98	0.83	1.14
Encefalo (191)	55	23	1.10	0.64	1.87	6	0.96	0.40	2.30	2	-	-	-	1.03	0.82	1.29
Tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	274	111	1.09	0.85	1.39	29	0.88	0.59	1.32	7	0.91	0.41	2.01	1.02	0.92	1.14
Malattie sistema circolatorio (390-459)	6,574	2,593	1.00	0.96	1.06	985	1.12	1.05	1.21	270	1.08	0.95	1.24	1.02	1.00	1.04
Malattie cardiache (390-429)	3,956	1,507	0.97	0.91	1.03	601	1.14	1.04	1.25	153	0.99	0.83	1.18	1.01	0.99	1.04
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	1,636	616	0.99	0.90	1.10	243	1.10	0.95	1.27	58	0.94	0.71	1.24	1.00	0.96	1.04
Malattie cerebrovascolari (430-438)	1,362	524	1.05	0.94	1.18	199	1.20	1.02	1.41	64	1.31	1.00	1.73	1.04	0.99	1.08
Malattie apparato respiratorio (460-519)	5,052	1,965	1.02	0.96	1.08	783	1.14	1.05	1.24	184	1.00	0.85	1.17	1.02	0.99	1.04
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466,480-487)	1,554	671	1.12	1.02	1.24	229	1.09	0.94	1.26	64	1.04	0.80	1.36	1.02	0.98	1.06
Malattie polmonari cronico ostruttive (490-492;494;496)	698	266	0.92	0.79	1.07	100	1.08	0.87	1.35	29	1.01	0.68	1.49	1.00	0.94	1.06
Asma (493)	488	184	1.04	0.86	1.26	59	0.89	0.67	1.19	13	0.92	0.52	1.63	0.94	0.87	1.02
Malattie apparato digerente (520-579)	6,989	2,687	0.99	0.94	1.04	1,023	1.02	0.95	1.10	266	0.97	0.85	1.11	1.00	0.98	1.02
Malattie dell'apparato urinario (580-599)	1,856	755	0.94	0.86	1.03	251	0.95	0.83	1.10	74	1.04	0.81	1.34	0.99	0.95	1.03
Nefrite, sindrome nefrosica e nefrosi (580-589)	488	235	0.96	0.81	1.14	57	0.85	0.64	1.14	13	0.77	0.43	1.37	0.95	0.88	1.03
Disturbi ghiandola tiroidea (240-246)	285	91	0.88	0.69	1.14	42	0.99	0.70	1.40	17	1.33	0.77	2.31	1.02	0.92	1.12
<i>Popolazione 0-14 anni</i>																
Cause naturali (001-629;677-799)	4,965	2,167	1.03	0.97	1.09	781	1.13	1.04	1.22	171	1.07	0.91	1.26	1.02	1.00	1.04
Tumori maligni (140-208)	24	10	0.91	0.39	2.10	1	-	-	-	0	-	-	-	0.81	0.55	1.20
Tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	13	4	0.65	0.19	2.28	0	-	-	-	0	-	-	-	0.68	0.38	1.21
Malattie apparato respiratorio (460-519)	2,031	812	1.01	0.92	1.10	308	1.16	1.02	1.32	60	0.94	0.71	1.23	1.01	0.98	1.05
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466,480-487)	791	347	1.06	0.92	1.22	129	1.21	0.99	1.47	36	1.14	0.80	1.63	1.04	0.98	1.10
Asma (493)	431	165	1.06	0.86	1.29	56	1.00	0.75	1.35	10	0.92	0.48	1.76	0.96	0.88	1.04
Malformazioni congenite (740-759)	604	262	0.95	0.79	1.14	101	1.11	0.86	1.43	16	1.03	0.60	1.78	1.04	0.96	1.12
Alcune condizioni morbose di origine perinatale (760-779)	172	67	1.13	0.73	1.77	23	1.03	0.54	1.96	5	1.10	0.25	4.79	1.10	0.92	1.33

* Categoria di riferimento

b) Donne

CAUSA (ICD-9-CM)	Distanza															
	3-5 Km			2-3 Km			1-2 Km			0-1 Km			Trend lineare (per 1 Km)			
	n	n	HR	I.C. 95%	n	HR	I.C. 95%	n	HR	I.C. 95%	HR	I.C. 95%	I.C. 95%			
Cause naturali (001-629;677-799)	27,542	11,460	1.00	0.97	1.02	3,956	1.05	1.02	1.09	1,024	1.02	0.96	1.09	1.01	1.00	1.02
Tumori maligni (140-208)	2,520	964	0.97	0.89	1.05	314	0.96	0.84	1.08	85	0.95	0.75	1.20	0.98	0.95	1.02
Stomaco (151)	99	38	0.96	0.64	1.45	6	0.46	0.20	1.09	2	-	-	-	0.87	0.73	1.05
Colon retto (153-154)	278	110	1.02	0.80	1.30	28	0.89	0.59	1.34	5	0.61	0.24	1.55	0.95	0.86	1.06
Primitivi del fegato (155)	40	9	0.68	0.31	1.49	1	-	-	-	3	1.94	0.50	7.56	0.86	0.64	1.15
Pancreas (157)	58	21	0.98	0.56	1.69	9	1.44	0.68	3.07	5	3.05	1.04	8.93	1.13	0.92	1.40
Laringe (161)	10	5	1.27	0.38	4.24	3	1.63	0.40	6.71	0	-	-	-	0.88	0.54	1.41
Trachea bronchi e polmoni (162)	144	55	1.05	0.75	1.49	16	0.95	0.55	1.65	5	1.22	0.46	3.26	1.01	0.87	1.16
Vescica (188)	57	32	1.61	0.98	2.64	6	1.02	0.41	2.52	3	1.96	0.53	7.28	1.18	0.94	1.47
Rene (189)	48	33	1.52	0.94	2.48	8	1.15	0.52	2.54	0	-	-	-	1.06	0.86	1.32
Encefalo (191)	43	13	0.74	0.38	1.44	7	1.16	0.49	2.77	2	-	-	-	1.01	0.79	1.30
Tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	180	61	0.89	0.65	1.23	20	0.95	0.58	1.54	8	1.37	0.63	2.95	0.99	0.87	1.13
Malattie sistema circolatorio (390-459)	5,485	2,167	0.99	0.93	1.04	722	1.03	0.95	1.12	230	1.14	0.99	1.32	0.99	0.97	1.02
Malattie cardiache (390-429)	3,110	1,211	0.97	0.90	1.05	414	1.07	0.96	1.19	134	1.20	1.00	1.45	1.00	0.97	1.03
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	810	309	0.96	0.83	1.11	94	0.89	0.71	1.12	33	1.13	0.77	1.65	0.97	0.92	1.03
Malattie cerebrovascolari (430-438)	1,268	462	0.97	0.86	1.09	177	1.18	1.00	1.40	46	1.09	0.79	1.49	1.00	0.96	1.05
Malattie apparato respiratorio (460-519)	3,996	1,506	1.02	0.96	1.09	530	1.02	0.92	1.12	150	1.05	0.88	1.25	1.00	0.98	1.03
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466,480-487)	1,278	534	1.05	0.94	1.17	167	0.95	0.80	1.12	60	1.08	0.82	1.42	1.00	0.95	1.04
Malattie polmonari cronico ostruttive (490-492;494;496)	493	194	1.05	0.87	1.25	60	0.97	0.73	1.28	29	1.54	1.03	2.30	1.03	0.96	1.11
Asma (493)	360	135	1.07	0.86	1.33	53	1.16	0.85	1.58	15	1.33	0.77	2.29	1.08	0.99	1.18
Malattie apparato digerente (520-579)	5,573	2,173	1.01	0.96	1.07	794	1.06	0.98	1.14	236	1.08	0.94	1.25	1.01	0.99	1.03
Malattie dell'apparato urinario (580-599)	1,294	604	1.08	0.97	1.20	186	1.03	0.88	1.21	55	1.12	0.84	1.49	1.05	1.00	1.09
Nefrite, sindrome nefrosica e nefrosi (580-589)	314	181	1.17	0.96	1.44	38	0.87	0.61	1.24	15	1.13	0.65	1.97	1.03	0.94	1.12
Disturbi ghiandola tiroidea (240-246)	1,150	415	0.99	0.88	1.12	176	1.02	0.86	1.22	52	0.94	0.69	1.27	1.00	0.96	1.05
<i>Popolazione 0-14 anni</i>																
Cause naturali (001-629;677-799)	3,857	1,688	1.05	0.99	1.12	572	1.05	0.96	1.16	139	1.13	0.94	1.35	1.03	1.00	1.05
Tumori maligni (140-208)	15	6	1.29	0.45	3.69	1	-	-	-	0	-	-	-	0.90	0.54	1.50
Tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	9	3	1.39	0.30	6.41	0	-	-	-	0	-	-	-	0.90	0.46	1.79
Malattie apparato respiratorio (460-519)	1,562	603	1.04	0.94	1.16	216	1.13	0.97	1.31	45	1.06	0.77	1.44	1.03	0.99	1.08
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466,480-487)	632	281	1.09	0.93	1.27	91	1.07	0.85	1.35	32	1.30	0.89	1.89	1.05	0.98	1.11
Asma (493)	232	91	1.14	0.87	1.50	36	1.28	0.88	1.87	5	0.95	0.38	2.41	1.09	0.98	1.22
Malformazioni congenite (740-759)	247	110	1.04	0.79	1.37	33	0.91	0.59	1.38	8	1.02	0.42	2.47	0.97	0.86	1.10
Alcune condizioni morbose di origine perinatale (760-779)	138	56	1.09	0.67	1.76	15	1.13	0.56	2.28	1	-	-	-	0.94	0.76	1.16

* Categoria di riferimento

Tabella 8. Hazard Ratios (HR) di ricovero aggiustati per età, SES, PM₁₀, residenza vicino a strade principali, autostrade e industrie e i relativi Intervalli di Confidenza (IC) al 95% per i diversi livelli di concentrazione di H₂S.

a) Uomini

CAUSA (ICD-9-CM)	Concentrazioni di H ₂ S							
	<50° percentile*	>90° percentile			Trend lineare (per 0.022ug/m ³)			
		n	n	HR	I.C. 95%		HR	I.C. 95%
Cause naturali (001-629;677-799)	20,588	4,567	1.01	0.96	1.06	1.00	0.99	1.01
Tumori maligni (140-208)	2,137	482	0.92	0.79	1.06	0.97	0.94	1.01
Stomaco (151)	102	19	0.75	0.37	1.51	0.96	0.75	1.21
Colon retto (153-154)	227	58	1.08	0.69	1.69	1.00	0.91	1.09
Primitivi del fegato (155)	51	6	0.26	0.07	0.96	0.44	0.19	1.01
Pancreas (157)	41	10	0.62	0.21	1.84	0.81	0.51	1.31
Laringe (161)	54	11	0.72	0.27	1.92	0.68	0.38	1.20
Trachea bronchi e polmoni (162)	349	55	0.63	0.42	0.94	0.98	0.89	1.08
Vescica (188)	275	75	1.59	1.09	2.32	0.96	0.86	1.08
Rene (189)	70	17	0.81	0.37	1.75	0.90	0.67	1.20
Encefalo (191)	35	11	1.12	0.41	3.04	1.02	0.83	1.26
Tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	192	37	0.82	0.49	1.39	0.90	0.73	1.11
Malattie sistema circolatorio (390-459)	4,897	1,221	1.08	0.98	1.19	1.01	0.99	1.02
Malattie cardiache (390-429)	2,964	739	1.05	0.93	1.19	0.98	0.95	1.01
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	1,236	301	1.00	0.82	1.21	0.98	0.93	1.03
Malattie cerebrovascolari (430-438)	989	260	1.09	0.88	1.35	1.02	0.98	1.06
Malattie apparato respiratorio (460-519)	3,426	828	1.04	0.94	1.16	1.00	0.97	1.02
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466;480-487)	1,098	276	1.26	1.06	1.50	0.99	0.95	1.04
Malattie polmonari cronico ostruttive (490-492;494;496)	562	112	0.91	0.67	1.24	0.98	0.91	1.06
Asma (493)	283	57	1.05	0.74	1.49	0.89	0.72	1.10
Malattie apparato digerente (520-579)	4,947	1,236	0.95	0.87	1.04	1.01	0.99	1.02
Malattie dell'apparato urinario (580-599)	1,496	320	1.06	0.88	1.27	1.00	0.96	1.04
Nefrite, sindrome nefrosica e nefrosi (580-589)	493	66	0.95	0.64	1.40	0.85	0.70	1.02
Disturbi ghiandola tiroidea (240-246)	188	55	0.91	0.57	1.45	1.00	0.91	1.09
<i>Popolazione 0-14 anni</i>								
Cause naturali (001-629;677-799)	3,634	663	1.04	0.94	1.16	1.00	0.97	1.03
Tumori maligni (140-208)	16	2	0.72	0.11	4.54	0.47	0.06	3.72
Tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	9	2	1.49	0.15	14.52	0.49	0.05	5.11
Malattie apparato respiratorio (460-519)	1,332	225	0.95	0.80	1.13	0.96	0.90	1.03
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466;480-487)	547	114	1.31	1.03	1.67	0.94	0.83	1.05
Asma (493)	239	46	1.05	0.72	1.54	0.90	0.70	1.15
Malformazioni congenite (740-759)	425	94	1.11	0.80	1.53	1.03	0.93	1.13
Alcune condizioni morbose di origine perinatale (760-779)	103	17	0.63	0.23	1.76	1.07	0.84	1.36

* Categoria di riferimento

b) Donne

CAUSA (ICD-9-CM)	Concentrazioni di H ₂ S							
	<50° percentile	>90° percentile			Trend lineare (per 0.022ug/m ³)			
		n	n	HR	I.C. 95%	HR	I.C. 95%	
Cause naturali (001-629;677-799)	21,409	4,618	1.05	1.00	1.10	1.00	0.99	1.01
Tumori maligni (140-208)	1,845	442	0.97	0.83	1.14	1.00	0.97	1.03
Stomaco (151)	67	14	0.77	0.32	1.87	0.90	0.65	1.25
Colon retto (153-154)	215	42	1.01	0.61	1.66	1.04	0.99	1.11
Primitivi del fegato (155)	29	4	0.56	0.11	2.80	1.06	0.96	1.17
Pancreas (157)	39	16	1.21	0.45	3.23	1.01	0.90	1.14
Laringe (161)	8	2	1.26	0.16	10.01	0.98	0.34	2.79
Trachea bronchi e polmoni (162)	93	22	1.01	0.50	2.05	1.03	0.94	1.13
Vescica (188)	44	10	1.93	0.69	5.40	1.08	0.92	1.26
Rene (189)	50	8	1.67	0.60	4.65	0.86	0.47	1.58
Encefalo (191)	26	11	1.67	0.51	5.43	0.96	0.75	1.22
Tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	120	25	0.74	0.39	1.42	0.93	0.74	1.17
Malattie sistema circolatorio (390-459)	4,239	974	1.04	0.93	1.16	1.01	1.00	1.03
Malattie cardiache (390-429)	2,397	557	1.10	0.95	1.28	1.01	0.98	1.03
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	609	135	0.93	0.70	1.25	0.99	0.93	1.06
Malattie cerebrovascolari (430-438)	958	216	1.05	0.83	1.32	0.99	0.94	1.04
Malattie apparato respiratorio (460-519)	2,629	611	1.12	0.99	1.26	0.99	0.96	1.02
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466,480-487)	946	184	1.04	0.84	1.27	0.99	0.93	1.04
Malattie polmonari cronico ostruttive (490-492;494;496)	377	87	1.24	0.88	1.73	1.00	0.93	1.08
Asma (493)	222	55	1.62	1.12	2.34	1.02	0.94	1.11
Malattie apparato digerente (520-579)	4,041	998	1.05	0.95	1.17	1.00	0.98	1.02
Malattie dell'apparato urinario (580-599)	1,058	224	1.27	1.03	1.57	0.99	0.94	1.05
Nefrite, sindrome nefrosica e nefrosi (580-589)	324	46	1.03	0.64	1.66	1.03	0.96	1.10
Disturbi ghiandola tiroidea (240-246)	766	252	1.12	0.90	1.39	0.95	0.89	1.01
<i>Popolazione 0-14 anni</i>								
Cause naturali (001-629;677-799)	2,807	532	1.17	1.03	1.31	1.01	0.98	1.04
Tumori maligni (140-208)	9	1	-	-	-	0.04	0.00	10.58
Tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	5	0	-	-	-	0.05	0.00	364.99
Malattie apparato respiratorio (460-519)	1,003	172	1.21	0.99	1.46	1.01	0.96	1.07
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466,480-487)	462	75	1.14	0.86	1.51	1.01	0.94	1.08
Asma (493)	136	32	1.79	1.14	2.83	1.04	0.94	1.15
Malformazioni congenite (740-759)	192	43	0.96	0.56	1.66	1.02	0.94	1.11
Alcune condizioni morbose di origine perinatale (760-779)	92	20	1.69	0.76	3.76	0.89	0.52	1.54

* Categoria di riferimento

**VALUTAZIONE EPIDEMIOLOGICA DELLO STATO DI SALUTE DELLA
POPOLAZIONE RESIDENTE NELL'AREA DI MALAGROTTA A ROMA**

RIASSUNTO

INTRODUZIONE. Malagrotta è un'area sub-urbana del comune di Roma localizzata a sud-ovest della città oltre il Grande Raccordo Anulare. Attualmente l'area si estende per circa 50 Km² e comprende la grande discarica per rifiuti urbani (RU), la raffineria di prodotti petroliferi, l'inceneritore per rifiuti ospedalieri e farmaci scaduti (rifiuti speciali) dotato di sistema per il recupero energetico (termovalorizzatore), alcuni depositi di idrocarburi, e cave per inerti. Nell'area sono presenti diverse infrastrutture di trasporto ed alcune aree residenziali.

OBIETTIVI. Il presente studio ha lo scopo di analizzare gli effetti dell'esposizione residenziale alla discarica per RU sulla mortalità e sui ricoveri ospedalieri della coorte di persone che vivono entro 7 Km dall'impianto; a causa della contemporanea presenza nella stessa area dell'inceneritore e della raffineria, la valutazione tiene conto anche del concomitante potenziale effetto sulla salute degli inquinanti emessi da questi due impianti.

METODI. Lo studio, condotto con un approccio di coorte retrospettivo, è parte dello Studio Longitudinale di Roma che ha previsto l'arruolamento ed il *follow-up* della popolazione della città dall'ottobre 2001. La coorte in studio è costituita da tutti i residenti entro 7 Km dalla discarica al 2001 con una residenza in loco da almeno 5 anni, seguiti fino al 31 dicembre 2010. Attraverso l'uso di sistemi informativi geografici (GIS) è stato possibile definire l'area di indagine e a ciascun soggetto della coorte sono state attribuite le coordinate geografiche relative alla residenza. Sono stati utilizzati i seguenti indicatori di esposizione: (1) la distanza dagli impianti (considerando la popolazione residente tra 0-2 Km dal perimetro della complessa area impiantistica come popolazione maggiormente esposta e quella residente tra 5-7 Km come popolazione di riferimento); (2) le concentrazioni di diversi inquinanti stimati attraverso il modello di dispersione SPRAY, quali idrogeno solforato (H₂S), polveri sottili (PM₁₀) e ossidi di zolfo (SO_x), come traccianti rispettivamente dell'impronta della discarica, dell'inceneritore e della raffineria. L'impronta è definita come la porzione di territorio, circostante l'impianto, in cui le emissioni che l'impianto produce durante la sua normale attività determinano una distribuzione di concentrazione con caratteristiche definite. Sono state oggetto di indagine la mortalità per i principali tumori e i grandi gruppi di malattie, e i ricoveri ospedalieri per specifiche categorie

nosologiche. L'analisi statistica è stata condotta con un modello di sopravvivenza (modello di Cox) tenendo conto delle caratteristiche individuali, sociali e delle diverse esposizioni ambientali.

RISULTATI. La coorte in studio è composta di 85,559 persone residenti al 2001, di cui il 51.6% donne. Ad ogni soggetto è stato attribuito, sulla base dell'indirizzo di residenza all'inizio dello studio, il livello di esposizione di ciascun inquinante. Per i membri della coorte, la stima dell'esposizione media annuale individuale a H₂S (discarica) è risultata pari a 0.02 µg/m³ (SD 0.02), ad SO_x (raffineria) è risultata pari a 1.67 µg/m³ (SD 0.92) e al PM₁₀ (inceneritore) è risultata pari a 0.02 ng/m³ (SD 0.02). Le persone che vivono in zone con più alta concentrazione di H₂S, SO_x o PM₁₀ tendono ad avere un livello di istruzione più basso, ad essere in misura maggiore lavoratori manuali ed ad avere una posizione socio-economica inferiore rispetto al gruppo di soggetti considerati come riferimento.

Coloro che vivono in prossimità degli impianti presentano (sia tra gli uomini che tra le donne) un quadro di mortalità generale relativamente simile a quello della popolazione di riferimento. Fanno tuttavia eccezione le patologie dell'apparato cardiovascolare (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, mentre tra gli uomini si osserva una riduzione del rischio per il tumore del polmone. I residenti (uomini e donne) più prossimi agli impianti ricorrono più frequentemente alle cure ospedaliere (+8%), in particolare per malattie circolatorie, urinarie e dell'apparato digerente. Tra gli uomini si è osservato un aumento dei ricoveri per patologie della tiroide.

Per quanto riguarda i risultati relativi alle concentrazioni dei singoli inquinanti, si è riscontrata nei gruppi più esposti ad H₂S (discarica) e SO_x (raffineria) una maggiore frequenza di tumori della laringe e della vescica (mortalità e ricoveri) nelle donne residenti. Limitatamente ai ricoveri, si è osservata un'associazione tra H₂S e malattie dell'apparato circolatorio (donne). L'SO_x, tracciante della raffineria, è risultato associato a malattie dell'apparato respiratorio (uomini) e tumore della laringe tra le donne. L'esposizione a PM₁₀ (inceneritore) è risultata associata prevalentemente a patologie dell'apparato respiratorio e a tumore del pancreas (uomini) e a tumore della laringe, del fegato e della mammella (donne).

CONCLUSIONI. Lo studio della coorte dei residenti nell'area di Malagrotta ha evidenziato un quadro di mortalità tra le persone più esposte in gran parte paragonabile con quello osservato nella popolazione di riferimento. Tuttavia, sono stati riscontrati, sia per la mortalità e soprattutto per le ospedalizzazioni, alcuni eccessi di rischio degni di nota, in particolare per malattie respiratorie, cardiovascolari e per alcune forme tumorali. 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 potenzialmente attribuibili all'inquinamento prodotto nei passati decenni dagli impianti industriali presenti nell'area, ma è molto difficile determinare quali siano le emissioni (e di conseguenza gli impianti) che ne sono maggiormente responsabili.

INTRODUZIONE

Malagrotta è un'area sub-urbana del comune di Roma localizzata a sud-ovest della città oltre il Grande Raccordo Anulare. Attualmente l'area si estende per circa 50 Km² e comprende la grande discarica per rifiuti urbani (RU), la raffineria di prodotti petroliferi, l'inceneritore per rifiuti ospedalieri e farmaci scaduti (rifiuti speciali) dotato di sistema per il recupero energetico (termovalorizzatore), alcuni depositi di idrocarburi e cave per inerti. Nell'area sono presenti diverse infrastrutture di trasporto ed alcune aree residenziali.

A partire dalla metà degli anni '60, nell'area di Malagrotta sono progressivamente entrati in attività i tre importanti impianti di tipo industriale, la discarica, l'inceneritore per rifiuti urbani, poi trasformato in termovalorizzatore, e la raffineria.

Negli ultimi decenni, la discarica di Malagrotta si è configurata come uno dei più grandi siti europei (15 ettari di superficie, 1.46 milioni di tonnellate di RU/anno) e ha ricevuto rifiuti sia dal comune di Roma che da quello di Fiumicino. La discarica è attualmente in funzione anche se ha raggiunto la sua capacità massima e sono annessi impianti di trattamento meccanico biologico, un gassificatore, un impianto di recupero ed utilizzo di biometano, e un impianto di inertizzazione del percolato.

L'inceneritore per rifiuti speciali di Ponte Malnome (altezza della ciminiera 80 m, capacità di 60 t/giorno di rifiuti ospedalieri e farmaci scaduti provenienti rispettivamente dalle strutture sanitarie e dalla specifica raccolta differenziata effettuata dall'azienda AMA a Roma; tasso di emissioni di NO_x 14.58 t/a) è in funzione dal 1996, data in cui il nuovo impianto ha sostituito un vecchio inceneritore di RU che è stato in opera dal 1962 al 1985, quando fu chiuso per mancato rispetto delle norme ambientali dell'epoca. L'impianto è attualmente dotato di un sistema di recupero energetico con produzione di circa 3 MW di energia elettrica.

La Raffineria di Roma (97 ettari di superficie, capacità 4.3 milioni ton/anno) è stata costruita nel 1965 ed è il centro principale per la raffinazione di prodotti petroliferi dell'Italia centrale. La raffineria ha il proprio stabilimento di lavorazione a Malagrotta e una stazione operativa a Fiumicino e due piattaforme fisse di attracco navi/cisterna

situate a circa 6 Km dalla costa, collegate a terra da oleodotti sottomarini; la stazione operativa è a sua volta collegata con la raffineria a mezzo di oleodotti terrestri.

La valutazione di impatto sulla salute della popolazione residente nei pressi dei siti di smaltimento dei rifiuti, in particolare per inceneritori e discariche, è stata oggetto di diverse revisioni sistematiche. Per quanto riguarda gli inceneritori/termovalorizzatori, sono stati suggeriti eccessi di rischio per alcune forme tumorali (in particolare linfoma non-Hodgkin e sarcoma dei tessuti molli) tra le persone che hanno vissuto nei pressi di impianti di incenerimento dei rifiuti, soprattutto impianti di vecchia generazione; le evidenze sono invece più controverse per quanto concerne i rischi associati alla residenza nei pressi di discariche.¹⁻⁴ Alcuni studi hanno documentato delle deboli associazioni tra residenza nei pressi di discariche controllate e rischio per la salute. Tuttavia, nella maggior parte degli studi disponibili, in mancanza di informazioni dettagliate sulla esposizione a sostanze tossiche, la distanza dalla discarica è stata utilizzata come indicatore dell'esposizione. In uno studio canadese⁵ è stato osservato un eccesso di rischio tra gli uomini residenti vicino alla discarica per linfoma non-Hodgkin, tumore dello stomaco, dei reni e del pancreas. Nello studio condotto su 9,565 discariche in Gran Bretagna⁶, Jarup non ha evidenziato eccessi di cancro nella popolazione residente oggetto dell'indagine. In un precedente studio finlandese, invece, era stato riscontrato un eccesso nel numero di casi di tumore del pancreas e della pelle tra gli uomini residenti in abitazioni costruite su un'area di scarico di rifiuti industriali e domestici.⁷ Uno studio ecologico pubblicato nel 2000 ha confrontato i tassi di mortalità e di ospedalizzazione della popolazione residente nei pressi di una discarica in Galles e quelli registrati in popolazioni che presentavano le stesse caratteristiche di livello socio-economico, ma situate in zone diverse da quella in esame.⁸ I risultati di tale studio non hanno evidenziato differenze, sia in termini di mortalità che di ricorso ai ricoveri ospedalieri tra le due popolazioni. In definitiva, le conoscenze epidemiologiche ad oggi disponibili, ancorché non conclusive, fanno ritenere che il conferimento in discariche controllate, costruite e condotte in accordo alla normativa nazionale e comunitaria, non comporti un rischio per l'ambiente e per la salute delle popolazioni insediate nelle vicinanze dell'impianto.

Anche gli studi disponibili sull'effetto degli impianti petrolchimici sulla salute della popolazione residente non forniscono al momento risultati univoci. Ad oggi, non è emersa una chiara evidenza di associazione tra il vivere in prossimità di una raffineria

di prodotti petroliferi e l'incidenza di tumore o la mortalità per causa della popolazione esposta.⁹⁻¹⁴ Solo in Inghilterra è stato documentato un eccesso di mortalità per tumore dei polmoni tra i residenti in prossimità di impianti industriali, soprattutto tra le donne.¹⁵

Come già detto, a causa delle difficoltà nel misurare l'esposizione a diverse fonti inquinanti, la maggior parte degli studi sulla salute dei residenti in aree ad alto rischio ambientale ha utilizzato la distanza dalla sorgente come indicatore di esposizione.¹⁶⁻¹⁷ Tuttavia, indagini recenti^{12,18-19} hanno introdotto un approccio innovativo, che utilizza i modelli di dispersione degli inquinanti per stimarne la concentrazione in una determinata porzione di territorio e permette di valutare il livello di esposizione della popolazione con maggiore precisione. Questo approccio fornisce una valutazione migliore dell'esposizione rispetto ad altri studi che si basano sulla distanza dalla sorgente, come suggerito di recente dall'Agenzia europea dell'ambiente.²⁰ In sostanza, il modello di dispersione è utile per costruire l' "impronta" (*footprint*) del complesso industriale che può essere usata per lo studio epidemiologico.

Un ulteriore problema riguarda il modello di studio epidemiologico e la modalità di raccolta dei dati sanitari. Molti studi hanno usato i dati sanitari a livello aggregato rapportandoli ad una popolazione definita (il comune, la sezione di censimento) limitando di fatto la possibilità di tenere conto in fase di analisi del tempo-persona a rischio e del ruolo di fattori individuali quali il livello socio-economico.²¹⁻²² Ranzi et al. hanno recentemente utilizzato un approccio di coorte retrospettivo¹⁸ per valutare gli effetti sulla salute delle emissioni da due inceneritori. In questo studio, per stimare le concentrazioni dell'inquinante è stato utilizzato un modello di dispersione gaussiano, ADMS, tutti i soggetti sono stati seguiti a livello individuale ed è stato tenuto conto del livello socio-economico della sezione di residenza degli individui della coorte.

In risposta alle preoccupazioni espresse dai residenti della comunità di Malagrotta circa i possibili rischi derivanti dagli impianti industriali, negli anni novanta sono stati effettuati alcuni studi con l'obiettivo di valutare l'effetto delle esposizioni sia sulla salute dei lavoratori impiegati nei diversi contesti industriali dell'area sia su quella dei residenti.²³⁻²⁵ I risultati degli studi sui lavoratori negli impianti di incenerimento e nella raffineria hanno indicato un effetto nocivo legato all'esposizione a sostanze inquinanti (eccesso di mortalità per tumore dello stomaco tra i lavoratori dell'inceneritore;

eccessi di mortalità per tumore del polmone, della vescica, di tumori cerebrali e mieloma multiplo tra i lavoratori della raffineria). Tuttavia, lo studio di mortalità sulla popolazione residente (per il periodo 1987-1993) condotto con un approccio "ecologico" (le unità di osservazione erano le sezioni di censimento) non ha indicato alcun eccesso nelle condizioni morbose esaminate al variare della distanza, con l'unica eccezione della mortalità per tumore della laringe che risultava in eccesso tra gli uomini residenti nelle più immediate vicinanze degli impianti. Tale studio è stato replicato con le stesse modalità nel 2007 con riferimento ai dati di mortalità e dei ricoveri ospedalieri del periodo 1997-2004. Anche in questo caso, l'indagine non dimostrava alterazioni importanti nella mortalità e nella morbosità nell'area di Malagrotta e nel territorio circostante gli impianti, osservando tuttavia un debole aumento della mortalità per tumore della laringe.

Il presente studio ha lo scopo di analizzare gli effetti dell'esposizione residenziale alla discarica per RU sulla mortalità e sui ricoveri ospedalieri della coorte di persone che vivono entro 7 Km dall'impianto; a causa della contemporanea presenza nella stessa area dell'inceneritore e della raffineria, questa valutazione terrà conto anche del concomitante potenziale effetto sulla salute dei residenti degli inquinanti emessi da questi due impianti.

Il progetto ha usato come indicatori di esposizione sia la distanza dagli impianti sia i risultati derivanti dai modelli di dispersione che hanno stimato la concentrazione di idrogeno solforato (H_2S) come "impronta" della discarica, delle polveri sottili (PM_{10}) per l'inceneritore e gli ossidi di zolfo (SO_x) per quanto riguarda la raffineria. Lo studio, condotto con un approccio di coorte retrospettivo, è stato innestato all'interno dello Studio Longitudinale di Roma²² che ha previsto l'arruolamento ed il *follow-up* della popolazione di Roma dall'ottobre 2001.

METODI

Area in studio

Le localizzazioni della discarica di rifiuti urbani, dell'inceneritore e della raffineria sono stati identificate utilizzando il software GIS (Geographic Information System). Per definire il perimetro della discarica sono state utilizzate le carte tecniche regionali (CTR), in scala 1:5000, mentre per definire la posizione della raffineria e

dell'inceneritore dei rifiuti sono state utilizzate le coordinate geografiche che identificano la posizione dei rispettivi camini. Tutte le informazioni sono state proiettate secondo il sistema di riferimento WGS84_UTM33N (il sistema geodetico mondiale del 1984 con la proiezione universale della Trasversa di Mercatore relativa alla zona 33Nord). Sulla base della letteratura disponibile²⁷ e dai modelli di dispersione utilizzati (vedi sotto) si è deciso di definire l'area in studio per il caso di Malagrotta come quella compresa in un raggio di 7 Km dalla discarica. Questa decisione, che ha allargato l'area rispetto a quanto effettuato nello studio regionale su tutte le discariche (0-5 Km), permette una maggiore numerosità di popolazione di confronto in considerazione delle molteplici fonti di esposizione presenti.

Indicatori di esposizione per gli impianti considerati

La valutazione dell'esposizione della popolazione residente è stata effettuata con due modalità, considerando:

- la distanza della residenza dal perimetro della discarica, costruita utilizzando il software ArcGIS, che ha permesso di definire 7 cerchi di raggio 1 Km, intorno al perimetro fino a definire l'area di interesse (0-7 Km);
- l'esposizione agli inquinanti che definiscono l'impronta degli impianti: per la discarica l'idrogeno solforato (H₂S), per la raffineria gli ossido di zolfo (SO_x) e per l'inceneritore il particolato atmosferico (PM₁₀).

Valutazione dell'esposizione: modelli di dispersione

Il modello lagrangiano a particelle SPRAY ver.5 (Arianet srl, Milano, Italia) è stato utilizzato per simulare l'impatto delle diverse fonti di emissione nell'area in studio. Il modello simula il trasporto, la dispersione e la ricaduta degli inquinanti emessi da diverse fonti su terreni complessi e con la presenza di ostacoli, seguendo il percorso di particelle fittizie nel flusso turbolento dell'atmosfera. SPRAY è in grado di considerare situazioni complesse, come la presenza di brezza dell'atmosfera, forti disomogeneità meteorologiche non-stazionarie, basse condizioni di calma di vento e ricircolo dell'aria.²⁸⁻²⁹ La scelta di un modello lagrangiano a particelle, invece di un modello gaussiano come ADMS, consente di utilizzare al meglio i parametri micrometeorologici e fornisce delle stime migliori in situazioni convettive per la sua capacità di tenere conto della turbolenza che influenza l'addensamento e la concentrazione degli inquinanti.

Per stimare la dispersione delle concentrazioni degli inquinanti al suolo è stato necessario utilizzare i seguenti parametri: la orografia, i dati meteorologici mensili (in particolare le componenti del vento e della temperatura), le caratteristiche della turbolenza nella bassa atmosfera e la distribuzione oraria spaziale (orizzontale e verticale) delle emissioni inquinanti. L'ultimo parametro utilizzato è costituito dalle caratteristiche della singola fonte e dai flussi di massa (g/h). Questi dati riguardano le emissioni del 2005, sono su base annua e sono stati forniti da ISPRA.²⁶ Per ciascuna fonte, è stato scelto come marker di esposizione un determinato inquinante: l'H₂S (l'idrogeno solforato) per la discarica, l'SO_x (ossidi di zolfo) per la raffineria e il PM₁₀ per il termovalorizzatore (micro particelle, il cui diametro aerodinamico è uguale o inferiore a 10 µm, ovvero 10 millesimi di millimetro). È stato inoltre definito un dominio di indagine, pari ad un quadrato 30x30 Km, per la stima delle concentrazioni degli inquinanti al suolo e una risoluzione di 500 metri in linea con i campi meteorologici utilizzati. Di conseguenza, il singolo valore di concentrazione è stato stimato come media annuale in una cella di 500x500 m.

I valori di emissione orari di PM₁₀ (inceneritore) e SO_x (raffineria) sono stati ottenuti assumendo una distribuzione uniforme nel tempo e utilizzando le caratteristiche specifiche dei camini: il diametro interno, la percentuale di rilascio di fumi, la temperatura e la velocità dei fumi.

Le emissioni di H₂S dalla discarica sono state generate utilizzando il Landfill Gas Emissions Model, sviluppato dalla US Environmental Protection Agency.³¹ È stata costruita una griglia regolare che approssima l'area della discarica con una risoluzione di 125x125 m e sono stati calcolati i tassi di emissione di H₂S per ogni cella. I parametri utilizzati sono stati: il tempo di attività, e quindi le informazioni relative alle date di apertura e chiusura di ciascun settore della discarica, la capacità, in termini di tonnellate di rifiuti e il tasso di ricevimento dei rifiuti. I tassi di emissione così calcolati sono stati considerati come dati di input per il modello lagrangiano.

Sono state così prodotte le mappe di concentrazione media annuale per ciascun inquinante scelto come tracciante degli impianti in studio. L'uso combinato della distanza geografica e delle concentrazioni stimate fornisce un quadro più completo dell'impatto del sito sull'ambiente e sull'uomo. Le concentrazioni di H₂S, PM₁₀ e SO_x definiscono l'inquinamento della matrice aria, mentre la distanza può essere

considerata un indicatore anche dell'inquinamento delle matrici acqua e suolo, sotto l'ipotesi che la contaminazione avvenga maggiormente nella zona limitrofa agli impianti stessi.

Arruolamento della coorte e procedure di follow-up

La coorte è stata selezionata dallo Studio Longitudinale Romano (2.5 milioni di residenti nell'ottobre 2001). Il disegno dello studio e le sue principali caratteristiche sono state presentate in un articolo pubblicato da Cesaroni et al. nel 2010.²² Sono stati selezionati tutti i residenti nell'area dei 7 Km dalla discarica di Malagrotta, che hanno vissuto nello stesso indirizzo da almeno 5 anni prima della data di arruolamento fissata al 31 ottobre 2001.

Tutti i soggetti arruolati nella coorte sono stati seguiti per quanto riguarda il proprio stato in vita fino al 31 dicembre 2010. I soggetti emigrati dal comune di residenza in un altro comune sono stati considerati vivi fino al momento della emigrazione, e il *follow-up* è dunque cessato al momento della migrazione stessa. In sostanza, i soggetti della coorte sono stati considerati a rischio fino al momento del decesso o di emigrazione dal comune di Roma o fino all'ultimo giorno di *follow-up*, il 31 dicembre 2010. L'attribuzione delle informazioni sanitarie, mortalità e ricorso alle cure ospedaliere, alla coorte è stata effettuata con procedure di *record-linkage*, usando codici individuali anonimi nel rispetto delle leggi sulla privacy.

E' importante sottolineare che la coorte dello studio longitudinale romano non tiene conto delle nascite e delle immigrazioni avvenute dal 2001 al 2010, dunque la coorte di residenti non subisce nessun incremento, è una coorte chiusa. Per questo motivo questo studio non valuta lo stato di salute dei bambini e delle bambine, nati e residenti nell'area di Malagrotta e non considera le persone che hanno preso la residenza nell'area successivamente all'ottobre 2001. Questa evidente limitazione è tuttavia bilanciata dalla ricchezza delle informazioni individuali disponibili per la coorte dello Studio Longitudinale di Roma.

Ad ogni soggetto della coorte è stato assegnato un valore di H₂S (discarica), SO_x (raffineria) e PM₁₀ (inceneritore), corrispondenti alle concentrazioni stimate dal modello di dispersione per la porzione di territorio di residenza del soggetto.

Esiti in studio

Mortalità

Le informazioni sulle cause di morte provengono dal Registro Nominativo delle Cause di Morte (ReNCAM) della Regione Lazio. Sono stati considerati i grandi gruppi delle cause di morte e i seguenti tumori di sedi specifiche (codici ICD IX tra parentesi) per i quali sono state ipotizzate delle associazioni con le esposizioni in studio: stomaco (151), colon-retto (153, 154, 159.0), tumori primitivi del fegato (155.0), pancreas (157), laringe (161), polmone (162), mammella (174) vescica (188), rene (189), cervello e altre parti non specificate del sistema nervoso (191-192) cervello (191) e tumore del sistema linfatico ed emopoietico (200-208).^{2,14,19,23,28-35}

Ospedalizzazioni

Le informazioni relative ai ricoveri ospedalieri sono state recuperate dal Sistema Informativo Ospedaliero (SIO) del Lazio che rileva e gestisce i dati analitici di tutti i ricoveri ospedalieri (in acuzie e post-acuzie) che ogni anno si verificano negli Istituti di Ricovero e Cura della Regione (pubblici e privati). Attraverso una procedura di *record-linkage* sono quindi state attribuite a tutte le persone che hanno avuto un ricovero la diagnosi principale, codificata secondo le regole della IX Classificazione Internazionale delle Malattie, la data di ricovero e di dimissione. Per ogni individuo ricoverato è stato analizzato solo il primo ricovero (acuto e in regime ordinario) avvenuto nel periodo in studio per la patologia di interesse. I ricoveri per cause naturali (001-629; 677-799) escludono i ricoveri per traumatismi e per parto.

Altre informazioni individuali e fattori di confondimento

A ciascun soggetto sono state attribuite le seguenti caratteristiche individuali: livello di istruzione (alto: università, medio: scuola superiore, basso: scuola dell'obbligo), occupazione (lavori non manuali, lavori manuali, pensionato, non lavoratore), stato civile (sposato, single, separato/divorziato, vedovo), nazionalità (italiana, altro) e un indicatore di livello socio-economico (SES) basato sulla sezione di censimento di residenza (alto, medio, basso).⁴⁰

Oltre alle caratteristiche di esposizione in esame, sono state considerate altre informazioni ambientali che possono essere considerate fattori di confondimento per le relazioni in studio, in particolare la vicinanza a strade ed autostrade trafficate, l'inquinamento da traffico stradale diffuso e il contributo all'inquinamento proveniente

dai mezzi di trasporto di rifiuti verso la discarica. Per ognuno di questi fattori sono stati creati degli indicatori come di seguito descritto.

Sono stati calcolati per ogni soggetto della coorte due indicatori di inquinamento da traffico veicolare: la presenza/assenza di autostrada nel raggio di 500 m dalla residenza e la presenza/assenza di strade principali in 150 m dalla residenza. Per classificare la tipologia di strade sono state utilizzate le informazioni presenti nel database della società TELEATLAS; la classificazione è avvenuta selezionando il valore dell'attributo Functional Road Class (FRC): autostrade (FRC=1) strade principali ($1 <= FRC <= 5$).

Sono state stimate per ciascun indirizzo di residenza le concentrazioni di NO₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) derivante dal traffico stradale attraverso un modello di regressione *land use* (LUR) sviluppato per Roma nel 2007 a partire da misurazioni *ad hoc* effettuate in 78 punti nell'arco di tre periodi di una settimana, ciascuno in tre stagioni differenti (inverno primavera e autunno).⁴¹ Il modello LUR include le seguenti variabili: altitudine (m), posizione geografica (coordinate x,y), distanza dal centro della città, grandezza della sezione di censimento e metri di strada ad alto traffico in un area intorno a 150 m ($R^2=0.704$). L'NO₂ così stimato è stato suddiviso in tre livelli: basso (NO₂ ≤ 30), medio ($30 < \text{NO}_2 \leq 40$) e alto (NO₂ > 40).

L'ultimo fattore considerato come possibile confondente è la concentrazione di NO₂ attribuibile al traffico relativo al trasporto di RU. Per i fattori emissivi è stato preso in considerazione un automezzo pesante con motore diesel tipo EURO2. Sono stati stimati tutti i tragitti che hanno come origine i centroidi delle sezioni di censimento di Roma e come destinazione (dopo il processo di recupero e pre-trattamento) la discarica di Malagrotta. I flussi di mezzi pesanti sono quelli relativi al 2008 e sono stati stimati tenendo conto delle seguenti informazioni: produzione di rifiuto per abitante, *network* stradale, tipologia di strada e velocità media. È stato ipotizzato un percorso minimo per ciascun tragitto dal punto di raccolta (il centroide della sezione di censimento) al punto di smaltimento del rifiuto attribuendo un peso più alto alle strade locali ed un peso più basso alle strade di grande importanza; in questo modo sono stati privilegiati gli spostamenti su strade ad alto scorrimento. Per ogni tratto stradale, è stata stimata la emissione di NO₂ in un secondo per m² e di seguito è stata stimata la concentrazione ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) con un griglia di 100 m² lungo le strade attraverso

il modello di dispersione atmosferico ADMS-Urban utilizzando i dati meteo del 2008-2009 (ulteriori dettagli in http://www.integrated-assessment.eu/content/health_effects_waste_management). Ad ogni soggetto, in base alla propria posizione geografica, è stato attribuito un valore corrispondente di NO₂ da traffico pesante per trasporto rifiuti.

Analisi dei dati

L'esposizione alle diverse fonti di inquinamento è stata stimata in corrispondenza dell'indirizzo di residenza dell'individuo all'inizio del *follow-up*. La popolazione in studio è stata considerata a rischio a partire dall'età alla data di arruolamento, fino all'età di uscita dallo studio, avvenuta a causa dell'evento morte o a causa di migrazione, ossia di uscita dal comune di Roma o per fine *follow-up*. Sono stati dunque calcolati gli anni-persona di osservazione e i tassi grezzi di mortalità ed ospedalizzazione.

Sono state descritte le caratteristiche socio-demografiche ed ambientali della popolazione in studio per distanza e per livelli di esposizione. Sono state considerate per ogni inquinante (H₂S, discarica, SO_x, raffineria e PM₁₀, inceneritore) tre categorie: sotto il 50° percentile, tra il 50° e il 90° percentile e oltre il 90° percentile della distribuzione di ciascuna sostanza inquinante.

Successivamente è stata valutata l'associazione tra la residenza nei pressi dei tre impianti e la storia di mortalità e di ospedalizzazioni dell'intera coorte sulla base di due approcci per la misura dell'esposizione:

- la distanza dagli impianti, nell'ipotesi che una residenza in prossimità degli impianti costituisca un fattore di rischio per la salute; i soggetti della coorte sono stati suddivisi in diverse fasce caratterizzate da una distanza crescente dagli impianti (residenti entro il raggio di 1 Km e tra 1 e 2 Km, *gruppo degli esposti* vs residenti tra 5 e 7 Km, *gruppo di riferimento*).
- l'impronta di H₂S, PM₁₀ e SO_x ottenute dai modelli di dispersione. I soggetti della coorte sono stati classificati sulla base della distribuzione della concentrazione di ciascuno degli inquinanti scelti come traccianti, registrata al loro indirizzo di residenza.

L'analisi della sopravvivenza, attraverso il modello di Cox, è stata effettuata sia per la mortalità che per le persone ospedalizzate.

Confronto interno nella coorte per distanza dagli impianti

La mortalità per causa e la frequenza di ospedalizzazione dei *gruppi degli esposti* (i residenti nelle fasce 0-1 Km e 1-2 Km) sono stati direttamente confrontati con quelli del *gruppo di riferimento* (residenti nella fascia distante 5-7 Km). La distanza (da 0 a 7 Km) è stata inoltre considerata come variabile continua (test per il trend) in modo da valutare se al diminuire della distanza (per ogni Km) dagli impianti aumenta il rischio di mortalità o ricovero. I confronti interni sono stati eseguiti con analisi di sopravvivenza di Cox (vedi dopo).

Confronto interno alla coorte per livello di esposizione ad inquinanti

L'analisi è stata condotta con il modello di Cox considerando come variabile di esposizione per ogni inquinante (H₂S, discarica, SO_x, raffineria e PM₁₀, inceneritore) tre categorie: sotto il 50° percentile, tra il 50° e il 90° percentile e oltre il 90°. I soggetti al di sopra del 90° percentile sono stati confrontati con quelli al di sotto del 50° percentile. I livelli di esposizione sono stati inoltre considerati come variabile continua (test per il trend) in modo da valutare se all'aumentare della concentrazione aumentasse il rischio di mortalità o ricovero. A causa del diverso ordine di grandezza degli indicatori di esposizione è stato stimato l'effetto lineare dell'esposizione per un incremento pari alla differenza tra il 95° e il 5° percentile della distribuzione di ciascun inquinante.

Il modello di Cox

Le associazioni sono state stimate con un modello di regressione di Cox, specifico per genere. La variabile temporale considerata era l'età. Per tenere in considerazione anche il possibile andamento temporale dei rischi sono stati definiti tre periodi di calendario (2001-2004, 2005-2008, 2009-2010) e il modello di regressione è stato stratificato per questa variabile. Il modello è in grado di stimare i Rischi Relativi (o Hazard Ratio, HR) dopo aver considerato come possibili fattori di confondimento tutte le covariate precedentemente elencate (istruzione, occupazione, stato civile, luogo di nascita, posizione socio-economica, esposizione a strade principali, autostrade, NO₂ da traffico e NO₂ da traffico pesante per trasporto rifiuti). Per ogni confronto, è stato utilizzato un modello più parsimonioso costruito utilizzando una strategia di

eliminazione *backward* delle variabili con un valore di $p > 0.20$. Il modello finale include, quindi, le seguenti variabili: istruzione, occupazione, stato civile, nazionalità, indicatore di posizione socio-economica e la concentrazione di NO_2 (dal modello LUR). E' stato inoltre valutato l'effetto della potenziale autocorrelazione spaziale dei dati: questo fenomeno si verifica se le persone che sono geograficamente vicine sono più simili rispetto a quelle lontane e quindi tendono a sperimentare tassi di mortalità o morbosità più simili. Non tenere conto di questo effetto potrebbe falsare le stime di rischio. A questo scopo, ad ogni indirizzo è stato associato un valore che identifica la posizione nello spazio, ossia un numero corrispondente ad una cella di 500×500 m, quindi il modello di Cox è stato esteso inserendo il valore casuale dell'intercetta dato dalla posizione dell'individuo.

I numerosi confronti eseguiti in questo studio hanno testato delle ipotesi di associazione tra esposizione ed esito in gran parte stabilite *a priori*. Tuttavia, è stato valutato il possibile ruolo dei test multipli nelle analisi condotte attraverso il calcolo del *q-value*, che tiene conto del numero di test eseguiti. Sono stati calcolati sia il *p-value* sia il *q-value* ad una coda al fine di rilevare solo gli eccessi di rischio. Il *p-value* è stato calcolato direttamente dalla analisi di Cox mentre il *q-value* è stato stimato con il metodo di Simes per l'aggiustamento dei confronti multipli indipendenti.⁴²

La gestione dei data base è stata effettuata utilizzando il software SAS mentre per le analisi statistiche sono stati usati i software STATA (versione 12, StataCorp) ed R (www.r-project.org).

RISULTATI

Dati descrittivi

La figura 1 (a) rappresenta l'area in studio e la distribuzione geografica della residenza della coorte arruolata. Le figure 1 (b), (c) e (d) rappresentano i risultati del modello di dispersione per ciascun inquinante e l'impronta della discarica (H_2S), della raffineria (SO_x) e dell'inceneritore (PM_{10}). La dispersione degli inquinanti nell'area in studio è influenzata principalmente dall'altezza della sorgente emissiva e dalla direzione prevalente (in direzione sud-ovest nord-est). L'area interessata dai valori più alti di concentrazione di H_2S è la discarica stessa, con una superficie circostante di

forma regolare, leggermente allungata in direzione sud-ovest. La dispersione dell' SO_x , tracciante della raffineria, è il risultato di un modello in cui sono stati considerati molteplici fonti puntuali, perché la raffineria possiede diversi camini di altezza variabile: da 25 metri (responsabile di una dispersione più locale) a 72 metri (responsabile di una dispersione di più ampio raggio). L'impronta della raffineria appare più ampia di quella della discarica. Infine, per quel che riguarda l'inceneritore di rifiuti speciali, l'elevata altezza del camino (80 metri) determina un'ampia dispersione delle polveri e, a causa dei venti dominanti, l'area a sud-ovest del camino è quella dove si osserva la deposizione maggiore con aree a più alta concentrazione. E' da rilevare, tuttavia, che mentre i livelli di concentrazione assoluta sono apprezzabili per H_2S e SO_x , i livelli stimati di PM_{10} sono estremamente bassi, tali da costringere ad usare i nanogrammi/ m^3 invece dei microgrammi/ m^3 per poter apprezzare le differenze.

La coorte in studio è composta di 85,559 persone residenti al 2001, di cui il 51.6% donne. Ad ogni soggetto è stato attribuito, sulla base dell'indirizzo di residenza all'inizio dello studio, il livello di esposizione di ciascun inquinante. La figura 2 e la tabella 1 mostrano la distribuzione di frequenza della popolazione in funzione dei livelli di esposizione a H_2S , SO_x e PM_{10} . La maggior parte della popolazione è esposta a concentrazioni basse di questi inquinanti con una stima dell'esposizione media annuale di H_2S di $0.02 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (SD 0.02), *range* da 0.005 fino a $0.62 \mu\text{g}/\text{m}^3$, un *range* interquartile (IQR) pari a $0.01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e una differenza tra il 95° e il 5° percentile di $0.04 \mu\text{g}/\text{m}^3$. L'esposizione media annua per SO_x , il tracciante scelto per la raffineria, è di $1.67 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (SD 0.92) con un *range* da 0.68 fino a $12.75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con un IQR pari a $0.88 \mu\text{g}/\text{m}^3$, e un *range* 95°-5° pari a 2.88. Per il PM_{10} la media annuale è di $0.02 \text{ng}/\text{m}^3$ (SD 0.02), con un *range* da 0.001 fino a $0.16 \text{ng}/\text{m}^3$ (IQR 0.02) e un *range* 95°-5° pari a 0.03. Il cut-off per il 90° percentile superiore è pari a $0.0301 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per H_2S , $2.526 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per SO_x , e $0.0311 \text{ng}/\text{m}^3$ per il PM_{10} . Gli indicatori di esposizione sono molto correlati tra loro: il coefficiente di correlazione tra il PM_{10} ed SO_x è di 0.81, tra PM_{10} e H_2S è 0.75, e tra SO_x e H_2S è di 0.78.

In aggiunta all'inquinamento prodotto dagli impianti industriali, la qualità dell'aria nella zona di Malagrotta è fortemente influenzata dal traffico stradale. L'area in studio si trova infatti al centro di un importante nodo stradale: il Grande Raccordo Anulare di Roma, l'autostrada Roma-Fiumicino e l'autostrada Roma-Civitavecchia. Insistono

inoltre nell'area di Malagrotta anche altre importanti strade ad alto scorrimento (ad esempio: la via Aurelia). La figura 3 mostra, in rapporto ai soggetti della coorte, la posizione delle autostrade (a), delle strade ad alto traffico (b), la concentrazione di NO₂ da traffico stradale (c) e da trasporto dei rifiuti (d).

La tabella 2 presenta le caratteristiche principali dei soggetti in studio in base a tre categorie di esposizione per ciascuno degli inquinanti in studio: il gruppo di coloro che hanno valori di esposizione sotto il 50° (considerati come *gruppo di riferimento*), coloro che hanno un valore di esposizione sopra il 90° della distribuzione (*gruppo degli esposti*), e il gruppo intermedio (esposti a concentrazioni comprese tra il 50° e il 90° percentile). Per ciascun inquinante la distribuzione di genere, età, luogo di nascita e stato civile è piuttosto simile tra le diverse categorie di esposizione. Tuttavia, le persone che vivono in zone con alta concentrazione di H₂S, SO_x o PM₁₀ tendono ad avere un livello di istruzione più basso, ad essere lavoratori manuali e ad avere bassa posizione socio-economica rispetto al gruppo di soggetti considerati come riferimento. Inoltre, i soggetti che rientrano nella categoria di esposizione più alta hanno una maggiore probabilità di vivere più vicini (entro 500 m) alle autostrade, ma più distanti dalle strade ad alto traffico. Non si segnala nessuna particolare differenza tra le categorie per esposizione a NO₂ da traffico veicolare o NO₂ legato al traffico dei rifiuti verso l'area.

Alla fine del *follow-up* (31 dicembre 2010) si sono osservati 6,187 decessi nella popolazione esaminata e 8,975 persone sono risultate emigrate. Sono stati stimati 725,591 anni-persona di osservazione. Lo stato in vita dei soggetti della coorte non mostra differenze tra gruppo degli esposti e gruppo di riferimento, per ciascuno degli inquinanti in studio.

Nel periodo in studio nella coorte dei residenti entro 7 Km dagli impianti in studio si sono verificati 5,878 decessi (3,233 uomini e 2,645 donne) per cause naturali (tutte le cause eccetto i traumatismi) (38.8% per tumori maligni, 38.1% per patologie a carico dell'apparato cardiovascolare e 6.5% per malattie dell'apparato respiratorio). Per quanto riguarda le ospedalizzazioni, gli individui della coorte hanno avuto, nel periodo in studio, 45,874 ricoveri per cause naturali (non sono in studio i traumatismi e i parti).

Vengono di seguito illustrati i risultati della analisi di mortalità e delle persone ricoverate; sia per la mortalità che per la morbosità, i risultati verranno presentati per distanza e per livelli di esposizione ad H₂S (discarica), SO_x (raffineria) e PM₁₀ (inceneritore).

Analisi della mortalità: confronto interno per distanza

La tabella 3 mostra i risultati dell'analisi della mortalità in cui si considera come esposizione la distanza dalle fonti. La tabella riporta i risultati ottenuti considerando la distanza come variabile categorica (0-1, 1-2, 0-2 vs 5-7 Km), nell'ultima colonna sono indicati gli Hazard Ratio (HR) dell'aumento del rischio al diminuire della distanza dagli impianti (trend lineare per 1 Km). Vengono illustrati, separatamente per gli uomini (a) e per le donne (b), il numero di decessi osservati, gli Hazard Ratio (HR) e i rispettivi intervalli di confidenza (IC95%) al variare della distanza.

Uomini

A parità di età, livello di istruzione, tipo di occupazione, condizione socio-economica e livelli di inquinamento del luogo di residenza (ottenuti considerando i livelli di NO₂ da traffico stradale), il gruppo dei residenti nelle immediate vicinanze degli impianti (0-2 Km) presenta una mortalità generale e specifica per causa simile a quella della popolazione di riferimento (residenti nella fascia 5-7 Km). L'analisi del trend per distanza evidenzia tuttavia un aumento del rischio di mortalità per malattie ischemiche del cuore (+3%) e di malattie dell'apparato respiratorio (+8%) all'avvicinarsi agli impianti (eccessi al limite della significatività statistica). Si segnala, inoltre una riduzione del rischio di mortalità per tumore del polmone.

Donne

Le donne residenti nelle immediate vicinanze dagli impianti (0-2 Km) presentano una mortalità generale per cause naturali che non si discosta da quella della popolazione di riferimento (residenti nella fascia 5-7 Km). In questo gruppo di popolazione si osserva, tuttavia, un eccesso di mortalità per tumore della laringe (HR=11.16, eccesso basato su 3 casi), per tumore della mammella (HR=1.14) e per malattie ischemiche del cuore (HR=1.60). L'analisi del trend per distanza non evidenzia variazioni statisticamente significative, ad eccezione di un eccesso di rischio (+56%, 6 casi osservati) della mortalità per tumore della laringe.

Analisi della mortalità: confronto interno per livelli di esposizione a H₂S

La tabella 4 mostra l'associazione tra mortalità e livelli di esposizione a H₂S, separatamente per gli uomini (a) e per le donne (b). Sono riportati sia i risultati ottenuti considerando la concentrazione come variabile categorica (livelli di concentrazione superiori al 90° percentile della distribuzione vs livelli inferiori al 50° percentile) sia l'aumento di rischio di mortalità per un aumento lineare pari a 0.043 µg/m³ di H₂S (differenza tra il 95° e il 5° percentile).

Uomini

Gli uomini esposti a più elevate concentrazioni di H₂S non mostrano differenze particolari di mortalità rispetto ai residenti in aree caratterizzate da una concentrazione inferiore al 50° percentile della distribuzione di H₂S. Tale risultato è confermato anche dall'analisi che considera la concentrazione di H₂S come variabile continua.

Donne

Come per gli uomini, non si osservano particolari differenze nella mortalità tra le donne più esposte e quelle meno esposte, ad eccezione di un aumento del rischio della mortalità per tumore della laringe, basato su un numero esiguo di casi (tre). L'analisi che considera la concentrazione di H₂S come variabile continua evidenzia un aumento della frequenza di casi di mortalità per tumore della laringe e della vescica all'aumentare della esposizione.

Analisi della mortalità: confronto interno per livelli di esposizione a SO_x

La tabella 5 mostra l'associazione tra la mortalità della coorte e l'esposizione alla raffineria considerando i livelli di concentrazione di SO_x, separatamente per gli uomini (a) e per le donne (b). Sono riportati sia i risultati ottenuti considerando la concentrazione come variabile categorica (livelli di concentrazione superiori al 90° percentile della distribuzione vs livelli inferiori al 50° percentile) sia l'aumento di rischio di mortalità per un aumento lineare pari a 2.88 µg/m³ di SO_x (differenza tra il 95° e il 5° percentile).

Uomini

Gli uomini esposti ad alte concentrazioni di SO_x non mostrano particolari differenze di mortalità rispetto ai residenti in aree caratterizzate da una concentrazione di SO_x

inferiore al 50° percentile della distribuzione. Risultato confermato anche dall'analisi che considera la concentrazione di SO_x come variabile continua.

Donne

Le residenti esposte ad alte concentrazioni di SO_x mostrano un quadro della mortalità generale che non si discosta da quella che si osserva tra le residenti in aree caratterizzate da una concentrazione di SO_x inferiore al 50° percentile della distribuzione. L'unica eccezione è data da un eccesso di mortalità per tumore della laringe; tale eccesso, tuttavia, è basato su solo tre casi. Si osserva inoltre un eccesso di mortalità per tumore del pancreas; tale eccesso tuttavia non raggiunge la significatività statistica (HR=1.97, IC95%=0.95-4.09). Per questi tumori gli eccessi vengono confermati, raggiungendo la significatività statistica, nell'analisi che considera la concentrazione di SO_x come variabile continua.

Analisi della mortalità: confronto interno per livelli di esposizione a PM₁₀

La tabella 6 mostra l'associazione tra la mortalità della coorte e l'esposizione all'inceneritore per rifiuti speciali considerando i livelli di concentrazione di PM₁₀, separatamente per gli uomini (a) e per le donne (b). Sono riportati sia i risultati ottenuti considerando la concentrazione come variabile categorica (livelli di concentrazione superiori al 90° percentile della distribuzione vs livelli inferiori al 50° percentile) sia l'aumento di rischio di mortalità per un aumento lineare pari a 0.027 ng/m³ di PM₁₀ (differenza tra il 95° e il 5° percentile).

Uomini

Gli uomini esposti ad alte concentrazioni di PM₁₀ mostrano un eccesso di mortalità per cause naturali (+19%), rispetto al riferimento. L'analisi del rischio di mortalità causa-specifico evidenzia un eccesso per malattie dell'apparato respiratorio (+82%). L'analisi volta a valutare l'aumento del rischio di mortalità all'aumento lineare di concentrazione di PM₁₀, conferma l'eccesso per cause naturali, evidenziando inoltre un'associazione statisticamente significativa con il tumore del pancreas.

Donne

Le residenti esposte a più elevate concentrazioni di PM₁₀ mostrano un quadro della mortalità generale che non si discosta da quella che si osserva tra le residenti in aree caratterizzate da una concentrazione di PM₁₀ inferiore al 50° percentile della

distribuzione. L'analisi che considera la concentrazione di PM₁₀ come variabile continua evidenzia un aumento di rischio della mortalità per tumore del pancreas (+47%) e della laringe (+92%) all'aumentare della esposizione.

Analisi delle persone ricoverate: confronto interno per distanza

La tabella 7 mostra i risultati dell'analisi in cui è considerata come esposizione la distanza dalle fonti. La tabella riporta, separatamente per gli uomini (a) e per le donne (b), i risultati ottenuti considerando la distanza come variabile categorica (0-1, 1-2, 0-2 vs 5-7 Km) ovvero come variabile continua, il numero di ricoveri osservati (per ogni persona si analizza il primo ricovero del periodo per ciascuna delle patologie in studio), gli Hazard Ratio (HR) e i rispettivi intervalli di confidenza (IC95%) al variare della distanza dall'area in studio.

Uomini

A parità di età, livello di istruzione, tipo di occupazione, condizione socio-economica e livelli di inquinamento del luogo di residenza (ottenuti considerando i livelli di NO₂ da traffico stradale), gli uomini residenti entro 1 Km dagli impianti mostrano un rischio di ospedalizzazione per cause naturali in eccesso dell'8% rispetto a quello dei residenti nell'area 5-7 Km, ma tale eccesso è al limite della significatività statistica. Si segnala un eccesso di ricoveri per patologie cerebrovascolari (+32%, al limite della significatività statistica) e, al contrario, un numero di persone ospedalizzate per tutti i tumori, in particolare per tumore del polmone, inferiore al riferimento. L'analisi del trend per distanza evidenzia che avvicinandosi agli impianti vi è un moderato aumento del rischio di ospedalizzazione generale (+2%), in particolare per patologie a carico dell'apparato cardiovascolare e dell'apparato urinario; si osserva anche un aumento delle persone ospedalizzate per patologie della tiroide all'avvicinarsi agli impianti.

Donne

Il gruppo delle donne residenti nelle vicinanze dagli impianti (0-2 Km) presenta una frequenza di persone ospedalizzate maggiore del 9% rispetto a quella che si osserva nella popolazione di riferimento (residenti nella fascia 5-7 Km). Eccessi di persone ospedalizzate si osservano anche per tumore della laringe, malattie del sistema circolatorio e di quello digerente. L'analisi del trend lineare evidenzia un modesto aumento del rischio di ricovero (+1%) all'avvicinarsi agli impianti, dovuto

principalmente a malattie del sistema circolatorio e digerente. All'avvicinarsi agli impianti si osserva un aumento statisticamente significativo delle persone ricoverate per tumore della laringe.

Analisi delle persone ricoverate: confronto interno per livelli di esposizione a H₂S

La tabella 8 riporta i risultati, separatamente per gli uomini (a) e per le donne (b), dell'analisi dei ricoveri per concentrazione di H₂S.

Uomini

I residenti esposti a più elevate concentrazioni di H₂S mostrano un quadro di ospedalizzazione generale e causa specifica che non si discosta da quella che si osserva tra i residenti in aree caratterizzate da una concentrazione di H₂S inferiore al 50° percentile della distribuzione ad eccezione di un difetto nelle ospedalizzazioni per tumori del tessuto linfatico ed ematopoietico. L'analisi del trend lineare per esposizione a H₂S non mostra particolari associazioni tra l'esposizione in studio e il ricorso ai ricoveri ospedalieri.

Donne

Le donne residenti esposte ad alte concentrazioni di H₂S mostrano un quadro di ospedalizzazione che non si discosta da quella che si osserva tra quelle residenti in aree caratterizzate da una concentrazione di H₂S inferiore al 50° percentile della distribuzione.

I risultati dell'analisi che valuta l'aumento di rischio di ospedalizzazione all'aumentare dell' H₂S mostrano un eccesso di ricoveri per tumore della laringe (HR=1.36, IC95%=1.08-1.72) e un eccesso di ricoveri per malattie del sistema circolatorio (HR=1.04, IC95%=1.00-1.09), in particolare per malattie cardiache.

Analisi delle persone ricoverate: confronto interno per livelli di esposizione a SO_x

La tabella 9 riporta i risultati, separatamente per gli uomini (a) e per le donne (b), dell'analisi dei ricoveri per concentrazione di SO_x.

Uomini

I residenti esposti a più alte concentrazioni di SO_x mostrano un quadro di ospedalizzazione generale e causa specifica che non si discosta da quella che si osserva tra i residenti in aree caratterizzate da una concentrazione di SO_x inferiore al

50° percentile della distribuzione. L'analisi del trend lineare per esposizione a H₂S evidenzia tuttavia un eccesso di ricoveri per malattie dell'apparato respiratorio.

Donne

Le residenti esposte ad alte concentrazioni di SO_x mostrano un quadro di ospedalizzazione che non si discosta da quella che si osserva tra le residenti in aree caratterizzate da una concentrazione di SO_x inferiore al 50° percentile della distribuzione. Si osserva tuttavia un aumento di persone ospedalizzate per malattie dell'apparato digerente e una diminuzione del rischio per broncopneumopatie cronico ostruttive.

I risultati dell'analisi che valuta l'aumento del rischio di ospedalizzazione all'aumentare lineare dell'SO_x mostrano un eccesso di ricoveri per tumore della laringe (HR=4.19, IC95%=1.36-12.94) e una diminuzione per tumori del tessuto linfatico ed ematopoietico (HR=0.51, IC95%=0.28-0.92) e per malattie della tiroide (HR=0.79, IC95%=0.64-0.97).

Analisi delle persone ricoverate: confronto interno per livelli di esposizione a PM₁₀

La tabella 10 riporta i risultati, separatamente per gli uomini (a) e per le donne (b), dell'analisi dei ricoveri per concentrazione di PM₁₀.

Uomini

I residenti esposti ad alte concentrazioni di PM₁₀ mostrano un quadro di ospedalizzazione generale e per cause tumorali che non si discosta da quello che si osserva tra i residenti in aree caratterizzate da una concentrazione di PM₁₀ inferiore al 50° percentile della distribuzione. Per quanto riguarda l'ospedalizzazione causale-specifica si segnalano eccessi di ospedalizzazione per malattie dell'apparato respiratorio (HR=1.33), soprattutto per broncopneumopatie cronico ostruttive (HR=1.41) e una diminuzione del numero di persone ricoverate per tumori maligni (HR=0.85).

L'analisi del trend lineare per esposizione a PM₁₀ evidenzia inoltre un eccesso di ricoveri per tumore del pancreas (HR=1.35) e una diminuzione di quelli per malattie ischemiche del cuore (HR=0.89).

Donne

Le residenti esposte ad alte concentrazioni di PM_{10} mostrano un quadro di ospedalizzazione per cause naturali leggermente inferiore a quello che si osserva tra le residenti in aree caratterizzate da una concentrazione di PM_{10} inferiore al 50° percentile della distribuzione. I risultati dell'analisi che valuta l'aumento di rischio di ospedalizzazione all'aumentare lineare di PM_{10} mostrano un eccesso di ricoveri per tumore del fegato (HR=1.55), della laringe (HR=1.83) e della mammella (HR=1.13) e una diminuzione per tessuto linfatico e ematopoietico (HR=0.66), delle malattie della tiroide (HR=0.86) e delle malattie dell'apparato urinario (HR=0.85).

La sintesi dei risultati dello studio è descritta nella tabella 11 insieme alla stima del *p-value* e del *q-value* delle associazioni.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Lo studio ha valutato il rischio di mortalità e di ospedalizzazione della coorte dei residenti nell'area di Malagrotta a Roma. La valutazione dell'esposizione è stata effettuata sia usando un semplice criterio di distanza (in Km) - nell'ipotesi che il rischio per gli esiti in studio aumenti al diminuire di questa distanza - sia usando tecniche più sofisticate basate sui modelli di dispersione degli inquinanti - nell'ipotesi che il rischio sia maggiore dove le concentrazioni stimate alla residenza sono più elevate. L'ipotesi che si voleva verificare era che vivere in prossimità degli impianti, o risiedere in aree caratterizzate da alte concentrazioni degli inquinanti scelti come traccianti, costituisse un fattore di rischio per la salute.

Considerando i molteplici confronti effettuati, nella interpretazione dei risultati abbiamo volutamente dato più peso a quelle variazioni nella mortalità e nei ricoveri che si verificano in maniera coerente tra uomini e donne, tra mortalità e ricoveri stessi, e, per quanto riguarda l'esposizione, per distanza e concentrazione degli inquinanti.

Per la distanza, i risultati dello studio evidenziano (sia tra gli uomini che tra le donne) un quadro di mortalità di coloro che vivono in prossimità degli impianti abbastanza simile a quello della popolazione di riferimento. Fanno tuttavia eccezione le patologie

dell'apparato cardiovascolare (donne) e 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 mentre gli uomini non hanno particolari variazioni rispetto al riferimento. I residenti (uomini e donne) più prossimi agli impianti ricorrono più frequentemente alle cure ospedaliere (+8%), in particolare per malattie circolatorie, urinarie e dell'apparato digerente. Solo tra gli uomini si è osservato un aumento dei ricoveri per patologie della tiroide.

Per quanto riguarda i risultati relativi alle concentrazioni dei singoli inquinanti, si è riscontrata nei gruppi più esposti un'associazione tra H₂S (discarica) e SO_x (raffineria) e tumori della laringe e della vescica (mortalità e ricoveri) solo nelle donne residenti. Limitatamente ai ricoveri, si è osservata un'associazione tra H₂S e malattie dell'apparato circolatorio (donne), SO_x e malattie dell'apparato respiratorio (uomini) e tumore della laringe tra le donne. L'esposizione a PM₁₀ (inceneritore) è risultata associata a patologie dell'apparato respiratorio e a tumore del pancreas (uomini) e a tumore della laringe, del fegato e della mammella (donne).

Molti dei risultati ottenuti sono confermati dall'analisi del *q-value* che tiene conto della molteplicità dei confronti effettuati. Per alcune forme tumorali, tuttavia, questo non accade e quanto riscontrato potrebbe deporre per un'associazione spuria, attribuibile al caso. Deve essere comunque considerato che nel caso dei tumori lo studio si proponeva di verificare alcune ipotesi di associazione stabilite a priori, al riparo dunque dal possibile effetto derivante dal *multiple testing*.

La coorte in studio è una popolazione chiusa, composta di tutte le persone residenti nell'area ad ottobre 2001, residenti allo stesso indirizzo nei precedenti cinque anni. In questa analisi non sono dunque inclusi gli immigrati nell'area e tutti i bambini nati successivamente all'ottobre 2001. Per questo motivo, non è stato possibile valutare la salute dei bambini residenti. Tuttavia, le analisi effettuate sui 2,815 bambini presenti all'ottobre 2001 non hanno evidenziato particolari aumenti del rischio di mortalità o di ricorso alle cure ospedaliere in relazione alla distanza dagli impianti o alla concentrazione stimata degli inquinanti.

Alcuni degli aumenti di patologia riscontrati possono essere attribuibili a fattori ambientali presenti nell'area. L'aumento di rischio per le malattie dell'apparato

cardiovascolare e dell'apparato respiratorio, osservate in particolare tra residenti che ricadono nell' "impronta" dell'inceneritore di rifiuti speciali, possono essere considerati un effetto plausibile dell'inquinamento atmosferico tipico delle aree industriali. Esiste un corpo di evidenze scientifiche in grado di suffragare i risultati per quanto riguarda gli effetti cardiovascolari e respiratori derivanti anche da recenti studi che hanno valutato gli effetti dell'inquinamento atmosferico ed in maniera integrata l'impatto su ambiente e salute del ciclo dei rifiuti.⁴³⁻⁴⁶

Più complessa è la discussione dei risultati per il tumore del pancreas e per quello della laringe. Il tumore del pancreas, è una forma di cancro rapidamente letale che riconosce pochi fattori di rischio, tra cui il fumo di sigarette e alcune esposizioni occupazionali. In generale, questa forma tumorale sembra essere favorita dalla esposizione a prodotti della combustione.⁴⁷ In analogia con questo studio, due indagini condotte in Canada tra le persone residenti vicino alla discarica di Miron Quarry (la terza discarica per grandezza del Nord America) hanno trovato una associazione tra la residenza e alcuni tumori tra cui quello del fegato, dei reni, del pancreas e il linfoma non-Hodgkin.⁴⁸⁻⁴⁹ Il possibile ruolo delle esposizioni ambientali nell'area di Malagrotta è suffragato dalla coerenza dei risultati nei due sessi.

Anche il tumore della laringe ha come fattori di rischio il fumo di sigaretta, le esposizioni occupazionali ad alcune sostanze (es. asbesto, acidi forti), e l'uso eccessivo di alcol. Un'associazione con il tumore della laringe era già stato osservato negli studi condotti negli anni '90 da Elliot²⁷ e da Michelozzi²³, quest'ultimo condotto proprio nell'area di Malagrotta. E' doveroso sottolineare che in questo studio, l'eccesso di tumori della laringe tra le donne è basato su pochi casi (tre decessi, sei persone ricoverate), ma è coerente per le diverse analisi effettuate (mortalità e ricoveri).

Tra le donne residenti nell'area è stato anche osservato un aumento del rischio di tumore della mammella, in particolare per quelle esposte ad alte concentrazioni di PM₁₀ (inceneritore). Questi risultati confermano quelli recentemente trovati da Ranzi et al¹⁸ tra le donne residenti nei pressi dell'inceneritore di Coriano e sono in linea con altri risultati precedentemente osservati.³⁻⁴ Oltre a fattori quali l'età, la storia familiare, età al menarca e alla menopausa, densità del seno e salute riproduttiva, il cancro della mammella è associato anche ad esposizioni di tipo industriale⁵⁰, in particolare ad esposizioni a diossine sia per motivi occupazionali⁵¹⁻⁵³ che residenziali,

come fu documentato a Seveso.⁵⁴ Il caso controllo condotto in Francia da Viel et al.⁵⁵ tra le donne residenti intorno ad un inceneritore per RU, non ha mostrato un aumento del rischio tra le giovani donne esposte a più elevate concentrazioni di diossina.

In questo studio è stata valutata la salute di coloro che risiedono nelle vicinanze di un sito industriale molto complesso. Diversi fattori rendono particolarmente complicate questo tipo di indagini: la natura molto eterogenea delle esposizioni - aria, suolo, acqua - e la loro valutazione spesso imprecisa; le evidenze disponibili che derivano da studi condotti a livello ecologico su campioni di dimensione limitata; la mancanza di informazioni sui potenziali fattori di confondimento individuale; la complessità sociale, economica e occupazionale delle aree periferiche vicine a grandi aree urbane; le condizioni cliniche scelte come esiti spesso a eziologia multifattoriale.

Nella situazione complessa dell'area di Malagrotta (più fonti, a breve distanza tra loro, le cui "impronte" ambientali si sovrappongono) è difficile dunque determinare quali inquinanti e quale impianto/i siano causalmente responsabili degli eccessi di rischio evidenziati. In questo contesto anche la scelta del tracciante deve essere giustificata. PM₁₀ e SO_x, scelti in questo studio come traccianti dell'inceneritore e della raffineria, sono stati già utilizzati come marcatori surrogati di esposizione a miscele complesse di sostanze inquinanti prodotte dai processi di combustione: particelle (PM₁₀ ma anche frazioni di particolato più piccole), gas, metalli e composti organici.^{18,56} Più complessa è stata invece la scelta del tracciante da selezionare per la discarica per RU. I biogas emessi dalle discariche sono costituiti principalmente da metano e anidride carbonica, da una miscela di composti organici volatili (VOC) e da altri gas, quali idrogeno solforato e i mercaptani. In questo studio, l'H₂S è stato scelto come tracciante della discarica perché le discariche per RU sono fonte di cattivi odori che creano fastidio (*annoyance*) alle persone esposte e perché l'idrogeno solforato può avere di per sé effetti tossici.⁵⁷⁻⁵⁸

Punti di forza di questo lavoro sono il disegno di studio longitudinale, la numerosità della coorte (85,559 persone), la durata del *follow-up* (dieci anni), l'esposizione valutata con tecniche modellistiche avanzate, la disponibilità di indicatori individuali di stato socio-economico (istruzione, occupazione), la disponibilità di indicatori di altre esposizioni ambientali concomitanti (inquinamento da traffico urbano e dal traffico

generato dai camion che conferiscono i rifiuti in discarica, specifico di questa zona di Roma). Ciononostante, proprio la valutazione dell'esposizione rappresenta una criticità. Sulla base di precedenti esperienze²⁷, partendo dalle informazioni derivanti dal profilo della distribuzione degli inquinanti scelti come traccianti, lo studio è stato circoscritto ai residenti in un cerchio di raggio 7 Km dagli impianti. Nonostante i miglioramenti apportati alla metodologia di individuazione dei livelli di esposizione, occorrono ancora ulteriori sviluppi per fornire una misura dell'impatto delle discariche sull'ambiente. Lo studio ha considerato solo la matrice aria, mentre 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 non rappresentano adeguatamente la reale esposizione, perché le persone non sono sempre a casa, e questo studio non include tutte le informazioni riguardanti le attività quotidiane e il lavoro degli individui della coorte. Tuttavia, gli eccessi rilevati nelle aree con livelli di esposizione più elevati sono stati osservati soprattutto fra le donne, una popolazione più stabile di quella maschile, in cui il rischio di aver misclassificato l'esposizione è più basso. Infine, in questo studio per simulare la dispersione di ciascun inquinante sono stati utilizzati i valori di emissione autorizzati, questo potrebbe aver sovrastimato i valori delle concentrazioni reali, ma l'impronta della ricaduta e il gradiente di esposizione non sono stati modificati a causa di questa scelta.

Non abbiamo avuto la possibilità di controllare i fattori di rischio individuali: il fumo di sigarette, l'alcol, l'attività fisica e l'obesità. Reperire queste informazioni è stato impossibile. E' da osservare però che molte delle abitudini personali elencate sono associate allo stato sociale. E' ragionevole dunque ritenere che l'aggiustamento effettuato nella analisi statistica per gli indicatori di istruzione e di stato socio-economico abbia anche aggiustato per le variabili individuali non misurate.

E' da rilevare, infine, che la latenza tra inizio della esposizione ed esiti di malattia varia a seconda del processo patologico. E' chiaro che, per quanto riguarda i tumori tra gli adulti (specie i tumori solidi), l'esposizione eziologicamente rilevante è quella avvenuta 15-30 anni prima della comparsa della malattia. Il ragionamento è diverso per le malattie cardiovascolari e per quelle respiratorie, in quanto la latenza tra esposizione ed effetto sanitario è più contenuta poiché diversi i meccanismi fisiopatologici che sottendono il danno biologico.

Lo studio della coorte dei residenti nell'area di Malagrotta ha evidenziato un quadro di mortalità tra le persone più esposte in gran parte sovrapponibile con quello di riferimento. Tuttavia, sono stati riscontrati, sia per la mortalità e soprattutto per le ospedalizzazioni, eccessi di rischio per malattie respiratorie, cardiovascolari e per alcune forme tumorali. 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 potenzialmente attribuibili all'inquinamento prodotto nei passati decenni dagli impianti industriali presenti nell'area, ma è molto difficile determinare quali sono le emissioni (e di conseguenza gli impianti) che ne sono maggiormente responsabili.

BIBLIOGRAFIA

1. Forastiere F, Badaloni C, de Hoogh K et al: Health impact assessment of waste management facilities in three European countries. *Environ Health* 2011 Jun 2; 10:53.
2. Porta D, Milani S, Lazzarino AI, Perucci CA, Forastiere F: Systematic review of epidemiological studies on health effects associated with management of solid waste. *Environ Health* 2009 Dec 23; 8:60.
3. WHO. Population health and waste management: scientific data and policy options. Report of a WHO workshop, Rome, Italy; 2007. http://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0012/91101/E91021.pdf .
4. Franchini M, Rial M, Buiatti E, Bianchi F: Health effects of exposure to waste incinerator emissions: a review of epidemiological studies. *Ann Ist Super Sanita* 2004; 40:101-15.
5. Goldberg MS, Siemiatyck J, DeWar R, Dèsy M, Riberdy H: Risk of developing cancer relative to living near a municipal solid waste landfill site in Montreal, Quebec, Canada. *Arch Environ Health* 1999; 54:291-296.
6. Jarup L, Briggs D, de Hoogh C et al: Cancer risks in populations living near landfill sites in Great Britain. *Br J Cancer* 2002; 86:1732-1736.
7. Pukkala E, Pönkä A: Increased incidence of cancer and asthma in houses built on a former dump area. *Environ Health Perspect* 2001; 109:1121-1125.
8. Fielder HMP, Poon-King CM, Palmer S R, Moss N, Coleman G: Assessment of impact on health of residents living near the Nant-y-Gwyddon landfill site: retrospective analysis. *British Medical Journal* 2000; 320:19-22.
9. Simonsen N, Scribner R, Su LJ et al: Environmental exposure to emissions from petrochemical sites and lung cancer: the lower Mississippi interagency cancer study. *Environ Public Health* 2010; 2010:759645.
10. Fustinoni S, Campo L, Satta G et al: Environmental and lifestyle factors affect benzene uptake biomonitoring of residents near a petrochemical plant. *Environ Int* 2012 Feb; 39(1):2-7. t.
11. Simonsen N, Scribner R, Su LJ et al: Environmental exposure to emissions from petrochemical sites and lung cancer: the lower Mississippi interagency cancer study. *Environ Public Health* 2010; 2010:759645.
12. Barregard L, Holmberg E, Sallsten G: Leukaemia incidence in people living close to an oil refinery. *Environ Res* 2009 Nov; 109(8):985-90.

13. Hearey CD, Ury H, Siegelau A, Ho MK, Salomon H, Cella RL: Lack of association between cancer incidence and residence near petrochemical industry in the San Francisco Bay area. *Natl Cancer Inst* 1980 Jun; 64(6):1295-9.
14. Sans S, Elliott P, Kleinschmidt I et al: Cancer incidence and mortality near the Baglan Bay petrochemical works, South Wales. *Occup Environ Med* 1995 Apr; 52(4):217-24.
15. Bhopal RS, Moffatt S, Pless-Mulloli T et al: Does living near a constellation of petrochemical, steel, and other industries impair health? *Occup Environ Med* 1998 Dec; 55(12):812-22.
16. Hodgson S, Nieuwenhuijsen MJ, Hansell A et al: Excess risk of kidney disease in a population living near industrial plants. *Occup Environ Med* 2004 Aug; 61(8):717-9.
17. Elliott P, Briggs D, Morris S et al: Risk of adverse birth outcomes in populations living near landfill sites. *BMJ* 2001 Nov 17; 323(7322):1182.
18. Ranzi A, Fano V, Erspamer L, Lauriola P, Perucci CA, Forastiere F: Mortality and morbidity among people living close to incinerators: a cohort study based on dispersion modeling for exposure assessment. *Environ Health* 2011 Mar 24; 10:22.
19. Kim YM, Kim JW, Lee HJ: Burden of disease attributable to air pollutants from municipal solid waste incinerators in Seoul, Korea: a source-specific approach for environmental burden of disease. *Sci Total Environ* 2011 May 1; 409(11):2019-28.
20. The application of models under the European Union's Air Quality Directive: A technical reference guide Technical report No 10/2011 <http://www.eea.europa.eu/publications/fairmode>.
21. Floret N, Mauny F, Challier B, Arveux P, Cahn JY, JF Viel: Dioxin emissions from a solid waste incinerator and risk of non-Hodgkin lymphoma. *Epidemiology* 2003; 14:392-8.
22. Viel JF, Daniau C, Gorla S et al: Risk for non Hodgkin's lymphoma in the vicinity of French municipal solid waste incinerators. *Environ Health* 2008; 7:51. doi: 10.1186/1476-069X-7-51.
23. Michelozzi P, Fusco D, Forastiere F, Ancona C, Dell'Orco V, Perucci CA: Small area study of mortality among people living near multiple sources of air pollution. *Occup Environ Med* 1998 Sep; 55(9):611-5.

24. Lo Presti E, Sperati A, Rapiti E, Di Domenicantonio R, Forastiere F, Perucci CA: Cause of death among workers of a refinery in Rome. *Med Lav* 2001 Sep-Oct; 92(5):327-37.
25. Rapiti E, Sperati A, Fano V, Dell'Orco V, Forastiere F: Mortality among workers at municipal waste incinerators in Rome: a retrospective cohort study. *Am J Ind Med* 1997 May; 31(5):659-61.
26. Cesaroni G, Badaloni C, Romano V, Donato E, Perucci CA, Forastiere F: Socioeconomic position and health status of people who live near busy roads: the Rome Longitudinal Study (RoLS). *Environ Health* 2010 Jul 21; 9:41.
27. Elliott P, Hills M, Beresford J et al: Incidence of cancers of the larynx and lung near incinerators of waste solvents and oils in Great Britain. *Lancet* 1992; 339:854-8.
28. Tinarelli G, Piersanti A, Radice P, Clemente M, De Maria R: Microscale Modelling Simulations for the site characterization of air quality stations in an urban environment. *Radiation Protection Dosimetry* 2009; doi: 10.1093/rpd/ncp225.
29. http://pandora.meng.auth.gr/mds/showlong.php?id=87&MTG_Session=076efef02fb1e80788b9630d7fadb813 .
30. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale <http://www.isprambiente.gov.it> .
31. EPA <http://www.epa.gov/ttn/catc1/dir1/landgem-v302-guide.pdf> .
32. Rushton L: Health hazards and waste management. *Br Med Bull.* 2003;68:183-97.
33. Martuzzi M, Mitis F, Bianchi F, Minichilli F, Comba P, Fazzo L: Cancer mortality and congenital anomalies in a region of Italy with intense environmental pressure due to waste. *Occup Environ Med* 2009 Nov; 66(11):725-32,
34. Altavista P, Belli S, Bianchi F et al: Cause-specific mortality in an area of Campania with numerous waste disposal sites. *Epidemiol & Prev* 2004 Nov-Dec; 28(6):311-21.
35. Elliott P, Shaddick G, Kleinschmidt I et al: Cancer incidence near municipal solid waste incinerators in Great Britain. *Br J Cancer* 1996 Mar; 73(5):702-10.
36. Yang CY, Cheng MF, Chiu JF, Tsai SS: Female lung cancer and petrochemical air pollution in Taiwan. *Arch Environ Health* 1999 May-Jun; 54(3):180-5.
37. Tsai SS, Tiao MM, Kuo HW, Wu TN, Yang CY: Association of bladder cancer with residential exposure to petrochemical air pollutant emissions in Taiwan. *J Toxicol Environ Health A* 2009; 72(2):53-9.

38. Minichilli F, Bartolacci S, Buiatti E, Pallante V, Scala D, Bianchi F: A study on mortality around six municipal solid waste landfills in Tuscany Region. *Epidemiol & Prev* 2005 Sep-Dec; 29(5-6 Suppl):53-6.
39. Wilkinson P, Thakrar B, Walls P et al: Lymphohaematopoietic malignancy around all industrial complexes that include major oil refineries in Great Britain. *Occup Environ Med* 1999 Sep; 56(9):577-80.
40. Johnson KC, Pan S, Fry R, Mao Y: Canadian Cancer Registries Epidemiology Research Group. Residential proximity to industrial plants and non-Hodgkin lymphoma. *Epidemiology* 2003 Nov; 14(6):687-93.
41. Cesaroni G, Agabiti N, Rosati R, Forastiere F, Perucci CA: An index of socioeconomic position based on 2001 Census, Rome. *Epidemiol & Prev* 2006 Nov-Dec; 30(6):352-7
42. Cesaroni G, Porta D, Badaloni C et al: Nitrogen dioxide levels estimated from land use regression models several years apart and association with mortality in a large cohort study (2012 submitted to ehjournal).
43. Benjamini Y, Yekutieli D: The control of the false discovery rate in multiple testing under dependency. *Annals of Statistics* 2001; 29 (4): 1165–1188.
44. ATS 1996. Health effects of outdoor air pollution. Committee of the environmental and occupational health assembly of the American Thoracic Society. *Am J Respir Crit Care Med* 153:3–50.
45. WHO 2005. Air quality guidelines : global update 2005 : particulate matter, ozone, nitrogen dioxide, and sulfur dioxide.
46. Brook RD, Rajagopalan S, Pope CA 3rd et al: American Heart Association Council on Epidemiology and Prevention, Council on the Kidney in Cardiovascular Disease, and Council on Nutrition, Physical Activity and Metabolism. Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: An update to the scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 2010 Jun 1;121(21):2331-78.
47. Forastiere Intarese, Kim YM, Kim JW, Lee HJ: Burden of disease attributable to air pollutants from municipal solid waste incinerators in Seoul, Korea: a source-specific approach for environmental burden of disease. *Sci Total Environ* 2011 May 1;409(11):2019-28.
48. Schottenfeld D, Fraumeni JF: *Cancer Epidemiology and Prevention* 1996.

49. Goldberg MS, Al-Homsi N, Goulet L, Riberdy H: Incidence of cancer among persons living near a municipal solid waste landfill site in Montreal, Quebec. *Arch Environ Health* 1995; 50: 416–24.
50. Goldberg MS, DeWar R, Desy M, Riberdy H: Risk of developing cancer relative to living near a municipal solid waste landfill site in Montreal, Quebec, Canada. *Arch Environ Health* 1999; 54: 291–6.
51. Pan SY, Morrison H, Gibbons L et al: Breast cancer risk associated with residential proximity to industrial plants in Canada. *J Occup Environ Med* 2011 May; 53(5):522-9
52. Flesch-Janys D, Becher H, Manz A, Morgenstern I, Nagel S, Steindorf K: Epidemiologic investigation of breast cancer incidence in a cohort of female workers with high exposure to PCDD/F and HCH. *Organohalogen Compounds* 1999; 44:379–382.
53. Manz A, Berger J, Dwyer J, Flesch-Janys D, Nagel S, Waltsgott H: Cancer mortality among workers in chemical plant contaminated with dioxin. *Lancet* 1991; 338:959–964.
54. Kogevinas M, Becher H, Benn T et al: Cancer mortality in workers exposed to phenoxy herbicides, chlorophenols, and dioxins: An expanded and updated international cohort study. *Am J Epidemiol* 1997; 145:1061–1075.
55. Steenland K, Bertazzi P, Baccarelli A, Kogevinas M: Dioxin revisited: developments since the 1997 IARC classification of dioxin as a human carcinogen. *Environ Health Perspect* 2004; 112:1265-8.
56. Viel JF, Clément MC, Hägi M, Grandjean S, Challier B, Danzon A. Dioxin emissions from a municipal solid waste incinerator and risk of invasive breast cancer: a population-based case-control study with GIS-derived exposure. *International Journal of Health Geographics* 2008; 7:4.
57. Smargiassi A, Kosatsky T, Hicks J et al: Risk of asthmatic episodes in children exposed to sulfur dioxide stack emissions from a refinery point source in Montreal, Canada. *Environ Health Perspect* 2009 Apr; 117(4):653-9.
58. Sarkar U, Hobbs SE, Longhurst PJ: Dispersion of odour: a case study with a municipal solid waste landfill site in North London, United Kingdom. *Environ Manage* 2003 Jun; 68(2):153-60.
59. Paraskaki I, Lazaridis M: Quantification of landfill emissions to air: a case study of the Ano Liosia landfill site in the greater Athens area. *Waste Manag Res* 2005 Jun; 23(3):199-208.

Figura 1 (a). Area di Malagrotta, impianti industriali e coorte dei residenti

a

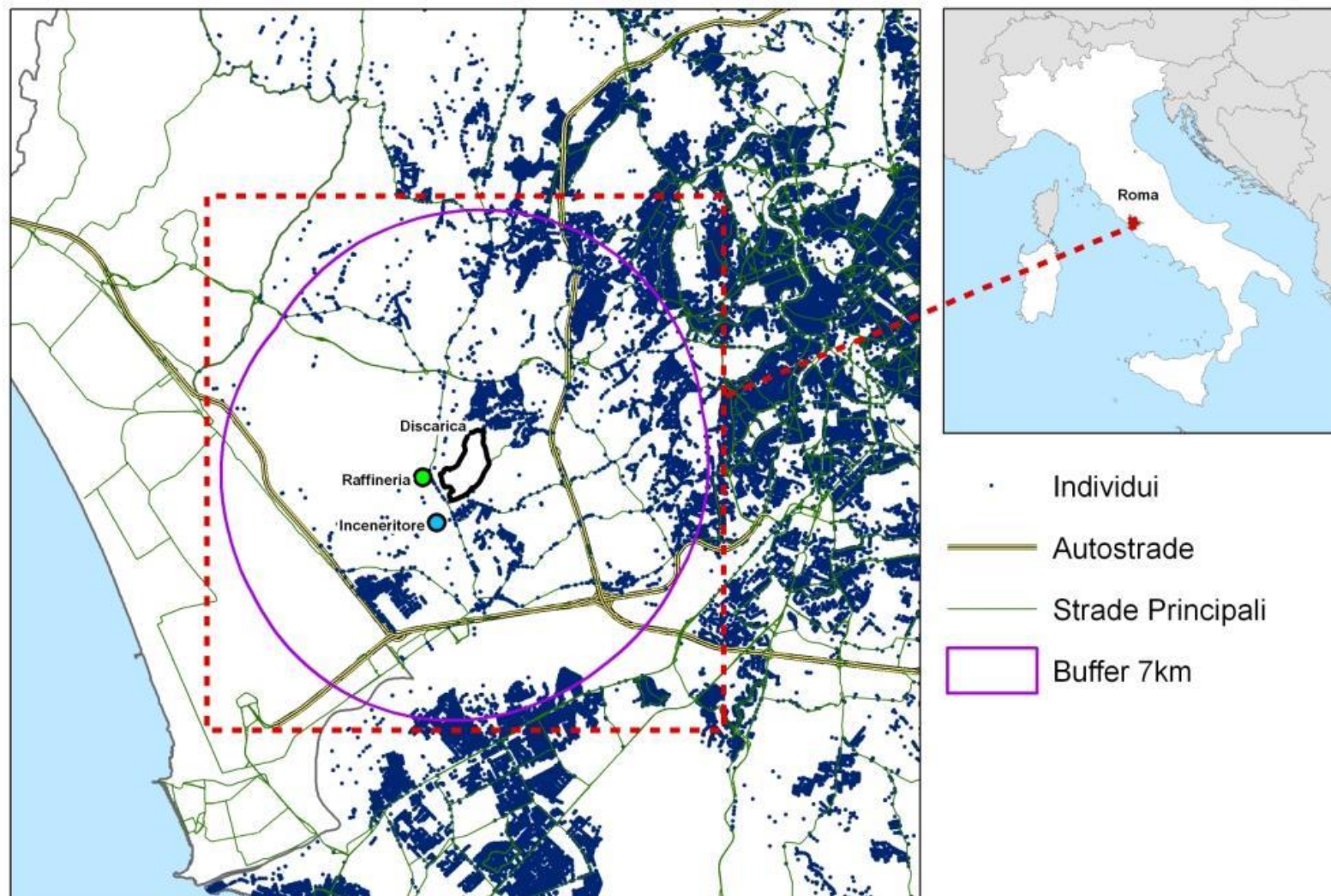


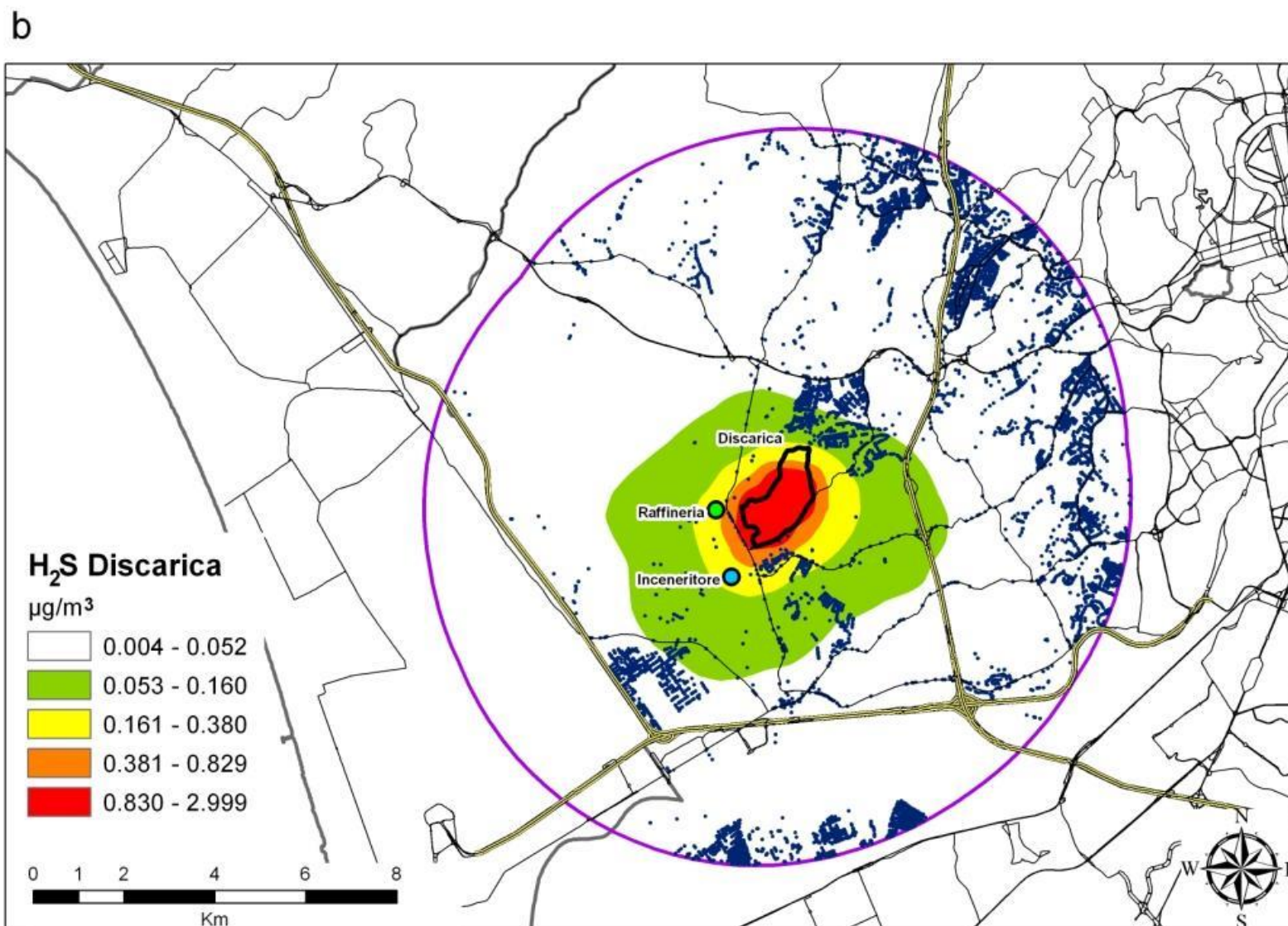
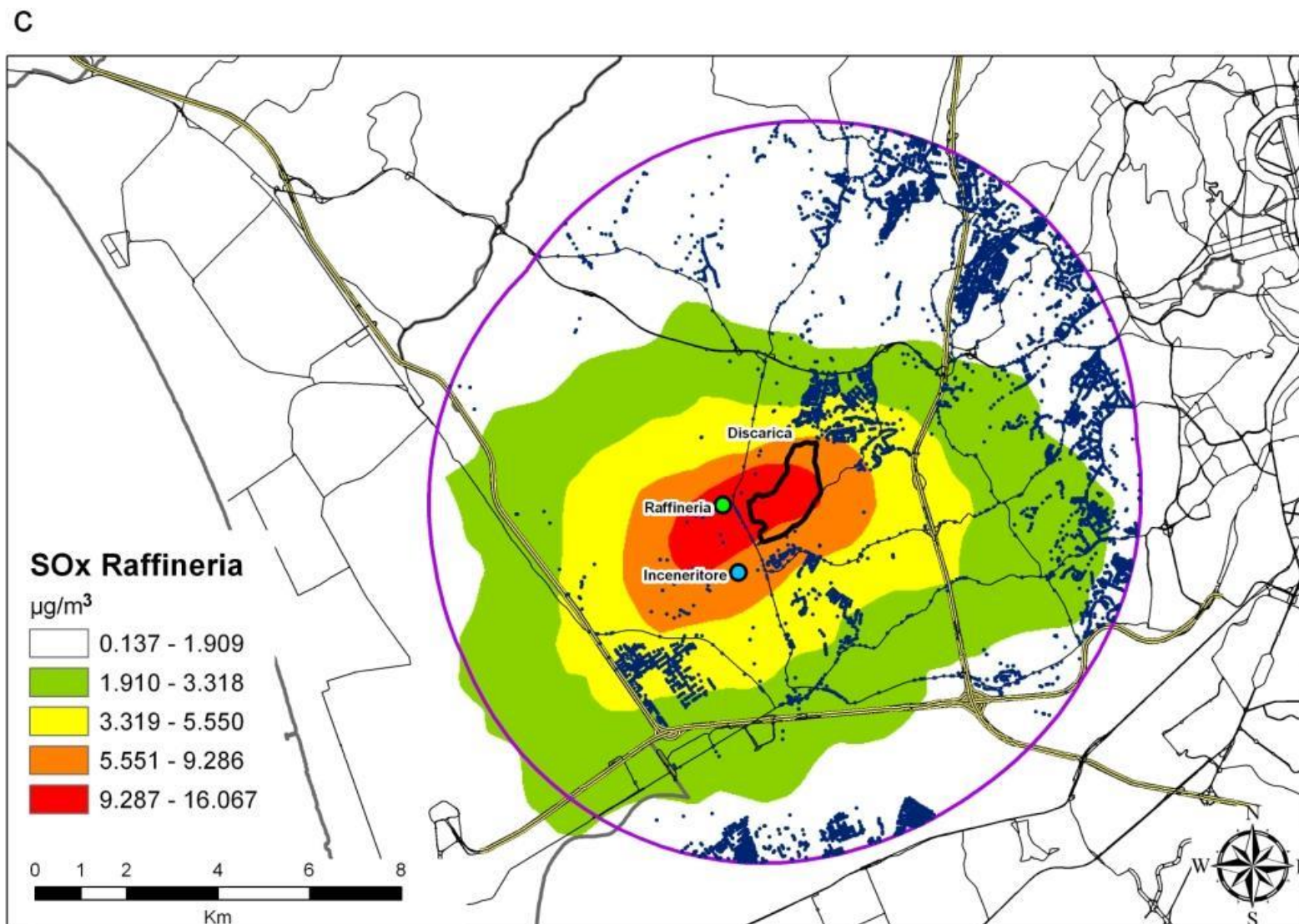
Figura 1 (b). Concentrazioni di idrogeno solforato (H_2S) dalla discarica per Rifiuti Urbani

Figura 1 (c). Concentrazioni di ossidi di zolfo (SO_x) dalla raffineriaFigura 1 (d). Concentrazioni di polveri sottili (PM_{10}) dall'inceneritore di rifiuti speciali

d

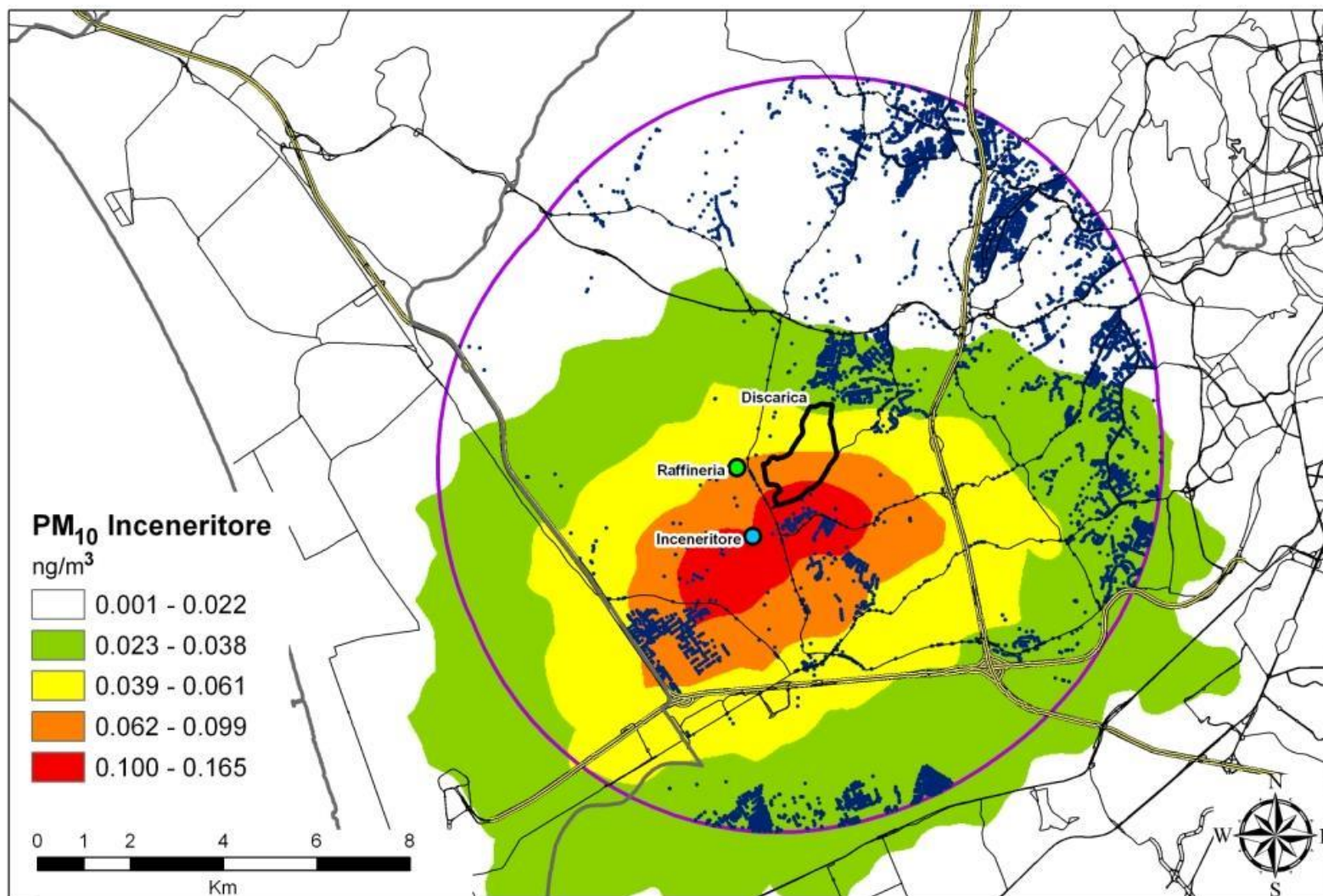


Figura 2. Distribuzione della popolazione per concentrazione di inquinante: H₂S (µg/m³) dalla discarica, SO_x (µg/m³) dalla raffineria e PM₁₀ (ng/m³) dall'inceneritore per rifiuti speciali

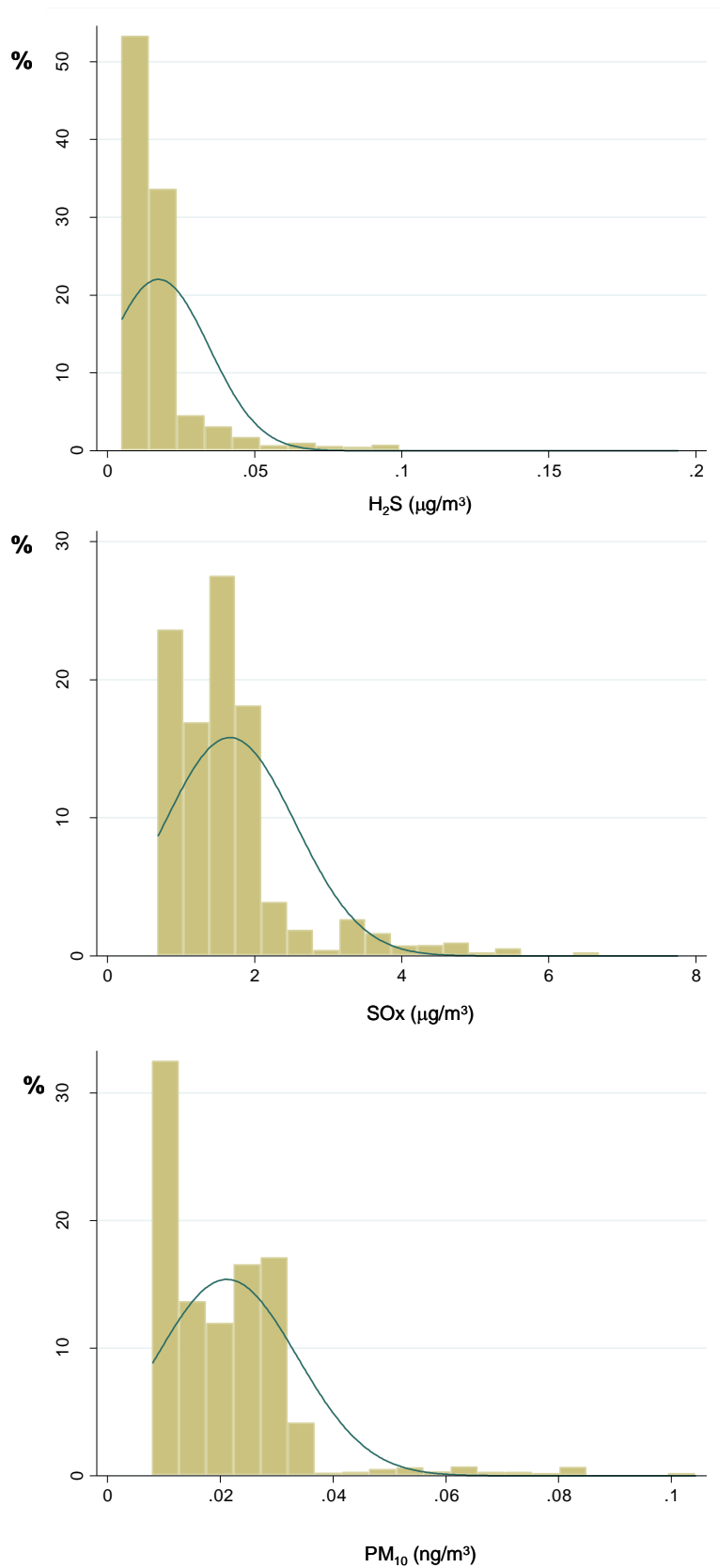


Tabella 1. Distribuzione di frequenza degli indicatori ambientali attribuiti ai membri della coorte

Inquinanti	media	ds	p25	p50	p75	p90	p95-p5
H ₂ S (µg/m ³)	0.02	0.03	0.01	0.01	0.02	0.03	0.04
SOx (µg/m ³)	1.67	0.92	1.05	1.52	1.93	2.52	2.88
PM ₁₀ (ng/m ³)	0.02	0.02	0.01	0.02	0.03	0.03	0.03

Coefficiente di Correlazione di Pearson

Inquinanti	H ₂ S	SOx	PM ₁₀
H ₂ S	1.00		
SOx	0.78	1.00	
PM ₁₀	0.75	0.81	1.00

Figura 3 (a). Area di Malagrotta e autostrade

a

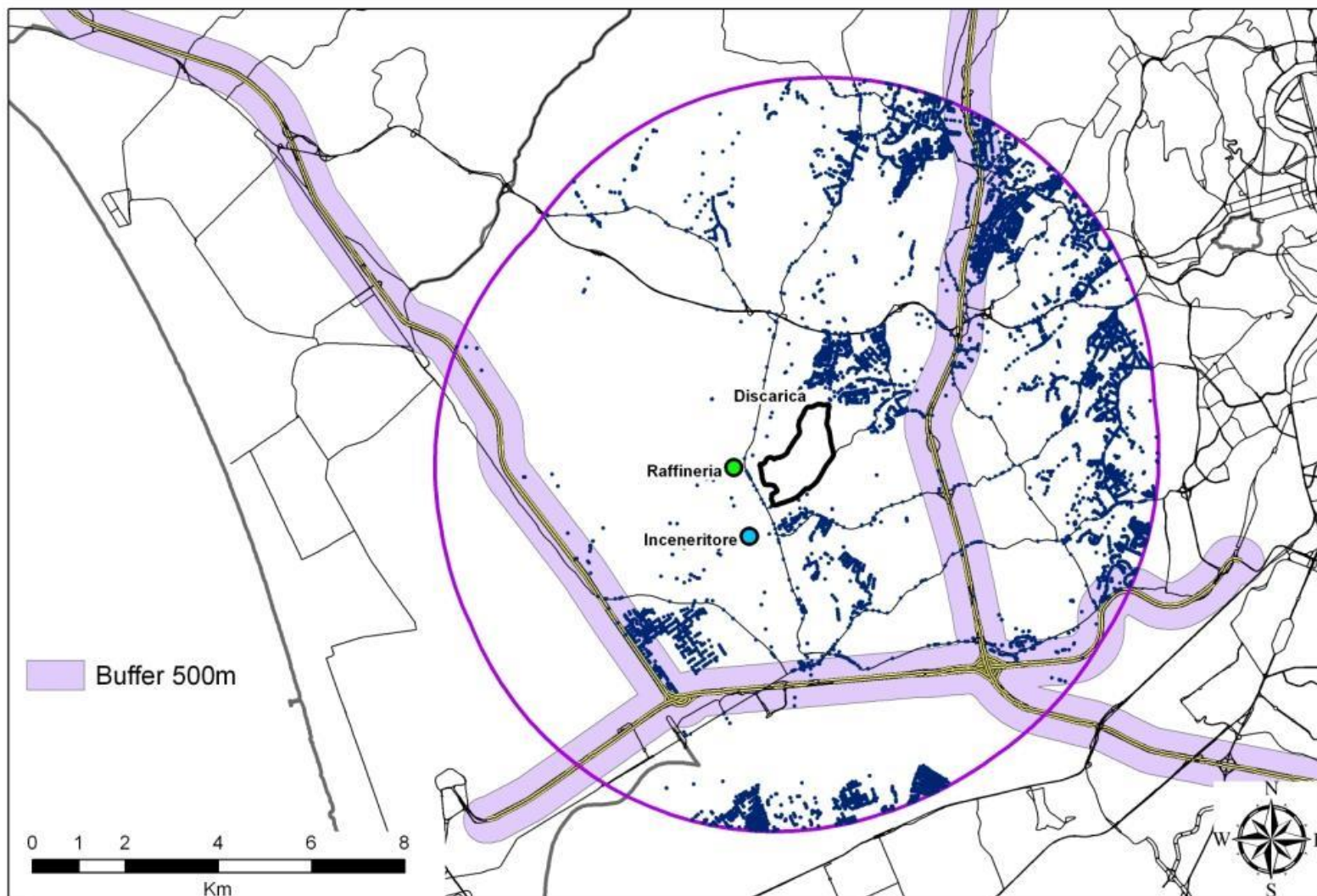
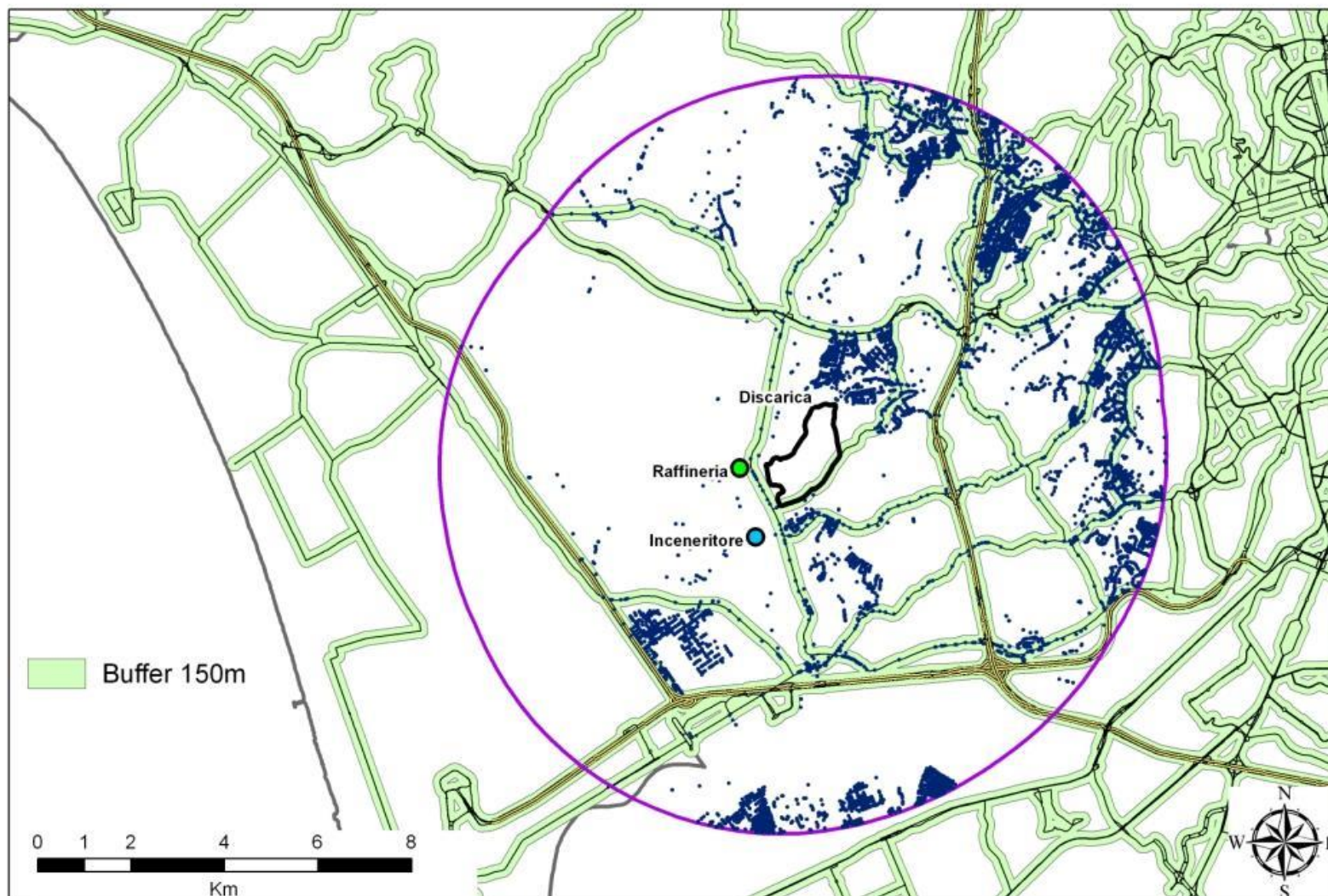


Figura 3 (b). Area di Malagrotta e strade principali

b

Figura 3 (c). Area di Malagrotta e concentrazioni di NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) da traffico veicolare

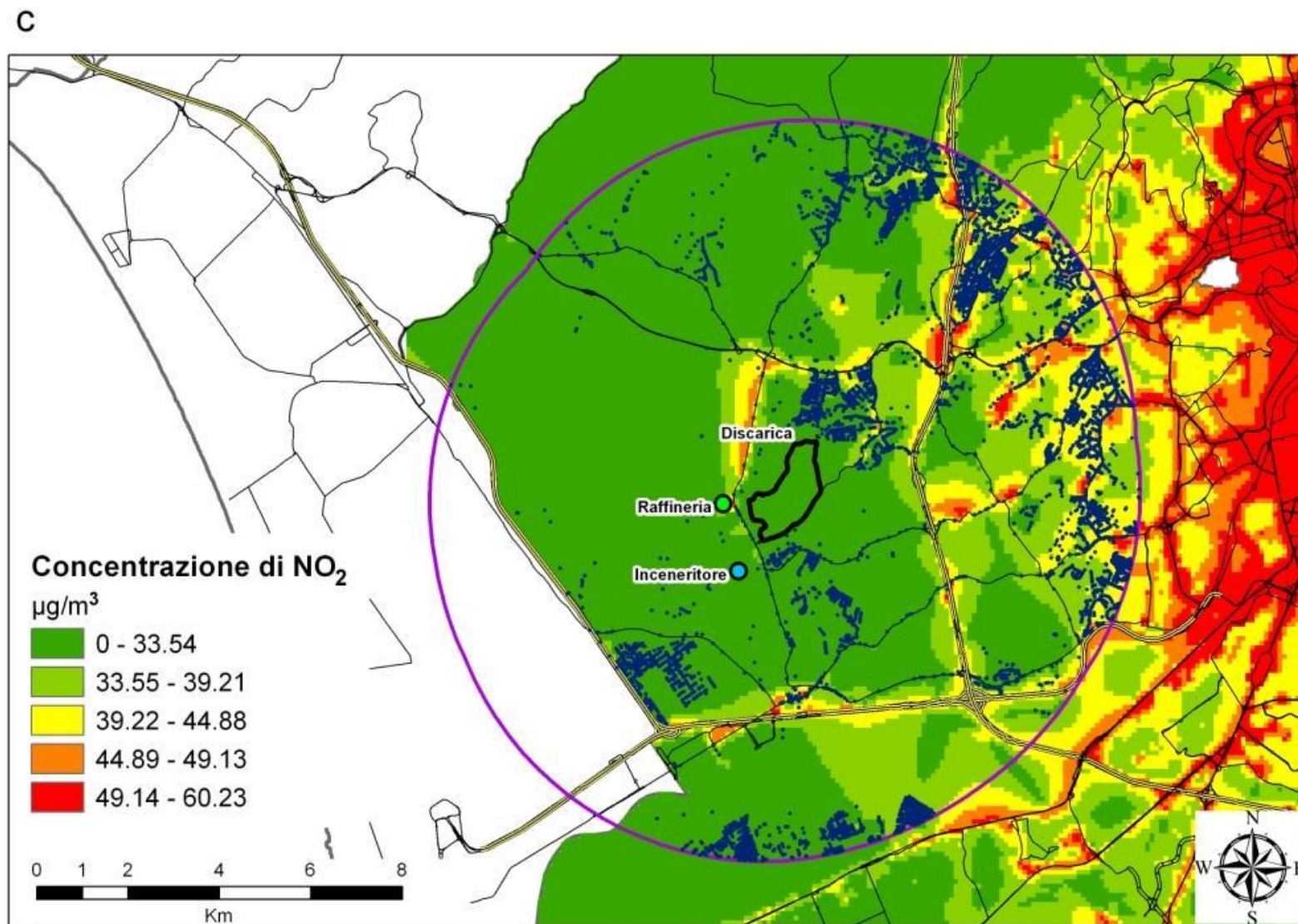


Figura 3 (d). Area di Malagrotta e concentrazioni di NO₂ (µg/m³) da trasporto di rifiuti solidi urbani

d

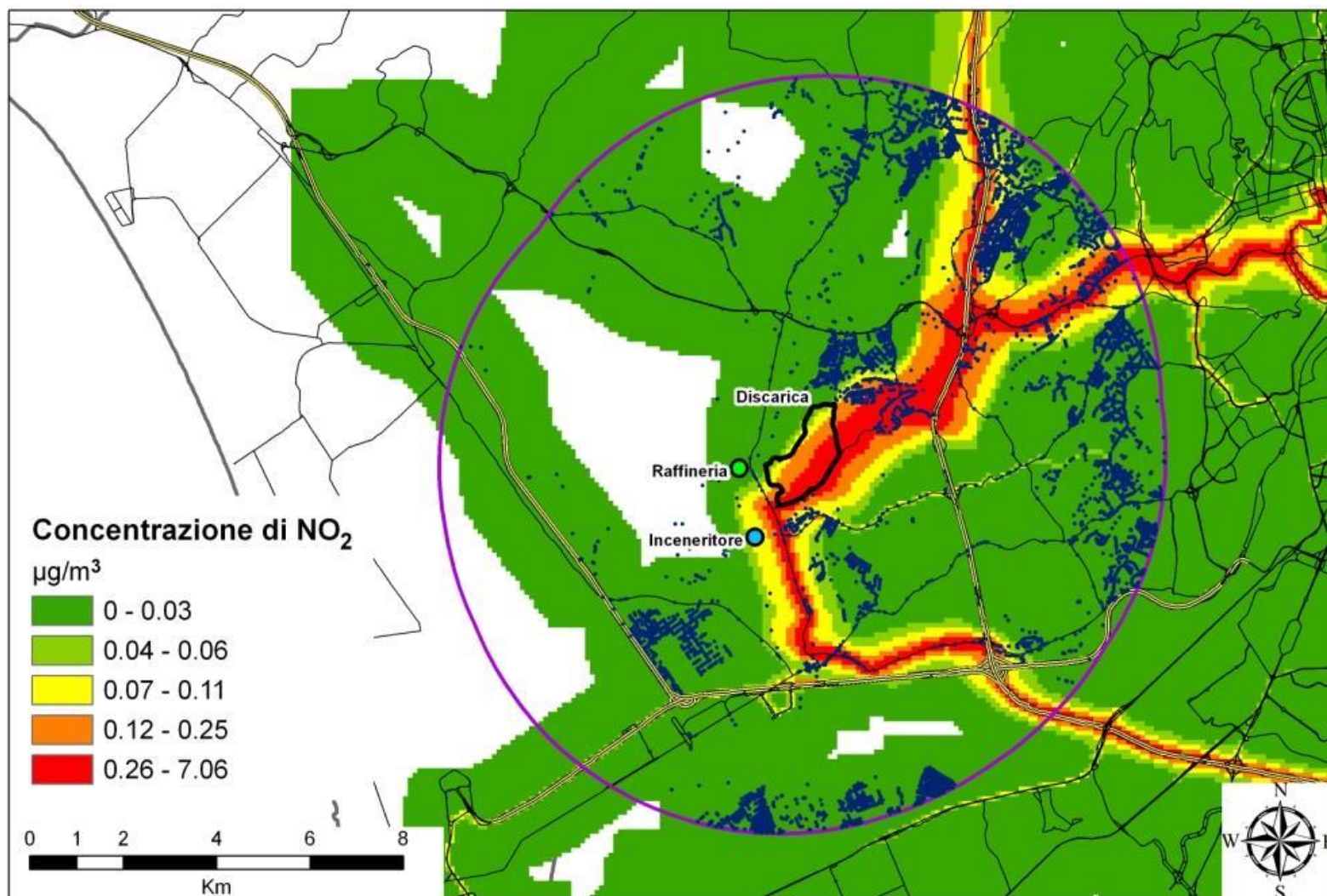


Tabella 2. Caratteristiche principali della coorte dei residenti nell'area di Malagrotta per livello di esposizione agli inquinanti: H₂S (discarica), SO_x (raffineria) e PM₁₀ (inceneritore per rifiuti speciali)

Variabile		H ₂ S			SO _x			PM ₁₀		
		<50°	50°-90°	>90°	<50°	50°-90°	>90°	<50°	50°-90°	>90°
		%	%	%	%	%	%	%	%	%
Totale	85,559	45,208	31,774	8,577	43,688	33,264	8,607	42,249	34,634	8,676
Sesso										
Femmine	44,181	52.0	51.4	50.6	52.0	51.5	50.6	51.9	51.4	51.2
Maschi	41,378	48.0	48.6	49.4	48.0	48.5	49.4	48.1	48.6	48.8
Classe di età (anni)										
5-14	2,815	3.2	3.3	3.8	3.2	3.3	3.8	3.2	3.4	3.4
15-44	32,659	37.5	38.4	41.0	37.7	38.0	40.9	37.6	38.2	41.2
45-64	26,844	30.9	32.1	31.0	31.1	31.8	31.1	31.1	32.2	29.3
>65	23,241	28.4	26.2	24.1	28.0	26.9	24.1	28.2	26.2	26.2
Livello di istruzione										
Basso	53,213	61.8	61.2	68.2	62.0	61.0	68.0	61.5	60.9	71.1
Medio	25,892	30.2	31.2	27.1	30.1	31.3	27.3	30.5	31.5	24.2
Alto	6,454	8.0	7.6	4.7	7.9	7.7	4.8	8.1	7.6	4.7
Occupazione										
Lavoratori non manuali	18,069	20.9	22.3	17.8	20.7	22.4	18.0	21.1	22.5	15.8
Lavoratori manuali	14,839	16.9	17.0	20.9	17.0	16.9	20.8	17.0	17.1	19.8
Pensionati	12,913	15.7	14.6	13.7	15.5	14.9	13.7	15.6	14.8	14.1
Disoccupati	17,158	20.2	20.1	19.2	20.3	19.9	19.2	20.1	19.4	22.4
Casalinghe	13,975	16.6	15.9	16.8	16.6	15.9	16.7	16.4	15.9	17.4
dato mancante	8,605	9.8	10.0	11.6	9.8	10.0	11.6	9.8	10.3	10.4
Stato Civile										
Coniugato	45,074	52.8	51.8	55.0	52.9	51.8	55.2	52.9	52.5	52.5
Celibe/Nubile	31,355	36.4	37.2	36.1	36.5	37.1	36.1	36.4	36.9	37.0
Separato/Divorziato	3,440	3.8	4.5	3.7	3.8	4.4	3.7	3.7	4.3	4.4
Vedovo	5,690	7.0	6.5	5.1	6.9	6.8	5.1	7.0	6.3	6.2
Luogo di Nascita										
Roma	54,332	61.9	65.5	64.5	62.0	65.2	64.4	62.0	64.8	65.6
Altro	31,227	38.1	34.5	35.5	38.0	34.8	35.6	38.0	35.2	34.4
Posizione socio-economica										
1 (Alto)	14,447	21.7	13.2	5.4	21.6	13.7	5.3	20.7	13.8	10.4
2	18,514	16.3	32.7	9.0	15.1	33.3	9.9	17.3	30.5	7.1
3 (Basso)	52,598	62.0	54.2	85.6	63.4	52.9	84.8	62.0	55.6	82.4
Strade principali										
<= 150 m	40,298	62.1	31.5	25.7	61.4	33.9	25.5	62.6	33.7	24.9
Autostrade										
<= 500 m	9,309	13.5	5.8	15.7	14.0	5.4	16.5	14.8	4.1	18.8
Concentrazione di NO₂ (µg/m³)										
da modello Land Use Regression										
<= 30	14,705	13.9	16.5	37.3	14.8	15.1	37.6	14.3	14.5	42.1
> 30 and <=40	41,790	52.1	41.6	58.4	53.9	39.8	58.2	52.5	43.4	52.9
> 40	29,064	34.0	41.9	4.3	31.3	45.2	4.3	33.2	42.2	5.0
da trasporto rifiuti										
<= 0.101	76,960	85.3	98.6	82.5	85.2	98.4	81.7	83.8	99.0	83.8
0.101- 0.856	6,877	11.9	1.1	13.6	12.0	1.2	14.3	13.1	0.9	11.9
> 0.856	1,722	2.9	0.3	4.0	2.8	0.4	4.0	3.1	0.1	4.3
Stato in Vita										
Vivo	70,397	81.9	82.5	83.6	82.0	82.3	83.8	82.1	82.4	82.9
Deceduto	6,187	7.6	7.0	6.1	7.5	7.2	6.1	7.5	6.9	7.2
Emigrato	8,975	10.5	10.5	10.3	10.5	10.5	10.1	10.5	10.7	9.8
Anni Persona (Totale 725,591)										
2001 - 2004	266,908	36.9	36.7	36.7	36.8	36.8	36.6	36.8	36.8	36.7
2005 - 2007	237,552	32.7	32.8	32.7	32.7	32.8	32.7	32.8	32.8	32.7
2008 - 2010	221,131	30.4	30.5	30.7	30.4	30.5	30.7	30.4	30.5	30.6

Tabella 3. Rischi relativi (Hazard Ratios, HR) di mortalità aggiustati per età, SES, livello di istruzione, tipo di occupazione e livelli di NO₂ da traffico stradale e relativi intervalli di confidenza (IC) al 95% per le diverse fasce di distanza dall'area di Malagrotta

a) Uomini

CAUSA (ICD-9-CM)	5-7 Km				1-2 Km				0-1 Km				0-2 Km				Trend lineare (per 1 Km)			
	n	n	HR	I.C. 95%	n	HR	I.C. 95%	n	HR	I.C. 95%	n	HR	I.C. 95%	n	HR	I.C. 95%	n	HR	I.C. 95%	
Cause naturali (001-799)	2,699	126	0.92	0.77 1.10	74	1.02	0.81 1.29	200	0.96	0.82 1.11	3,233	1.00	0.97 1.03							
Tumori maligni (140-208)	1,104	41	0.75	0.55 1.03	30	0.95	0.65 1.37	71	0.82	0.64 1.05	1,303	0.98	0.94 1.02							
Stomaco (151)	65	5	1.72	0.67 4.39	2	0.96	0.23 4.02	7	1.40	0.62 3.17	82	1.04	0.90 1.21							
Colon retto (153-154)	128	6	0.89	0.38 2.04	5	1.22	0.49 3.03	11	1.01	0.53 1.91	149	1.00	0.89 1.13							
Primitivi del fegato (155.0)	37	0	-	- -	2	2.05	0.47 8.90	2	0.70	0.16 3.02	40	0.90	0.68 1.18							
Pancreas (157)	41	4	1.90	0.65 5.54	1	-	- -	5	1.46	0.55 3.88	52	1.10	0.92 1.31							
Laringe (161)	23	0	-	- -	0	-	- -	0	-	- -	26	0.70	0.43 1.15							
Trachea, bronchi e polmoni (162)	361	8	0.47	0.23 0.96	8	0.79	0.39 1.60	16	0.59	0.35 0.98	416	0.95	0.88 1.02							
Vescica (188)	46	3	1.23	0.37 4.06	0	-	- -	3	0.76	0.23 2.52	61	1.02	0.86 1.22							
Rene (189)	34	0	-	- -	2	1.93	0.44 8.36	2	0.69	0.16 2.98	39	1.05	0.85 1.31							
Encefalo (191)	22	0	-	- -	1	-	- -	1	-	- -	26	0.99	0.74 1.32							
Tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	98	1	-	- -	1	-	- -	2	0.28	0.07 1.17	113	0.89	0.75 1.05							
Malattie sistema circolatorio (390-459)	957	51	1.02	0.76 1.36	24	1.01	0.67 1.52	75	1.02	0.80 1.30	1,145	1.00	0.95 1.04							
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	404	28	1.33	0.89 1.98	11	1.05	0.57 1.93	39	1.24	0.88 1.74	491	1.03	0.97 1.10							
Malattie apparato respiratorio (460-519)	178	12	1.17	0.64 2.14	6	1.30	0.57 2.98	18	1.21	0.73 2.01	230	1.08	0.99 1.18							
Malattie apparato digerente (520-579)	111	7	1.25	0.57 2.75	5	1.64	0.66 4.12	12	1.39	0.75 2.59	140	1.02	0.91 1.15							
Malattie dell'apparato urinario (580-599)	41	4	2.41	0.82 7.07	1	-	- -	5	1.87	0.70 5.04	47	1.12	0.92 1.35							

b) Donne

CAUSA (ICD-9-CM)	5-7 Km		1-2 Km			0-1 Km			0-2 Km			Trend lineare (per 1 Km)					
	n	n	HR	I.C. 95%		n	HR	I.C. 95%		n	HR	I.C. 95%		n	HR	I.C. 95%	
Cause naturali (001-799)	2,272	89	0.94	0.76	1.17	41	0.80	0.59	1.10	130	0.89	0.74	1.07	2,645	0.97	0.94	1.00
Tumori maligni (140-208)	769	27	0.82	0.56	1.21	18	0.93	0.58	1.49	45	0.86	0.63	1.17	893	0.97	0.92	1.02
Stomaco (151)	50	2	0.80	0.19	3.34	1	-	-	-	3	0.75	0.23	2.45	63	1.01	0.85	1.21
Colon retto (153-154)	86	3	0.73	0.22	2.36	2	0.93	0.22	3.82	5	0.80	0.31	2.02	95	0.93	0.78	1.10
Primitivi del fegato (155.0)	15	0	-	-	-	1	-	-	-	1	1.33	0.16	11.1	17	0.98	0.65	1.49
Pancreas (157)	46	2	0.89	0.21	3.76	2	1.69	0.40	7.17	4	1.17	0.41	3.35	64	1.07	0.90	1.27
Laringe (161)	3	2	13.1	-	-	1	-	-	-	3	11.2	-	-	6	1.56	1.08	2.26
Trachea, bronchi e polmoni (162)	134	6	1.33	0.57	3.09	3	1.17	0.36	3.73	9	1.27	0.63	2.56	155	1.01	0.89	1.15
Mammella (174)	133	4	0.56	0.21	1.54	1	-	-	-	5	1.14	1.00	1.31	155	0.88	0.76	1.00
Vescica (188)	11	1	2.79	0.32	24.3	0	-	-	-	1	1.87	0.22	16.3	12	1.00	0.63	1.59
Rene (189)	14	0	-	-	-	0	-	-	-	0	-	-	-	15	0.75	0.41	1.39
Encefalo (191)	14	0	-	-	-	1	2.12	0.26	17.0	1	0.75	0.09	6.02	18	0.97	0.69	1.36
Tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	61	2	0.74	0.18	3.12	1	0.67	0.09	4.93	3	0.71	0.22	2.35	67	0.93	0.76	1.15
Malattie sistema circolatorio (390-459)	938	45	1.17	0.86	1.60	17	0.94	0.58	1.52	62	1.10	0.84	1.43	1,095	0.99	0.95	1.04
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	303	20	1.69	1.05	2.70	8	1.43	0.70	2.91	28	1.60	1.06	2.41	356	1.05	0.97	1.14
Malattie apparato respiratorio (460-519)	134	3	0.64	0.20	2.06	1	0.43	0.06	3.12	4	0.57	0.21	1.58	154	0.87	0.74	1.02
Malattie apparato digerente (520-579)	85	3	0.69	0.22	2.24	1	0.44	0.06	3.19	4	0.61	0.22	1.68	99	0.92	0.78	1.08
Malattie dell'apparato urinario (580-599)	36	1	0.71	0.09	5.38	1	1.41	0.19	10.7	2	0.95	0.22	4.12	42	1.05	0.84	1.32

Tabella 4. Esposizione alle emissioni dalla discarica (livelli di concentrazione di H₂S): Hazard Ratios (HR) di mortalità e i relativi intervalli di confidenza (IC) al 95%

a) Uomini

CAUSA (ICD-9-CM)	<50° percentile		>90° percentile				Test per il trend (per 0.043 µg/m ³)			
	n	n	HR	I.C. 95%	r.e.	n	HR	I.C. 95%		
Cause naturali (001-799)	1,753	295	1.05	0.92	1.21	0.10	3,233	1.00	0.94	1.06
Tumori maligni (140-208)	702	115	0.96	0.77	1.18	0.26	1,303	0.93	0.83	1.03
Stomaco (151)	44	9	0.99	0.45	2.19	0.20	82	0.89	0.58	1.38
Colon retto (153-154)	85	16	1.06	0.61	1.85	0.92	149	0.86	0.59	1.25
Primitivi del fegato (155.0)	21	2	0.55	0.12	2.44	0.32	40	0.77	0.30	1.95
Pancreas (157)	27	8	1.81	0.79	4.13	0.93	52	1.11	0.86	1.43
Laringe (161)	15	1	-	-	-	-	26	0.53	0.10	2.95
Trachea, bronchi e polmoni (162)	211	32	0.88	0.60	1.29	0.89	416	0.93	0.76	1.13
Vescica (188)	37	8	1.24	0.56	2.77	0.93	61	0.88	0.51	1.52
Rene (189)	18	3	1.04	0.30	3.63	0.94	39	1.00	0.60	1.69
Encefalo (191)	16	2	0.90	0.20	4.09	0.95	26	0.88	0.35	2.23
Tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	65	7	0.61	0.28	1.36	0.43	113	0.83	0.51	1.35
Malattie sistema circolatorio (390-459)	642	101	1.06	0.85	1.32	0.87	1,145	1.01	0.93	1.11
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	287	49	1.10	0.80	1.50	0.89	491	1.00	0.86	1.16
Malattie apparato respiratorio (460-519)	116	23	1.28	0.79	2.07	0.23	230	1.04	0.89	1.23
Malattie apparato digerente (520-579)	77	18	1.25	0.73	2.16	0.34	140	1.09	0.92	1.29
Malattie dell'apparato urinario (580-599)	24	6	1.62	0.64	4.14	0.94	47	0.89	0.46	1.73

b) Donne

CAUSA (ICD-9-CM)	<50° percentile		>90° percentile				Test per il trend (per 0.043 µg/m ³)			
	n	n	HR	I.C. 95%	r.e.	n	HR	I.C. 95%		
Cause naturali (001-799)	1,520	199	0.87	0.75	1.02	0.82	2,645	0.98	0.91	1.06
Tumori maligni (140-208)	526	75	0.90	0.70	1.16	0.87	893	1.00	0.89	1.13
Stomaco (151)	39	6	0.83	0.34	2.05	0.35	63	0.91	0.54	1.52
Colon retto (153-154)	52	5	0.65	0.25	1.65	0.93	95	0.84	0.48	1.48
Primitivi del fegato (155.0)	10	2	1.76	0.34	8.96	0.60	17	1.10	0.52	2.30
Pancreas (157)	31	11	1.92	0.93	3.98	0.78	64	1.13	0.88	1.44
Laringe (161)	1	3	17.5	-	-	0.62	6	1.36	1.02	1.83
Trachea, bronchi e polmoni (162)	83	14	1.19	0.66	2.14	0.24	155	1.11	0.91	1.34
Mammella (174)	98	12	0.72	0.39	1.34	0.24	155	0.65	0.38	1.13
Vescica (188)	5	1	-	-	-	-	12	1.35	1.00	1.82
Rene (189)	12	0	-	-	-	-	15	0.03	0.00	2.50
Encefalo (191)	11	2	1.14	0.24	5.43	0.95	18	0.93	0.37	2.31
Tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	41	4	0.63	0.22	1.80	0.94	67	0.56	0.21	1.48
Malattie sistema circolatorio (390-459)	605	83	0.98	0.77	1.25	0.27	1,095	1.01	0.90	1.13
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	202	31	1.16	0.79	1.72	0.26	356	1.09	0.94	1.26
Malattie apparato respiratorio (460-519)	93	8	0.59	0.28	1.27	0.13	154	0.68	0.37	1.24
Malattie apparato digerente (520-579)	53	7	0.79	0.34	1.82	0.21	99	0.94	0.61	1.43
Malattie dell'apparato urinario (580-599)	27	3	0.85	0.25	2.91	0.94	42	0.90	0.41	1.98

Tabella 5. Esposizione alle emissioni dalla raffineria (livelli di concentrazione di SO_x): Hazard Ratios (HR) di mortalità e i relativi intervalli di confidenza (IC) al 95%

a) Uomini

CAUSA (ICD-9-CM)	<50° percentile		>90° percentile				Test per il trend (per 2.882 µg/m ³)			
	n	n	HR	I.C. 95%	r.e.	n	HR	I.C. 95%		
Cause naturali (001-799)	1,677	295	1.05	0.92	1.20	0.15	3,233	1.04	0.92	1.18
Tumori maligni (140-208)	669	116	0.97	0.79	1.19	0.27	1,303	0.95	0.79	1.14
Stomaco (151)	44	9	0.98	0.44	2.14	0.21	82	0.85	0.41	1.77
Colon retto (153-154)	79	16	1.10	0.63	1.91	0.92	149	0.68	0.38	1.24
Primitivi del fegato (155.0)	20	2	0.54	0.12	2.40	0.33	40	0.62	0.17	2.23
Pancreas (157)	25	8	1.85	0.81	4.23	0.93	52	1.62	0.80	3.26
Laringe (161)	15	1	-	-	-	-	26	0.82	0.18	3.85
Trachea, bronchi e polmoni (162)	203	33	0.90	0.62	1.31	0.65	416	0.94	0.68	1.30
Vescica (188)	35	8	1.27	0.57	2.83	0.93	61	1.14	0.54	2.43
Rene (189)	16	3	1.10	0.31	3.86	0.94	39	1.17	0.44	3.14
Encefalo (191)	16	2	0.87	0.19	3.93	0.95	26	0.69	0.15	3.18
Tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	60	7	0.63	0.28	1.41	0.75	113	0.89	0.47	1.69
Malattie sistema circolatorio (390-459)	615	101	1.06	0.85	1.32	0.87	1,145	1.08	0.89	1.31
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	276	49	1.10	0.80	1.50	0.89	491	1.05	0.79	1.41
Malattie apparato respiratorio (460-519)	111	23	1.27	0.78	2.07	0.24	230	1.31	0.88	1.95
Malattie apparato digerente (520-579)	72	18	1.30	0.75	2.24	0.34	140	1.21	0.75	1.94
Malattie dell'apparato urinario (580-599)	23	5	1.33	0.49	3.63	0.94	47	0.92	0.34	2.48

b) Donne

CAUSA (ICD-9-CM)	<50° percentile		>90° percentile				Test per il trend (per 2.882 µg/m ³)			
	n	n	HR	I.C. 95%	r.e.	n	HR	I.C. 95%		
Cause naturali (001-799)	1,448	199	0.88	0.75	1.02	0.82	2,645	0.93	0.81	1.07
Tumori maligni (140-208)	498	75	0.91	0.71	1.17	0.87	893	0.97	0.77	1.22
Stomaco (151)	36	6	0.88	0.35	2.17	0.34	63	1.07	0.49	2.33
Colon retto (153-154)	53	5	0.60	0.24	1.53	0.93	95	0.79	0.36	1.70
Primitivi del fegato (155.0)	9	2	1.84	0.36	9.42	0.53	17	1.61	0.38	6.87
Pancreas (157)	29	11	1.97	0.95	4.09	0.78	64	1.75	1.02	3.01
Laringe (161)	1	3	17.5	-	-	0.62	6	4.99	1.64	15.2
Trachea, bronchi e polmoni (162)	80	14	1.17	0.65	2.10	0.25	155	1.38	0.84	2.26
Mammella (174)	90	12	0.77	0.41	1.45	0.29	155	0.72	0.39	1.33
Vescica (188)	4	1	-	-	-	-	12	2.82	0.76	10.42
Rene (189)	11	0	-	-	-	-	15	0.04	0.00	1.47
Encefalo (191)	11	2	1.10	0.23	5.20	0.95	18	1.12	0.25	5.05
Tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	39	4	0.63	0.22	1.80	0.94	67	0.40	0.13	1.23
Malattie sistema circolatorio (390-459)	581	83	0.98	0.77	1.24	0.27	1,095	1.00	0.81	1.25
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	190	31	1.18	0.80	1.75	0.27	356	1.25	0.89	1.75
Malattie apparato respiratorio (460-519)	88	8	0.59	0.27	1.26	0.13	154	0.64	0.32	1.28
Malattie apparato digerente (520-579)	48	7	0.83	0.36	1.92	0.24	99	0.84	0.40	1.78
Malattie dell'apparato urinario (580-599)	27	3	0.84	0.24	2.87	0.94	42	0.77	0.23	2.61

Tabella 6. Esposizione alle emissioni dell'inceneritore (livelli di concentrazione di PM₁₀): Hazard Ratios (HR) di mortalità e i relativi intervalli di confidenza (IC) al 95%

a) Uomini

CAUSA (ICD-9-CM)	<50° percentile		>90° percentile				Test per il trend (per 0.027 ng/m ³)			
	n	n	HR	I.C. 95%	r.e.	n	HR	I.C. 95%		
Cause naturali (001-799)	1,628	334	1.19	1.05	1.36	0.23	3,233	1.04	0.98	1.11
Tumori maligni (140-208)	657	137	1.10	0.90	1.35	0.28	1,303	1.02	0.92	1.12
Stomaco (151)	42	9	0.92	0.41	2.06	0.20	82	0.89	0.60	1.34
Colon retto (153-154)	80	12	0.79	0.42	1.48	0.92	149	0.82	0.58	1.16
Primitivi del fegato (155.0)	22	3	0.58	0.16	2.14	0.30	40	0.66	0.29	1.50
Pancreas (157)	24	8	1.89	0.82	4.37	0.93	52	1.40	1.03	1.90
Laringe (161)	12	3	1.52	0.38	6.09	0.33	26	1.01	0.49	2.09
Trachea, bronchi e polmoni (162)	200	50	1.33	0.96	1.85	0.65	416	1.04	0.88	1.23
Vescica (188)	35	8	1.18	0.53	2.65	0.93	61	1.05	0.70	1.57
Rene (189)	18	6	2.19	0.83	5.79	0.94	39	1.08	0.63	1.86
Encefalo (191)	16	3	1.44	0.40	5.20	0.95	26	0.68	0.22	2.07
Tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	58	11	1.01	0.52	1.98	0.41	113	1.11	0.83	1.49
Malattie sistema circolatorio (390-459)	593	102	1.15	0.92	1.43	0.87	1,145	1.02	0.91	1.13
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	270	48	1.11	0.80	1.52	0.89	491	0.96	0.81	1.13
Malattie apparato respiratorio (460-519)	114	29	1.82	1.18	2.81	0.28	230	1.12	0.91	1.38
Malattie apparato digerente (520-579)	70	16	1.08	0.61	1.93	0.34	140	1.09	0.85	1.40
Malattie dell'apparato urinario (580-599)	23	3	0.76	0.22	2.60	0.94	47	0.81	0.42	1.54

b) Donne

CAUSA (ICD-9-CM)	<50° percentile		>90° percentile				Test per il trend (per 0.027 ng/m ³)			
	n	n	HR	I.C. 95%	r.e.	n	HR	I.C. 95%		
Cause naturali (001-799)	1,390	258	1.06	0.92	1.22	0.82	2,645	1.02	0.94	1.09
Tumori maligni (140-208)	476	93	1.05	0.83	1.32	0.87	893	1.04	0.92	1.17
Stomaco (151)	36	8	1.02	0.45	2.31	0.34	63	0.97	0.62	1.50
Colon retto (153-154)	50	9	1.10	0.53	2.29	0.93	95	0.69	0.40	1.19
Primitivi del fegato (155.0)	7	1	-	-	-	-	17	1.32	0.63	2.77
Pancreas (157)	27	9	1.46	0.66	3.21	0.93	64	1.47	1.12	1.93
Laringe (161)	1	2	8.19	-	-	0.32	6	1.92	1.16	3.19
Trachea, bronchi e polmoni (162)	70	20	1.62	0.96	2.73	0.29	155	1.24	0.96	1.60
Mammella (174)	89	16	0.92	0.53	1.59	0.26	155	0.97	0.71	1.33
Vescica (188)	4	1	-	-	-	-	12	1.53	0.70	3.36
Rene (189)	12	1	-	-	-	-	15	0.14	0.02	1.15
Encefalo (191)	11	2	1.07	0.22	5.13	0.95	18	1.00	0.41	2.43
Tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	41	4	0.55	0.19	1.57	0.94	67	0.61	0.31	1.19
Malattie sistema circolatorio (390-459)	562	108	1.18	0.95	1.46	0.27	1,095	1.03	0.92	1.16
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	184	36	1.27	0.88	1.83	0.66	356	1.06	0.87	1.30
Malattie apparato respiratorio (460-519)	78	11	0.80	0.41	1.58	0.14	154	0.86	0.59	1.25
Malattie apparato digerente (520-579)	48	10	1.08	0.51	2.28	0.20	99	1.10	0.78	1.56
Malattie dell'apparato urinario (580-599)	26	6	1.62	0.63	4.16	0.94	42	0.69	0.30	1.58

Tabella 7. Hazard Ratio (HR) di ricovero ed Intervalli di confidenza (IC) al 95% per le diverse fasce di distanza dagli impianti dell'area di Malagrotta

a) Uomini

CAUSA (ICD-9-CM)	5-7 Km		1-2 Km			0-1 Km			0-2 Km			Trend lineare (per 1 Km)					
	n	n	HR	I.C. 95%		n	HR	I.C. 95%		n	HR	I.C. 95%		n	HR	I.C. 95%	
Cause naturali (001-629;677-799)	17,906	949	1.02	0.95	1.09	643	1.08	0.99	1.17	1,592	1.04	0.99	1.10	21,917	1.02	1.01	1.03
Tumori maligni (140-208)	2,758	115	0.82	0.68	0.99	84	0.98	0.78	1.22	199	0.88	0.76	1.02	3,258	0.99	0.96	1.01
Stomaco (151)	89	4	0.80	0.29	2.21	3	0.91	0.28	2.92	7	0.84	0.38	1.86	111	0.99	0.87	1.13
Colon retto (153-154)	311	19	1.22	0.76	1.96	8	0.83	0.41	1.68	27	1.07	0.71	1.61	370	1.01	0.94	1.09
Primitivi del fegato (1550)	56	1	-	-	-	3	1.66	0.51	5.46	4	0.82	0.29	2.32	65	0.97	0.81	1.16
Pancreas (157)	55	5	1.98	0.76	5.12	1	-	-	-	6	1.45	0.60	3.51	69	1.10	0.94	1.28
Laringe (161)	52	4	1.79	0.62	5.16	0	-	-	-	4	1.12	0.39	3.21	64	1.00	0.83	1.20
Trachea, bronchi e polmoni (162)	389	9	0.48	0.25	0.94	10	0.86	0.46	1.64	19	0.63	0.39	1.00	444	0.93	0.87	1.01
Vescica (188)	324	10	0.61	0.32	1.15	7	0.68	0.32	1.45	17	0.64	0.39	1.05	388	0.96	0.89	1.04
Rene (189)	92	3	0.62	0.19	1.99	3	0.96	0.30	3.07	6	0.75	0.32	1.75	111	0.99	0.86	1.13
Encefalo (191)	42	1	-	-	-	2	1.35	0.32	5.74	3	0.87	0.26	2.92	51	1.01	0.83	1.23
Tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	257	11	0.77	0.42	1.43	6	0.67	0.30	1.53	17	0.74	0.44	1.22	301	0.95	0.87	1.03
Disturbi ghiandola tiroidea (240-246)	273	16	1.13	0.67	1.89	15	1.52	0.89	2.59	31	1.29	0.88	1.90	335	1.07	1.00	1.14
Malattie sistema circolatorio (390-459)	5,195	294	1.12	0.99	1.26	180	1.07	0.92	1.24	474	1.10	1.00	1.21	6,324	1.02	1.00	1.04
Malattie cardiache (390-429)	3,293	194	1.20	1.03	1.39	111	1.07	0.88	1.29	305	1.15	1.01	1.29	4,001	1.03	1.01	1.05
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	1,506	77	1.00	0.79	1.26	44	0.90	0.66	1.22	121	0.96	0.79	1.16	1,786	0.99	0.96	1.02
Malattie cerebrovascolari (430-438)	1,137	70	1.13	0.88	1.44	48	1.32	0.99	1.78	118	1.20	0.99	1.46	1,398	1.03	0.99	1.07
Malattie apparato respiratorio (460-519)	2,640	153	1.07	0.90	1.26	89	0.96	0.78	1.20	242	1.03	0.90	1.18	3,244	1.01	0.99	1.04
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466;480-487)	639	26	0.71	0.48	1.06	21	0.95	0.61	1.48	47	0.80	0.59	1.09	786	0.98	0.94	1.03
Broncopneumatia cronico ostruttiva (490-492;494;496)	516	22	0.81	0.52	1.25	19	1.21	0.76	1.93	41	0.95	0.69	1.33	628	1.02	0.96	1.08
Asma (493)	108	5	0.85	0.34	2.12	4	0.87	0.32	2.41	9	0.86	0.43	1.74	134	1.01	0.90	1.13
Malattie apparato digerente (520-579)	4,965	265	1.02	0.90	1.16	178	1.03	0.88	1.20	443	1.02	0.92	1.13	6,079	1.01	0.99	1.03
Malattie dell'apparato urinario (580-599)	1,157	71	1.20	0.94	1.53	44	1.19	0.88	1.62	115	1.19	0.98	1.46	1,444	1.05	1.02	1.09
Nefrite, sindrome nefrosica e nefrosi (580-589)	286	16	1.08	0.65	1.81	7	0.80	0.38	1.72	23	0.98	0.63	1.51	344	1.00	0.92	1.08

b) Donne

CAUSA (ICD-9-CM)	5-7 Km		1-2 Km			0-1 Km			0-2 Km			Trend lineare (per 1 Km)					
	n	n	HR	I.C. 95%		n	HR	I.C. 95%		n	HR	I.C. 95%		n	HR	I.C. 95%	
Cause naturali (001-629;677-799)	19,780	1,042	1.12	1.05	1.20	662	1.03	0.96	1.12	1,704	1.09	1.03	1.14	23,957	1.01	1.01	1.02
Tumori maligni (140-208)	2,370	111	1.06	0.87	1.29	63	0.92	0.71	1.18	174	1.00	0.86	1.18	2,796	1.00	0.97	1.03
Stomaco (151)	82	2	0.47	0.11	1.93	1	-	-	-	3	0.44	0.14	1.43	97	0.93	0.80	1.09
Colon retto (153-154)	232	14	1.54	0.88	2.68	3	0.51	0.16	1.61	17	1.14	0.68	1.89	269	0.99	0.90	1.09
Primitivi del fegato (1550)	25	0	-	-	-	2	3.07	0.68	13.9	2	1.18	0.26	5.30	28	1.04	0.80	1.37
Pancreas (157)	57	3	1.20	0.37	3.94	2	1.32	0.31	5.54	5	1.25	0.48	3.21	74	1.10	0.94	1.27
Laringe (161)	6	2	7.22	1.22	42.7	1	-	-	-	3	6.53	1.38	30.9	9	1.39	1.01	1.92
Trachea, bronchi e polmoni (162)	133	7	1.32	0.61	2.88	4	1.27	0.46	3.49	11	1.30	0.69	2.46	156	1.03	0.92	1.16
Mammella (174)	621	22	0.79	0.51	1.21	16	0.85	0.52	1.41	38	0.81	0.58	1.14	731	0.98	0.93	1.04
Vescica (188)	78	2	0.66	0.16	2.75	3	1.67	0.51	5.44	5	1.04	0.41	2.64	89	0.95	0.79	1.13
Rene (189)	49	2	0.83	0.20	3.50	0	-	-	-	2	0.52	0.12	2.19	53	0.88	0.70	1.12
Encefalo (191)	32	3	1.99	0.58	6.82	2	2.33	0.53	10.2	5	2.16	0.79	5.87	40	1.08	0.88	1.33
Tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	176	6	0.85	0.37	1.95	5	1.09	0.44	2.70	11	0.95	0.51	1.78	205	0.99	0.89	1.10
Disturbi ghiandola tiroidea (240-246)	1,149	62	1.05	0.81	1.36	33	0.80	0.56	1.13	95	0.95	0.76	1.18	1,382	1.00	0.96	1.04
Malattie sistema circolatorio (390-459)	4,315	219	1.12	0.97	1.28	153	1.26	1.07	1.48	372	1.17	1.05	1.31	5,220	1.03	1.01	1.05
Malattie cardiache (390-429)	2,491	132	1.22	1.02	1.46	90	1.38	1.11	1.70	222	1.28	1.11	1.47	3,006	1.04	1.02	1.07
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	687	29	0.99	0.68	1.44	18	1.00	0.62	1.61	47	0.99	0.73	1.35	815	1.01	0.96	1.07
Malattie cerebrovascolari (430-438)	1,027	44	0.97	0.72	1.32	28	1.05	0.72	1.54	72	1.00	0.78	1.28	1,220	1.01	0.97	1.06
Malattie apparato respiratorio (460-519)	2,117	116	1.15	0.95	1.39	63	0.93	0.72	1.20	179	1.06	0.91	1.25	2,563	1.00	0.97	1.03
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466;480-487)	528	27	1.12	0.75	1.66	16	1.04	0.63	1.73	43	1.09	0.79	1.50	633	1.01	0.95	1.07
Broncopneumatia cronico ostruttiva (490-492;494;496)	390	15	0.88	0.52	1.48	10	0.97	0.52	1.84	25	0.91	0.60	1.38	457	0.97	0.91	1.05
Asma (493)	124	3	0.48	0.15	1.53	7	1.46	0.67	3.19	10	0.91	0.47	1.76	147	0.95	0.84	1.07
Malattie apparato digerente (520-579)	4,120	234	1.20	1.04	1.37	140	1.04	0.88	1.23	374	1.13	1.01	1.26	5,021	1.02	1.00	1.04
Malattie dell'apparato urinario (580-599)	836	42	1.01	0.74	1.39	30	1.08	0.75	1.57	72	1.04	0.81	1.33	1,015	1.01	0.97	1.06
Nefrite, sindrome nefrosica e nefrosi (580-589)	228	9	0.77	0.39	1.51	10	1.33	0.70	2.53	19	0.99	0.61	1.60	277	1.04	0.96	1.12

Tabella 8. Esposizione alla discarica: Hazard Ratio (HR) di ricovero e i relativi Intervalli di confidenza (IC) al 95% per i diversi livelli di concentrazione di H₂S

a) Uomini

CAUSA (ICD-9-CM)	<50° percentile		>90° percentile			T test per il trend (per 0.043 µg/m ³)			
	n	n	HR	I.C. 95%		n	HR	I.C. 95%	
Cause naturali (001-629;677-799)	11,672	2,250	1.02	0.96	1.08	21,917	1.00	0.98	1.03
Tumori maligni (140-208)	1,804	283	0.88	0.77	1.01	3,258	0.97	0.91	1.03
Stomaco (151)	58	10	0.83	0.40	1.69	111	0.81	0.51	1.28
Colon retto (153-154)	212	34	0.96	0.65	1.40	370	0.93	0.76	1.14
Primitivi del fegato (1550)	34	4	0.60	0.21	1.74	65	0.66	0.30	1.46
Pancreas (157)	31	8	1.65	0.72	3.76	69	1.10	0.85	1.42
Laringe (161)	36	7	1.18	0.51	2.76	64	0.90	0.51	1.58
Trachea, bronchi e polmoni (162)	240	34	0.79	0.55	1.15	444	0.94	0.79	1.13
Vescica (188)	220	35	0.96	0.67	1.39	388	0.90	0.73	1.11
Rene (189)	68	11	0.81	0.42	1.56	111	0.87	0.58	1.31
Encefalo (191)	31	3	0.58	0.17	1.93	51	0.95	0.56	1.61
Tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	173	21	0.61	0.38	0.98	301	0.86	0.67	1.11
Disturbi ghiandola tiroidea (240-246)	191	41	1.17	0.81	1.69	335	1.04	0.91	1.20
Malattie sistema circolatorio (390-459)	3,467	653	1.04	0.95	1.13	6,324	1.02	0.98	1.05
Malattie cardiache (390-429)	2,221	416	1.07	0.96	1.19	4,001	1.01	0.96	1.06
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	1,025	165	0.88	0.74	1.04	1,786	0.98	0.90	1.06
Malattie cerebrovascolari (430-438)	779	154	1.11	0.92	1.32	1,398	1.03	0.96	1.10
Malattie apparato respiratorio (460-519)	1,659	341	1.10	0.97	1.26	3,244	1.02	0.97	1.07
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466,480-487)	453	67	0.79	0.61	1.04	786	0.98	0.88	1.10
Broncopneumatia cronico ostruttiva (490-492;494;496)	331	68	1.14	0.83	1.55	628	0.98	0.86	1.13
Asma (493)	76	11	0.72	0.37	1.37	134	0.86	0.59	1.26
Malattie apparato digerente (520-579)	3,252	625	1.00	0.92	1.10	6,079	0.99	0.95	1.03
Malattie dell'apparato urinario (580-599)	800	151	1.05	0.87	1.26	1,444	0.84	0.65	1.08
Nefrite, sindrome nefrosica e nefrosi (580-589)	179	29	0.91	0.61	1.36	344	0.88	0.70	1.12

b) Donne

CAUSA (ICD-9-CM)	<50° percentile		>90° percentile			Test per il trend (per 0.043 µg/m ³)			
	n	n	HR	I.C. 95%		n	HR	I.C. 95%	
Cause naturali (001-629;677-799)	13,050	2,355	0.98	0.93	1.04	23,957	0.99	0.97	1.02
Tumori maligni (140-208)	1,567	235	0.93	0.81	1.07	2,796	0.99	0.93	1.06
Stomaco (151)	57	8	0.85	0.38	1.89	97	0.87	0.53	1.43
Colon retto (153-154)	147	18	0.83	0.50	1.37	269	0.89	0.66	1.20
Primitivi del fegato (1550)	16	3	1.33	0.37	4.81	28	1.22	0.97	1.54
Pancreas (157)	41	8	1.17	0.53	2.57	74	1.03	0.74	1.44
Laringe (161)	4	3	4.80	0.97	23.7	9	1.36	1.08	1.72
Trachea, bronchi e polmoni (162)	86	15	1.07	0.61	1.89	156	0.99	0.73	1.33
Mammella (174)	375	61	1.03	0.78	1.36	731	1.04	0.93	1.15
Vescica (188)	50	5	0.65	0.25	1.72	89	0.99	0.67	1.46
Rene (189)	30	4	0.79	0.27	2.29	53	0.76	0.33	1.72
Encefalo (191)	26	5	1.15	0.42	3.12	40	1.04	0.66	1.62
Tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	127	12	0.63	0.34	1.15	205	0.73	0.46	1.15
Disturbi ghiandola tiroidea (240-246)	826	136	0.85	0.69	1.05	1,382	0.92	0.82	1.02
Malattie sistema circolatorio (390-459)	2,920	522	1.07	0.97	1.19	5,220	1.04	1.00	1.09
Malattie cardiache (390-429)	1,705	304	1.12	0.98	1.27	3,006	1.07	1.02	1.12
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	471	65	0.88	0.67	1.14	815	1.01	0.90	1.13
Malattie cerebrovascolari (430-438)	708	105	0.95	0.75	1.19	1,220	0.97	0.86	1.08
Malattie apparato respiratorio (460-519)	1,413	245	0.96	0.82	1.12	2,563	0.95	0.88	1.02
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466;480-487)	375	58	0.91	0.67	1.23	633	0.95	0.81	1.11
Broncopneumatia cronico ostruttiva (490-492;494;496)	262	29	0.68	0.46	1.00	457	0.82	0.63	1.06
Asma (493)	82	12	0.79	0.42	1.47	147	0.86	0.60	1.24
Malattie apparato digerente (520-579)	2,711	533	1.09	0.98	1.20	5,021	0.99	0.94	1.03
Malattie dell'apparato urinario (580-599)	600	99	0.91	0.73	1.14	1,015	0.93	0.82	1.05
Nefrite, sindrome nefrosica e nefrosi (580-589)	164	30	1.02	0.68	1.52	277	1.04	0.88	1.22

Tabella 9. Esposizione alla raffineria: Hazard Ratio (HR) di ricovero e i relativi Intervalli di confidenza (IC) al 95% per i diversi livelli di concentrazione di SO_x

a) Uomini

CAUSA (ICD-9-CM)	<50° percentile		>90° percentile			T est per il trend (per 2.882 µg/m ³)			
	n	n	HR	I.C. 95%		n	HR	I.C. 95%	
Cause naturali (001-629;677-799)	11,256	2,261	1.02	0.97	1.08	21,917	1.00	0.95	1.05
Tumori maligni (140-208)	1,717	285	0.89	0.78	1.02	3,258	0.90	0.80	1.02
Stomaco (151)	59	10	0.79	0.39	1.62	111	0.71	0.36	1.38
Colon retto (153-154)	195	35	1.02	0.70	1.48	370	0.95	0.67	1.34
Primitivi del fegato (1550)	34	4	0.58	0.20	1.68	65	0.62	0.25	1.55
Pancreas (157)	32	8	1.50	0.66	3.40	69	1.46	0.75	2.83
Laringe (161)	33	7	1.22	0.52	2.85	64	1.21	0.56	2.60
Trachea, bronchi e polmoni (162)	228	35	0.82	0.57	1.18	444	0.85	0.61	1.17
Vescica (188)	206	36	1.01	0.70	1.45	388	1.01	0.72	1.40
Rene (189)	61	11	0.87	0.45	1.68	111	0.73	0.38	1.40
Encefalo (191)	29	3	0.59	0.18	1.98	51	0.68	0.24	1.94
Tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	164	21	0.62	0.39	1.00	301	0.80	0.54	1.19
Disturbi ghiandola tiroidea (240-246)	181	41	1.19	0.82	1.72	335	1.01	0.71	1.43
Malattie sistema circolatorio (390-459)	3,315	659	1.06	0.97	1.15	6,324	1.01	0.93	1.10
Malattie cardiache (390-429)	2,117	418	1.08	0.97	1.20	4,001	1.00	0.90	1.11
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	968	166	0.90	0.75	1.08	1,786	0.87	0.74	1.02
Malattie cerebrovascolari (430-438)	745	156	1.13	0.94	1.35	1,398	1.08	0.92	1.27
Malattie apparato respiratorio (460-519)	1,595	345	1.12	0.98	1.27	3,244	1.13	1.01	1.27
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466;480-487)	439	68	0.80	0.62	1.05	786	0.83	0.65	1.05
Broncopneumatia cronico ostruttiva (490-492;494;496)	309	68	1.17	0.86	1.59	628	1.08	0.83	1.42
Asma (493)	74	11	0.71	0.37	1.35	134	0.71	0.39	1.31
Malattie apparato digerente (520-579)	3,117	630	1.02	0.93	1.11	6,079	0.97	0.89	1.05
Malattie dell'apparato urinario (580-599)	765	152	1.06	0.89	1.27	1,444	1.05	0.89	1.23
Nefrite, sindrome nefrosica e nefrosi (580-589)	174	28	0.87	0.58	1.31	344	0.88	0.61	1.26

b) Donne

CAUSA (ICD-9-CM)	<50° percentile		>90° percentile			Test per il trend (per 2.882 µg/m ³)			
	n	n	HR	I.C. 95%		n	HR	I.C. 95%	
Cause naturali (001-629;677-799)	12,549	2,367	0.99	0.94	1.05	23,957	0.97	0.93	1.02
Tumori maligni (140-208)	1,495	235	0.93	0.81	1.07	2,796	0.92	0.80	1.04
Stomaco (151)	54	8	0.86	0.39	1.92	97	1.00	0.50	2.01
Colon retto (153-154)	138	18	0.84	0.51	1.39	269	0.93	0.60	1.43
Primitivi del fegato (1550)	14	3	1.44	0.40	5.26	28	1.80	0.68	4.80
Pancreas (157)	39	8	1.16	0.53	2.56	74	1.21	0.61	2.40
Laringe (161)	4	3	4.62	0.95	22.5	9	4.19	1.36	12.9
Trachea, bronchi e polmoni (162)	82	15	1.07	0.61	1.89	156	1.05	0.62	1.78
Mammella (174)	359	61	1.02	0.77	1.35	731	1.13	0.89	1.43
Vescica (188)	46	5	0.67	0.26	1.78	89	0.80	0.34	1.85
Rene (189)	29	4	0.78	0.27	2.26	53	0.71	0.26	2.00
Encefalo (191)	26	5	1.11	0.41	3.01	40	0.94	0.32	2.73
Tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	118	12	0.64	0.35	1.18	205	0.51	0.28	0.92
Disturbi ghiandola tiroidea (240-246)	806	138	0.87	0.71	1.06	1,382	0.79	0.64	0.97
Malattie sistema circolatorio (390-459)	2,795	522	1.07	0.97	1.19	5,220	1.02	0.92	1.12
Malattie cardiache (390-429)	1,624	302	1.11	0.98	1.26	3,006	1.04	0.93	1.18
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	448	63	0.85	0.65	1.11	815	0.83	0.64	1.07
Malattie cerebrovascolari (430-438)	673	104	0.94	0.75	1.19	1,220	0.86	0.69	1.07
Malattie apparato respiratorio (460-519)	1,377	245	0.95	0.81	1.11	2,563	0.91	0.79	1.05
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466;480-487)	360	57	0.90	0.68	1.21	633	0.79	0.59	1.07
Broncopneumatia cronico ostruttiva (490-492;494;496)	255	28	0.64	0.43	0.95	457	0.72	0.51	1.03
Asma (493)	83	12	0.75	0.40	1.39	147	0.89	0.51	1.54
Malattie apparato digerente (520-579)	2,598	538	1.10	1.00	1.22	5,021	1.01	0.92	1.10
Malattie dell'apparato urinario (580-599)	577	99	0.92	0.74	1.15	1,015	0.81	0.65	1.01
Nefrite, sindrome nefrosica e nefrosi (580-589)	159	30	1.02	0.68	1.52	277	0.79	0.52	1.20

Tabella 10. Esposizione all'inceneritore di rifiuti speciali: Hazard Ratio (HR) di ricovero e i relativi Intervalli di confidenza (IC) al 95% per i diversi livelli di concentrazione di PM₁₀

a) Uomini

CAUSA (ICD-9-CM)	<50° percentile		>90° percentile			Test per il trend (per 0.027 ng/m ³)			
	n	n	HR	I.C. 95%		n	HR	I.C. 95%	
Cause naturali (001-629;677-799)	10,988	2,263	0.99	0.94	1.05	21,917	0.99	0.96	1.02
Tumori maligni (140-208)	1,691	283	0.85	0.75	0.98	3,258	0.95	0.89	1.02
Stomaco (151)	56	12	0.93	0.47	1.85	111	0.86	0.59	1.23
Colon retto (153-154)	202	25	0.69	0.45	1.06	370	0.89	0.72	1.11
Primitivi del fegato (1550)	34	5	0.65	0.25	1.71	65	0.73	0.42	1.27
Pancreas (157)	27	8	1.70	0.75	3.86	69	1.35	1.01	1.81
Laringe (161)	31	9	1.62	0.73	3.57	64	1.13	0.76	1.67
Trachea, bronchi e polmoni (162)	225	51	1.16	0.84	1.59	444	1.01	0.86	1.18
Vescica (188)	208	38	1.03	0.72	1.48	388	1.04	0.87	1.23
Rene (189)	66	10	0.67	0.34	1.33	111	0.87	0.60	1.24
Encefalo (191)	28	4	0.81	0.28	2.36	51	0.97	0.56	1.68
Tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	159	25	0.75	0.48	1.17	301	0.92	0.74	1.14
Disturbi ghiandola tiroidea (240-246)	188	35	0.96	0.65	1.42	335	0.98	0.80	1.20
Malattie sistema circolatorio (390-459)	3,270	651	1.01	0.92	1.10	6,324	0.99	0.94	1.03
Malattie cardiache (390-429)	2,108	396	0.96	0.86	1.08	4,001	0.97	0.91	1.02
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	978	173	0.88	0.74	1.04	1,786	0.89	0.81	0.98
Malattie cerebrovascolari (430-438)	739	143	1.01	0.84	1.22	1,398	1.01	0.92	1.10
Malattie apparato respiratorio (460-519)	1,565	406	1.33	1.19	1.50	3,244	1.05	0.99	1.12
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466,480-487)	431	89	1.06	0.83	1.35	786	0.94	0.82	1.07
Broncopneumatia cronico ostruttiva (490-492,494,496)	315	92	1.41	1.07	1.86	628	0.98	0.85	1.15
Asma (493)	73	12	0.90	0.48	1.69	134	0.81	0.57	1.16
Malattie apparato digerente (520-579)	3,053	639	1.02	0.94	1.12	6,079	0.98	0.94	1.02
Malattie dell'apparato urinario (580-599)	743	145	0.99	0.82	1.19	1,444	0.99	0.90	1.08
Nefrite, sindrome nefrosica e nefrosi (580-589)	166	31	0.94	0.63	1.40	344	0.93	0.76	1.13

b) Donne

CAUSA (ICD-9-CM)	<50° percentile		>90° percentile			Test per il trend (per 0.027 ng/m ³)			
	n	n	HR	I.C. 95%		n	HR	I.C. 95%	
Cause naturali (001-629;677-799)	12,259	2,385	0.94	0.89	0.99	23,957	0.97	0.94	0.99
Tumori maligni (140-208)	1,474	258	0.95	0.83	1.09	2,796	0.96	0.89	1.03
Stomaco (151)	53	11	1.06	0.51	2.21	97	1.07	0.76	1.52
Colon retto (153-154)	139	27	1.13	0.74	1.73	269	0.87	0.67	1.14
Primitivi del fegato (1550)	13	2	0.89	0.19	4.14	28	1.55	1.02	2.35
Pancreas (157)	40	6	0.75	0.31	1.83	74	1.11	0.76	1.63
Laringe (161)	3	2	3.07	0.48	19.9	9	1.83	1.09	3.06
Trachea, bronchi e polmoni (162)	83	18	1.08	0.64	1.84	156	0.98	0.72	1.33
Mammella (174)	352	76	1.22	0.94	1.57	731	1.13	1.00	1.27
Vescica (188)	47	3	0.35	0.10	1.17	89	0.75	0.43	1.29
Rene (189)	26	7	1.45	0.61	3.47	53	0.99	0.59	1.63
Encefalo (191)	25	4	0.84	0.28	2.52	40	0.49	0.20	1.24
Tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	124	12	0.57	0.31	1.05	205	0.66	0.45	0.95
Disturbi ghiandola tiroidea (240-246)	779	135	0.82	0.66	1.02	1,382	0.86	0.77	0.96
Malattie sistema circolatorio (390-459)	2,749	534	1.00	0.90	1.11	5,220	1.00	0.95	1.05
Malattie cardiache (390-429)	1,594	307	1.02	0.90	1.16	3,006	0.98	0.92	1.05
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	439	84	1.03	0.81	1.32	815	0.91	0.79	1.06
Malattie cerebrovascolari (430-438)	680	127	1.01	0.81	1.25	1,220	0.94	0.83	1.06
Malattie apparato respiratorio (460-519)	1,312	265	1.00	0.85	1.16	2,563	0.98	0.91	1.06
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466,480-487)	344	62	0.91	0.67	1.23	633	0.94	0.80	1.10
Broncopneumatia cronico ostruttiva (490-492,494,496)	249	46	0.97	0.70	1.35	457	0.82	0.66	1.01
Asma (493)	77	17	1.12	0.65	1.94	147	0.79	0.54	1.14
Malattie apparato digerente (520-579)	2,566	536	1.03	0.93	1.13	5,021	0.98	0.93	1.03
Malattie dell'apparato urinario (580-599)	558	94	0.82	0.65	1.03	1,015	0.85	0.75	0.97
Nefrite, sindrome nefrosica e nefrosi (580-589)	153	31	0.97	0.65	1.45	277	0.96	0.77	1.20

Tabella 11. Quadro sinottico dei risultati principali dello studio e stima del *p-value* e del *q-value* delle associazioni

ESPOSIZIONE	UOMINI								DONNE							
	MORTALITA'				RICOVERI				MORTALITA'				RICOVERI			
	CAUSA	HR	pvalue	qvalue	CAUSA	HR	pvalue	qvalue	CAUSA	HR	pvalue	qvalue	CAUSA	HR	pvalue	qvalue
<i>DISTANZA vicino</i>					Cause naturali	1.08	0.07	0.82	Laringe	11.16	0.01	0.18	Cause naturali	1.09	0.00	0.02
					Malattie cerebrovascolari	1.32	0.06	0.82	Mammella	1.14	0.06	0.32	Laringe	6.53	0.02	0.11
									Malattie ischemiche del cuore	1.60	0.02	0.20	Malattie sistema circolatorio	1.26	0.00	0.04
													Malattie apparato digerente	1.13	0.03	0.14
<i>Trend lineare (per 1 Km)</i>	Malattie apparato respiratorio	1.08	0.08	0.73	Cause naturali	1.02	0.00	0.01	Laringe	1.56	0.02	0.30	Cause naturali	1.01	0.00	0.02
					Disturbi ghiandola tiroidea	1.07	0.07	0.28					Laringe	1.39	0.04	0.28
					Malattie sistema circolatorio	1.02	0.01	0.08					Malattie sistema circolatorio	1.03	0.00	0.02
					Malattie dell'apparato urinario	1.05	0.30	0.72					Malattie apparato digerente	1.02	0.10	0.51
CONCENTRAZIONE DI H₂S																
<i>>90° percentile</i>									Laringe	17.48	0.02	0.37				
<i>Trend lineare (per 0.043 μg/m³)</i>									Laringe	1.36	0.04	0.48	Laringe	1.36	0.01	0.12
									Vescica	1.35	0.05	0.48	Malattie sistema circolatorio	1.04	0.04	0.31
CONCENTRAZIONE DI SO_x																
<i>>90° percentile</i>									Laringe	17.53	0.02	0.36	Malattie apparato digerente	1.10	0.05	0.49
<i>Trend lineare (per 2.882 μg/m³)</i>					Malattie apparato respiratorio	1.13	0.03	0.71	Pancreas	1.75	0.01	0.09	Laringe	4.19	0.01	0.22
									Laringe	4.99	0.01	0.11				
CONCENTRAZIONE DI PM₁₀																
<i>>90° percentile</i>	Cause naturali	1.19	0.01	0.06	Malattie apparato respiratorio	1.33	0.00	0.00								
	Malattie apparato respiratorio	1.82	0.01	0.06												
<i>Trend lineare (per 0.027 ng/m³)</i>	Pancreas	1.40	0.03	0.53	Pancreas	1.35	0.04	0.53	Pancreas	1.47	0.01	0.09	Primitivi del fegato	1.55	0.04	0.17
									Laringe	1.92	0.01	0.11	Laringe	1.83	0.02	0.14
													Mammella	1.13	0.05	0.18

**VALUTAZIONE EPIDEMIOLOGICA DELLO STATO DI SALUTE DELLA
POPOLAZIONE RESIDENTE NEI PRESSI DEI TERMOVALORIZZATORI
DEL LAZIO**

RIASSUNTO

INTRODUZIONE. La valutazione degli effetti sulla salute associati alla residenza in prossimità di inceneritori deriva prevalentemente da studi ecologici e suggerisce un possibile effetto per alcuni esiti riproduttivi (malformazioni congenite, nascita pretermine e basso peso alla nascita) e alcune forme tumorali (laringe, polmoni, esofago, stomaco, intestino, fegato, reni, vescica e seno), ma il grado di evidenza è molto limitato.

OBIETTIVI. Lo studio ha valutato l'associazione tra i livelli di inquinamento atmosferico e il ricorso alle cure ospedaliere dei residenti per patologie cardiovascolari e respiratorie nei periodi pre- e post-operatività dei termovalorizzatori di Colferro e San Vittore del Lazio.

METODI. L'approccio utilizzato è quello di coorte retrospettivo. Sono stati arruolati 47,192 soggetti residenti tra il 1 Gennaio 1996 e il 31 Dicembre 2008 in un'area di 7 Km dagli impianti, entrambi entrati in funzione alla fine del 2002. Il modello di dispersione lagrangiano SPRAY per il PM_{10} è stato usato per definire i livelli di esposizione all'inceneritore, sono state definite tre zone a basso, medio ed alto PM_{10} . Sono state studiate le ospedalizzazioni dei soggetti della coorte nel periodo precedente (1996-2002) e successivo (2003-2008) l'attivazione dei termovalorizzatori. L'associazione tra residenza nelle tre zone e ricoveri nei due periodi è stato stimato utilizzando il modello multivariato di Cox (per eventi ripetuti) aggiustando per sesso, età, area a livello di SES, la distanza dalle industrie e dalle strade trafficate e livelli di fondo di PM_{10} . Per testare l'effetto degli inceneritori è stato utilizzato un termine di interazione tra il periodo di follow-up (prima-dopo) e i livelli di esposizione.

RISULTATI.

Sono stati arruolati 47.192 residenti tra il 1996 e il 2008, la maggior parte dei membri della coorte è risultata ancora residente nel periodo post attivazione impianti. 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 ($HR=1.26-I.C.=0.99;1.60$) e malattie polmonari cronico ostruttive ($HR=1.86-I.C.=1.04;3.33$).

CONCLUSIONI. I risultati indicano un chiaro effetto dell'esposizione all'inquinamento degli incenritori con un incremento delle ospedalizzazioni per disturbi respiratori nel sesso machile. E' quindi opportuna una continua sorveglianza epidemiologica della popolazione residente in una delle aree a più elevata criticità ambientale del Lazio.

INTRODUZIONE

I termovalorizzatori sono impianti di incenerimento ad alta temperatura finalizzati alla produzione di energia elettrica il cui combustibile è costituito dal CDR, combustibile derivato da rifiuti urbani. Gli effetti sulla salute associati alla residenza in prossimità di inceneritori e termovalorizzatori sono stati documentati in diverse pubblicazioni e revisioni sistematiche di studi epidemiologici. I risultati, che derivano prevalentemente da studi ecologici, suggeriscono una relazione con alcuni esiti riproduttivi (mortalità infantile e malformazioni congenite^{1,2}; nati morti³; peso alla nascita ed età gestazionale⁴) e tumori (tutti i tumori, laringe, polmoni, esofago, stomaco, intestino, fegato, reni, vescica e seno)^{5,6}. Tuttavia, questi risultati non sono immuni da distorsioni principalmente connesse alla scelta del disegno, alla carenza di informazioni sull'esposizione, all'impiego di misure surrogate come la distanza dalla fonte, nonché al mancato controllo di potenziali confondenti, quali le caratteristiche individuali delle persone esposte.

Alcune indagini più dettagliate condotte in Italia e in Francia suggeriscono un aumento del rischio per linfoma non-Hodgkin⁷⁻⁹, sarcoma del tessuto connettivo^{10,11} e malformazione delle vie urinarie alla nascita¹². Alcuni di questi studi hanno usato modelli di dispersione per stimare l'esposizione agli inquinanti prodotti dagli inceneritori^{8,9}, migliorando in tal modo il limite principale degli studi condotti precedentemente, che utilizzavano la distanza quale misura di esposizione.

Diverse rassegne della letteratura¹³⁻¹⁵ si sono occupate di individuare le lacune e le priorità delle ricerche svolte nell'ambito. In generale, si sono riscontrate notevoli limitazioni metodologiche, principalmente dovute alla natura e alla complessità delle esposizioni, alle dimensioni delle popolazioni indagate e alla difficile definizione del profilo socio-economico o di altri fattori di confondimento che possono avere una rilevante influenza sugli esiti in studio. Tali debolezze sottolineano la necessità di una nuova generazione di studi epidemiologici che migliori la definizione dell'esposizione, sia in termini quantitativi che qualitativi, attraverso misurazioni ambientali e lo sviluppo di biomarcatori individuali di esposizione.

Recentemente è stato pubblicato uno studio su due inceneritori in Emilia Romagna¹⁶ che introduce alcune innovazioni procedurali: innanzitutto il ricorso ad un modello che ha simulato la dispersione dei fattori inquinanti d'interesse nel territorio in studio e ha

quindi consentito di stabilire in modo più accurato l'esposizione dei soggetti. Inoltre, il disegno dello studio, di tipo longitudinale, ha consentito di tenere conto del livello socio-economico, calcolato a livello di piccola area di residenza, della popolazione oggetto di indagine.

L'area di Colferro è una delle zone della regione Lazio ad elevata complessità ambientale. Già dal 1912 iniziò le attività, nella zona di Colferro Scalo, l'azienda di polveri da sparo ed esplosivi Bombrini-Parodi-Delfino (BPD). Dopo la prima guerra mondiale la BPD estese la gamma di produzione ai concimi e al cemento e nel secondo dopoguerra arrivò a comprendere ulteriori divisioni attive nei settori della meccanica, del tessile e della chimica. Nel 1968 la BPD si fuse con la Società di Navigazione Italo Americana (SNIA), la cui divisione chimica portò per alcuni anni il nome di SNIA BPD. Alla SNIA BPD si aggiunsero negli anni numerosi stabilimenti chimici e tessili estendo così l'area industriale di Colferro fino a mille ettari di terreno. Tra questi assume rilievo il cementificio sito a sud dell'attuale termovalorizzatore, in vicinanza del centro abitativo di Colferro. Avviato nel 1919 con il nome di Calce e Cementi Segni, nel periodo compreso tra le due guerre mondiali il cementificio subì un rapido sviluppo e venne ampliato fino ad avere tre forni sulla linea di produzione. A partire dagli anni cinquanta iniziarono le opere di potenziamento dell'impianto con lo smantellamento dei tre vecchi forni e con l'installazione di nuovi forni adatti a rispondere alla richiesta crescente del mercato edilizio. Italcementi acquistò lo stabilimento di Colferro nel 1972 e subentrò nella gestione diretta del cementificio incrementandone la produzione.

La presenza decennale di questi ed altri stabilimenti di produzione ha esposto il territorio di Colferro e della Valle del Sacco a sostanze inquinanti altamente dannose per l'ambiente, causando una contaminazione delle falde acquifere e dei terreni. Nel 1990 furono individuate e sottoposte a sequestro, all'interno dello stabilimento BPD, tre aree adibite a discariche incontrollate di rifiuti industriali per circa 5 ettari di terreno. Nel 2005, nel corso di un'indagine campionaria sul latte di massa prevista dal Piano Nazionale Residui, fu rilevata una massiccia presenza di Beta-esaclorocicloesano (β -HCH), circa 30 volte superiore ai livelli ammessi dalla legge. Successive indagini hanno appurato che il Beta-HCH proveniente dalle discariche dei rifiuti tossici ha contaminato il fiume Sacco e i terreni attigui. Il β -HCH è una sostanza organica derivante dalla sintesi chimica dell'insetticida Lindano (γ -HCH), il cui uso in campo

agricolo è stato particolarmente diffuso nel territorio per il trattamento del terreno prima della semina e per la disinfestazione dei cereali e delle sementi nei magazzini. Nel 1975 ne è stato limitato l'impiego, e nel 2001 è stato definitivamente vietato.

Una indagine epidemiologica¹⁷ sullo stato di salute della popolazione residente nell'area della Valle del Sacco ha evidenziato un eccesso di decessi per tutti i tumori e per alcuni tumori specifici (stomaco, laringe, polmoni, pleura e mieloma) tra gli uomini, mentre tra le donne si è riscontrato un aumento dei decessi per diabete. L'indagine ha previsto uno studio di biomonitoraggio sul sangue di un campione di soggetti residenti in quattro aree della Valle del Sacco, caratterizzate da diversi livelli di esposizione di inquinanti organici persistenti e metalli pesanti. Sono stati riscontrati livelli elevati di β -HCH, con una maggiore contaminazione della popolazione residente lungo il fiume avvenuta mediante il consumo alimentare di prodotti locali.

Nel contesto sopra illustrato, nel 2002 sono stati attivati i due impianti di termovalorizzazione di CDR del Lazio localizzati a Colleferro (RM) e a San Vittore del Lazio (FR). Il presente lavoro ha l'obiettivo di valutare lo stato di salute della coorte dei residenti dopo la loro messa in funzione: lo studio utilizza un disegno pre/post in cui l'esposizione agli inquinanti emessi dagli impianti viene stimata attraverso l'uso di modelli di dispersione.

METODI

Caratteristiche dei termovalorizzatori

Il termovalorizzatore di Colleferro occupa una superficie di circa 30,000 mq ed è costituito da due linee di trattamento: la prima linea è stata attivata nel mese di dicembre 2002, la seconda è operativa da giugno 2003. Ciascuna delle due linee è autorizzata allo smaltimento di 110,000 t/anno di CDR, corrispondenti ad una quantità massima giornaliera di circa 334 t/giorno. Nel 2009 l'impianto di Colleferro è stato sequestrato per diversi mesi dal Nucleo Operativo Ecologico dei Carabinieri di Roma per numerosi reati, tra cui attività organizzata per traffico illecito di rifiuti, violazione dei valori limiti delle emissioni in atmosfera, combustione di pneumatici, trattamento di rifiuti indifferenziati.

Il termovalorizzatore di San Vittore del Lazio si estende su una superficie di 50,422 mq. Attualmente l'impianto è dotato di una sola linea di esercizio e, con la realizzazione prevista di due nuove linee, la superficie dell'impianto occuperà un'area di 78,249 mq. Attivato nell'agosto del 2002, il termovalorizzatore è autorizzato alla combustione di 304,150 t annue.

Ai fini dello studio, i due termovalorizzatori sono stati georeferenziati utilizzando le coordinate geografiche del punto centrale fornite dalla Regione Lazio, secondo il sistema di riferimento WGS84_UTM33N. A causa della complessità dell'area, per l'impianto di Colferro si è considerata d'interesse l'area contenuta nella circonferenza di raggio 7 Km dal perimetro del sito che comprende i comuni di Artena, Colferro, Gavignano e Segni. Per l'impianto di San Vittore del Lazio si è fatto riferimento ad un'area contenuta nella circonferenza di 5 Km dal punto centrale del sito che comprende solo il comune di San Vittore del Lazio.

Disegno dello studio e selezione della popolazione

Lo studio è stato condotto con un approccio di coorte di popolazione. La popolazione d'interesse è costituita dai soggetti residenti al 1 Gennaio 1996 o successivamente entrati fino al 31 Dicembre 2008, mentre per San Vittore del Lazio è stato possibile ricostruire la coorte di popolazione solo a partire dal 1 Gennaio 2000. Le informazioni anagrafiche e residenziali della coorte sono state reperite dagli archivi dei registri anagrafici forniti dai comuni interessati. I dati raccolti sono stati sottoposti ad un'accurata procedura di controllo di qualità.

Per ogni individuo della coorte è stato stabilito l'indirizzo di residenza al 1 Gennaio 1996 o 2000, ovvero il primo indirizzo di residenza per i nuovi iscritti all'anagrafe (per nascita o immigrazione). Tutti gli indirizzi sono stati georeferenziati, utilizzando un sistema GIS (Geographic Information System). Le operazioni di georeferenziazione hanno previsto la normalizzazione dell'indirizzo registrato dall'archivio comunale e l'interrogazione delle mappe dei sistemi TELEATLAS e NAVDAC. Ad ogni soggetto è stato attribuito un indicatore di posizione socio-economica (SES) sulla base della sezione di censimento corrispondente all'indirizzo di residenza. Tale indice è costruito a partire da un insieme di variabili raccolte nel censimento del 2001, ognuna delle quali descrive una dimensione dello svantaggio sociale ed economico (istruzione,

occupazione, condizione abitativa etc.) ed è stato codificato in cinque classi sulla base dei quintili della distribuzione: alto, medio-alto, medio, medio-basso, basso¹⁸.

La mappatura degli indirizzi con il sistema GIS ha permesso anche di calcolare, per ogni soggetto, la distanza tra l'indirizzo di residenza e le autostrade, le strade principali caratterizzate da traffico intenso e le industrie presenti nel territorio. Relativamente al termovalorizzatore di Colleferro è stata anche considerata la residenza nell'area di Colleferro Scalo (area limitrofa agli insediamenti industriali SNIA BPD ed Italcementi) e la residenza entro 1 Km dal Fiume Sacco.

Follow-up della coorte

Tutti i soggetti arruolati nella coorte sono stati seguiti per quanto riguarda lo stato in vita fino al 31 Dicembre 2008. Coloro che nel periodo d'interesse sono emigrati dal comune di residenza, sono stati considerati in vita fino alla data di emigrazione e quindi, per loro il *follow-up* si è concluso a tale data.

Valutazione dell'esposizione: modelli di dispersione

L'esposizione al PM₁₀ di fondo, derivante dall'inquinamento stradale, industriale, e civile è stato stimato su base regionale (<http://www.arpalazio.net/main/aria/sci/#>) ed ha permesso di assegnare la concentrazione media annua di questo inquinante all'indirizzo di residenza di ogni soggetto in studio. Il modello, sviluppato da ARPA, ha utilizzato il censimento delle emissioni del 2005, si basa sulla integrazione delle catene modellistiche RAMS e FARM e ha una risoluzione di 4x4 Km.

Il modello lagrangiano a particelle SPRAY ver. 5 (Arianet s.r.l., Milano, Italia) è stato utilizzato per simulare l'impatto dei termovalorizzatori sull'area in studio. Il modello simula il trasporto, la dispersione e la ricaduta degli inquinanti emessi su terreni complessi e con la presenza di ostacoli, seguendo il percorso di particelle fittizie nel flusso turbolento dell'atmosfera. Per stimare la dispersione delle concentrazioni del PM₁₀, scelto come inquinante tracciante, sono stati utilizzati i seguenti dati: l'orografia del territorio, i dati meteorologici mensili (in particolare le componenti del vento e della temperatura), le caratteristiche della turbolenza in bassa atmosfera e la distribuzione oraria spaziale (orizzontale e verticale) delle emissioni inquinanti. Il modello restituisce la mappa delle concentrazioni al suolo relative all'inquinante emesso dall'impianto, utilizzando una risoluzione di 500x500m. Allo stesso modo è

stata simulata la dispersione del PM₁₀ prodotto dal cementificio. Per ulteriori dettagli sul modello di dispersione si rimanda alla relazione tecnica di ARPA Lazio.

Nella tabella che segue si riportano le statistiche descrittive (media, deviazione standard, 25°, 50°, 75°, 80°, 90° percentile e range interquartile, ossia la differenza tra il 75° e il 25° percentile) dei livelli di PM₁₀ prodotto dalle diverse fonti calcolate sui soggetti della coorte:

Tabella A. Livello di esposizione a PM₁₀ di *background*, a PM₁₀ prodotto dai termovalorizzatori e a PM₁₀ prodotto dal cementificio di Colleferro per gli individui appartenenti alla coorte dei residenti 1996-2008

	media	DS	p25	p50	p75	p80	p90	p75-p25
PM ₁₀ di background μg/m ³	9.58	1.46	8.00	9.69	10.86	10.86	10.94	2.86
PM ₁₀ termovalorizzatore ng/m ³	2.96	1.11	1.99	3.40	3.80	3.93	4.00	1.81
PM ₁₀ cementificio ng/m ³	59.47	23.78	40.35	61.38	78.92	81.60	84.02	38.57

È importante osservare come il contributo espositivo del PM₁₀ prodotto dai termovalorizzatori (2.96 ng/m³) sia molto inferiore a quello del PM₁₀ prodotto dal cementificio (59.47 ng/m³) e a quello del PM₁₀ di *background* (9.58μg/m³). In ogni caso, per i soggetti della coorte, vi è una alta correlazione tra gli indicatori stessi ($r_{\text{term}/\text{cem}}=0.78$; $r_{\text{term}/\text{back}}=0.73$; $r_{\text{back}/\text{cem}}=0.65$).

Sulla base della distribuzione del PM₁₀ prodotto dai termovalorizzatori, i soggetti della coorte sono stati classificati in tre gruppi a seconda della residenza in zone caratterizzate da determinate concentrazioni dell'inquinante:

- i. *Zona a bassa esposizione (riferimento)*: area in cui valori di PM₁₀ sono inferiori a 3.40 ng/m³ (50° percentile);
- ii. *Zona a media esposizione*: area in cui i valori di PM₁₀ sono superiori o uguali a 3.40 oppure inferiori o uguali a 3.93 ng/m³ (80° percentile);
- iii. *Zona ad alta esposizione*: area in cui i valori di PM₁₀ sono superiori a 3.93 ng/m³.

Esiti di salute

Gli impianti in studio hanno iniziato la loro attività nel 2002, periodo relativamente breve per valutare eventuali esiti associati ad esposizioni di lungo periodo. In questa indagine, quindi, non sono in studio la mortalità, l'occorrenza di patologie tumorali o di patologie croniche. Gli esiti considerati sono invece le ospedalizzazioni di adulti e bambini (età compresa tra 0 e 14 anni) sia per cause naturali - escludendo parto e traumatismi - (ICD IX-CM 001-629; 677-799) sia per malattie cardiovascolari (ICD IX-CM 390-459) e per patologie dell'apparato respiratorio (ICD IX-CM 460-519), assumendo che per queste patologie il tempo di latenza sia sufficiente.

Le informazioni derivano dal Sistema Informativo Ospedaliero (SIO) del Lazio che rileva e gestisce i dati analitici di tutti i ricoveri ospedalieri (in acuzie e post-acuzie) che ogni anno si verificano negli Istituti di Ricovero e Cura (pubblici e privati) del Lazio. A tutte le persone della coorte sono stati attribuiti, utilizzando il codice fiscale come chiave di *linkage*, la diagnosi principale, la data di ricovero e di dimissione degli eventuali ricoveri per le cause studiate avuti nel periodo di *follow-up*. Non sono inclusi nelle analisi eventuali ricoveri della stessa persona avvenuti entro 30 giorni dalla data di dimissione di ciascun episodio di ricovero in studio.

Analisi statistica

Sono stati prima di tutto calcolati gli anni-persona nei periodi pre- (1996-2002) e post-attività (2003-2008) degli impianti, ossia il tempo di osservazione dei soggetti in studio nei due periodi. Successivamente, sono stati calcolati i tassi grezzi di ospedalizzazione (considerando anche i ricoveri ripetuti) per singola causa di ricovero nei periodi pre- e post-attività dei termovalorizzatori, separatamente per i tre livelli di esposizione considerati. I tassi grezzi sono dati dal rapporto tra il numero dei ricoveri osservati nel periodo d'interesse e il tempo persona di osservazione (anni-persona). Il computo dei tassi grezzi è stato effettuato attribuendo l'esposizione al PM₁₀ prodotto dagli impianti a tutti i soggetti, anche se il ricovero d'interesse è avvenuto prima del 1 Gennaio 2003. Ciò ha consentito di stabilire l'esistenza di una modifica nella frequenza di ricoveri nelle tre zone di esposizione nel passaggio dal pre- al post-.

L'analisi dei dati è stata eseguita utilizzando il modello di Cox per eventi ripetuti inserendo l'esposizione al PM₁₀ dei termovalorizzatori come covariata tempo-

dipendente. La valutazione dell'effetto specifico dell'entrata in funzione dei termovalorizzatori è stata realizzata inserendo nel modello statistico l'interazione tra l'esposizione all'inquinante e il periodo di *follow-up* durante il quale si è verificato il ricovero come variabile dicotomica, che quindi assume valore "0" dal 1 Gennaio 1996 al 31 Dicembre 2002 e valore "1" dal 1 Gennaio 2003 al 31 Dicembre 2008. Tale approccio ha consentito di stimare il rischio di ospedalizzazione nel passaggio dal periodo pre- e quello post-attività dei termovalorizzatori nelle zone a media e ad alta esposizione, rispetto al ricorso alle cure ospedaliere nella zona di controllo.

L'analisi dei dati è stata effettuata seguendo l'approccio suggerito da Prentice et al.¹⁹, secondo cui l'insieme dei soggetti a rischio di sperimentare il k -esimo ricovero per un data causa in un generico istante t è costituito da tutti i soggetti sotto osservazione al tempo t che hanno precedentemente avuto il $(k-1)$ -esimo ricovero per la stessa causa. I soggetti che non hanno subito alcun ricovero sono considerati a rischio del primo ricovero durante tutto il periodo di osservazione. Occorre precisare che, nel caso in cui tra due ricoveri per una data causa d'interesse, si sia verificato un ricovero per un'altra causa, durante il periodo di ospedalizzazione il soggetto è stato escluso dal *follow-up* per quel periodo. Parimenti, durante l'ospedalizzazione il soggetto non è considerato a rischio di ricovero per la causa su cui si sta indagando. Inoltre sono stati esclusi dal tempo a rischio anche i 30 giorni successivi al ricovero per la causa d'interesse o per altra causa

I modelli sono stati sviluppati sull'asse temporale dell'età e stratificati per sede del termovalorizzatore e classe di rischio. La classe di rischio rappresenta l'ordine di ricovero per cui il soggetto è a rischio in un dato momento del periodo di *follow-up*. Più precisamente, in un generico istante t , la classe di rischio assume valore "1" per tutti i soggetti che non sono mai stati ricoverati fino a quel momento (il soggetto è a rischio di subire il primo ricovero), valore "2" per tutti i soggetti che precedentemente all'istante t hanno subito il primo ricovero per la causa d'interesse o per altra causa (il soggetto è a rischio di subire il secondo ricovero), e così via valore " k " per tutti i soggetti che precedentemente all'istante t hanno verificato il $(k-1)$ -esimo ricovero per la causa d'interesse o per un'altra causa. In questo modo, ad ogni istante del periodo di *follow-up*, ai soggetti è attribuito un rischio di ricovero diverso sulla base dei ricoveri precedenti, in quanto è lecito supporre che coloro che hanno subito uno o più ricoveri per una qualsiasi causa abbiano una probabilità maggiore di essere

nuovamente ricoverati per la stessa causa o per una causa diversa. Ciò ha consentito di ottenere un effetto "esposizione al PM₁₀ di *background*/del termovalorizzatore" depurato rispettivamente dalla diversa composizione per età, dall'effetto residuale del contesto in cui sorge l'impianto e dagli eventuali ricoveri precedenti a quello per la causa d'interesse.

Si riporta di seguito la lista dei fattori confondenti introdotti nel modello al fine di tener conto, nella stima delle quantità d'interesse, delle caratteristiche peculiari dei territori in studio:

- livello socio-economico;
- residenza entro 500 m dalle autostrade;
- residenza entro 150 m dalle strade principali;
- residenza entro 1 Km dal fiume Sacco;
- residenza nell'area di Colleferro Scalo;
- residenza entro 2 Km da eventuali altre industrie presenti nell'area.

Nel determinare i rischi di ospedalizzazione connessi all'attivazione dei termovalorizzatori, nel modello è stato inserito il PM₁₀ di *background* come termine lineare, per verificare se, a parità di un inquinamento di fondo presente sul territorio, l'inquinamento prodotto dai termovalorizzatori ha rappresentato un ulteriore fattore di rischio per la popolazione in studio. Questa procedura ha anche consentito di valutare il rischio di ospedalizzazione associato all'inquinamento di *background*, a parità di esposizione ai termovalorizzatori ed alle altre caratteristiche del territorio sopra elencate.

L'associazione tra l'esposizione al PM₁₀ prodotto dai termovalorizzatori e la morbosità è stata valutata in termini di *Hazard Ratio* (HR), specifici per causa e genere, separatamente per la zona a media esposizione e quella ad alta esposizione. Essi consentono di stabilire se il rischio di ricovero per una data causa tra i soggetti residenti nelle zone a media e alta esposizione ha subito un incremento o una diminuzione nel periodo post-termovalorizzatore rispetto al periodo precedente di

inattività dell'impianto, prendendo a riferimento l'ospedalizzazione avvenuta per la medesima causa tra i soggetti residenti nella zona a bassa esposizione. Inoltre, sono stati calcolati anche gli intervalli di confidenza (IC 95%) degli HR, che forniscono gli estremi inferiore e superiore entro cui il valore vero dell'HR ricade con una probabilità prefissata di 0.95.

Gli HR e i rispettivi intervalli di confidenza sono stati calcolati anche sul totale dei residenti (uomini e donne), per i quali è stato effettuato il test sull'esistenza di un trend di ospedalizzazione tra le tre classi di esposizione. Tale ipotesi è stata valutata in termini di *p-value*: esso stabilisce se l'eventuale incremento/decremento di morbosità riscontrato nel periodo di attività degli impianti aumenti/diminuisca all'aumentare delle concentrazioni di PM₁₀ a cui sono esposti i soggetti.

L'associazione tra l'esposizione al PM₁₀ di *background* e la morbosità dei soggetti residenti nelle aree d'interesse è stata espressa in termini di *Hazard Ratio* (HR), specifici per causa e genere, e sul totale dei soggetti. Essi descrivono l'aumento o la diminuzione del rischio di ricovero per una data causa all'aumentare della concentrazione di PM₁₀ di *background* a cui i soggetti sono esposti (per incremento di 1 µg/m³). Sono stati calcolati anche gli intervalli di confidenza degli HR (IC 95%), che forniscono gli estremi inferiore e superiore entro cui il valore vero dell'HR ricade con una probabilità prefissata di 0.95.

A causa dell'alta correlazione del PM₁₀ prodotto dal cementificio sia con il PM₁₀ prodotto dai termovalorizzatori ($r=0.78$) sia con il PM₁₀ di *background* ($r=0.65$), è stato deciso di non considerare separatamente questo effetto, sia per non incorrere nel rischio di una errata stima dell'effetto dell'esposizione principale (termovalorizzatore), sia perché l'inquinamento di *background* comprende già parte del PM₁₀ prodotto dal cementificio.

RISULTATI

Nelle figure da 1 a 6 sono riportati i confini amministrativi dei comuni delle aree in studio, i termovalorizzatori, gli anelli concentrici della distanza dagli impianti (0-1, 1-2, 2-3, 3-4, 4-5, 5-6, 6-7 Km), i residenti, le autostrade e le strade principali. Nelle

mappe relative all'impianto di Colferro si riportano anche il fiume Sacco, il cementificio e i confini amministrativi di Colferro Scalo.

Le figure 1 e 2 riportano la concentrazione media annua del PM₁₀ di background nei territori d'interesse in cinque classi di uguale ampiezza.

Nelle figure 3 e 4 si riportano i risultati dei modelli di dispersione del PM₁₀ prodotto dai termovalorizzatori in cinque classi di uguale ampiezza. Le figure 5 e 6 mostrano la distribuzione dei residenti nelle tre zone di esposizione *bassa-media-alta*.

La Tabella 1 mostra le caratteristiche della coorte dei soggetti residenti nelle aree in studio tra il 1996 e il 2008, e quelle della coorte dei residenti nel periodo post-inizio attività dei termovalorizzatori (2003-2008), nelle tre zone di esposizione (*bassa-media-alta*) al PM₁₀ emesso dagli impianti.

La coorte dei residenti dal 1996 al 2008 è costituita da 47,192 persone delle quali il 94% risiede entro i 7 Km dal termovalorizzatore di Colferro e il 6% entro i 5 Km da quello di San Vittore del Lazio. Il 22% della popolazione è costituita da bambini (0-14 anni), il 13.1% da persone di 65 anni o più. Più della metà dei soggetti (52.7%) risiede in zone a media o alta concentrazione di PM₁₀ di *background*. Il 54.2% della popolazione è esposto a concentrazioni di PM₁₀ da cementificio medie o alte. Al 31 dicembre 2008, il 9.3% della popolazione risulta deceduto.

La coorte residente nel periodo post-termovalorizzatore è composta da 41,379 soggetti, di cui 20,857 (50,4%) risiedono nella zona a bassa esposizione, 12,132 (29.3%) in quella a media esposizione e 8,390 (20,3%) in quella ad alta esposizione. Tutti i 2,654 soggetti residenti del comune di San Vittore risiedono nella zona a bassa esposizione e fanno quindi parte del gruppo di riferimento di questo studio. Nelle zone ad alta esposizione risiedono maggiormente le persone con un livello socio-economico medio-alto o alto (35.9% e 28.6%). Più della metà dei soggetti residenti nella zona a media esposizione è esposta a concentrazioni di PM₁₀ di *background* media e alta (57.3% e 26.4%); il gruppo dei soggetti più esposti invece, risulta equidistribuito tra la zona a media ed alta esposizione al PM₁₀ di *background* (49.8% e 47.5%). La mortalità grezza osservata al 31 dicembre 2008 è pari al 5.2% della popolazione.

Sono stati stimati 240,584 anni-persona di osservazione nel periodo precedente l'attività dell'inceneritore e 208,935 nel periodo successivo.

Dei 47,192 residenti tra il 1996 e il 2008, più della metà non è mai ricorsa alle cure ospedaliere (54.1%), mentre il restante 45.9% è stato ricoverato almeno una volta. Tra questi, il 22.6% ha subito un solo ricovero, il 20.7% da due a cinque ricoveri, il 2.3% da sei a dieci ricoveri, mentre il residuo 0.3% è ricorso alle cure ospedaliere più di 10 volte nel periodo in studio. In riferimento ai 41,379 residenti nel periodo post-attività dei termovalorizzatori, il 67.6% non è mai ricorso alle cure ospedaliere, il 19.8% ha subito un solo ricovero, l'11.8% da due a cinque ricoveri, il residuo 0.8% a sei o più ricoveri.

Nella Tabella 2 si riportano, separatamente per gli uomini (a) e per le donne (b), e per il totale dei residenti (c) i tassi grezzi (*1000 persone) di ospedalizzazione per causa nei periodi pre- e post- inizio dell'attività dei termovalorizzatori nelle tre aree di esposizione al PM₁₀ emesso dagli impianti, con i relativi intervalli di confidenza.

Uomini

Per i tre livelli di esposizione considerati, nel periodo successivo all'attivazione dei termovalorizzatori il tasso grezzo di ospedalizzazione per cause naturali è maggiore di quello che si osserva nel periodo pre-attività. Questo aumento è particolarmente evidente per le patologie a carico dell'apparato circolatorio e respiratorio. A tal proposito si noti che la differenza tra i tassi grezzi pre- e post-attività subisce un leggero incremento all'aumentare del livello di esposizione al PM₁₀. Per tutte le altre malattie, non si riscontrano particolari differenze dei tassi di ospedalizzazione nei due periodi.

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 ma solo nella zona ad alta concentrazione di PM₁₀.

Donne

Le donne, a parità di livello di esposizione, mostrano un aumento dei ricoveri per cause naturali nel periodo di attività dei termovalorizzatori, rispetto al periodo

precedente. Tale incremento si osserva principalmente per malattie dell'apparato respiratorio e di quello circolatorio, in tutte le tre categorie di esposizione.

Tra le bambine (0-14 anni) si registra, nel periodo post-attività degli impianti, un aumento delle ospedalizzazioni per cause naturali ma solo nelle aree ad alta esposizione.

Totale

I tassi grezzi di ospedalizzazione calcolati sul totale dei residenti descrivono lo stesso andamento visto in precedenza, separatamente per uomini e donne: un leggero incremento dei ricoveri per tutte le cause naturali, per malattie cardiovascolari e dell'apparato respiratorio, nel passaggio dal periodo pre- a quello post-attività degli impianti che aumenta all'aumentare delle concentrazioni di PM₁₀.

Tra i bambini (0-14 anni) non si riscontrano, a parità di esposizione, aumenti delle ospedalizzazioni. Un leggero incremento dei ricoveri per cause naturali si osserva nella zona ad alta esposizione

La Tabella 3 mostra i risultati dell'analisi delle ospedalizzazioni per livelli di esposizione al PM₁₀ prodotto dai termovalorizzatori, separatamente per genere e sul totale (uomini + donne). Si riportano il numero dei ricoveri per causa osservati e gli HR aggiustati per età, impianto, classe di rischio, livello socio-economico, residenza in prossimità di autostrade, strade, fiume Sacco, industrie ed entro i confini di Colleferro Scalo, ed i relativi intervalli di confidenza al 95%.

Uomini

Tra i residenti nelle aree maggiormente esposte al PM₁₀ prodotto dai termovalorizzatori non si osservano differenze nel ricorso alle cure ospedaliere per tutte le cause rispetto al gruppo di controllo (residenti in zone a basse concentrazioni di PM₁₀ prodotto dai termovalorizzatori). Tuttavia, l'analisi causa-specifica mostra un aumento del rischio di ospedalizzazione tra i residenti in zone ad elevate concentrazioni di PM₁ pari al 26% per malattie dell'apparato respiratorio, soprattutto a carico delle malattie polmonari cronico ostruttive (+86%).

Tra i bambini (0-14 anni) si osserva una ospedalizzazione per cause naturali e cause specifiche sovrapponibile a quella del gruppo di riferimento. Nelle zone a media esposizione si registra un aumento del 60%, al limite della significatività statistica, dei ricoveri per infezioni acute delle vie respiratorie.

Donne

Le donne residenti nelle aree a media e alta esposizione presentano una ospedalizzazione per cause naturali simile a quella del gruppo di riferimento. Esaminando i ricoveri per causa specifica, non emergono incrementi o diminuzioni significative dei rischi di ospedalizzazione nelle aree a maggiore esposizione.

Totale

Effettuando l'analisi sul totale dei residenti, non si riscontrano particolari aumenti o decrementi delle ospedalizzazioni, né per cause naturali né per causa specifica, associati ai livelli di concentrazione del PM₁₀. Si registra, tuttavia, un trend lineare delle ospedalizzazioni per tutte le patologie dell'apparato respiratorio (*p-value*=0.088) e per le malattie polmonari cronico ostruttive (*p-value*=0.038).

La Tabella 4 mostra l'effetto lineare (per incremento di 1 µg/m³) del PM₁₀ di *background*. Si riportano, separatamente per gli uomini e le donne, e sul totale (uomini + donne) il numero di ricoveri per causa osservati e gli HR aggiustati età, sede dell'impianto, classe di rischio, livello socio-economico, residenza in prossimità di autostrade, strade, fiume Sacco, industrie ed entro i confini di Colferro Scalo e per esposizione al PM₁₀ prodotto dai termovalorizzatori, con i relativi intervalli di confidenza al 95%.

Uomini

Gli uomini mostrano un eccesso del 4% delle ospedalizzazioni per cause naturali per incremento di 1 µg/m³ del PM₁₀ di *background*. Analizzando i ricoveri causa-specifici emergono diversi eccessi: +7% dei ricoveri per il grande gruppo delle patologie cardiovascolari (in particolare, per le malattie cardiache si registra un aumento dell'11%); +6% dei ricoveri per le malattie a carico dell'apparato respiratorio, eccesso che raggiunge il 10% se si considerano i ricoveri per infezioni acute delle vie respiratorie.

Tra i bambini (0-14 anni) si osserva un eccesso di ospedalizzazioni per cause naturali del 5%. Inoltre, si registra un aumento del 5% delle ospedalizzazioni per malattie dell'apparato respiratorio, che raggiunge il 7% per le infezioni acute delle vie respiratorie.

Donne

Nel gruppo delle donne residenti nelle aree in studio si registra un aumento del rischio di ricovero per tutte le cause pari al 2%. Analizzando i ricoveri per causa specifica si osservano eccessi significativi per malattie del sistema circolatorio (+9%) e, nello specifico, per patologie cardiache (+16%) e ischemiche del cuore (+23%). Inoltre, le donne presentano un aumento del rischio di ospedalizzazione per malattie dell'apparato respiratorio pari al 7% per incremento unitario di PM₁₀, eccesso che sale all'11% prendendo in considerazione il sottogruppo delle infezioni acute delle vie respiratorie.

Tra le bambine (0-14 anni) si osserva un incremento delle ospedalizzazioni per tutte le cause del 5%.

Totale

L'intera coorte dei residenti presenta un aumento del 3% della frequenza di ricoveri per tutte le cause, per incremento unitario della concentrazione di PM₁₀. Prendendo in esame le ospedalizzazioni per causa specifica, si osservano eccessi significativi per patologie a carico del sistema cardiovascolare (+8%), specificatamente per malattie cardiache (+13%) e ischemiche del cuore (+14%), e per patologie dell'apparato respiratorio (+7%), in particolar modo per le infezioni acute delle vie respiratorie (+11%).

I bambini (0-14 anni) presentano un incremento del 4% del rischio di ospedalizzazione per tutte le cause naturali. Anche per il sottogruppo delle patologie a carico dell'apparato respiratorio si registra un aumento del 4% della frequenza di ricoveri, all'aumentare della concentrazione di PM₁₀ a cui sono esposti.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

I risultati dello studio indicano che l'esposizione all'inquinamento atmosferico di *background* è associata ad un incremento delle ospedalizzazioni per disturbi cardiovascolari e respiratori. La frequenza di ricoveri per cause respiratorie, tra gli uomini residenti nelle aree ad alta esposizione, è ulteriormente aumentata a seguito dell'attivazione dei termovalorizzatori. Poiché in questa coorte i residenti nel comune di San Vittore del Lazio fanno parte del gruppo di controllo, tutti gli eccessi osservati si riferiscono ai residenti nel comune di Colleferro.

L'eccesso di malattie dell'apparato respiratorio tra gli adulti e l'eccesso di asma bronchiale nei bambini è stata osservata in un recente studio condotto nell'area¹⁷. Gli autori attribuiscono gli eccessi osservati ad una esposizione cronica ad inquinamento ambientale. A tal proposito, anche una indagine nazionale sui disturbi respiratori nell'infanzia aveva rilevato una elevata prevalenza di asma bronchiale tra i bambini residenti a Colleferro²⁰.

In una situazione già complessa dal punto di vista della qualità dell'aria, l'attivazione dei termovalorizzatori sembra aver comportato un aumento del rischio di ricovero per problemi dell'apparato respiratorio del 26% (eccesso che raggiunge l'86% se si considerano le malattie polmonari cronico ostruttive) tra gli uomini residenti a Colleferro nelle zone ad alta concentrazione degli inquinanti emessi dagli impianti.

Il PM₁₀, scelto in questo studio come tracciante dell'inceneritore è stato utilizzato come marcatore per surrogati di esposizione a miscele complesse di sostanze inquinanti prodotte dai processi di combustione: particelle (PM₁₀ ma anche frazioni di particolato più piccole), gas, metalli e composti organici^{9,16}.

L'aumento di rischio per malattie dell'apparato cardiovascolare e dell'apparato respiratorio all'aumentare delle concentrazioni di PM₁₀ di background può essere considerato un effetto plausibile dell'inquinamento atmosferico tipico delle aree industriali, come indicato in letteratura. Esiste un corpo di evidenze scientifiche in grado di suffragare i risultati per quanto riguarda gli effetti cardiovascolari e respiratori derivanti anche da recenti studi che hanno valutato gli effetti

dell'inquinamento atmosferico ed in maniera integrata l'impatto su ambiente e salute del ciclo dei rifiuti²¹⁻²³.

Lo studio condotto da Ranzi e colleghi¹⁶ sulla coorte dei residenti nei pressi di due inceneritori vicino Forlì ha osservato una mortalità generale e quella per cause tumorali inferiore a quella attesa su base regionale. Le analisi interne alla coorte, volte a valutare l'associazione tra l'esposizione agli inquinanti prodotti dai siti di incenerimento e la mortalità per causa, non hanno evidenziato alterazioni del rischio tra gli uomini. Tra le donne, invece, si è registrato un incremento della mortalità per tutte le cause in tutte le categorie di esposizione e un eccesso di decessi per malattie cardiovascolari in corrispondenza di una alta esposizione.

Lo studio presentato, grazie all'approccio di coorte utilizzato, alla disponibilità dei dati anagrafici, alla georeferenziazione dei residenti e all'uso dei modelli di dispersione per la stima delle concentrazioni al suolo del PM₁₀, ha consentito di attribuire i livelli di esposizione dei residenti nel territorio d'interesse. Tuttavia a tal proposito occorre precisare che, non avendo a disposizione per tutti i soggetti l'intera storia anagrafica dei movimenti domiciliari all'interno dello stesso comune o tra i comuni interessati, si è utilizzata la prima residenza nel periodo in studio.

Un ulteriore punto di forza dello studio è l'aver tenuto conto, nella stima delle associazioni tra inquinamento dell'aria e stato di salute della coorte, di variabili potenzialmente confondenti la relazione in studio, quali l'età, il livello socio-economico, la residenza in prossimità di strade, autostrade, industrie e, per il comune di Colleferro, di alcune criticità locali (residenza entro i confini di Colleferro Scalo e in prossimità del Fiume Sacco). Tuttavia sarebbe auspicabile poter disporre nell'analisi di altre informazioni, quali l'esposizione occupazionale (soprattutto in un territorio come quello di Colleferro, caratterizzato dalla presenza di numerosi stabilimenti industriali) e lo stile di vita (abitudine al fumo etc). Inoltre, l'impiego di una misura dello status socio-economico a livello individuale, e non a livello di piccola area di residenza, sicuramente consentirebbe una maggiore accuratezza nell'attribuzione del rischio per la salute connesso allo *status* degli individui coinvolti nello studio.

In conclusione, i risultati indicano che l'esposizione all'inquinamento atmosferico nella popolazione residente è associata ad un incremento delle ospedalizzazioni per disturbi

cardiovascolari e respiratori, sia tra gli uomini che tra le donne. Le ospedalizzazioni per patologie a carico dell'apparato respiratorio sono ulteriormente aumentate in seguito all'attivazione dei termovalorizzatori tra le persone di sesso maschile. I risultati possono essere considerati plausibili quando si considera che le emissioni degli impianti durante il periodo in esame potrebbero essere state diverse rispetto a quanto autorizzato.

BIBLIOGRAFIA

1. Tango T, Fujita T, Tanihata T et al: Risk of adverse reproductive outcomes associated with proximity to municipal solid waste incinerators with high dioxin emission levels in Japan. *J Epidemiol* 2004, 14:83-93.
2. Vinceti M, Malagoli C, Teggi S et al: Adverse pregnancy outcomes in a population exposed to the emissions of a municipal waste incinerator. *Sci Total Environ* 2008, 407:116-121.
3. Dummer TJ, Dickinson HO, Parker L: Adverse pregnancy outcomes around incinerators and crematoriums in Cumbria, North West England, 1956-93. *J Epidemiol Comm Health* 2003, 57:456-461.
4. Lin CH, Li CY, Mao I-F: Birth outcomes of infants born in areas with elevated ambient exposure to incinerators generated PCDD/F. *Environ Int* 2006, 32:624-629.
5. Elliott P, Hills M, Beresford J et al: Incidence of cancers of the larynx and lung near incinerators of waste solvents and oils in Great Britain. *Lancet* 1992, 339:854-858.
6. Elliott P, Shaddick G, Kleinschmidt I et al: Cancer incidence near municipal solid waste incinerators in Great Britain. *Br J Cancer* 1996, 73:702-710.
7. Viel JF, Arveux P, Baverel J, Cahn JY: Soft-tissue sarcoma and non-Hodgkin's lymphoma clusters around a municipal solid waste incinerator with high dioxin emission levels. *Am J Epidemiol* 2000, 152:13-19.
8. Floret N, Mauny F, Challier B, Arveux P, Cahn JY, Viel JF: Dioxin emissions from a solid waste incinerator and risk of non-Hodgkin lymphoma. *Epidemiology* 2003, 14:392-398.
9. Viel JF, Daniau C, Gorla S, Fabre P, de Crouy-Chanel P, Sauleau EA, Empereur-Bissonnet P: Risk for non Hodgkin's lymphoma in the vicinity of French municipal solid waste incinerators. *Environ Health* 2008, 7:51.
10. Comba P, Ascoli V, Belli S et al: Risk of soft tissue sarcomas and residence in the neighbourhood of an incinerator of industrial wastes. *Occup Environ Med* 2003, 60:680-683.
11. Zambon P, Ricci P, Bovo E et al: Sarcoma risk and dioxin emissions from incinerators and industrial plants: a population-based case-control study (Italy). *Environ Health* 2007, 16:6-19.

12. Cordier S, Lehébel A, Amar E et al: Maternal residence near municipal waste incinerators and the risk of urinary tract birth defects. *Occup Environ Med* 2010, 67:493-499.
13. Franchini M, Rial M, Buiatti E, Bianchi F: Health effects of exposure to waste incinerator emissions: a review of epidemiological studies. *Ann Ist Super Sanita* 2004; 40:101-115.
14. WHO: Population health and waste management: scientific data and policy options. Report of a WHO workshop, Rome, Italy; 2007 [http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0012/91101/E91021.pdf].
15. Porta D, Milani S, Lazzarino AI, Perucci CA, Forastiere F: Systematic review of epidemiological studies on health effects associated with management of solid waste. *Environ Health* 2009, 8:60.
16. Ranzi A, Fano V, Erspamer L, Lauriola P, Perucci C e Forastiere F: Mortality and morbidity among people living close to incinerators: a cohort study based on dispersion modeling for exposure assessment. *Environ Health* 2011, 10: 10-22.
17. Fantini F, Porta D, Fano V et al: Indagini epidemiologiche sullo stato di salute della popolazione residente nell'area della Valle del Sacco. *Epidem&Prev* 2012, 36 (5 Suppl): 44-52.
18. Cesaroni G, Agabiti N, Rosati R, Forastiere F, Perucci CA. An index of socioeconomic position based on 2001 Census, Rome. *Epidem&Prev* 2006 Nov-Dec; 30(6):352-357.
19. Prentice R, Williams B, Peterson V: On the regression analysis of multivariate failure time data. *Biometrika* 1981, 68:373-379.
20. Sestini P, De Sario M, Bugiani M et al: Gruppo Collaborativo SIDRIA-2. *Epidem&Prev* 2005; 29(2 Suppl): 24-31.
21. ATS 1996. Health effects of outdoor air pollution. Committee of the environmental and occupational health assembly of the American Thoracic Society. *Am J Respir Crit Care Med* 153:3-50.
22. WHO 2005. Air quality guidelines : global update 2005 : particulate matter, ozone, nitrogen dioxide, and sulfur dioxide. Brook RD, Rajagopalan S, Pope CA 3rd, Brook JR, Bhatnagar A, Diez-Roux AV, Holguin F, Hong Y, Luepker RV, Mittleman MA, Peters A, Siscovick D, Smith SC Jr, Whitsel L, Kaufman JD; American Heart Association Council on Epidemiology and Prevention, Council on the Kidney in Cardiovascular Disease, and Council on Nutrition, Physical Activity and Metabolism. Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: An

update to the scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2010 Jun 1;121(21):2331-78.

23. Kim YM, Kim JW, Lee HJ: Burden of disease attributable to air pollutants from municipal solid waste incinerators in Seoul, Korea: a source-specific approach for environmental burden of disease. *Sci Total Environ* 2011, 409(11):2019-28.

Figura 1. Termovalorizzatore di Colferro: concentrazione media annua del PM₁₀ di *background*

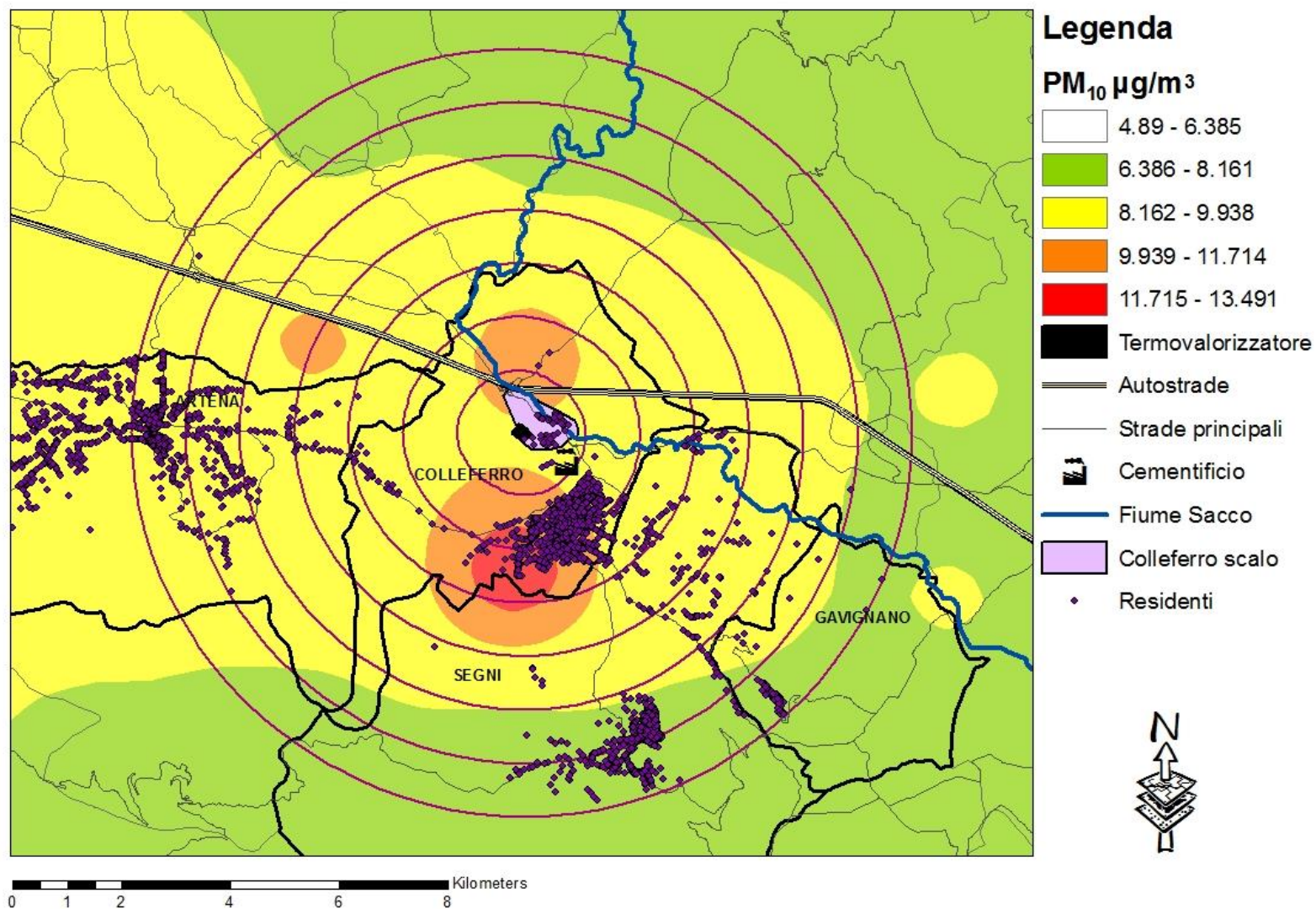


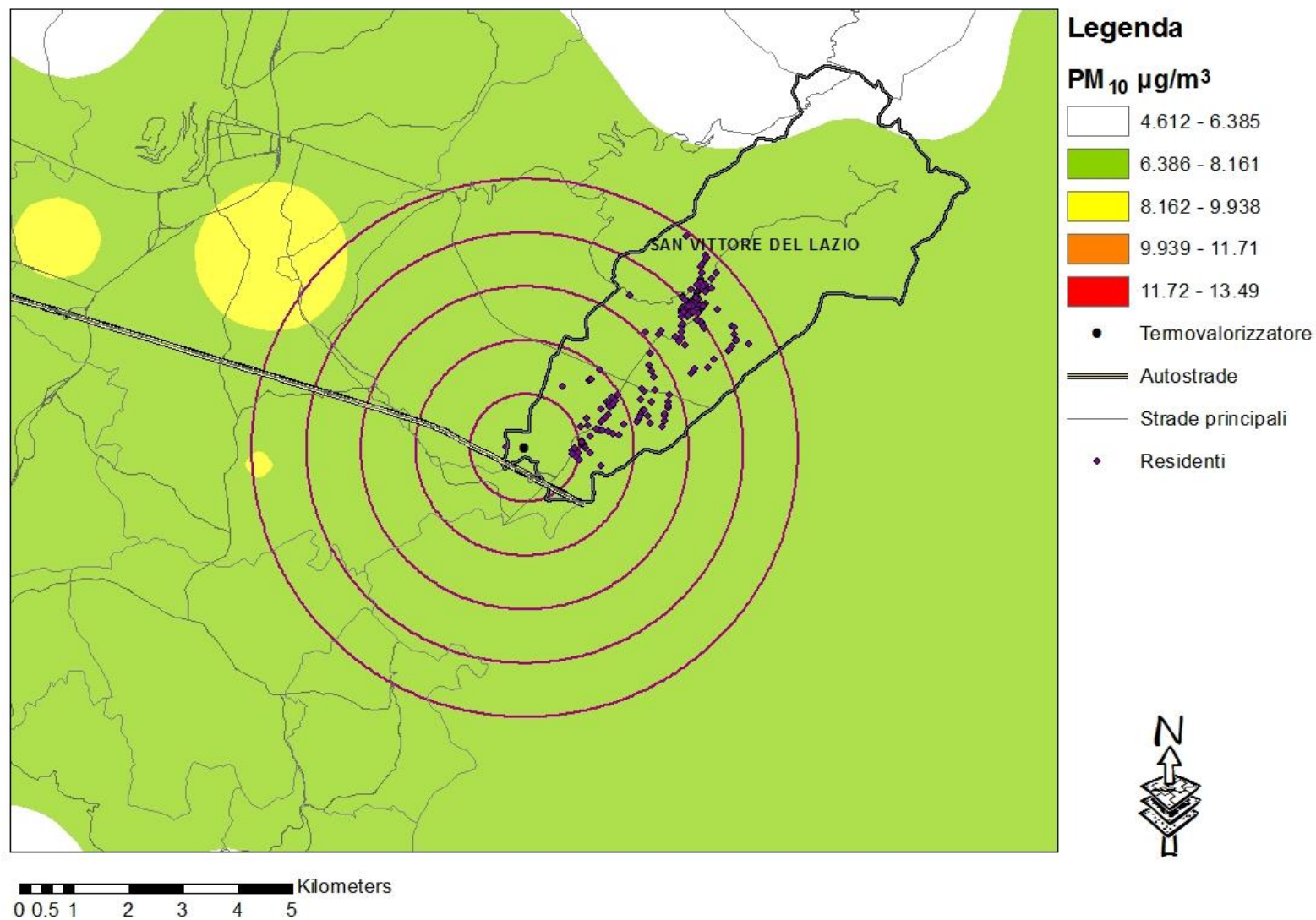
Figura 2. Termovalorizzatore di San Vittore del Lazio: concentrazione media annua di PM₁₀ di *background*

Figura 3. Termovalorizzatore di Colferro: modello di dispersione del PM₁₀ prodotto dall'impianto

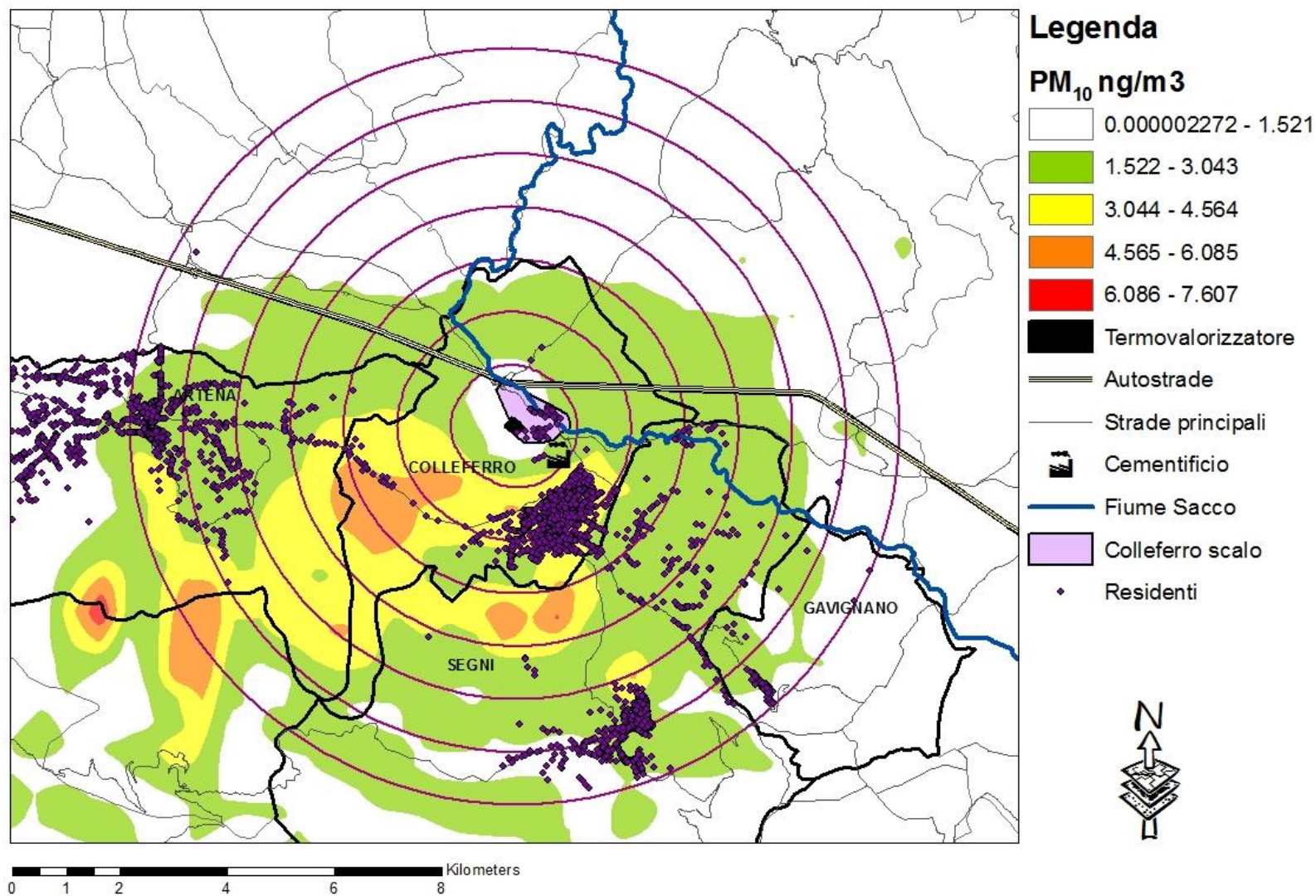


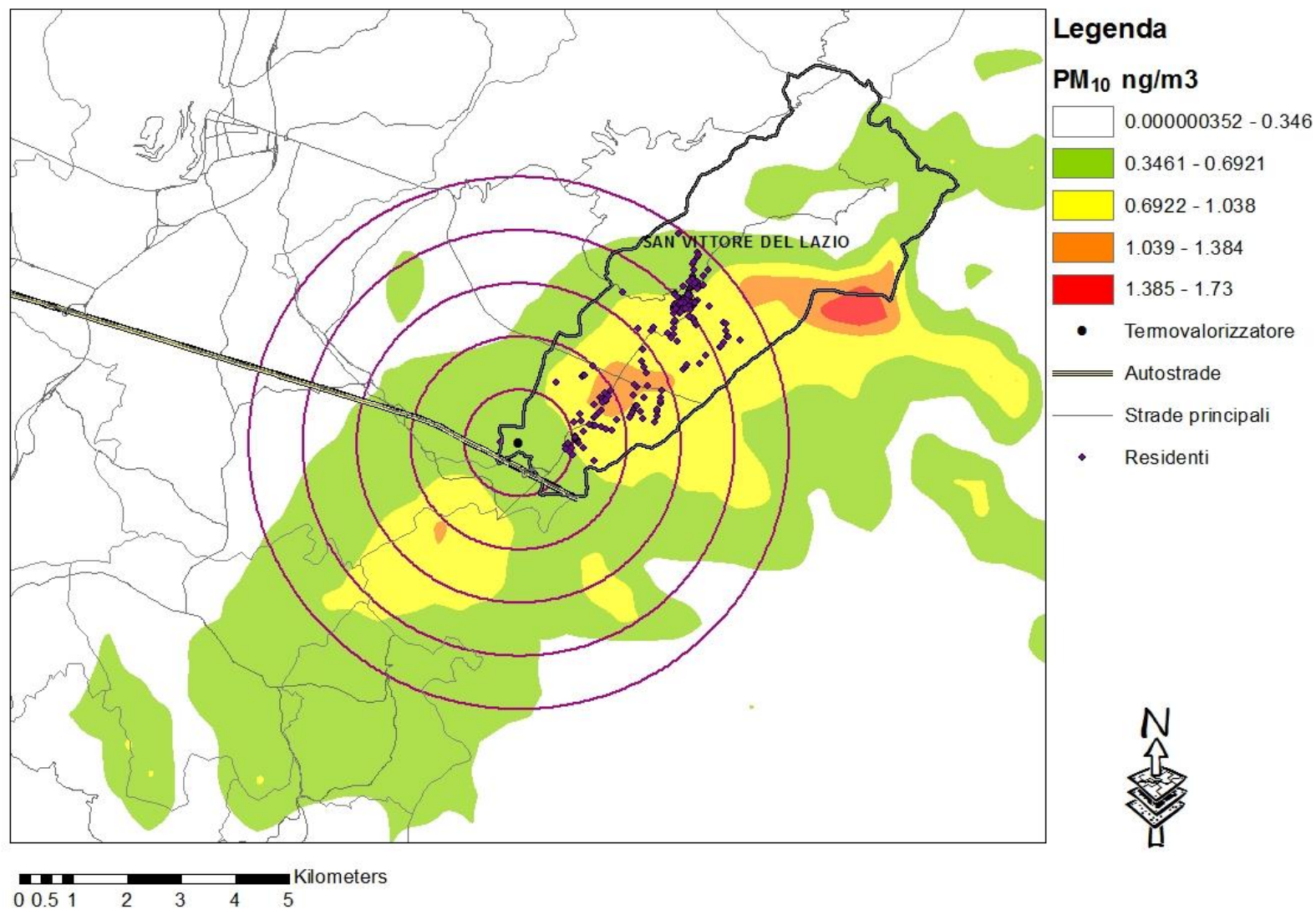
Figura 4. Termovalorizzatore di San Vittore del Lazio: modello di dispersione del PM₁₀ prodotto dall'impianto

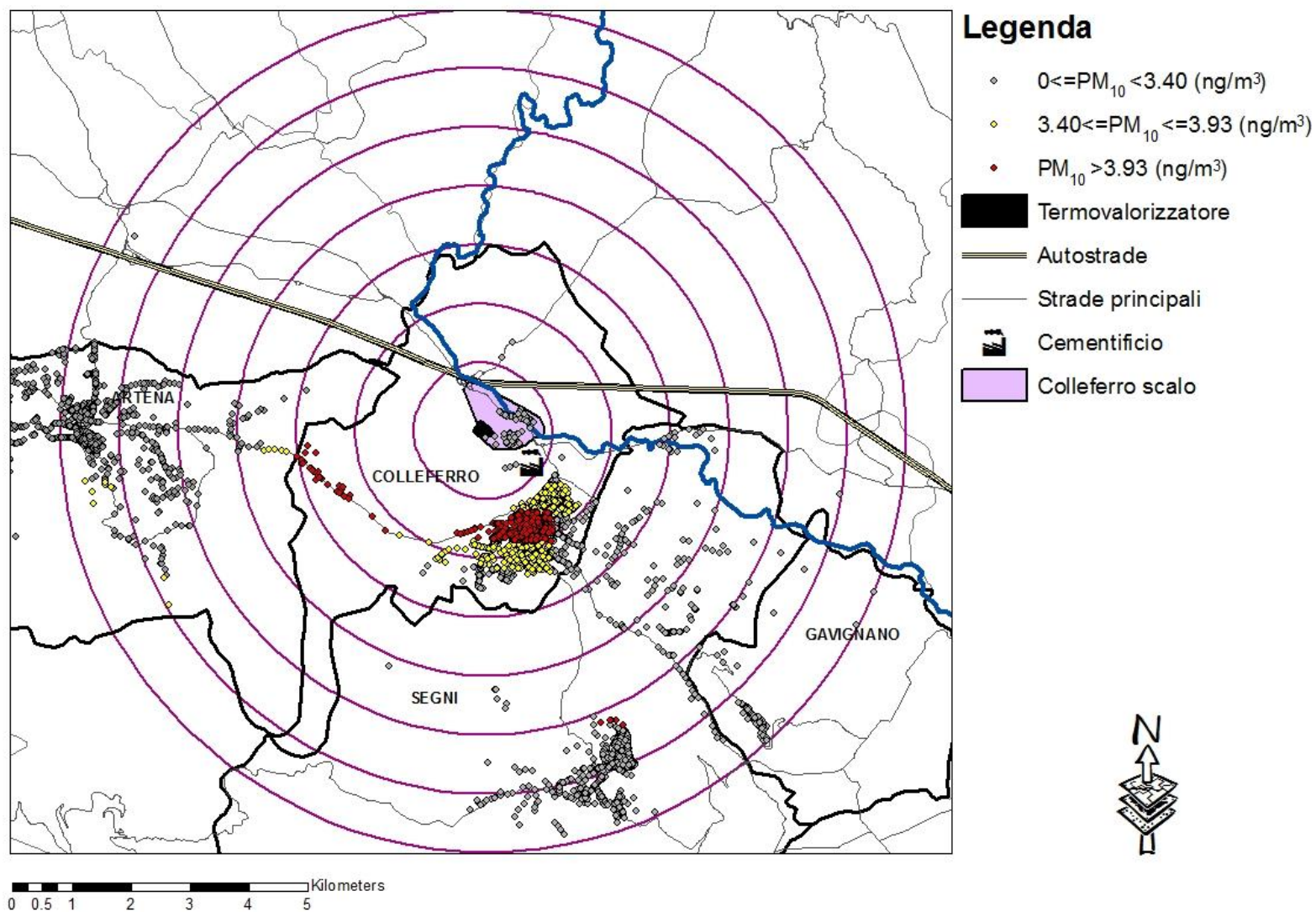
Figura 5. Termovalorizzatore di Colferro: distribuzione dei residenti in base all'esposizione (bassa-media-alta) al PM₁₀ prodotto dall'impianto

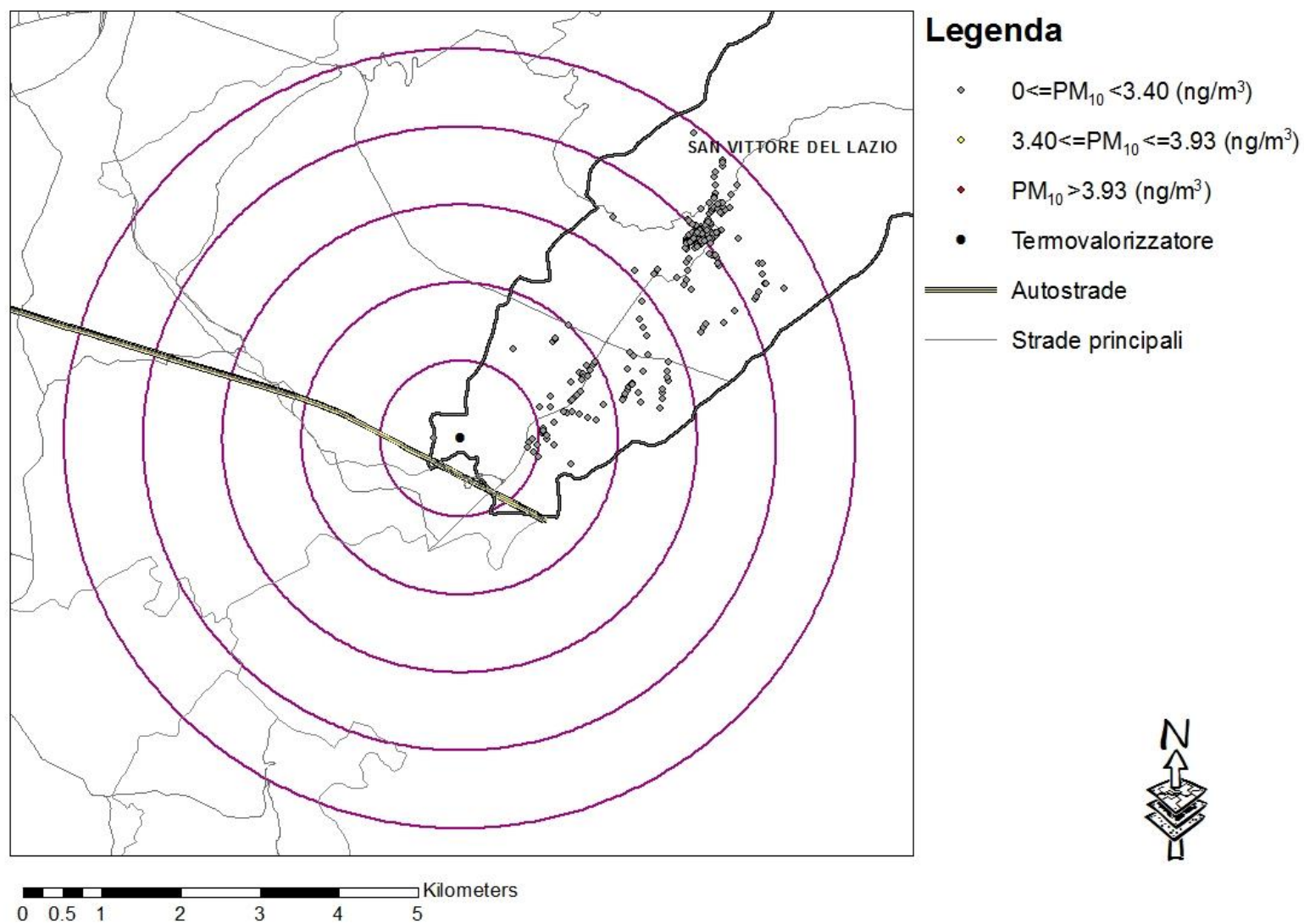
Figura 6. Termovalorizzatore di San Vittore del Lazio: distribuzione dei residenti in base all'esposizione (bassa-media-alta) al PM_{10} prodotto dall'impianto

Tabella 1. Caratteristiche della coorte dei residenti nei periodi 1996-2008 e 2003-2008 (periodo di attività dei termovalorizzatori) per livelli di esposizione al PM₁₀ prodotto dai termovalorizzatori

		Residenti 1996-2008		Residenti 2003-2008 per esposizione al PM ₁₀ da termovalorizzatore							
				Bassa		Media		Alta		Totale	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
	Totale	47,192	100.0	20,857	100.0	12,132	100.0	8,390	100.0	41,379	100.0
Genere	Maschi	23,308	49.4	10,361	49.7	5,822	48.0	4,087	48.7	20,270	49.0
	Femmine	23,884	50.6	10,496	50.3	6,310	52.0	4,303	51.3	21,109	51.0
Età	0-14	10,369	22.0	3,841	18.4	2,193	18.1	1,264	15.1	7,298	17.6
	15-44	21,049	44.6	9,245	44.3	5,232	43.1	3,607	43.0	18,084	43.7
	45-64	9,573	20.3	4,387	21.0	2,890	23.8	1,965	23.4	9,242	22.3
	>65	6,201	13.1	3,384	16.2	1,817	15.0	1,554	18.5	6,755	16.3
Livello socio-economico	Alto	4,507	9.6	844	4.0	709	5.8	2,396	28.6	3,949	9.5
	Medio-alto	13,029	27.6	5,661	27.1	2,714	22.4	3,012	35.9	11,387	27.5
	Medio	15,552	33.0	4,792	23.0	5,825	48.0	2,963	35.3	13,580	32.8
	Medio-Basso	8,812	18.7	5,065	24.3	2,697	22.2	0	0.0	7,762	18.8
	Basso	2,910	6.2	2,543	12.2	0	0.0	0	0.0	2,543	6.1
	missing	2,382	5.0	1,952	9.4	187	1.5	19	0.2	2,158	5.2
Termovalorizzatore	Colleferro	44,342	94.0	18,203	87.3	12,132	100.0	8,390	100.0	38,725	93.6
	San Vittore	2,850	6.0	2,654	12.7	0	0.0	0	0.0	2,654	6.4
PM ₁₀ di background	< 50° percentile	22,328	47.3	17,490	83.9	1,977	16.3	230	2.7	19,697	47.6
	50° - 80° percentile	15,870	33.6	2,704	13.0	6,951	57.3	4,175	49.8	13,830	33.4
	> 80° percentile	8,994	19.1	663	3.2	3,204	26.4	3,985	47.5	7,852	19.0
PM ₁₀ cementificio	< 50° percentile	21,635	45.8	13,971	67.0	5,130	42.3	0	0.0	19,101	46.2
	50° - 80° percentile	16,896	35.8	6,644	31.9	90	0.7	7,993	95.3	14,727	35.6
	> 80° percentile	8,661	18.4	242	1.2	6,912	57.0	397	4.7	7,551	18.2
Strade principali	<= 150 m	25,954	55.0	11,710	56.1	5,156	42.5	5,953	71.0	22,819	55.1
	Autostrade	<= 500 m	316	0.7	286	1.4	0	0.0	0	0.0	286
Industrie	0 - 1 Km	9,271	19.6	1,572	7.5	4,818	39.7	1,547	18.4	7,937	19.2
	1 - 2 Km	21,630	45.8	5,245	25.1	7,064	58.2	6,573	78.3	18,882	45.6
Fiume Sacco	<= 1 Km	5,401	11.4	2,201	10.6	2,447	20.2	10	0.1	4,658	11.3
Colleferro Scalo	Residenti	1,416	3.0	1,204	5.8	0	0.0	0	0.0	1,204	2.9
	Emigrati o Irreperibili	7,393	15.7	1,936	9.3	1,112	9.2	759	9.0	3,807	9.2
Stato in vita	Residenti	35,400	75.0	17,742	85.1	10,448	86.1	7,210	85.9	35,400	85.6
	Deceduti	4,399	9.3	1,179	5.7	572	4.7	421	5.0	2,172	5.2
Anni Persona	Pre-	240,580									
	Post-	208,935									

Tabella 2. Tassi grezzi (*1000 persone) di ospedalizzazione e Intervalli di Confidenza (IC) al 95% per livelli di esposizione al PM₁₀ prodotto dai termovalorizzatori

a)Uomini

CAUSA (ICD-9-CM)	Esposizione al PM ₁₀ da termovalorizzatori																							
	Bassa						Media						Alta											
	Pre-attività			Post-attività			Pre-attività			Post-attività			Pre-attività			Post-attività								
	n	Tassi	IC 95%		n	Tassi	IC 95%		n	Tassi	IC 95%		n	Tassi	IC 95%		n	Tassi	IC 95%					
Cause naturali (001-629;677-799)	5,176	93.4	90.9	96.0	4,883	97.9	95.2	100.7	2,969	84.5	81.5	87.6	2,673	90.5	87.2	94.0	2,036	79.8	76.4	83.3	1,910	91.2	87.2	95.3
Malattie sistema circolatorio (390-459)	1,043	18.8	17.7	20.0	1,069	21.4	20.2	22.8	595	16.9	15.6	18.3	585	19.8	18.3	21.5	379	14.9	13.4	16.4	439	21.0	19.1	23.0
Malattie cardiache (390-429)	654	11.8	10.9	12.7	668	13.4	12.4	14.4	359	10.2	9.2	11.3	367	12.4	11.2	13.8	236	9.2	8.1	10.5	295	14.1	12.6	15.8
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	190	3.4	3.0	4.0	237	4.8	4.2	5.4	144	4.1	3.5	4.8	128	4.3	3.6	5.2	106	4.2	3.4	5.0	117	5.6	4.7	6.7
Malattie cerebrovascolari (430-438)	205	3.7	3.2	4.2	232	4.7	4.1	5.3	107	3.0	2.5	3.7	131	4.4	3.7	5.3	49	1.9	1.5	2.5	73	3.5	2.8	4.4
Malattie apparato respiratorio (460-519)	649	11.7	10.8	12.6	672	13.5	12.5	14.5	305	8.7	7.8	9.7	337	11.4	10.3	12.7	201	7.9	6.9	9.0	243	11.6	10.2	13.2
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466;480-487)	179	3.2	2.8	3.7	222	4.5	3.9	5.1	89	2.5	2.1	3.1	112	3.8	3.2	4.6	60	2.4	1.8	3.0	66	3.2	2.5	4.0
Malattie polmonari cronico ostruttive (490-492;494;496)	166	3.0	2.6	3.5	97	1.9	1.6	2.4	40	1.1	0.8	1.6	37	1.3	0.9	1.7	35	1.4	1.0	1.9	37	1.8	1.3	2.4
Asma (493)	37	0.7	0.5	0.9	38	0.8	0.6	1.0	17	0.5	0.3	0.8	19	0.6	0.4	1.0	11	0.4	0.2	0.8	10	0.5	0.3	0.9
Popolazione 0-14 anni																								
Cause naturali (001-629;677-799)	687	64.3	59.7	69.3	811	65.1	60.7	69.7	443	67.3	61.3	73.8	478	66.0	60.4	72.2	253	56.9	50.3	64.4	298	62.6	55.9	70.1
Malattie apparato respiratorio (460-519)	221	20.7	18.1	23.6	256	20.5	18.2	23.2	124	18.8	15.8	22.5	150	20.7	17.7	24.3	75	16.9	13.5	21.2	99	20.8	17.1	25.3
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466;480-487)	93	8.7	7.1	10.7	100	8.0	6.6	9.8	44	6.7	5.0	9.0	65	9.0	7.0	11.4	25	5.6	3.8	8.3	30	6.3	4.4	9.0
Asma (493)	28	2.6	1.8	3.8	31	2.5	1.7	3.5	15	2.3	1.4	3.8	17	2.3	1.5	3.8	10	2.2	1.2	4.2	9	1.9	1.0	3.6

b)Donne

CAUSA (ICD-9-CM)	Esposizione al PM ₁₀ da termovalorizzatori																					
	Bassa						Media						Alta									
	Pre-attività			Post-attività			Pre-attività			Post-attività			Pre-attività			Post-attività						
	n	Tassi	IC 95%	n	Tassi	IC 95%	n	Tassi	IC 95%	n	Tassi	IC 95%	n	Tassi	IC 95%	n	Tassi	IC 95%	n	Tassi	IC 95%	
Cause naturali (001-629;677-799)	4,731	81.5	79.2 83.9	4,771	92.2	89.6 94.9	2,741	73.3	70.6 76.1	2,751	85.3	82.2 88.5	1,920	72.0	68.8 75.3	1,905	85.4	81.7 89.3				
Malattie sistema circolatorio (390-459)	959	16.5	15.5 17.6	1,053	20.4	19.2 21.6	487	13.0	11.9 14.2	577	17.9	16.5 19.4	310	11.6	10.4 13.0	350	15.7	14.1 17.4				
Malattie cardiache (390-429)	605	10.4	9.6 11.3	671	13.0	12.0 14.0	291	7.8	6.9 8.7	365	11.3	10.2 12.5	189	7.1	6.1 8.2	221	9.9	8.7 11.3				
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	111	1.9	1.6 2.3	116	2.2	1.9 2.7	57	1.5	1.2 2.0	86	2.7	2.2 3.3	50	1.9	1.4 2.5	45	2.0	1.5 2.7				
Malattie cerebrovascolari (430-438)	188	3.2	2.8 3.7	218	4.2	3.7 4.8	95	2.5	2.1 3.1	118	3.7	3.1 4.4	64	2.4	1.9 3.1	75	3.4	2.7 4.2				
Malattie apparato respiratorio (460-519)	405	7.0	6.3 7.7	430	8.3	7.6 9.1	248	6.6	5.9 7.5	298	9.2	8.2 10.3	162	6.1	5.2 7.1	168	7.5	6.5 8.8				
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466;480-487)	129	2.2	1.9 2.6	167	3.2	2.8 3.8	73	2.0	1.6 2.5	94	2.9	2.4 3.6	46	1.7	1.3 2.3	38	1.7	1.2 2.3				
Malattie polmonari cronico ostruttive (490-492;494;496)	72	1.2	1.0 1.6	53	1.0	0.8 1.3	33	0.9	0.6 1.2	38	1.2	0.9 1.6	18	0.7	0.4 1.1	16	0.7	0.4 1.2				
Asma (493)	27	0.5	0.3 0.7	25	0.5	0.3 0.7	5	0.1	0.1 0.3	13	0.4	0.2 0.7	13	0.5	0.3 0.8	6	0.3	0.1 0.6				
Popolazione 0-14 anni																						
Cause naturali (001-629;677-799)	548	53.1	48.9 57.8	633	54.0	50.0 58.4	354	57.7	52.0 64.1	361	51.7	46.6 57.3	205	51.9	45.3 59.5	228	55.4	48.6 63.0				
Malattie apparato respiratorio (460-519)	147	14.3	12.1 16.8	178	15.2	13.1 17.6	113	18.4	15.3 22.2	119	17.0	14.2 20.4	64	16.2	12.7 20.7	66	16.0	12.6 20.4				
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466;480-487)	64	6.2	4.9 7.9	91	7.8	6.3 9.5	43	7.0	5.2 9.5	51	7.3	5.6 9.6	22	5.6	3.7 8.5	18	4.4	2.8 6.9				
Asma (493)	11	1.1	0.6 1.9	17	1.5	0.9 2.3	3	0.5	0.2 1.5	10	1.4	0.8 2.7	9	2.3	1.2 4.4	4	1.0	0.4 2.6				

c) Totale

CAUSA (ICD-9-CM)	Esposizione al PM ₁₀ da termovalorizzatori																					
	Bassa						Media						Alta									
	Pre-attività			Post-attività			Pre-attività			Post-attività			Pre-attività			Post-attività						
	n	Tassi	IC 95%	n	Tassi	IC 95%	n	Tassi	IC 95%	n	Tassi	IC 95%	n	Tassi	IC 95%	n	Tassi	IC 95%	n	Tassi	IC 95%	
Cause naturali (001-629;677-799)	9,907	87.3	85.6 89.1	9,654	95.0	93.1 96.9	5,710	78.7	76.7 80.8	5,424	87.8	85.5 90.2	3,956	75.8	73.5 78.2	3,815	88.2	85.4 91.0				
Malattie sistema circolatorio (390-459)	2,002	17.6	16.9 18.4	2,122	20.9	20.0 21.8	1,082	14.9	14.1 15.8	1,162	18.8	17.8 19.9	689	13.2	12.3 14.2	789	18.2	17.0 19.6				
Malattie cardiache (390-429)	1,259	11.1	10.5 11.7	1,339	13.2	12.5 13.9	650	9.0	8.3 9.7	732	11.8	11.0 12.7	425	8.1	7.4 9.0	516	11.9	10.9 13.0				
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	301	2.7	2.4 3.0	353	3.5	3.1 3.9	201	2.8	2.4 3.2	214	3.5	3.0 4.0	156	3.0	2.6 3.5	162	3.7	3.2 4.4				
Malattie cerebrovascolari (430-438)	393	3.5	3.1 3.8	450	4.4	4.0 4.9	202	2.8	2.4 3.2	249	4.0	3.6 4.6	113	2.2	1.8 2.6	148	3.4	2.9 4.0				
Malattie apparato respiratorio (460-519)	1,054	9.3	8.7 9.9	1,102	10.8	10.2 11.5	553	7.6	7.0 8.3	635	10.3	9.5 11.1	363	7.0	6.3 7.7	411	9.5	8.6 10.5				
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466;480-487)	308	2.7	2.4 3.0	389	3.8	3.5 4.2	162	2.2	1.9 2.6	206	3.3	2.9 3.8	106	2.0	1.7 2.5	104	2.4	2.0 2.9				
Malattie polmonari cronico ostruttive (490-492;494;496)	238	2.1	1.8 2.4	150	1.5	1.3 1.7	73	1.0	0.8 1.3	75	1.2	1.0 1.5	53	1.0	0.8 1.3	53	1.2	0.9 1.6				
Asma (493)	64	0.6	0.4 0.7	63	0.6	0.5 0.8	22	0.3	0.2 0.5	32	0.5	0.4 0.7	24	0.5	0.3 0.7	16	0.4	0.2 0.6				
Popolazione 0-14 anni																						
Cause naturali (001-629;677-799)	1,235	58.8	55.6 62.2	1,444	59.7	56.7 62.9	797	62.7	58.5 67.2	839	59.0	55.1 63.1	458	54.6	49.8 59.8	526	59.2	54.4 64.5				
Malattie apparato respiratorio (460-519)	368	17.5	15.8 19.4	434	17.9	16.3 19.7	237	18.6	16.4 21.2	269	18.9	16.8 21.3	139	16.6	14.0 19.6	165	18.6	16.0 21.6				
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466;480-487)	157	7.5	6.4 8.7	191	7.9	6.9 9.1	87	6.8	5.5 8.4	116	8.2	6.8 9.8	47	5.6	4.2 7.5	48	5.4	4.1 7.2				
Asma (493)	39	1.9	1.4 2.5	48	2.0	1.5 2.6	18	1.4	0.9 2.2	27	1.9	1.3 2.8	19	2.3	1.4 3.5	13	1.5	0.9 2.5				

Tabella 3. Effetto dei termovalorizzatori (confronto tra periodo post inizio attività vs periodo precedente) sull'ospedalizzazione nelle aree a media e alta concentrazione di PM₁₀: Rischi Relativi di ospedalizzazione (Hazard Ratio, HR), e relativi intervalli di confidenza (IC) al 95%, aggiustati per età, sede dell'impianto, classe di rischio, PM₁₀ di *background*, livello socio-economico, residenza in prossimità di industrie, strade, autostrade, Fiume Sacco, residenza entro Colleferro Scalo

Nella seconda parte della tabella (b) sul totale dei residenti (uomini + donne) si riporta il *p-value* del test sul trend lineare tra le classi di esposizione.

a)Uomini - Donne

Esposizione al PM ₁₀ da termovalorizzatori	Uomini									Donne								
	Bassa		Media			Alta				Bassa		Media			Alta			
CAUSA (ICD-9-CM)	n	n	HR	I.C. 95%		n	HR	I.C. 95%		n	n	HR	I.C. 95%		n	HR	I.C. 95%	
Cause naturali (001-629;677-799)	10,071	5,646	0.96	0.89	1.04	3,951	1.03	0.94	1.12	9,510	5,500	1.02	0.94	1.10	3,827	1.02	0.93	1.11
Malattie sistema circolatorio (390-459)	2,114	1,180	0.97	0.82	1.15	818	1.17	0.96	1.42	2,013	1,064	1.06	0.88	1.27	660	1.01	0.82	1.25
Malattie cardiache (390-429)	1,323	726	1.00	0.80	1.26	531	1.24	0.97	1.60	1,277	656	1.07	0.84	1.37	410	1.02	0.77	1.34
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	427	272	0.73	0.50	1.07	223	0.96	0.64	1.44	227	143	1.58	0.96	2.62	95	0.85	0.48	1.53
Malattie cerebrovascolari (430-438)	437	238	1.08	0.77	1.52	122	1.39	0.88	2.18	406	213	1.04	0.72	1.50	139	0.95	0.62	1.45
Malattie apparato respiratorio (460-519)	1,321	643	1.12	0.91	1.38	444	1.26	0.99	1.60	837	546	1.16	0.92	1.47	330	1.02	0.77	1.35
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466;480-487)	401	201	1.11	0.77	1.59	126	0.98	0.64	1.49	297	167	1.04	0.71	1.54	84	0.67	0.41	1.12
Malattie polmonari cronico ostruttive (490-492;494;496)	263	77	1.58	0.85	2.96	72	1.86	1.04	3.33	125	71	1.45	0.68	3.10	34	1.12	0.41	3.06
Asma (493)	75	36	1.30	0.54	3.11	21	1.07	0.41	2.84	52	18	3.05	0.93	10.03	19	0.56	0.16	1.91
Popolazione 0-14 anni																		
Cause naturali (001-629;677-799)	1,508	925	0.98	0.83	1.16	556	1.11	0.90	1.36	1,188	723	0.92	0.75	1.13	435	1.10	0.86	1.41
Malattie apparato respiratorio (460-519)	477	275	1.14	0.84	1.55	174	1.31	0.92	1.88	327	232	0.91	0.64	1.29	130	1.01	0.67	1.54
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466;480-487)	193	109	1.60	0.98	2.62	55	1.33	0.70	2.53	156	94	0.88	0.52	1.50	40	0.73	0.36	1.50
Asma (493)	59	32	1.18	0.46	3.05	19	0.92	0.32	2.60	28	13	2.16	0.48	9.79	13	0.33	0.06	1.67

b)Totale

Esposizione al PM ₁₀ da termovalorizzatori	Totale									Trend lineare p-value
	Bassa		Media			Alta				
CAUSA (ICD-9-CM)	n	n	HR	I.C. 95%		n	HR	I.C. 95%		
Cause naturali (001-629;677-799)	19,581	11,146	0.99	0.94	1.05	7,778	1.02	0.96	1.09	0.584
Malattie sistema circolatorio (390-459)	4,127	2,244	1.01	0.89	1.15	1,478	1.08	0.94	1.25	0.309
Malattie cardiache (390-429)	2,600	1,382	1.04	0.88	1.23	941	1.13	0.94	1.36	0.214
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	654	415	0.94	0.69	1.27	318	0.92	0.66	1.28	0.585
Malattie cerebrovascolari (430-438)	843	451	1.07	0.83	1.37	261	1.13	0.83	1.54	0.401
Malattie apparato respiratorio (460-519)	2,158	1,189	1.13	0.97	1.32	774	1.14	0.96	1.37	0.088
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466;480-487)	698	368	1.08	0.83	1.41	210	0.84	0.61	1.15	0.448
Malattie polmonari cronico ostruttive (490-492;494;496)	388	148	1.51	0.92	2.49	106	1.56	0.96	2.54	0.038
Asma (493)	127	54	1.66	0.83	3.31	40	0.80	0.37	1.72	0.896
Popolazione 0-14 anni										
Cause naturali (001-629;677-799)	2,696	1,648	0.96	0.84	1.09	991	1.12	0.96	1.31	0.301
Malattie apparato respiratorio (460-519)	804	507	1.03	0.82	1.30	304	1.19	0.90	1.56	0.267
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466;480-487)	349	203	1.22	0.85	1.75	95	1.04	0.65	1.66	0.616
Asma (493)	87	45	1.32	0.60	2.90	32	0.64	0.27	1.56	0.467

Tabella 4. Effetto del PM₁₀ di *background*: Rischi Relativi di ospedalizzazione (Hazard Ratio, HR) aggiustati per esposizione al PM₁₀ da termovalorizzatore (Post vs Pre inizio attività), età, sede dell'impianto, classe di rischio, livello socio-economico, residenza in prossimità di industrie, strade, autostrade, Fiume Sacco, entro i confini di Colferro Scalo e relativi intervalli di confidenza (IC) al 95% per incremento lineare di PM₁₀ di *background*.

Esposizione al PM ₁₀ di background	Effetto lineare									
	Uomini			Donne			Totale			
	n	HR	I.C. 95%	n	HR	I.C. 95%	n	HR	I.C. 95%	
CAUSA (ICD-9-CM)										
Cause naturali (001-629;677-799)	19,668	1.04	1.02 1.07	18,837	1.02	1.00 1.04	38,505	1.03	1.02 1.05	
Malattie sistema circolatorio (390-459)	4,112	1.07	1.01 1.14	3,737	1.09	1.03 1.16	7,849	1.08	1.03 1.13	
Malattie cardiache (390-429)	2,580	1.11	1.03 1.21	2,343	1.16	1.08 1.25	4,923	1.13	1.07 1.20	
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	922	1.09	0.96 1.25	465	1.23	1.05 1.44	1,387	1.14	1.03 1.26	
Malattie cerebrovascolari (430-438)	797	0.95	0.84 1.08	758	0.89	0.77 1.03	1,555	0.93	0.85 1.02	
Malattie apparato respiratorio (460-519)	2,408	1.06	1.01 1.13	1,713	1.07	1.00 1.14	4,121	1.07	1.02 1.11	
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466,480-487)	728	1.10	1.02 1.18	548	1.11	1.01 1.22	1,276	1.11	1.04 1.18	
Malattie polmonari cronico ostruttive (490-492;494;496)	412	1.03	0.83 1.29	230	1.17	0.92 1.47	642	1.06	0.91 1.24	
Asma (493)	132	1.03	0.87 1.23	89	0.87	0.64 1.17	221	0.98	0.85 1.14	
Popolazione 0-14 anni										
Cause naturali (001-629;677-799)	2,989	1.05	1.01 1.09	2,346	1.05	0.99 1.11	5,335	1.04	1.01 1.08	
Malattie apparato respiratorio (460-519)	926	1.05	0.99 1.11	689	1.03	0.94 1.11	1,615	1.04	0.99 1.09	
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466,480-487)	357	1.07	0.98 1.16	290	1.02	0.90 1.15	647	1.05	0.97 1.12	
Asma (493)	110	1.02	0.85 1.23	54	0.94	0.71 1.26	164	1.00	0.86 1.16	

**VALUTAZIONE EPIDEMIOLOGICA DELLO STATO DI SALUTE DELLA
POPOLAZIONE RESIDENTE NEI PRESSI DEGLI IMPIANTI PER IL
TRATTAMENTO MECCANICO-BIOLOGICO DEI RIFIUTI URBANI DEL LAZIO**

RIASSUNTO

INTRODUZIONE. 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 bioessicare) 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. Obiettivo di questo studio è valutare l'associazione tra la residenza nei pressi degli impianti per il TMB dei rifiuti presenti nel Lazio e il ricorso alle cure ospedaliere.

METODI. 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 Casale Bussi (VT) e Rocca Cencia e Roma Salaria a 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 inquinante "tracciante" proveniente da un impianto di TMB, stimata attraverso un modello di dispersione. Per valutare l'associazione tra l'indicatore di esposizione e morbosità causa specifica nella analisi interna alla coorte sono stati calcolati i rischi relativi (Hazard Ratio, HR) mediante il modello di Cox tenendo conto di numerose variabili: sito, età, variabili socio-economiche individuali e di area, PM₁₀ come indicatore di inquinamento atmosferico di fondo, residenza in prossimità di strade principali, autostrade e industrie.

RISULTATI. 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 dall'impianto (gruppo dei più esposti). I dati a disposizione evidenziano una associazione tra stato socio economico più svantaggiato e residenza in aree a più alto impatto degli impianti (percentuali maggiori di basso livello di istruzione, di lavoratori manuali e disoccupati, livello socio economico basso e medio basso nel gruppo degli esposti rispetto al gruppo di riferimento).

I rischi di ospedalizzazione generale della popolazione esposta a più alti livelli dell'inquinante generico non differiscono da quelli della popolazione non esposta (HR=1.02, IC95%=0.95-1.10, HR= 0.97, IC 95% 0.90-1.05). Anche per le malattie dell'apparato circolatorio e respiratorio non si riscontra nessuna associazione tra l'esposizione in studio e il ricorso ai ricoveri ospedalieri.

CONCLUSIONI. Lo studio non ha evidenziato differenze nell'accesso alle cure ospedaliere per coloro che sono maggiormente esposti all'impatto degli impianti per il Trattamento Meccanico Biologico dei rifiuti di Roma Salaria e Rocca Cencia.

INTRODUZIONE

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 bioessicare) 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. La parte meccanica si riferisce alla fase di separazione e classificazione delle varie componenti dei rifiuti mediante sistemi meccanici automatizzati (nastri trasportatori, magneti industriali), in modo tale che dalla massa dei rifiuti vengano rimossi i componenti riciclabili e tutti gli altri componenti destinabili solamente alla discarica. La fase biologica successiva consiste nel trattamento vero e proprio della parte organica del rifiuto. Questa è costituita principalmente dalla frazione umida del rifiuto unitamente alla frazione costituita da carta e cartone, oltre che da altri rifiuti derivati dal legno. Trattandosi di materiali caratterizzati da una differente fermentescibilità, la loro destinazione si può differenziare seguendo due linee differenti:

- la frazione altamente fermentescibile viene coinvolta in un trattamento di digestione anaerobica per la produzione di biogas e di sottoprodotti utilizzabili come fertilizzanti, oppure in un trattamento aerobico (compostaggio) per la produzione di fertilizzante (compost);
- la frazione scarsamente fermentescibile (biostabilizzato) prevede invece la produzione di materiale inerte di natura biologica particolarmente adatto a varie applicazioni volte al recupero ambientale, paesaggistico e alla copertura giornaliera di discariche (al posto della terra) senza avere emissioni di metano o l'impiego nella preparazione di Combustibile Derivato dai Rifiuti (CDR), nel caso il contenuto energetico dello stesso sia adeguato.

Nel Lazio sono presenti sette impianti di TMB, di cui due sono collocati nel territorio adiacente alla discarica di Malagrotta ed altri due nelle immediate vicinanze delle discariche di Albano Laziale e Colfelice. Avendo già, nel corso del progetto ERAS, valutato lo stato di salute della popolazione residente in prossimità delle discariche, si è deciso quindi di prendere in esame solo gli impianti di TMB di Casale Bussi presso il

comune di Viterbo (che dista circa 8 Km dalla discarica provinciale), Rocca Cencia e Roma Salaria siti presso il comune di Roma.

Obiettivo di questo studio è quello di valutare lo stato di salute dei residenti nei pressi degli impianti per il TMB dei rifiuti urbano di Casale Bussi (VT) e Rocca Cencia e Roma Salaria a Roma.

METODI

Descrizione degli impianti

L'impianto di Rocca Cencia è gestito dall'AMA S.p.a. e copre una superficie di circa 72,000 mq. Il TMB di Roma Salaria, anch'esso gestito dall'AMA S.p.a., si estende su una superficie di 70,000 mq circa. Entrambi i TMB hanno una capacità potenziale lavorativa giornaliera di circa 650 tonnellate di rifiuti. Sul totale degli scarti trattati, il 30% è costituito da frazione secca, che principalmente diventa CDR, mentre il 20% si trasforma in frazione organica stabilizzata (FOS), utilizzabile per la ricopertura delle discariche.

L'impianto di Casale Bussi è stato attivato nell'anno 2000 ed è attualmente gestito da Ecologia Viterbo S.r.l. L'impianto copre una superficie di 31,200 mq e ha una capacità lavorativa di circa 600 tonnellate al giorno. Circa il 30% del prodotto finale è costituito da frazione secca e il 15% da frazione umida (FOS).

Area in studio

L'area in studio ha compreso i comuni che rientrano in un raggio di 5 Km dal perimetro dagli impianti. I perimetri degli impianti sono stati geocodificati utilizzando il software GIS (Geographic Information System). Tutte le informazioni sono state proiettate secondo il seguente sistema di riferimento: WGS84_UTM33N (Il Sistema geodetico mondiale del 1984 con la proiezione universale della Trasversa di Mercatore relativa alla zona 33Nord).

Indicatori di esposizione

Poiché non è semplice identificare l'inquinante tipico di un impianto di TMB si è deciso di valutare l'esposizione della popolazione esprimendo le emissioni diffuse dei TMB

attraverso un inquinante generico "tracciante" e ipotizzando una emissione area fissata, per convenzione, ad 1 tonnellata/anno. L'area degli impianti è stata approssimata attraverso celle quadrate di lato pari a 125x125 m e sono stati calcolati i tassi di emissione dell'inquinante generico per ogni cella. I tassi di emissione sono stati considerati come dati di input per un modello di dispersione lagrangiano che usa informazioni sulle emissioni, sulla orografia del territorio e sulla meteorologia (anno 2005). Questa procedura ha consentito la produzione di mappe di concentrazione media annuale al suolo specifiche per TMB che, sebbene non contengano informazioni utili sulle concentrazioni assolute nei singoli punti (poiché non è stata scelta una sostanza specifica, né è stata stimata un'emissione annua per tale sostanza), consentono di comprendere come si disperde un generico inquinante emesso dall'impianto nell'area circostante e compiere quindi una valutazione dell'esposizione.

Sono stati considerati come non esposti i residenti in aree in cui, rispetto alla massima concentrazione stimata dal modello, si osservava una percentuale dell'inquinante generico inferiore al 2%. Sono invece stati considerati come molto esposti i residenti in aree in cui rispetto alla massima concentrazione stimata dal modello si osservava una percentuale dell'inquinante generico superiore al 5%.

Arruolamento della coorte e procedure di follow-up

La coorte dei residenti nel comune di Roma è stata selezionata dallo studio longitudinale romano (2,5 milioni di residenti nell'ottobre 2001). Il disegno dello studio e le sue principali caratteristiche sono state presentate in un articolo pubblicato da Cesaroni et al. nel 2010.²² Sono stati selezionati tutti i residenti nell'area di 5 km dagli impianti di Rocca Cencia e Roma Salaria che hanno vissuto nello stesso indirizzo da almeno 5 anni prima della data di arruolamento fissata al 31 ottobre 2001.

Per quanto riguarda la coorte dei residenti nel comune di Viterbo (85,895) i risultati hanno evidenziato come tra i 2,389 residenti nei 5 km intorno al TMB di Casale Bussi solo 106 risiedessero tra 0-2 km e di questi solo 32 nel primo km. Per questo motivo si è deciso di escludere dall'analisi quest'area.

Tutti i soggetti arruolati nella coorte dei residenti nell'area di 5 km dagli impianti di Rocca Cencia e Roma Salaria sono stati seguiti per quanto riguarda il proprio stato in vita fino al 31 dicembre 2010. I soggetti emigrati dal comune di residenza in un altro

comune sono stati considerati vivi fino al momento della emigrazione, e il *follow-up* è dunque cessato al momento della migrazione stessa. L'attribuzione del ricorso alle cure ospedaliere alla coorte è stata effettuata con procedure di record-linkage, che sono state effettuate usando codici individuali anonimi nel rispetto delle leggi sulla privacy. In sostanza, i soggetti della coorte sono stati considerati a rischio fino al momento del decesso o di emigrazione dal comune di Roma o fino all'ultimo giorno di *follow-up*, il 31 dicembre 2010.

E' importante sottolineare che la coorte dello studio longitudinale romano non tiene conto delle nascite e delle immigrazioni avvenute dal 2001 al 2010, dunque la coorte di residenti non subisce nessun incremento, è una coorte chiusa. Per questo motivo questo studio non valuta lo stato di salute dei bambini e delle bambine, nati e residenti nell'area studiate e non considera le persone che hanno preso la residenza successivamente all'ottobre 2001. Questa evidente limitazione è tuttavia bilanciata dalla ricchezza delle informazioni individuali disponibili per la coorte dello Studio Longitudinale di Roma.

Ad ogni soggetto della coorte è stato assegnato un valore dell'inquinante "tracciante" corrispondente alle concentrazioni stimate dal modello di dispersione per la porzione di territorio di residenza del soggetto.

Esiti di salute

Gli impianti in studio hanno iniziato la loro attività in periodi relativamente recenti per accertare esiti associati ad esposizioni di lungo periodo. In questa indagine, quindi, non sono in studio la mortalità, l'occorrenza di patologie tumorali o di patologie croniche. Gli esiti considerati sono invece le ospedalizzazioni sia per cause naturali - escludendo parto e traumatismi - (ICD IX-CM 001-629;677-799) sia per malattie cardiovascolari (ICD IX-CM 390-459) e per patologie dell'apparato respiratorio (ICD IX-CM 460-519). Non sono inclusi nelle analisi eventuali ricoveri della stessa persona avvenuti entro 30 giorni dalla data di dimissione di ciascun episodio di ricovero in studio.

Le informazioni derivano dal Sistema Informativo Ospedaliero (SIO) del Lazio che rileva e gestisce i dati analitici di tutti i ricoveri ospedalieri (in acuzie e post-acuzie) che ogni anno si verificano negli Istituti di Ricovero e Cura (pubblici e privati)

regionali. A tutte le persone della coorte sono stati attribuiti, utilizzando il codice fiscale come chiave di *linkage*, la diagnosi principale, la data di ricovero e di dimissione degli eventuali ricoveri per le cause studiate avuti nel periodo di *follow-up*.

Altre informazioni individuali e fattori di confondimento

A ciascun soggetto sono state attribuite le seguenti caratteristiche individuali: livello di istruzione (alto: università, medio: scuola superiore, basso: scuola dell'obbligo), occupazione (lavori non manuali, lavori manuali, pensionato, non lavoratore), stato civile (sposato, single, separato/divorziato, vedovo), nazionalità (italiana, altro) e un indicatore di livello socio-economico (SES) basato sulla sezione di censimento di residenza (alto, medio, basso).

Oltre alle caratteristiche di esposizione in esame, sono state considerate altre informazioni ambientali che possono essere considerate fattori di confondimento per le relazioni in studio, in particolare la vicinanza a strade ed autostrade trafficate, la vicinanza ad impianti industriali, l'inquinamento diffuso da PM₁₀. Per ognuno di questi fattori sono stati creati degli indicatori come di seguito descritto.

Sono stati calcolati per ogni soggetto della coorte due indicatori di inquinamento da traffico veicolare: la presenza/assenza di autostrada nel raggio di 500 m dalla residenza e la presenza/assenza di strade principali in 150 m dalla residenza. Per classificare la tipologia di strade sono state utilizzate le informazioni presenti nel database della società TELEATLAS; la classificazione è avvenuta selezionando il valore dell'attributo *Functional Road Class* (FRC): autostrade (FRC=1) strade principali (1<= FRC<=5).

Sono stati georeferenziati i siti industriali presenti nell'area in studio e ad ogni soggetto è stata attribuita l'eventuale residenza in prossimità degli impianti (entro 1 Km, tra 1 e 2 Km). Le industrie suddette si occupano prevalentemente della produzione di materiali edili, asfalti e bitumi e della costruzione e manutenzione di pavimentazioni stradali, autostradali ed aeroportuali.

Ad ogni soggetto della coorte è stato attribuito inoltre un valore di concentrazione media annua di PM₁₀ come misura della qualità dell'aria nella zona di residenza. La valutazione delle concentrazioni è stata effettuata mediante il modello lagrangiano SPRAY ver. 5 (Arianet srl, Milano, Italia) su tutta la regione Lazio con una

risoluzione di 4x4 Km. Il modello è stato sviluppato da ARPA Lazio mediante l'integrazione delle catene modellistiche RAMS e FARM e ha utilizzato il censimento delle emissioni del 2005 fornite da ISPRA. Il modello simula il trasporto, la dispersione e la ricaduta degli inquinanti emessi da diverse fonti su terreni complessi e con la presenza di ostacoli, seguendo il percorso di particelle fittizie nel flusso turbolento dell'atmosfera. Per stimare la dispersione delle concentrazioni degli inquinanti al suolo sono stati studiati l'orografia del territorio, i dati meteorologici mensili (le componenti del vento e della temperatura), le caratteristiche della turbolenza nella bassa atmosfera e la distribuzione oraria spaziale (orizzontale e verticale) delle emissioni inquinanti.

Analisi statistica

E' stata valutata l'associazione tra la residenza nei pressi dei TMB e le ospedalizzazioni per cause cardiorespiratorie della coorte. I soggetti della coorte, residenti entro 5 km, sono stati classificati sulla base della distribuzione percentile di un inquinante generico emesso dai TMB registrata al loro indirizzo di residenza. L'associazione tra l'esposizione di interesse e il ricorso alle cure ospedaliere è stata valutata in un'analisi interna alla coorte attraverso una analisi di sopravvivenza (*Cox proportional hazard model*) con la stima di rischi relativi (Hazard Ratios, HR, ed intervalli di confidenza al 95%). Nel modello multivariato di analisi l'età è stata considerata come asse temporale e sono state introdotte le seguenti variabili di aggiustamento: istruzione, occupazione, stato civile, luogo di nascita, posizione socio-economica, residenza in prossimità di strade principali, residenza entro 500 m da autostrade, residenza entro 2 Km dalle industrie della regione, concentrazione media annua di PM₁₀.

RISULTATI

Nella figura 1 è riportata la localizzazione degli impianti per il TMB dei rifiuti e la dispersione della concentrazione media annua di PM₁₀ (µg/m³).

Nella figura 2 è riportata la localizzazione dei TMB, gli anelli concentrici che descrivono la distanza dai TMB (0-1, 1-2, 2-3, 3-4, e 4-5 Km) calcolati a partire dal confine perimetrale dei TMB stessi, i risultati dei modelli di dispersione per

l'inquinante "tracciante", le autostrade e le strade principali e i membri della coorte residenti all'inizio del *follow-up* opportunamente georeferenziati.

La tabella 1 mostra la coorte totale dei residenti per livello di esposizione all'inquinante "tracciante" emesso dai TMB, per sesso, età all'inizio del *follow-up*, livello di istruzione, occupazione, stato civile, luogo di nascita, livello socio-economico, TMB, distanza dal perimetro dei TMB, livello di PM₁₀ all'indirizzo di residenza (<50° percentile, 50°-90° percentile e >90°percentile), residenza vicino a 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) e 265,052 residenti in zone dove questa ricaduta è la più bassa (gruppo di controllo). La distribuzione per età della popolazione mostra un aumento della quota dei residenti di età maggiore di 65 anni tra i residenti nella fasce a minore esposizione (23.4 % nel gruppo di controllo vs il 15.1% che si osserva nel gruppo dei più esposti). I dati a disposizione evidenziano una associazione tra stato socio economico più svantaggiato e residenza in aree ad alta concentrazione degli inquinanti emessi dagli impianti (percentuali maggiori di basso livello di istruzione, di lavoratori manuali e disoccupati, livello socio economico basso e medio basso nel gruppo degli esposti rispetto al gruppo di controllo). Tutto il gruppo degli esposti risiede in zone comprese tra 1 e 2 km dal perimetro dei TMB mentre la popolazione esposta ad alte concentrazioni di PM₁₀ si trova solamente nel gruppo di controllo (Tabella 1).

La tabella 2 – a) uomini e b) donne - illustra i risultati dello studio relativo alle persone ricoverate; i risultati sono presentati in termini di confronto interno per livelli di esposizione all'inquinante "tracciante".

Uomini

I rischi di ospedalizzazione generale della popolazione maschile esposta a più alti livelli dell'inquinante generico non differiscono da quelli della popolazione non esposta (HR=1.02, IC95%=0.95-1.10). Anche per le malattie dell'apparato circolatorio e respiratorio non si riscontra nessuna associazione tra l'esposizione in studio e il ricorso ai ricoveri ospedalieri.

Donne

Così come per gli uomini, anche tra le donne che risiedono in zone con alta concentrazione dell'inquinante "tracciante" non si riscontrano differenze nel ricorso alle cure ospedaliere rispetto alle donne residenti in aree in cui la concentrazione stimata al suolo dell'inquinante "tracciante" è minore. L'HR grezzo mostra un'associazione tra ricoveri per malattie ischemiche del cuore e malattie cerebrovascolari che scompare quando i risultati vengono aggiustati per caratteristiche individuali e ambientali.

CONCLUSIONI

Lo studio non ha evidenziato differenze nell'accesso alle cure ospedaliere per coloro che sono maggiormente esposti alle emissioni degli impianti per il Trattamento Meccanico Biologico dei rifiuti di Roma Salaria e Rocca Cencia.

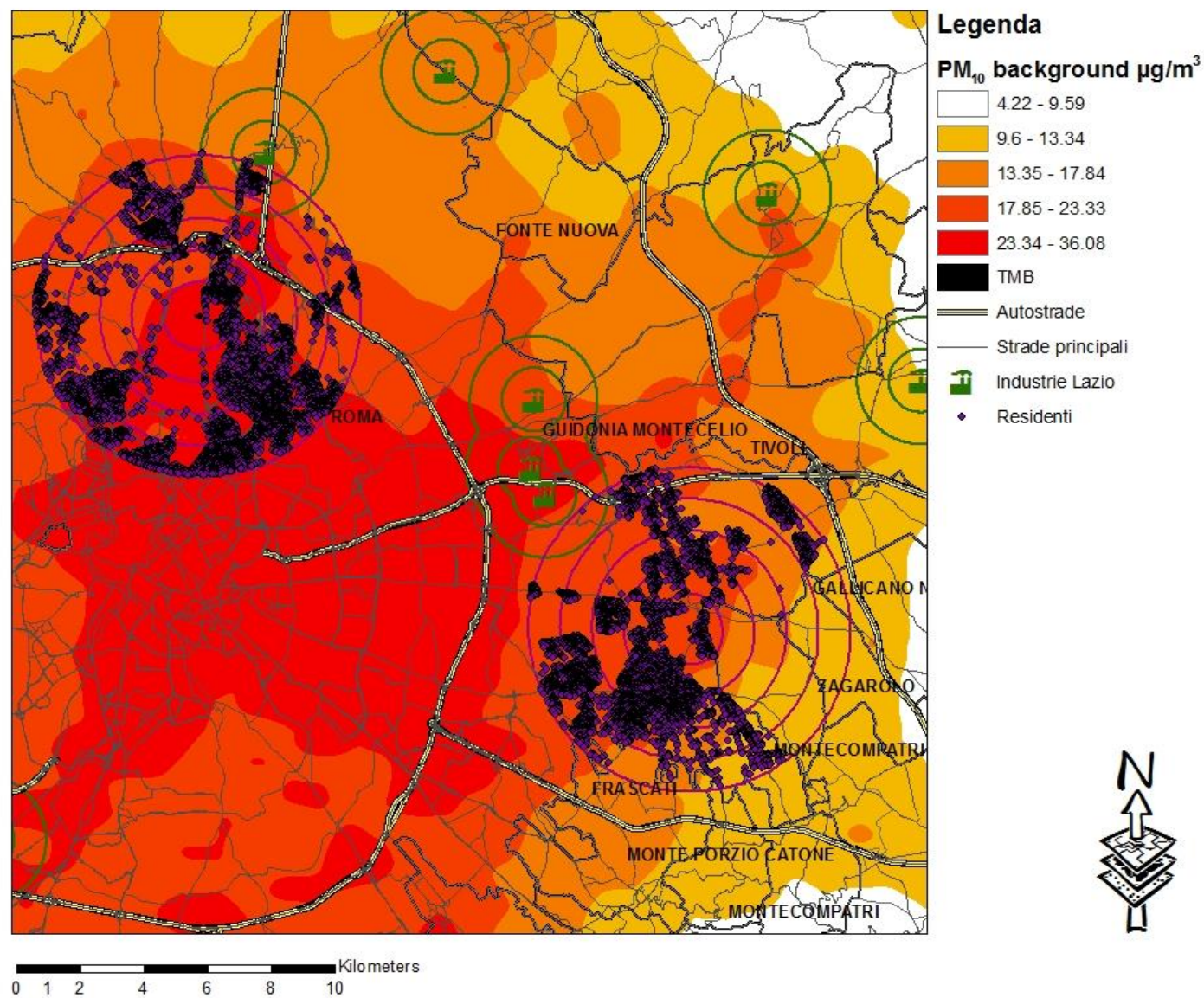
Figura 1. Localizzazione e perimetri dei TMB in studio, buffer di 5 Km dal perimetro e livelli di PM₁₀ (µg/m³) nell'area di Roma

Figura 2. TMB di Rocca Cencia e Roma Salaria. Area in studio, coorte dei residenti, fasce di distanza dagli impianti e zone di ricaduta dell'inquinante "tracciante" rispetto al valore massimo osservato

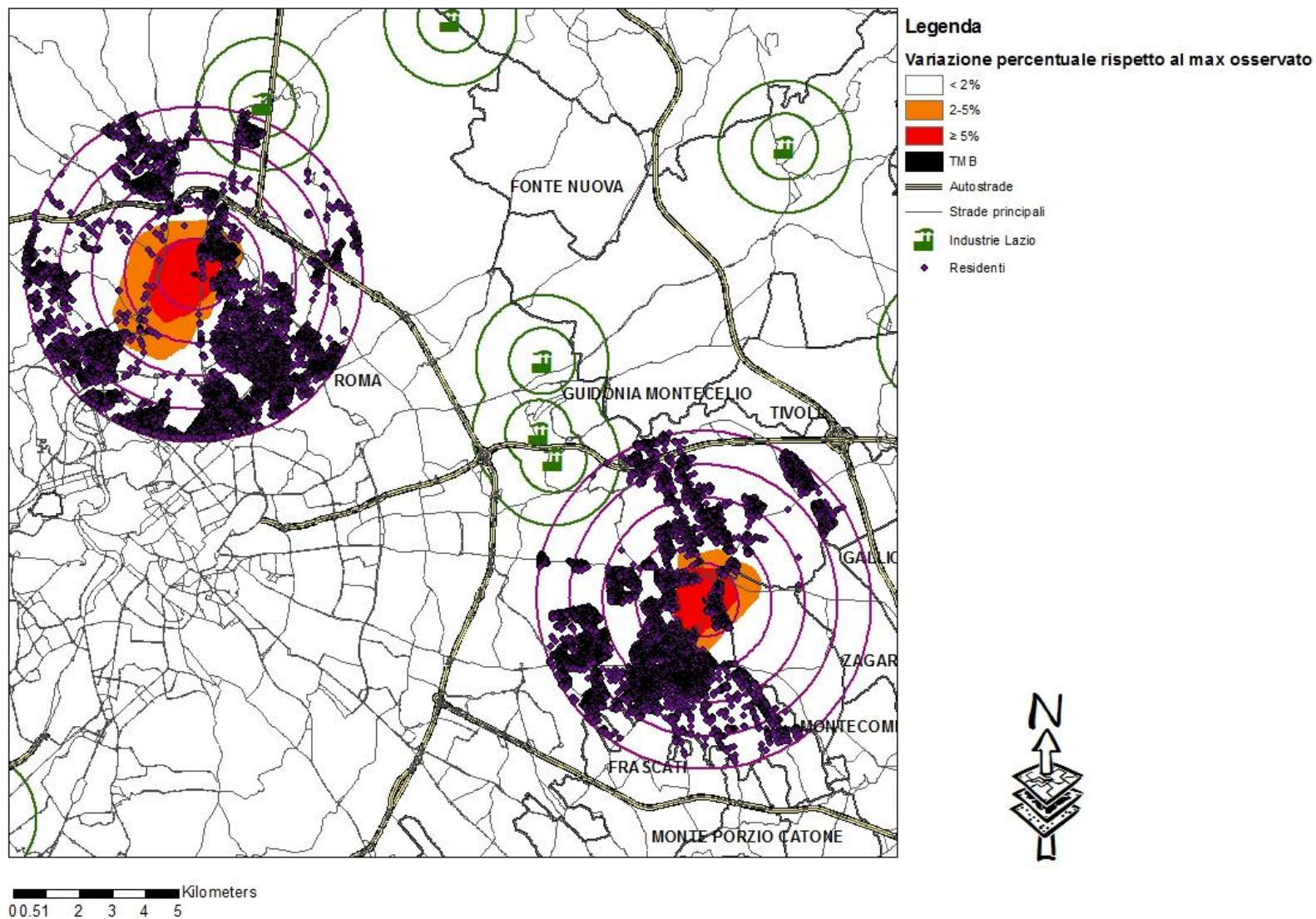


Tabella 1. Caratteristiche descrittive della coorte a seconda del livello di esposizione ad un inquinante "tracciante" delle emissioni degli impianti

		Variazione percentuale dell'inquinante tracciante rispetto al valore massimo osservato							
		<2%		2-5%		5-36%		Totale	
		n	%	n	%	n	%	n	%
	Totale	265,052	100.0	17,529	100.0	8,933	100.0	291,514	100.0
Sesso	Femmine	142,046	53.6	9,048	51.6	4,587	51.3	155,681	53.4
	Maschi	123,006	46.4	8,481	48.4	4,346	48.7	135,833	46.6
Età	5-14	21,870	8.3	1,800	10.3	869	9.7	24,539	8.4
	15-44	102,467	38.7	7,833	44.7	4,033	45.1	114,333	39.2
	45-64	78,614	29.7	5,200	29.7	2,682	30.0	86,496	29.7
	>65	62,101	23.4	2,696	15.4	1,349	15.1	66,146	22.7
Livello di istruzione	Basso	135,078	51.0	11,107	63.4	6,047	67.7	152,232	52.2
	Medio	87,250	32.9	5,197	29.6	2,497	28.0	94,944	32.6
	Alto	42,724	16.1	1,225	7.0	389	4.4	44,338	15.2
Occupazione	Lavoratori non manuali	69,603	26.3	3,735	21.3	1,751	19.6	75,089	25.8
	Lavoratori manuali	35,138	13.3	3,123	17.8	1,764	19.7	40,025	13.7
	Pensionati	36,472	13.8	1,692	9.7	892	10.0	39,056	13.4
	Disoccupati	48,427	18.3	3,456	19.7	1,698	19.0	53,581	18.4
	Casalinghe	38,824	14.6	2,690	15.3	1,352	15.1	42,866	14.7
	missing	36,588	13.8	2,833	16.2	1,476	16.5	40,897	14.0
Stato Civile	Coniugato	108,119	40.8	7,211	41.1	3,636	40.7	118,966	40.8
	Celibe/Nubile	125,760	47.4	8,846	50.5	4,565	51.1	139,171	47.7
	Separato/Divorziato	13,874	5.2	701	4.0	356	4.0	14,931	5.1
	Vedovo	17,299	6.5	771	4.4	376	4.2	18,446	6.3
Luogo di nascita	Roma	163,279	61.6	10,867	62.0	5,329	59.7	179,475	61.6
	Altro	101,773	38.4	6,662	38.0	36,014	403.2	144,449	49.6
Livello socio-economico	Alto	64,196	24.2	2,146	12.2	722	8.1	67,064	23.0
	Medio-alto	57,694	21.8	1,269	7.2	16	0.2	58,979	20.2
	Medio	38,049	14.4	488	2.8	18	0.2	38,555	13.2
	Medio-basso	36,785	13.9	3,776	21.5	3,759	42.1	44,320	15.2
	Basso	68,328	25.8	9,850	56.2	4,418	49.5	82,596	28.3
Impianto	Rocca Cencia	56,932	21.5	10,789	61.5	2,894	32.4	70,615	24.2
	Salaria	208,120	78.5	6,740	38.5	6,039	67.6	220,899	75.8
Distanza dall'impianto	0 - 1 Km	815	0.3	2,627	15.0	6,345	71.0	9,787	3.4
	1 - 2 Km	26,044	9.8	7,234	41.3	2,588	29.0	35,866	12.3
	2 - 3 Km	57,297	21.6	7,640	43.6	0	0.0	64,937	22.3
	3 - 4 Km	76,605	28.9	28	0.2	0	0.0	76,633	26.3
	4 - 5 Km	104,291	39.3	0	0.0	0	0.0	104,291	35.8
Strade principali	<=150 m	157,561	59.4	8,457	48.2	2,138	23.9	168,156	57.7
	>150 m	107,491	40.6	9,072	51.8	6,795	76.1	123,358	42.3
Autostrade	<=500 m	10,832	4.1	0	0.0	0	0.0	10,832	3.7
	>500 m	254,220	95.9	17,529	100.0	8,933	100.0	280,682	96.3
Industrie	0 - 1 Km	1,384	0.5	0	0.0	0	0.0	1,384	0.5
	1 - 2 Km	1,423	0.5	0	0.0	0	0.0	1,423	0.5
	>2 Km	262,245	98.9	17,529	100.0	8,933	100.0	288,707	99.0
PM ₁₀ di background	<50° percentile	125,230	47.2	11,158	63.7	3,568	39.9	139,956	48.0
	50°-90° percentile	111,914	42.2	6,366	36.3	5,365	60.1	123,645	42.4
	>90° percentile	27,908	10.5	5	0.0	0	0.0	27,913	9.6
Stato in vita	Vivo	239,454	90.3	15,643	89.2	8,089	90.6	263,186	90.3
	Deceduto	8,828	3.3	505	2.9	183	2.0	9,516	3.3
	Emigrato	16,770	6.3	1,381	7.9	661	7.4	18,812	6.5

Tabella 2. Esposizione all'inquinante "tracciante" generico: Hazard Ratio (HR) di ospedalizzazione e relativi intervalli di confidenza (IC) al 95%

a) Uomini

Variazione percentuale dell'inquinante tracciante rispetto al valore massimo osservato	<2%		2-5%						5-36%						
	n	n	HR ¹	I.C. 95%	HR ²	I.C. 95%	HR ³	I.C. 95%	n	HR ¹	I.C. 95%	HR ²	I.C. 95%	HR ³	I.C. 95%
CAUSA (ICD-9-CM)															
Cause naturali (001-629;677-799)	21,587	1,521	0.99	0.94 1.04	0.98	0.93 1.04	0.98	0.93 1.04	739	1.07	0.99 1.15	1.02	0.95 1.10	1.02	0.95 1.10
Malattie sistema circolatorio (390-459)	5,200	331	0.93	0.83 1.04	0.92	0.82 1.03	0.93	0.83 1.04	165	1.06	0.90 1.23	0.98	0.84 1.15	0.99	0.84 1.16
Malattie cardiache (390-429)	3,321	215	0.96	0.83 1.11	0.95	0.82 1.09	0.96	0.83 1.10	97	0.98	0.80 1.20	0.90	0.74 1.11	0.91	0.74 1.12
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	1,572	98	0.86	0.70 1.06	0.85	0.69 1.05	0.86	0.69 1.06	53	1.08	0.82 1.42	0.99	0.75 1.30	1.00	0.75 1.32
Malattie cerebrovascolari (430-438)	1,020	74	1.11	0.86 1.41	1.10	0.86 1.40	1.11	0.87 1.41	33	1.16	0.82 1.64	1.02	0.71 1.45	1.02	0.71 1.46
Malattie apparato respiratorio (460-519)	1,821	162	1.13	0.96 1.34	1.12	0.94 1.32	1.11	0.94 1.31	72	1.20	0.95 1.52	1.08	0.85 1.37	1.06	0.83 1.35
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466;480-487)	485	41	1.15	0.82 1.60	1.12	0.81 1.56	1.12	0.81 1.57	17	1.16	0.72 1.89	0.99	0.60 1.62	1.00	0.61 1.65
Malattie polmonari cronico ostruttive (490-492;494;496)	172	16	1.09	0.64 1.86	1.07	0.63 1.82	1.07	0.63 1.82	6	1.17	0.52 2.65	0.85	0.37 1.93	0.78	0.34 1.78
Asma (493)	22	1	0.50	- -	0.50	- -	0.55	- -	1	1.19	- -	1.98	- -	2.35	- -

¹Modello grezzo²Modello aggiustato per caratteristiche individuali (livello socio-economico, livello di istruzione, occupazione, stato civile, luogo di nascita)³Modello aggiustato per caratteristiche individuali e ambientali (PM₁₀ di qualità dell'aria, residenza in prossimità di strade, autostrade e industrie)

b) Donne

CAUSA (ICD-9-CM)	<2%			2-5%						5-36%					
	n	n	HR ¹	I.C. 95%	HR ²	I.C. 95%	HR ³	I.C. 95%	n	HR ¹	I.C. 95%	HR ²	I.C. 95%	HR ³	I.C. 95%
Cause naturali (001-629;677-799)	24,622	1,580	0.98	0.93 1.03	0.97	0.92 1.02	0.97	0.92 1.03	754	1.03	0.96 1.11	0.98	0.91 1.05	0.97	0.90 1.05
Malattie sistema circolatorio (390-459)	4,199	226	0.96	0.84 1.11	0.95	0.82 1.09	0.95	0.83 1.09	117	1.18	0.98 1.42	1.03	0.85 1.24	1.03	0.85 1.24
Malattie cardiache (390-429)	2,541	144	1.02	0.86 1.22	1.00	0.84 1.19	1.01	0.85 1.20	70	1.19	0.94 1.51	1.02	0.80 1.31	1.02	0.80 1.31
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	662	44	1.12	0.82 1.54	1.09	0.80 1.50	1.10	0.80 1.51	25	1.51	1.01 2.25	1.27	0.84 1.91	1.29	0.85 1.95
Malattie cerebrovascolari (430-438)	1,101	52	0.89	0.67 1.19	0.87	0.65 1.16	0.87	0.66 1.17	35	1.45	1.04 2.04	1.20	0.85 1.70	1.21	0.85 1.71
Malattie apparato respiratorio (460-519)	1,660	114	1.07	0.88 1.30	1.06	0.87 1.29	1.06	0.87 1.29	47	0.99	0.74 1.32	0.93	0.69 1.24	0.93	0.69 1.25
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466;480-487)	414	25	1.03	0.68 1.57	1.03	0.68 1.56	1.03	0.68 1.57	8	0.75	0.37 1.51	0.70	0.34 1.42	0.69	0.34 1.40
Malattie polmonari cronico ostruttive (490-492;494;496)	184	15	1.38	0.80 2.40	1.35	0.78 2.34	1.32	0.76 2.28	4	0.94	0.35 2.55	0.74	0.27 2.03	0.73	0.26 2.00
Asma (493)	26	2	0.82	- -	0.77	- -	0.80	- -	1	1.08	- -	0.89	- -	0.94	- -

¹Modello grezzo²Modello aggiustato per caratteristiche individuali (livello socio-economico, livello di istruzione, occupazione, stato civile, luogo di nascita)³Modello aggiustato per caratteristiche individuali e ambientali (PM₁₀ di qualità dell'aria, residenza in prossimità di strade, autostrade e industrie)

**LA SALUTE RIPRODUTTIVA DELLE DONNE RESIDENTI NEI PRESSI DEI
TERMOVALORIZZATORI E DELLE DISCARICHE PER I RIFIUTI URBANI DEL
LAZIO**

RIASSUNTO

INTRODUZIONE. La gestione dei rifiuti può avere un impatto sull'ambiente e sulla salute della popolazione esposta, tuttavia c'è ancora molta incertezza sui possibili effetti sanitari. Gli esiti riguardanti la gravidanza e la nascita sono tra i più studiati perché possibile espressione di un effetto a breve termine dell'esposizione alle emissioni di discariche e termovalorizzatori.

OBIETTIVO. L'obiettivo dello studio è valutare l'associazione tra l'esposizione agli inquinanti emessi dalle otto discariche del Lazio dai due termovalorizzatori per rifiuti ed alcuni esiti avversi della gravidanza.

METODI. La popolazione oggetto di studio comprende i nati, tra il 2001 ed il 2010, da madri residenti durante il primo trimestre di gravidanza nei comuni che rientrano in un raggio di 5 Km dalle discariche, 5 km dal termovalorizzatore di San Vittore del Lazio, e 7 Km da quello di Colleferro. Attraverso la procedura di georeferenziazione degli indirizzi forniti dalle anagrafi dei comuni interessati, è stato possibile attribuire ad ogni donna in gravidanza i valori di concentrazione dell'H₂S emesso dalle discariche e del PM₁₀ emesso dai termovalorizzatori ottenuti da modelli di dispersione eseguiti da ARPA Lazio. L'associazione tra le diverse esposizioni e gli esiti riproduttivi (rapporto tra i sessi, nati pretermine, basso peso alla nascita, basso peso alla nascita tra i nati a termine, piccoli per età gestazionale, gemellarità, malformazioni congenite compatibili con la vita) è stata studiata mediante un modello di regressione logistica multivariato, aggiustando per fattori demografici ed ambientali. Nella valutazione relativa ai termovalorizzatori, lo studio utilizza un disegno pre/post: nel modello è stato inserito un termine di interazione tra l'esposizione al PM₁₀ derivante dagli impianti ed una variabile che distingue le nascite prima e dopo l'attivazione dei termovalorizzatori nel 2002.

RISULTATI. I soggetti in studio sono 16,847 e 2,056, nati da madri residenti nelle aree interessate rispettivamente dalle otto discariche e dai due termovalorizzatori durante il primo trimestre di gravidanza nel periodo 2001-2010. I risultati non mostrano alcuna relazione con l'inquinamento prodotto dalle discariche e con il PM₁₀ prodotto dai termovalorizzatori per nessuno degli esiti considerati.

CONCLUSIONI. I risultati di questo studio mostrano che i nati da madri residenti nei pressi delle otto discariche e dei termovalorizzatori di Colferro e San Vittore del Lazio non presentano particolari effetti avversi dovuti alle esposizioni considerate.

INTRODUZIONE

La gestione dei rifiuti (la produzione, la raccolta, la trasformazione, il trasporto e lo smaltimento) può avere un impatto sull'ambiente e sulla salute e rappresenta spesso una preoccupazione per la popolazione interessata. Tuttavia, nonostante siano numerosi gli studi pubblicati epidemiologici sulle popolazioni che vivono in prossimità delle discariche e dei termovalorizzatori/inceneritori, c'è ancora molta incertezza scientifica sui possibili effetti sanitari della gestione dei rifiuti. Tra gli esiti messi in relazione all'esposizione alle discariche e ai termovalorizzatori, quelli riguardanti la gravidanza e la nascita sono tra i più studiati perché possibile espressione di un effetto a breve termine.

Il presente studio intende valutare:

- la salute riproduttiva delle donne residenti intorno ai termovalorizzatori di Colferro e di San Vittore, impianti di incenerimento ad alta temperatura, entrati in esercizio alla fine del 2002, finalizzati alla produzione di energia elettrica il cui combustibile è costituito dal combustibile derivato da rifiuti urbani (CDR);
- la salute riproduttiva delle donne residenti intorno alle discariche per rifiuti solidi urbani (RSU) presenti nel Lazio nei comuni di Albano, Bracciano, Latina, Civitavecchia, Guidonia, Viterbo, Roccasecca e Colferro.

L'obiettivo dello studio è valutare l'associazione tra l'esposizione agli inquinanti emessi dagli impianti in studio e alcuni eventi avversi della gravidanza: rapporto tra i sessi alla nascita, nascite gemellari, nascite pretermine, piccoli per età gestazionale, basso peso alla nascita e basso peso alla nascita nei nati a termine, malformazioni congenite. Nel caso dei termovalorizzatori, si vogliono verificare due ipotesi: innanzitutto se gli esiti di gravidanza delle donne residenti nelle aree in studio siano in qualche modo associati all'inquinamento di fondo del territorio provocato dalle molteplici fonti; in secondo luogo, si vuole verificare se l'avvio delle attività (nel 2002) dei due termovalorizzatori abbia costituito un ulteriore fattore di rischio riproduttivo per la popolazione esposta agli inquinanti prodotti dagli impianti.

METODI

Caratteristiche degli impianti in studio

Termovalorizzatori

Il termovalorizzatore di Colleferro occupa una superficie di circa 30,000 mq ed è costituito da due linee di trattamento: la prima linea è stata attivata nel mese di Dicembre 2002, la seconda è operativa da Giugno del 2003. Ciascuna delle due linee è autorizzata allo smaltimento di 110,000 t/anno di CDR, corrispondenti ad una quantità massima giornaliera di circa 334 t/giorno. Nel 2009 l'impianto di Colleferro è stato sequestrato per diversi mesi dal Nucleo Operativo Ecologico dei Carabinieri di Roma per numerosi reati, tra cui attività organizzata per traffico illecito di rifiuti, violazione dei valori limiti delle emissioni in atmosfera, combustione di pneumatici.

Il termovalorizzatore di San Vittore del Lazio si estende su una superficie di 50,422 mq. Attualmente l'impianto è dotato di una sola linea di esercizio, con la realizzazione prevista di due nuove linee, la superficie dell'impianto occuperà un'area di 78,249 mq. Attivato nell'Agosto del 2002, il termovalorizzatore è autorizzato alla combustione di 304,150 t annue.

Discariche

Nel Lazio sono attualmente presenti dieci discariche per il trattamento dei RSU, situate nei comuni di Albano Laziale (RM), Bracciano (RM), Civitavecchia (RM), Roccasecca (FR), Colleferro (RM), Guidonia Montecelio (RM), Latina (LT), Roma, e Viterbo. Le due discariche situate nel comune di Latina, sono confinanti, e sono state quindi considerate in questo studio come un unico sito.

Tutte le discariche sono attive da decine di anni, anche se le autorizzazioni all'esercizio possono essere più recenti. Per le caratteristiche degli impianti di trattamento considerati si rimanda alla relazione "Valutazione epidemiologica dello stato di salute della popolazione residente nei pressi delle discariche per i rifiuti urbani del Lazio".

Area in studio

L'area in studio comprende i comuni che rientrano in un raggio di 5 Km dal perimetro dei termovalorizzatori di San Vittore del Lazio e di 7 Km da quello di Colleferro. Per lo studio sulle discariche sono compresi i comuni che rientrano in un raggio di 5 Km dal

perimetro delle discariche. I perimetri degli impianti sono stati geocodificati utilizzando il software GIS (Geographic Information System).

Popolazione in studio

Le anagrafi dei comuni interessati hanno fornito l'elenco delle donne residenti al 1 Gennaio 1996, o successivamente entrate fino al 31 Dicembre 2008, le relative date di nascita, di morte, di emigrazione ed immigrazione nel comune e l'indirizzo di residenza. Gli indirizzi di residenza sono stati geocodificati. Tramite una procedura di record linkage con l'archivio dei Certificati di Assistenza al Parto (CedAP), che registra tutte le nascite avvenute nella regione Lazio a partire dal 2001, sono stati selezionati tutti i bambini nati nel periodo 01/01/2001-31/12/2008 da madri residenti nell'area in studio durante il primo trimestre di gravidanza. Diversamente, a causa dell'indisponibilità di informazioni sulla residenza delle donne negli anni 2009 e 2010, i nati nel periodo 01/01/2009-31/12/2010 sono stati selezionati tramite linkage delle donne residenti nell'area al 31/12/2008 con le nascite registrate nel CedAP. Pertanto, si è assunto che le donne residenti nell'area al 31/12/2008 lo fossero anche durante il primo trimestre delle gravidanze portate a termine negli anni 2009 e 2010.

Dal CedAP è stato possibile ricavare le informazioni relative alla madre, alla gravidanza e al parto. L'archivio non dispone della mobilità extra-regionale per cui lo studio non comprende i nati fuori dalla regione Lazio da madri residenti nell'area di interesse.

Definizione degli esiti

Sono stati analizzati i seguenti eventi avversi alla gravidanza:

- rapporto tra i sessi: rapporto tra il numero di nati maschi ed il numero totale di nati;
- nati pretermine: nati con età gestazionale <37 settimane, escludendo i gemelli;
- basso peso alla nascita: nati con peso <2500gr, escludendo i gemelli solo nello studio sulle discariche;
- basso peso alla nascita a termine: nati a termine con peso <2500gr, escludendo i gemelli ed i nati pretermine;
- piccoli per età gestazionale: neonati di peso in grammi inferiore o uguale al 10° percentile previsto per la settimana di gravidanza alla nascita e per sesso del neonato. Non sono disponibili curve di accrescimento italiane o europee

affidabili, pertanto, come riferimento, è stato utilizzato il 10° percentile della distribuzione del peso dei nati nella regione Lazio per il periodo considerato, per sesso e settimana di gravidanza. Sono stati esclusi i gemelli ed i nati da madri provenienti dalla regione indiana, costituzionalmente piccoli [1-5];

- gemellarità: numero di parti gemellari.
- malformazioni congenite compatibili con la vita: Cartelle CEDAP con menzione di uno di questi codici ICD-9-CM: 741; 742.0; 742.3; 745; 746; 749.0; 749.1; 749.2; 750.3; 751.1; 751.2; 752.7; 753.1-753.9; 756.0; 756.4; 756.5; 756.6; 756.70; 756.71; 758.0; 758.3; 758.5; 759.7; 759.8

Caratteristiche materne

Dagli archivi anagrafici e dall'archivio del CedAP è stato possibile ottenere diverse informazioni relative alla madre; tra queste sono state selezionate tutte quelle potenzialmente correlate agli eventi in studio: età, nazionalità (italiana/straniera), titolo di studio (nessun titolo/licenza elementare/licenza media inferiore vs licenza media superiore/laurea), numero di parti precedenti status socio-economico (alto, medio-alto, medio, medio-basso, basso). Tale indicatore è disponibile per tutte le sezioni di censimento del Lazio ed è stato costruito sulla base di variabili raccolte al censimento 2001 [6]. Non è stato possibile utilizzare le informazioni sullo stato civile e sull'occupazione materna, pur presenti nel CedAP, a causa dell'elevato numero di dati mancanti.

Caratteristiche ambientali

La procedura di geocodifica degli indirizzi ha permesso di caratterizzare le aree in studio considerando diverse informazioni:

- residenza entro un buffer di 150 m da strade principali, definite sulla base delle informazioni presenti nel database della società TeleAtlas;
- residenza entro un buffer di 1 Km dal fiume Sacco, interessato da una vasta contaminazione di beta-esaclorocicloesano a seguito del sotterramento di fusti di rifiuti provenienti dall'impianto chimico della zona;
- per l'analisi delle donne residenti nei pressi dei termovalorizzatori si è tenuto anche conto della residenza a Colleferro Scalo, frazione del comune di Colleferro situata molto vicino al conglomerato industriale che include l'impianto chimico di produzione del lindano attivo dagli anni '60.

Esposizioni

Termovalorizzatori

L'esposizione al PM₁₀ di fondo, derivante dall'inquinamento stradale, industriale, e civile è stato stimato su base regionale (<http://www.arpalazio.net/main/aria/sci/#>) ed ha permesso di assegnare la concentrazione media annua di questo inquinante ad ogni soggetto in studio per ottenere dati di esposizione. Il modello sviluppato da ARPA ha utilizzato il censimento delle emissioni del 2005 e si basa sulla integrazione delle catene modellistiche RAMS e FARM ed ha una risoluzione di 4*4 Km.

Il modello lagrangiano a particelle SPRAY ver.5 (Arianet srl, Milano, Italia) è stato utilizzato per simulare l'impatto dei termovalorizzatori sull'area in studio. Il modello simula il trasporto, la dispersione e la ricaduta degli inquinanti emessi su terreni complessi e con la presenza di ostacoli, seguendo il percorso di particelle fittizie nel flusso turbolento dell'atmosfera. Per stimare la dispersione delle concentrazioni del PM₁₀, scelto come inquinante tracciante, sono stati utilizzati: l'orografia del territorio, i dati meteorologici mensili (in particolare le componenti del vento e della temperatura), le caratteristiche della turbolenza della bassa atmosfera e la distribuzione oraria spaziale (orizzontale e verticale) delle emissioni inquinanti. Il modello restituisce la mappa delle concentrazioni al suolo relative all'inquinante emesso dall'impianto, utilizzando una risoluzione di 500mx500m.

Allo stesso modo è stata simulata la dispersione del PM₁₀ prodotto dal cementificio. Per ulteriori dettagli sul modello di dispersione si rimanda alla relazione tecnica di ARPA Lazio.

Ad ogni nato sono stati attribuiti i valori di concentrazione del PM₁₀ di *background*, termovalorizzatori, e cementificio sulla base dell'indirizzo di residenza della madre. Le anagrafi non hanno fornito tutti gli indirizzi relativi alle variazioni di residenza all'interno dello stesso comune, quindi è stato assunto che l'indirizzo di residenza della madre, durante il primo trimestre della gravidanza, fosse quello registrato per il figlio al momento della nascita.

Nella tabella che segue si riportano le statistiche descrittive (media, deviazione standard (DS), 25°, 50°, 75°, 90° percentile e range interquartile, differenza tra il 75°

e il 25° percentile) (riferite ai soggetti della coorte) del PM₁₀ prodotto dalle diverse fonti:

	media	DS	p25	p50	p75	p90	p75-p25
PM ₁₀ di background µg/m ³	9.73	1.66	8.00	9.82	10.86	12.03	2.86
PM ₁₀ termovalorizzatore ng/m ³	2.99	1.04	2.20	3.30	3.80	4.00	1.60
PM ₁₀ cementificio ng/m ³	62.65	23.17	49.88	72.42	81.60	84.08	31.72

È importante osservare come il contributo espositivo del PM₁₀ prodotto dai termovalorizzatori (2.99ng/m³) sia molto inferiore a quello del PM₁₀ prodotto dal cementificio (62.65 ng/m³) e a quello del PM₁₀ di *background* (9.73µg/m³). In ogni caso, per i soggetti della coorte, vi è una alta correlazione tra gli indicatori stessi ($r_{\text{term}/\text{cem}}=0.76$; $r_{\text{term}/\text{back}}=0.65$; $r_{\text{back}/\text{cem}}=0.61$).

L'esposizione aPM₁₀ di *background* è stata considerata come variabile categorica:

- bassa (0-50° percentile): $0 \leq \text{PM}_{10} \leq 9.82 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (*gruppo di riferimento*);
- media (50°-90° percentile): $9.82 \mu\text{g}/\text{m}^3 < \text{PM}_{10} \leq 12.03 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- alta (>90° percentile): $\text{PM}_{10} > 12.03 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

A tutti gli indirizzi di residenza delle mamme dei nati in studio, anche per quelli nati nel periodo precedente l'attivazione degli impianti, è stato attribuito un valore di PM₁₀ prodotto dai termovalorizzatori:

- bassa esposizione (0-50° percentile): $0 < \text{PM}_{10} \leq 0.0033 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (*gruppo di riferimento*);
- media esposizione (50°-83° percentile): $0.0033 \mu\text{g}/\text{m}^3 < \text{PM}_{10} \leq 0.004 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- alta esposizione (>83° percentile): $\text{PM}_{10} > 0.004 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

L'esposizione al cementificio è stata classificata nel seguente modo:

- bassa (0-50° percentile): $0 \leq \text{PM}_{10} \leq 0.072418 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (*gruppo di riferimento*);
- media (50°-90° percentile): $0.072418 \mu\text{g}/\text{m}^3 < \text{PM}_{10} \leq 0.084077 \mu\text{g}/\text{m}^3$;

- alta (>90° percentile): $PM_{10} > 0.084077 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Il cementificio in studio si trova nel comune di Colleferro, pertanto tutti i nati nel comune di San Vittore fanno parte del gruppo di riferimento.

Discariche

La valutazione dell'esposizione della popolazione residente è stata effettuata considerandole emissioni areali delle discariche espresse in termini di idrogeno solforato, o acido solfidrico (H_2S), generate utilizzando il Landfill Gas Emissions (LGE) Model (sviluppato dalla US Environmental Protection Agency) e il modello di dispersione lagrangiano a particelle SPRAY. A questo scopo, per ogni discarica è stata costruita una griglia regolare che approssima l'area della discarica con una risoluzione di 125×125 m (celle) e sono stati calcolati i tassi di emissione di H_2S , per ogni cella. I parametri utilizzati per stimare le emissioni sono stati: il tempo di attività, e quindi le informazioni relative alle date di apertura e chiusura di ciascun settore della discarica, la capacità di contenimento del rifiuto, in termini di tonnellate di rifiuti e il tasso di ricevimento dei rifiuti. I tassi di emissione stimati da LGE sono stati considerati come dati di input per il modello lagrangiano. Il modello lagrangiano utilizza informazioni sulle emissioni, sulla orografia e sulla meteorologia. Questa procedura ha consentito la produzione di mappe di concentrazione media annuale dell'acido solfidrico (H_2S) specifiche per discarica.

Nella tabella che segue si riportano le statistiche descrittive (media, deviazione standard (DS), 25°, 50°, 75°, 90° percentile e range interquartile, differenza tra il 75° e il 25° percentile) (riferite ai soggetti della coorte) dell' H_2S emesso dalle discariche e del PM_{10} di fondo:

	media	DS	p25	p50	p75	p80	p90	p75-p25
H_2S ng/m^3	3.76	13.00	0.77	1.95	3.86	4.18	6.98	3.09
PM_{10} di background $\mu\text{g}/\text{m}^3$	12.24	3.80	8.39	11.98	14.86	15.61	17.69	6.47

A tutti gli indirizzi di residenza delle mamme dei nati in studio è stato attribuito un valore di H₂S prodotto dalle discariche e l'esposizione è stata classificata nel seguente modo:

- bassa esposizione (0-50° percentile): $0 < PM_{10} < 1.95 \text{ ng/m}^3$ (*gruppo di riferimento*);
- media esposizione (50°-90° percentile): $1.95 \text{ ng/m}^3 \leq PM_{10} \leq 6.98 \text{ ng/m}^3$;
- alta esposizione (>90° percentile): $PM_{10} > 6.98 \text{ ng/m}^3$.

L'esposizione a PM₁₀ di *background* è stata considerata come variabile categorica:

- bassa (0-50° percentile): $0 \leq PM_{10} < 11.98 \mu\text{g/m}^3$ (*gruppo di riferimento*);
- media (50°-90° percentile): $11.98 \mu\text{g/m}^3 \leq PM_{10} \leq 17.69 \mu\text{g/m}^3$;
- alta (>90° percentile): $PM_{10} > 17.69 \mu\text{g/m}^3$.

Analisi statistica

Sono state eseguite analisi descrittive dell'occorrenza degli esiti in studio in relazione alle concentrazioni di PM₁₀ e H₂S emessedagli impianti, alle caratteristiche materne e alle caratteristiche ambientali dell'area in studio.

Gli odds ratio (OR, IC 95%) dell'associazione tra le esposizioni a PM₁₀ e gli esiti in studio sono stati calcolati mediante un modello di regressione logistica multivariato. Nella valutazione pre/post relativo ai termovalorizzatori, nel modello è stato inserito un termine di interazione tra il PM₁₀ prodotto dagli impianti di termovalorizzazione e una variabile (pre-post) che distingue i nati avvenuti prima del 2003, quando gli impianti non erano ancora stati messi in funzione, da quelli avvenuti dopo l'attivazione di entrambi. In questo modo è stato possibile valutare il cambiamento (post verso pre) nella frequenza degli esiti di gravidanza nelle aree più esposte alle emissioni dei termovalorizzatori tenendo conto anche del trend temporale nelle aree non esposte [7-8].

A causa della collinearità tra le variabili espressione delle concentrazioni delle diverse fonti di emissione del PM₁₀ (termovalorizzatori, cementificio, inquinamento atmosferico) (Tabella 3), i modelli di regressione logistica sono stati eseguiti separatamente per le tre esposizioni; nel modello logistico che ha valutato l'effetto del PM₁₀ prodotto dal cementificio e di quello di *background* si è tenuto conto del concomitante effetto del PM₁₀ prodotto dai termovalorizzatori.

Tutti i modelli hanno tenuto conto di diversi fattori confondenti: sesso del bambino, impianto (discariche o termovalorizzatori), variabili riferite alle caratteristiche della madre (numero di parti precedenti, età, nazionalità, titolo di studio, livello socio-economico) e altri fattori ambientali (distanza da strade ad alto traffico, residenza nell'area di Colleferro Scalo, distanza dal fiume Sacco).

RISULTATI

Termovalorizzatori

I soggetti in studio sono 2,056 nati da madri residenti nell'area in studio durante il primo trimestre di gravidanza nel 2001-2010. I bambini sono nati da 1,641 madri, il 76% delle quali tra il 2001 ed il 2010 ha avuto un solo figlio mentre il 22% ne ha avuti due. 540 bambini sono nati nel periodo precedente l'attivazione dei termovalorizzatori. Il 69% dei bambini è nato da madri di età compresa tra 21 e 34 anni e il 55% dei bambini è un primogenito (Tabella 1). Il 94% dei bambini è nato da madre italiana (tra le straniere soltanto una è proveniente dalla regione indiana) e il 63% ha un livello socio-economico medio o medio-alto. Per un quarto dei nati inclusi nella coorte, i primi tre mesi di gravidanza della madre sono intercorsi prima della messa in funzione dell'impianto; il 17% dei nati risiedono o hanno madri che hanno risieduto nella zona molto esposta. Il 94% dei nati in analisi sono residenti nel buffer di 5 Km del termovalorizzatore di Colleferro. I livelli di esposizione alle emissioni degli impianti di Colleferro (1,925 nati) e San Vittore (131 nati) sono di ordine di grandezza diversi, pertanto la totalità dei nati in prossimità del secondo sito sono poco o non esposti: i nati nel buffer di 7 Km dal termovalorizzatore di Colleferro sono esposti mediamente a $9.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (DS=1.6) di PM_{10} mentre i nati nel buffer di 5 Km dall'impianto di San Vittore del Lazio a $7.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (DS=0.2). L'11% dei nati risiedono a meno di 1 Km dal fiume Sacco, il 2% nell'area di Colleferro Scalo e quasi la metà a meno di 150 m da strade principali. Tra i nati residenti nell'area maggiormente esposta ai termovalorizzatori non ce n'è nessuno contemporaneamente esposto anche ad alti livelli di PM_{10} di *background* e solo un 3% è anche esposto al cementificio di Colleferro. Al contrario, nell'area caratterizzata da una media esposizione ai termovalorizzatori si registrano livelli elevati di esposizione al PM_{10} di *background* (32%) e a quello prodotto dal cementificio (28%).

Nella Tabella 2 è riportata la distribuzione degli esiti per categoria di esposizione ai termovalorizzatori e periodo, *pre-* (2001-2002) e *post-*inizio della loro attività (2003-2010). Nel periodo considerato, si sono verificati 29 parti gemellari, di cui solo due relativi a donne residenti in zone associate ad alta concentrazione di PM₁₀, pertanto non si è ritenuto opportuno considerare tra gli esiti in studio anche la gemellarità. I bambini appartenenti alla coorte dei nati oggetto dello studio, erano per il 51.4% maschi, con un rapporto tra sessi alla nascita simile a quello che si riscontra nella popolazione generale (105-106 maschi ogni 100 femmine). Come atteso, gli esiti nascite pre-termine (116), nati di basso peso (135), nati a termine di basso peso (49), piccoli per età gestazionale (213) non sono eventi frequenti. La frequenza di nascite con basso peso, di nascita pretermine e di piccoli per età gestazionale è diminuita nel complesso delle aree tra il periodo pre e post termovalorizzatore.

Nella Tabella 4 sono riportate le stime dell'effetto (Odds Ratio) dell'esposizione ai livelli di inquinamento atmosferico (PM₁₀*background*) sugli esiti oggetto dello studio. Il rapporto tra i sessi alla nascita nelle categorie a maggiore esposizione non si discosta da quello riscontrato nel gruppo di riferimento. Anche per gli altri esiti in studio non si evidenziano aumenti di rischio associati ai livelli di PM₁₀ di *background*. Al contrario, tra i nati maggiormente esposti si osserva una riduzione del rischio di basso peso alla nascita tra i nati a termine (OR=0.19 IC 95% 0.05-0.81), tuttavia l'effetto stimato è basato solo su 3 casi. Risultati molto simili si sono osservati per il cementificio di Colferro (Tabella 5).

Gli esiti riproduttivi presi in esame non sembrano avere alcuna associazione con l'introduzione di una nuova esposizione quale il PM₁₀ prodotto dai termovalorizzatori (Tabella 6). Tutti gli Odds Ratio sono vicini alla unità (o addirittura più bassi) e tutti con ampi limiti di confidenza.

Discariche

Sono in studio 16,847 nati da madri residenti nell'area in studio durante il primo trimestre di gravidanza nel 2001-2010. Il 71.1% dei bambini è nato da madri di età compresa tra 21 e 34 anni e il 56.1% dei bambini è un primogenito (Tabella 7). L'88.8% dei bambini è nato da madre italiana e circa il 30% ha un livello socio-economico medio o medio-alto. Solo il 2% dei nati nel periodo in studio risiedono o

hanno madri che hanno risieduto nella zona ad alte concentrazione di H₂S e di questi 1,684 bambini, il 17.2% risiede intorno alla discarica di Albano, il 18.1% alla discarica di Latina e il 58% risiede intorno alla discarica di Guidonia.

Tra i nati residenti nell'area maggiormente esposta la maggior parte (71.2%) risiede a più di 150m da strade principali. I livelli di esposizione ad elevate concentrazioni di PM₁₀ di *background* sembrano essere maggiori nelle zone a media e alta concentrazione di H₂S (18.8 e 19.2%) rispetto al riferimento (0.5%).

Nella Tabella 8 è riportata la distribuzione degli esiti per categoria di esposizione all'H₂S emesso dalle discariche. I nati oggetto dello studio, erano per il 51.2% maschi, con un rapporto tra sessi alla nascita simile a quello che si riscontra nella popolazione generale (105-106 maschi ogni 100 femmine). In questa coorte sono stati osservati 954 nati pre-termine, 817 nati di basso peso, 378 nati a termine di basso peso, 1,693 piccoli per età gestazionale, 510 parti gemellari e 417 malformazioni congenite compatibili con la vita. Non si osservano particolari associazioni grezze tra questi esiti e i livelli di esposizione ad H₂S ad eccezione di un leggero aumento dei parti gemellari nelle zone ad alte concentrazioni (3.2% vs 2.6 del riferimento).

Nella Tabella 9 sono riportate le stime dell'effetto (Odds Ratio) dell'esposizione ai livelli di H₂S sugli esiti oggetto dello studio. Per tutti gli esiti in studio non si evidenziano aumenti di rischio associati ai livelli di esposizione ad H₂S.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

I risultati di questo studio mostrano che i nati da madri residenti nei pressi dei termovalorizzatori e delle discariche per rifiuti urbani del Lazio non presentano particolari effetti avversi dovuti alle esposizioni considerate (PM₁₀ dai termovalorizzatori e H₂S dalle discariche).

Per l'interpretazione dei risultati dello studio è importante prendere in rassegna i dati della letteratura. Tra gli eventi avversi alla gravidanza, quello più studiato in relazione ad una esposizione residenziale a inceneritori, è costituito dalle malformazioni congenite. Diversi studi evidenziano un rischio di malformazioni congenite in eccesso

tra le persone che vivono vicino a inceneritori, ma l'evidenza complessiva può essere considerata limitata [9]. Jansson et al. [10] hanno valutato se l'incidenza di labbro leporino e palatoschisi in Svezia fosse aumentata a seguito dell'inizio di attività di un impianto di incenerimento di rifiuti. I risultati di questo studio, basato sulle informazioni del registro centrale delle malformazioni e del registro delle nascite, non hanno mostrato un aumento del rischio.

Lloyd et al. [11] hanno esaminato l'incidenza di parti gemellari tra il 1975 e il 1983 in due aree in prossimità di un termovalorizzatore chimico e di rifiuti urbani in Scozia: dopo l'aggiustamento per età materna, è stato rilevato un aumento della frequenza dei parti gemellari in aree esposte a inquinamento atmosferico provocato dai termovalorizzatori. Nella stessa area, Williams et al. [12] hanno studiato il rapporto tra i sessi alla nascita, grazie a vari livelli di dettaglio geografico e utilizzando tecniche di mappatura tridimensionali: le analisi nelle aree residenziali a rischio di inquinamento atmosferico da termovalorizzatori hanno mostrato la presenza di un'inversione del rapporto tra i sessi in alcune aree. Per studiare il rischio di natimortalità, mortalità neonatale e anomalie congenite letali nei nati da madri che risiedono vicino ai inceneritori (e forni crematori), Dummer et al. [13] hanno condotto uno studio geografico in Cumbria (Gran Bretagna). Dopo l'aggiustamento per classe sociale, anno di nascita, ordine di nascita e nascite multiple, è stato riscontrato un aumento del rischio di morte per anomalie congenite, in particolare la spina bifida e i difetti cardiaci. Successivamente, Cordier et al. [14] hanno preso in esame comunità con meno di 50.000 abitanti che circondano i 70 inceneritori che hanno operato per almeno un anno dal 1988 al 1997 in Francia. Ad ogni comunità è stata assegnata la concentrazione di inquinanti, stimata da modello gaussiano, per il numero di anni in cui l'impianto era operativo. I risultati sono stati aggiustati per anno di nascita, età materna, luogo di nascita, densità di popolazione, reddito familiare medio e, quando disponibile, traffico stradale locale. Il tasso di anomalie congenite era simile nelle comunità degli esposti e dei non esposti; solo alcuni sottogruppi di anomalie congenite, in particolare schisi facciale e displasia renale, erano più frequenti nelle comunità esposte. Tango et al. [15] hanno indagato l'associazione tra gli eventi avversi alla gravidanza e la residenza delle madri entro 10 km da uno dei 63 inceneritori di rifiuti solidi urbani con emissioni di alti livelli di diossina in Giappone. Per calcolare il numero di casi attesi, sono stati utilizzati i tassi nazionali basati su tutti i nati vivi, le morti fetali e le morti infantili che si sono verificati nell'area di studio nel corso del

1997 e 1998, considerando i diversi fattori di confondimento disponibili: età materna, età gestazionale, peso alla nascita, parti precedenti, precedenti morti fetali, e tipo di occupazione paterna. Nessuno degli esiti riproduttivi studiati ha mostrato eccessi statisticamente significativi a meno di 2 km di distanza dagli inceneritori. E' stata riscontrata, tuttavia, una diminuzione statisticamente significativa del rischio di mortalità infantile e morti infantili con anomalie congenite all'aumentare della distanza dai termovalorizzatori.

Per quanto riguarda gli altri esiti riproduttivi, Xu et al. [16] hanno esplorato l'associazione tra basso peso alla nascita ed esposizione a particolato (PM_{10}) durante la gravidanza, a Pittsburgh (USA), concludendo che c'è un aumento di 1.13 (IC95%=1.02-1.25) eventi avversi per aumento del range interquartile del PM_{10} . Brauer et al. [17] hanno studiato l'impatto dell'esposizione a particolato sui piccoli per età gestazionale, basso peso alla nascita, e nascite pre-termine utilizzando i dati sanitari delle nascite, escludendo i parti gemellari, avvenute tra il 1999 ed il 2002 a Vancouver (Canada) ed hanno concluso che il particolato ultrafine è un fattore di rischio per piccoli per età gestazionale e nascite pre-termine. Uno studio multicentrico prospettico condotto in Corea dal 2001 al 2004 ha analizzato gli effetti dell'esposizione a PM_{10} nelle varie fasi della gestazione. [18] E' risultato che l'esposizione durante il secondo trimestre di gravidanza può causare malformazioni nel nascituro (OR=1.16, IC95%=1.00-1.34), durante il primo trimestre può causare ritardo nella crescita intrauterina, durante il terzo trimestre la nascita prematura. Il basso peso alla nascita, invece, sembra essere influenzato dall'esposizione durante tutto il periodo della gravidanza. Salam et al. [19] hanno utilizzato i certificati di nascita dei bambini nati in California (USA) tra il 1975 ed il 1987 per risalire alla storia riproduttiva materna e al luogo di residenza al momento della nascita, ed hanno reperito le informazioni sui fattori socio-demografici materni e sull'abitudine al fumo in gravidanza attraverso la somministrazione di questionari. I livelli mensili medi degli inquinanti sono stati determinati sulla base del codice di avviamento postale della residenza della madre al momento del parto. Attraverso l'esecuzione di modelli di regressione lineare ad effetti misti è risultato che ad un aumento di $20 \mu g/m^3$ di PM_{10} è associata una diminuzione del peso alla nascita di 21.7g (IC95%=1.1-42.2), ma, dopo l'aggiustamento per ozono, tale associazione non è stata interamente confermata.

Il progetto di Monitoraggio degli Inceneritori nel Territorio dell'Emilia-Romagna (Moniter) [20] ha studiato l'associazione tra la residenza nei pressi di inceneritori e l'incidenza di eventi avversi in gravidanza. I risultati non hanno evidenziato alcun effetto sul rapporto tra i sessi alla nascita, sulle nascite gemellari e sul basso peso alla nascita. L'esito "piccoli per età gestazionale" ha mostrato un trend debolmente significativo per livelli crescenti di esposizione. Lo studio ha invece rilevato un'associazione coerente e statisticamente significativa tra livelli di esposizione ad emissioni da termovalorizzatore e nascite pre-termine. L'aumento progressivo del rischio in relazione agli indicatori di esposizione, l'esteso set di variabili di confondimento, le numerose analisi di sensibilità, la plausibilità biologica dell'effetto depongono per una relazione causale.

In sostanza, l'esame della letteratura ha indicato solo delle possibili associazioni con la salute riproduttiva e l'alterata frequenza di nati pre-termine sembra essere il dato più rilevante. Questo studio, tuttavia non ha messo in evidenza nessuna associazione per questo esito.

I risultati di questo studio vanno interpretati anche alla luce dei punti di forza e di debolezza riscontrati. Tra i punti di forza:

1. l'accuratezza nella definizione dell'esposizione delle madri durante il primo trimestre di gravidanza:
 - a. la disponibilità di dati di coorte di popolazione, comprensivi di date di ingresso ed uscita di ogni donna dai comuni in studio, ha permesso sia di stabilire se la donna al momento della gravidanza fosse effettivamente residente nell'area d'interesse sia di accertare se il trimestre considerato ai fini della valutazione dell'esposizione fosse intercorso prima o dopo la messa in funzione degli impianti;
 - b. la georeferenziazione dei soggetti ha permesso di stabilire se la residenza della donna, durante il primo trimestre di gravidanza, fosse all'interno del buffer considerato come area di esposizione;
2. la disponibilità di informazioni sui confondenti: per evitare distorsioni delle stime di associazione, i risultati sono aggiustati per il potenziale effetto confondente di variabili individuali (età e posizione socio-economica della madre) ma soprattutto di variabili relative ad altri fattori di pressione ambientale

(prossimità a strade ad alto traffico veicolare e/o a siti industriali, qualità dell'aria);

3. Nel caso dei termovalorizzatori il confronto tra gli esiti avvenuti prima e dopo la messa in funzione degli impianti.

Tra i limiti dello studio:

1. la potenza statistica dello studio è, soprattutto nell'esempio dei termovalorizzatori, decisamente ridotta a causa della bassa numerosità degli eventi;
2. è stato considerato come periodo di esposizione soltanto il primo trimestre di gravidanza sebbene alcuni esiti avversi potrebbero essere associati all'esposizione nel periodo successivo[18]; bisogna, tuttavia sottolineare che molto spesso l'abitazione durante tutto il periodo della gravidanza è la stessa;
3. non è stato possibile ricostruire la storia residenziale delle madri per poter associare la corretta esposizione durante i primi tre mesi di gravidanza. Si è considerata infatti come prima scelta la residenza del figlio alla nascita e in assenza di questa la residenza della madre all'inizio del *follow-up*; tale inaccuratezza, tuttavia, dovrebbe essere minima;
4. per i termovalorizzatori non è stato possibile aggiustare per le variabili relative alle altre due fonti di esposizione a PM_{10} , il cementificio e l'inquinamento dell'aria, a causa multicollinearità ma è stato necessario svolgere analisi separate per le tre fonti;
5. non è stato possibile tenere conto dell'abitudine al fumo della madre, notoriamente associata ad alcuni degli esiti studiati (nascite pretermine e basso peso alla nascita tra i nati a termine [21-22]);
6. nel CedAP non era disponibile l'informazione sulla fecondazione assistita pertanto non è stato possibile eliminare tali casi dallo studio (rilevanti specialmente ai fini dell'analisi della gemellarità); la numerosità di questi eventi è tuttavia ridotta.

In conclusione, questo studio non ha evidenziato particolari effetti dell'esposizione agli impianti per il trattamento dei rifiuti urbani presenti nella regione Lazio sul verificarsi di eventi avversi alla gravidanza.

BIBLIOGRAFIA

1. Alexander G.R., Wingate M.S., Mor J., Boulet S., Birth outcomes of Asian-Indian-Americans. *Int J Gynaecol/Obstet* 2007 pp. 215-220.
2. Kierans WJ, Joseph KS, Luo ZC, Platt R, Wilkins R, Kramer MS. Does one size fit all? The case for ethnic-specific standards of fetal growth. *BMC Pregnancy Childbirth*. 2008 Jan 8;8:1.
3. Davies DP, Senior N, Cole G, Blass D, Simpson K. Size at birth of Asian and white Caucasian babies born in Leicester: implications for obstetric and paediatric practices. *Early Hum Dev*. 1982;6:257-263. doi: 10.1016/0378-3782(82)90119-0.
4. Wang X, Guyer B, Paige DM. Differences in gestational age-specific birthweight among Chinese, Japanese and White Americans. *Int J Epidemiol*. 1994;23:119-128. doi: 10.1093/ije/23.1.119.
5. Baolin Z, Ray Y, Feiqiu W, Baoqiong W. Comparison of birth weight by gestational age between China and the United States. *Chinese Med J*. 1997;110:148-151.
6. Cesaroni G, Agabiti N, Rosati R, Forastiere F, Perucci CA. An index of socioeconomic position based on 2001 Census, Rome. *EpidemiolPrev*. 2006 Nov-Dec;30(6):352-7.
7. Lahmann PH, Wills RA, Coory M.. Trends in birth size and macrosomia in Queensland, Australia, from 1988 to 2005. *PaediatrPerinatEpidemiol*. 2009 Nov;23(6):533-41.
8. Glinianaia SV, Rankin J, Pless-Mulloli T, Pearce MS, Charlton M, Parker L.. Temporal changes in key maternal and fetal factors affecting birth outcomes: a 32-year population-based study in an industrial city. *BMC Pregnancy Childbirth*. 2008 Aug 19;8:39.
9. Porta D, Milani S, Lazzarino AI, PerucciCA, Forastiere F. - Systematic review of epidemiological studies on health effects associated with management of solid waste. - *Environ Health*. 2009 Dec 23;8:60.
10. Jansson B, Voog L: Dioxin from Swedish municipal incinerators and the occurrence of cleft lip and palate malformations. *Int J Environ Stud* 1989, 34:99-104.

11. Lloyd OL, Lloyd MM, Williams FL, Lawson A: Twinning in human populations and in cattle exposed to air pollution from incinerators. *Br J Ind Med* 1988, 45:556-560.
12. Williams FL, Lawson AB, Lloyd OL: Low sex ratios of births in areas at risk from air pollution from incinerators, as shown by geographical analysis and 3-dimensional mapping. *Int J Epidemiol* 1992, 21:311-319.
13. Dummer TJ, Dickinson HO, Parker L: Adverse pregnancy outcomes around incinerators and crematoriums in Cumbria, north west England, 1956-93. *J Epidemiol Community Health* 2003, 57:456-461.
14. Cordier S, Chevrier C, Robert-Gnansia E, Lorente C, Brula P, Hours M: Risk of congenital anomalies in the vicinity of municipal solid waste incinerators. *Occup Environ Med* 2004, 61:8-15.
15. Tango T, Fujita T, Tanihata T, Minowa M, Doi Y, Kato N, Kunikane S, Uchiyama I, Tanaka M, Uehata T: Risk of adverse reproductive outcomes associated with proximity to municipal solid waste incinerators with high dioxin emission levels in Japan. *J Epidemiol* 2004, 14:83-93.
16. Xu X, Sharma RK, Talbott EO, Zborowski JV, Rager J, Arena VC, Volz CD. PM₁₀ air pollution exposure during pregnancy and term low birth weight in Allegheny County, PA, 1994-2000. *Int Arch Occup Environ Health*. 2011 Mar;84(3):251-7. Epub 2010 May 23.
17. Brauer M, Lencar C, Tamburic L, Koehoorn M, Demers P, Karr C. A cohort study of traffic-related air pollution impacts on birth outcomes. *Environ Health Perspect*. 2008 May;116(5):680-6.
18. Kim OJ, Ha EH, Kim BM, Seo JH, Park HS, Jung WJ, Lee BE, Suh YJ, Kim YJ, Lee JT, Kim H, Hong YC. PM₁₀ and pregnancy outcomes: a hospital-based cohort study of pregnant women in Seoul. *J Occup Environ Med*. 2007 Dec;49(12):1394-402.
19. Salam MT, Millstein J, Li YF, Lurmann FW, Margolis HG, Gilliland FD. Birth outcomes and prenatal exposure to ozone, carbon monoxide, and particulate matter: results from the Children's Health Study. *Environ Health Perspect*. 2005 Nov;113(11):1638-44.
20. Regione Emilia-Romagna. I Risultati del Progetto Monitor. Gli Effetti degli Inceneritori sull'Ambiente e la Salute in Emilia-Romagna. Quaderni di Monitor 04<11. Bologna, Novembre 2011

21. Erickson AC, Arbour LT. Heavy smoking during pregnancy as a marker for other risk factors of adverse birth outcomes: a population-based study in British Columbia, Canada. *BMC Public Health*. 2012 Feb 6;12:102.
22. Page RL 2nd, Slejko JF, Libby AM. A Citywide Smoking Ban Reduced Maternal Smoking and Risk for Preterm, Not Low Birth Weight, Births: A Colorado Natural Experiment. *J Womens Health (Larchmt)*. 2012 Mar 8. [Epub ahead of print]

Tabella 1 – Caratteristiche descrittive dei nati per livelli di esposizione ad emissioni da termovalorizzatore

Caratteristiche della coorte		Totale		Pre-termovalorizzatore						Post-termovalorizzatore					
				Esposizione al PM ₁₀ da termovalorizzatore						Esposizione al PM ₁₀ da termovalorizzatore					
		n	%	Bassa		Media		Alta		Bassa		Media		Alta	
		2,056	100	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
				288	100	159	100	93	100	768	100	487	100	261	100
Età della madre	15-20	43	2.1	5	1.7	2	1.3	3	3.2	15	2.0	13	2.7	5	1.9
	21-34	1,423	69.2	214	74.3	110	69.2	64	68.8	551	71.7	311	63.9	173	66.3
	35-40	547	26.6	64	22.2	44	27.7	23	24.7	188	24.5	151	31.0	77	29.5
	41-49	43	2.1	5	1.7	3	1.9	3	3.2	14	1.8	12	2.5	6	2.3
Numero di parti precedenti	0	1,128	54.9	151	52.4	76	47.8	52	55.9	426	55.5	268	55.0	155	59.4
	1	755	36.7	104	36.1	67	42.1	36	38.7	279	36.3	179	36.8	90	34.5
	>=2	173	8.4	33	11.5	16	10.1	5	5.4	63	8.2	40	8.2	16	6.1
Nazionalità madre	Italiana	1,937	94.2	281	97.6	158	99.4	88	94.6	716	93.2	457	93.8	237	90.8
	Straniera	119	5.8	7	2.4	1	0.6	5	5.4	52	6.8	30	6.2	24	9.2
Titolo studio madre	nessuno/elementari/medie superiori/università	1,211	58.9	133	46.2	86	54.1	40	43.0	498	64.8	290	59.5	164	62.8
	Alto	845	41.1	155	53.8	73	45.9	53	57.0	270	35.2	197	40.5	97	37.2
Livello socio-economico	Alto	172	8.4	23	8.0	6	3.8	23	24.7	32	4.2	20	4.1	68	26.1
	Medio-alto	623	30.3	81	28.1	32	20.1	37	39.8	283	36.8	102	20.9	88	33.7
	Medio	681	33.1	67	23.3	73	45.9	33	35.5	185	24.1	218	44.8	105	40.2
	Medio-basso	395	19.2	60	20.8	45	28.3	0	0.0	148	19.3	142	29.2	0	0.0
	Basso	97	4.7	31	10.8	0	0.0	0	0.0	66	8.6	0	0.0	0	0.0
	Missing	88	4.3	26	9.0	3	1.9	0	0.0	54	7.0	5	1.0	0	0.0
Inceneritore	Colleferro	1,925	93.6	248	86.1	159	100.0	93	100.0	677	88.2	487	100.0	261	100.0
	San Vittore del Lazio	131	6.4	40	13.9	0	0.0	0	0.0	91	11.8	0	0.0	0	0.0
Fiume Sacco	<= 1 Km	217	10.6	23	8.0	24	15.1	0	0.0	76	9.9	93	19.1	1	0.4
Colleferro Scalo	Residente	42	2.0	10	3.5	0	0.0	0	0.0	32	4.2	0	0.0	0	0.0
Strade principali	<=150 m	1,015	49.4	152	52.8	63	39.6	58	62.4	378	49.2	186	38.2	178	68.2
	<50° percentile	996	48.4	248	86.1	22	13.8	1	1.1	641	83.5	77	15.8	7	2.7
	50° - 90° percentile	762	37.1	17	5.9	84	52.8	92	98.9	56	7.3	259	53.2	254	97.3
PM ₁₀ background	>90° percentile	298	14.5	23	8.0	53	33.3	0	0.0	71	9.2	151	31.0	0	0.0
	<50° percentile	1,171	57.0	219	76.0	57	35.9	54	58.1	523	68.1	177	36.3	141	54.0
	50° - 90° percentile	678	33.0	64	22.2	58	36.5	37	39.8	233	30.3	174	35.7	112	42.9
PM ₁₀ cementificio	>90° percentile	207	10.1	5	1.7	44	27.7	2	2.2	12	1.6	136	27.9	8	3.1

Tabella 2 – Distribuzione degli esiti in studio per livelli di esposizione ad emissioni da termovalorizzatore e periodo in studio (pre/post attivazione dei termovalorizzatori)

	<i>Periodo</i>	Esposizione al PM ₁₀ da termovalorizzatore						Totale	
		<u>Bassa</u>		<u>Media</u>		<u>Alta</u>		<u>n</u>	
		<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>
Nascite	Pre	288		159		93		540	
	Post	768		487		261		1516	
<i>Esiti della gravidanza</i>	<i>Periodo</i>	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>
Maschi (1)	Pre	142	49.3	76	47.8	51	54.8	269	49.8
	Post	405	52.7	244	50.1	139	53.3	788	52.0
Nascita pre-termine (2)	Pre	18	6.3	13	8.2	10	10.8	41	7.6
	Post	41	5.3	21	4.3	13	5.0	75	4.9
Basso peso alla nascita (3)	Pre	22	7.6	9	5.7	8	8.6	39	7.2
	Post	45	5.9	38	7.8	13	5.0	96	6.3
Basso peso alla nascita tra i nati a termine (4)	Pre	8	2.8	3	1.9	4	4.3	15	2.8
	Post	14	1.8	15	3.1	5	1.9	34	2.2
Piccoli per età gestazionale (5)	Pre	35	12.2	18	11.3	13	14.0	66	12.2
	Post	64	8.3	56	11.5	27	10.3	147	9.7
Gemellarità (6)	Pre	7	2.5	0	0.0	1	1.1	8	1.5
	Post	12	1.6	8	1.7	1	0.4	21	1.4

(1) Rapporto tra il numero di nati maschi ed il numero di nati femmine

(2) Nati con età gestazionale <37 settimane, escludendo i gemelli

(3) Nati con peso <2500gr

(4) Nati a termine con peso <2500gr, escludendo i gemelli ed i nati pretermine

(5) Neonati di peso in grammi inferiore o uguale al 10° percentile previsto per la settimana di gravidanza alla nascita e per sesso del neonato, esclusi i gemelli ed i nati da madri provenienti dalla regione indiana

(6) Numero di parti gemellari

Tabella 3 – Correlazione tra le diverse fonti di esposizione

	PM ₁₀ termovalorizzatore	PM ₁₀ background	PM ₁₀ cementificio
PM ₁₀ termovalorizzatore	1		
PM ₁₀ background	0.6535	1	
PM ₁₀ cementificio	0.7579	0.6058	1

Tabella 4 – Associazione tra esposizione a PM_{10} di *background* ed esiti riproduttivi, odds ratio del modello di regressione logistica con aggiustamento per caratteristiche materne e ambientali

Esiti della gravidanza	Esposizione al PM_{10} di background					
	Media			Alta		
	OR	I.C. 95%		OR	I.C. 95%	
Maschi	1.19	0.87	1.64	0.87	0.61	1.23
Nascita pre-termine	0.80	0.39	1.64	0.72	0.32	1.61
Basso peso alla nascita	0.63	0.33	1.20	0.63	0.31	1.27
Basso peso alla nascita tra i nati a termine	0.87	0.33	2.34	0.19	0.05	0.81
Piccoli per età gestazionale	1.43	0.85	2.40	1.14	0.63	2.06

Tabella 5 – Associazione tra esposizione a PM_{10} da cementificio ed esiti riproduttivi, odds ratio del modello di regressione logistica con aggiustamento per caratteristiche materne e ambientali

Esiti della gravidanza	Esposizione al PM_{10} da cementificio					
	Media			Alta		
	OR	I.C. 95%		OR	I.C. 95%	
Maschi	1.18	0.96	1.46	0.72	0.51	1.03
Nascita pre-termine	1.04	0.66	1.64	1.15	0.53	2.52
Basso peso alla nascita	1.02	0.67	1.55	0.68	0.33	1.41
Basso peso alla nascita tra i nati a termine	1.46	0.76	2.82	0.68	0.20	2.24
Piccoli per età gestazionale	1.25	0.89	1.75	0.93	0.52	1.66

Tabella 6 – Effetto dell'esercizio del termovalorizzatore (Post verso Pre) sugli esiti riproduttivi nelle aree di media ed alta esposizione a PM₁₀ da termovalorizzatori: odds ratio del modello di regressione logistica con aggiustamento per caratteristiche materne e ambientali

Esiti della gravidanza	Esposizione al PM ₁₀ da termovalorizzatore					
	Media			Alta		
	OR	I.C. 95%		OR	I.C. 95%	
Maschi	0.96	0.61	1.52	0.81	0.47	1.41
Nascita pre-termine	0.54	0.22	1.37	0.50	0.18	1.43
Basso peso alla nascita	0.73	0.32	1.66	1.09	0.46	2.62
Basso peso alla nascita tra i nati a termine	2.90	0.62	13.59	0.69	0.14	3.47
Piccoli per età gestazionale	1.53	0.74	3.14	1.06	0.46	2.46

Tabella 7 – Caratteristiche descrittive dei nati per livelli di esposizione ad emissioni da discariche

Caratteristiche materne e ambientali		Esposizione a H ₂ S							
		Totale		Bassa		Media		Alta	
		n	%	n	%	n	%	n	%
		16,847	100.0	8,412	100.0	6,751	100.0	1,684	100.0
Età della madre	15-20	346	2.1	182	2.2	130	1.9	34	2.0
	21-34	11,973	71.1	5,978	71.1	4,771	70.7	1,224	72.7
	35-40	4,122	24.5	2,063	24.5	1,664	24.6	395	23.5
	41-49	406	2.4	189	2.2	186	2.8	31	1.8
Numero di parti precedenti	0	9,454	56.1	4,729	56.2	3,780	56.0	945	56.1
	1	5,891	35.0	2,944	35.0	2,366	35.0	581	34.5
	2	1,246	7.4	614	7.3	501	7.4	131	7.8
	>=3	256	1.5	125	1.5	104	1.5	27	1.6
Nazionalità madre	Italiana	14,960	88.8	7,408	88.1	6,014	89.1	1,538	91.3
	Straniera	1,887	11.2	1,004	11.9	737	10.9	146	8.7
Titolo di studio madre	nessuno/elementari/medie superiori/università	7,040	41.8	3,399	40.4	2,909	43.1	732	43.5
		9,807	58.2	5,013	59.6	3,842	56.9	952	56.5
Livello socio-economico	Alto	1,457	8.6	1,044	12.4	386	5.7	27	1.6
	Medio-alto	3,331	19.8	1,147	13.6	1,433	21.2	751	44.6
	Medio	2,931	17.4	1,076	12.8	1,436	21.3	419	24.9
	Medio-basso	3,406	20.2	1,477	17.6	1,770	26.2	159	9.4
	Basso	4,102	24.3	2,761	32.8	1,164	17.2	177	10.5
	Missing	1,620	9.6	907	10.8	532	7.9	151	9.0
Discarica	Albano	4,162	24.7	2,449	29.1	1,424	21.1	289	17.2
	Bracciano	264	1.6	145	1.7	18	0.3	1	0.1
	Latina	324	1.9	0	0.0	19	0.3	305	18.1
	Civitavecchia	4,067	24.1	3,965	47.1	97	1.4	5	0.3
	Guidonia	6,297	37.4	1,671	19.9	3,650	54.1	976	58.0
	Viterbo	60	0.4	4	0.0	41	0.6	15	0.9
	Roccasecca	101	0.6	70	0.8	31	0.5	0	0.0
Strade principali	Colleferro	1,572	9.3	8	0.1	1,471	21.8	93	5.5
	<=150 m	7,651	45.4	3,963	47.1	3,203	47.4	485	28.8
	>150 m	9,196	54.6	4,449	52.9	3,548	52.6	1,199	71.2
PM ₁₀ background	<50° percentile	8,231	48.9	5,431	64.6	2,196	32.5	604	35.9
	50°-90° percentile	6,980	41.4	2,938	34.9	3,286	48.7	756	44.9
	>90 percentile	1,636	9.7	43	0.5	1,269	18.8	324	19.2

Tabella 8 – Distribuzione degli esiti in studio per livelli di esposizione ad emissioni da discariche

	Esposizione a H ₂ S							
	Totale		Bassa		Media		Alta	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Nascite	16,847	100.0	8,412	100.0	6,751	100.0	1,684	100.0
<i>Esiti della gravidanza</i>								
Maschi (1)	8,623	51.2	4,296	51.1	3,487	51.7	840	49.9
Nascite pre-termine (2)	954	5.7	484	5.8	381	5.6	89	5.3
Basso peso alla nascita (3)	817	4.8	426	5.1	324	4.8	67	4.0
Basso peso alla nascita tra i nati a termine (4)	378	2.2	194	2.3	147	2.2	37	2.2
Piccoli per età gestazionale (5)	1,693	10.0	875	10.4	656	9.7	162	9.6
Gemellarità (6)	510	3.0	225	2.7	231	3.4	54	3.2
Malformazioni (7)	417	2.5	215	2.6	173	2.6	29	1.7

Tabella 9 - Associazione tra esposizione a H₂S da discarica ed esiti riproduttivi:odds ratio del modello di regressione logistica con aggiustamento per caratteristiche materne e ambientali

<i>Esiti della gravidanza</i>	Esposizione a H ₂ S					
	Media			Alta		
	OR	IC 95%		OR	IC 95%	
Maschi	1.03	0.94	1.12	0.95	0.83	1.08
Nascite pre-termine	1.02	0.84	1.23	0.92	0.69	1.24
Basso peso alla nascita	1.07	0.88	1.32	0.91	0.66	1.26
Basso peso alla nascita tra i nati a termine	1.12	0.83	1.51	1.19	0.76	1.87
Piccoli per età gestazionale	0.89	0.77	1.03	0.94	0.75	1.17
Gemellarità	1.34	0.94	1.92	1.27	0.74	2.18
Malformazioni	1.00	0.76	1.31	0.79	0.50	1.23

**VALUTAZIONE EPIDEMIOLOGICA DELLO STATO DI SALUTE DEI LAVORATORI
ADDETTI ALLA RACCOLTA, TRASPORTO E SMALTIMENTO
DEI RIFIUTI URBANI A ROMA**

RIASSUNTO

INTRODUZIONE. Gli addetti al ciclo dei Rifiuti Urbani operano in condizioni igieniche precarie e sono esposti a diverse sostanze potenzialmente tossiche (metalli pesanti, idrocarburi policiclici aromatici, composti organici volatili e idrogeno solforato). I principali effetti sulla salute dei lavoratori sono traumatismi, infezioni respiratorie e gastrointestinali, ridotta funzionalità polmonare, irritazioni e reazioni allergiche.

OBIETTIVO. Valutare la morbosità e mortalità dei lavoratori dell'Azienda Municipalizzata Ambiente del comune di Roma e della discarica di Malagrotta.

METODI. E' stata arruolata una coorte composta dai 6,839 (18.6% donne) addetti in servizio al 01/01/1994, o successivamente assunti fino al 31/12/2009 (fine *follow-up*), con un periodo di impiego di almeno cinque anni. Sono state create tre sottocoorti: addetti alla raccolta, alla discarica, autisti. La ricerca dello stato in vita è stata effettuata mediante *linkage* con i Sistemi Informativi disponibili e con invio di lettere ai comuni di residenza. Sono stati calcolati rapporti standardizzati di mortalità (SMR) e di ospedalizzazione (SHR), aggiustati per età, specifici per causa e genere.

RISULTATI. La mortalità generale e il ricorso alle cure ospedaliere della coorte è in generale sovrapponibile a quello della popolazione del Lazio nello stesso periodo. Per gli addetti alla raccolta, si osserva, tra gli uomini, una frequenza di ospedalizzazioni minore rispetto al riferimento (SHR=0.93, IC95%=0.87-0.99). Per le donne, viceversa, si evidenzia un eccesso di ospedalizzazioni (SHR=1.35, IC95%=1.21-1.51), in particolare per malattie dell'apparato respiratorio (SHR=1.93, IC95%=1.31-2.74), digerente (SHR=1.33, IC95%=1.00-1.74) e per traumatismi (SHR=2.20, IC95%=1.64-2.89).

CONCLUSIONI. Lo studio non ha evidenziato particolari effetti sanitari tra i lavoratori di sesso maschile, tuttavia le lavoratrici meritano una maggiore sorveglianza per rischi respiratori, gastrointestinali e per traumatismi.

INTRODUZIONE

Lo smaltimento dei rifiuti è un argomento di interesse ambientale, sociale ed economico per tutti i paesi in via di sviluppo. In Europa si generano in media 200 milioni di tonnellate di rifiuti all'anno, derivanti principalmente da attività domestiche, commerciali, industriali e agricole e dalla produzione di energia. Il ciclo di trattamento dei rifiuti urbani (RU), comprende la raccolta, il trasporto e lo smaltimento ed ha implicazioni importanti sia a livello ambientale che di salute pubblica. Gli impianti dedicati al trattamento dei RU, sono considerati dall'opinione pubblica come potenziali fonti di inquinamento ambientale. Raramente, tuttavia, sono considerati i rischi lavorativi, nonostante una esposizione dei lavoratori del settore a metalli pesanti, idrocarburi policiclici aromatici, composti organici volatili, idrogeno solforato, inquinanti organici persistenti, batteri, virus, funghi, presenti nel processo di trattamento e trasformazione dei rifiuti¹.

Le evidenze relative agli effetti sulla salute dei lavoratori addetti alle diverse fasi del ciclo di trattamento dei RU sono ancora inadeguate: la maggior parte degli studi disponibili sono descrittivi, basati su poche osservazioni e quindi con difficoltà di generalizzazione dei risultati; oppure sono *survey* condotte tra i lavoratori di uno specifico impianto di smaltimento. I principali effetti riscontrati sulla salute dei lavoratori sono i traumatismi causati dagli incidenti sul lavoro, le infezioni respiratorie e gastrointestinali, la ridotta funzionalità polmonare, le patologie a carico dell'apparato muscolo-scheletrico, le irritazioni oculari e della cute e le reazioni allergiche². Sono stati descritti numerosi sintomi aspecifici quali senso di bruciore alle estremità, formicolio o intorpidimento, perdita di memoria transitoria, depressione, mal di testa³, diminuzione della capacità uditiva⁴. La revisione di Porta del 2009⁵ ha evidenziato un aumento del cancro gastrico e di problemi respiratori tra i lavoratori degli inceneritori.

Dalle statistiche INAIL⁶, nel quinquennio 2004-2008, emerge che gli infortuni più frequenti sono: incidenti stradali, collisioni tra mezzi e investimenti di persone, inciampi, cadute, urti, tagli, punture o abrasioni dovuti a contatto con oggetti taglienti, caduta dall'alto di contenitori dei rifiuti. In particolare la raccolta manuale, lo spazzamento manuale e la circolazione stradale, insieme, caratterizzano circa i due terzi degli infortuni totali denunciati. La gravità di questi eventi non è elevata, poiché si tratta in maggior parte di infortuni che causano inabilità temporanee; infatti, nel complesso dell'Industria e Servizi, l'incidenza dei casi gravi (menomazioni permanenti

e morti sul complesso dei casi indennizzati) è pari a circa il 5%; nel caso delle statistiche aziendali osservate, quest'incidenza scende al 2.5%. Tuttavia, il rischio, in termini di frequenza infortunistica è quasi quadruplo (110.17 casi di indennizzati ogni 1,000 addetti per le aziende dei rifiuti oggetto di studio contro i 29.08 del complesso Industria e Servizi). In particolare, sia per quanto attiene la raccolta meccanizzata che la raccolta manuale, la movimentazione dei cassonetti e la salita/discesa dai veicoli (autocompattatore nel primo caso e autocarri leggeri appositamente attrezzati per l'ausilio alle operazioni di raccolta, nel secondo) rappresentano le operazioni specifiche cui è associato il maggior numero di infortuni, generalmente per interazioni con l'attrezzatura (impigliamento, schiacciamento, colpi/urti). Altri infortuni, legati alla movimentazione manuale dei carichi, possono essere causati dal contatto accidentale con oggetti taglienti - infezioni e malattie dovute alla potenziale contaminazione degli stessi con agenti biologici (ad esempio, aghi contaminati da virus a trasmissione ematica, oggetti taglienti contaminati da microrganismi presenti negli stessi rifiuti indifferenziati) , da caduta di oggetti dall'alto durante il caricamento posteriore dei cassonetti (se il compattatore o il cassone sono troppo pieni/mal chiusi/mal tenuti/mal funzionanti durante lo svuotamento di contenitori), dall'investimento degli operatori provocati dal mezzo di raccolta oppure dal traffico veicolare, da scivolamenti e inciampi nei percorsi a piedi da un punto di raccolta ad un altro (giornalmente gli operatori percorrono circa 10 Km), nella salita e discesa dalla cabina o dal predellino posteriore, durante la movimentazione e lo svuotamento dei contenitori. Sforzi fisici a carico del sistema muscolo-scheletrico e schiacciamenti da caduta costituiscono le principali modalità delle lesioni, seguite da contatti con parti meccaniche. Le contusioni e le lussazioni rappresentano i principali traumi che colpiscono prevalentemente gli arti inferiori. E' stato riscontrato che molte delle patologie denunciate dai lavoratori possono essere ricondotte, oltre alla movimentazione manuale dei carichi, ad agenti biologici di natura infettiva o allergica e al particolato aerodisperso, anche se occorre considerare l'esposizione degli addetti ad altre tipologie di rischio quali il rumore, le vibrazioni, lo stress legato ai turni e al lavoro notturno. Le patologie più comuni comprendono disturbi alle vie respiratorie, infezioni cutanee e gastrointestinali, infiammazioni a carico di superfici cutanee e mucose, soprattutto di occhi e vie respiratorie, asma, shock anafilattico causato dalla puntura di insetti. Lo sviluppo o meno di tali patologie è influenzato da vari fattori, tra cui lo stato di salute del lavoratore esposto, il grado di immunizzazione nei confronti degli agenti infettivi ed eventuali condizioni di particolare predisposizione.

Pertanto, secondo l'INAIL, i principali danni alla salute, rilevati nel comparto dei lavoratori nel processo di gestione dei rifiuti urbani, risultano essere:

1. patologie a carico del sistema muscolo scheletrico;
2. infezioni (micosi e infezioni cutanee e respiratorie) ;
3. dermatiti irritative e allergiche da contatto;
4. patologie acute e croniche dell'apparato respiratorio (asma, alveoliti allergiche);
5. patologie da stress legate ai turni e al lavoro notturno;
6. patologie osteoarticolari dovute a condizioni climatiche e/o microclimatiche sfavorevoli;
7. ipoacusia ed effetti extrauditivi da rumore;
8. fenomeni irritativi di cute, occhi e vie respiratorie.

Nel Lazio, il programma "Epidemiologia, Rifiuti, Ambiente e Salute" della regione - ERASLazio (DGR n. 929/08 e L. n.31/2008 art 34) - è nato con l'obiettivo di fornire informazioni aggiornate e tecnicamente corrette sulle implicazioni per la salute e l'ambiente conseguenti al ciclo dei rifiuti urbani.

L'obiettivo del presente studio è valutare la morbosità e la mortalità tra i lavoratori dell'Azienda Municipalizzata Ambiente (AMA) del comune di Roma e tra i lavoratori della discarica di Malagrotta.

METODI

Disegno dello studio e definizione della coorte

Lo studio è stato condotto con un approccio di coorte di popolazione. La coorte è composta dai soggetti in servizio al 1 Gennaio 1994, o successivamente assunti fino al 31 Dicembre 2009, con un periodo di impiego di almeno cinque anni nelle aziende attive nella raccolta, il trasporto dei RU e tra gli addetti alla discarica di Malagrotta a Roma: AMA (Azienda Municipalizzata Ambiente del comune di Roma), CO.LA.RI,

COMEDI IMPIANTI, E.GIOVI SRL, ECO ITALIA 87, GALERIA SCAVI SRL, GIOVI CAVE SRL, GIOVI IMPIANTI, GIOVI SERVICES SRL, IMPRESA A. CECCHINI & C. SRL, IMPRESA GIOVI SRL, LEADERGREEN SRL, MALAGROTTA DUE, OFFICINE MALAGROTTA SRL, P. GIOVI SRL, PONTEG SRL, PONTINA AMBIENTE SRL, S. ECO. R. SERVIZI ECOLOGICI ROMANI SRL, SORAIN CECCHINI AMBIENTE - S.C.A..

Dai libri matricola aziendali sono stati ricavati, per ogni soggetto, i dati anagrafici, la data di assunzione, la data di cessazione dal servizio e la tipologia di mansione svolta.

Sono state create tre sottocoorti secondo il tipo di mansione svolta:

1. addetti alla raccolta dei rifiuti
2. autisti
3. addetti al trattamento in discarica

Follow-up delle coorti

Le coorti sono state seguite dal 01/01/1994, o dalla successiva data di assunzione, fino al 31/12/2009 (data fine *follow-up*). La ricerca dello stato in vita è stata effettuata in due fasi: *linkage* con i principali sistemi informativi disponibili e invio di lettere ai comuni di residenza per i soggetti "non trovati" nella prima fase.

I fase: follow-up utilizzando i Sistemi Informativi

Per i lavoratori residenti a Roma è stato dapprima effettuato il *record-linkage* con la "foto" al 29/04/2010 dell'Anagrafe del Comune di Roma (o la consultazione on-line dell'anagrafe). Il *linkage* successivo con il Registro Nominativo delle Cause di Morte della Regione Lazio (ReNCaM, anni 1994-2009) ha consentito di individuare i lavoratori deceduti e di recuperare l'informazione sulla causa di morte, codificata secondo le regole della IX Classificazione Internazionale delle Malattie (ICD IX-CM). I lavoratori "non trovati" sono stati cercati nel Sistema Informativo Ospedaliero (SIO, a ritroso per gli anni 2010-1994) nell'ipotesi che avere avuto un ricovero in un ospedale del Lazio fosse una dimostrazione dello stato in vita alla data di dimissione dall'ospedale. Alla fine di questa prima fase, sono stati considerati vivi alla data di fine *follow-up* i lavoratori deceduti dopo il 31/12/2009, i residenti a Roma alla data del 29/04/2010 o alla data della verifica anagrafica manuale effettuata online e coloro i quali hanno effettuato un ricovero ospedaliero nel 2010.

II fase: follow-up condotto attraverso l'invio delle lettere ai comuni

Per coloro i quali non è stato possibile accertare lo stato in vita al 31/12/2009 è stato effettuato un *linkage* con la Foto dell'Anagrafe del Comune di Roma del 02/04/2009 e sono state inviate lettere ai Comuni di residenza. Per i lavoratori "non trovati" sia nei sistemi informativi sia tramite l'invio di lettere, per gli emigrati e gli irreperibili, come data di fine *follow-up* è stata utilizzata la data di "ultima volta visto", cioè la data massima tra la data di emigrazione, di accertamento dell'irreperibilità, di dimissione e di cessazione dal servizio, considerandoli vivi a tale data.

Il ricorso alle cure ospedaliere di questa coorte è stato eseguito attraverso il *linkage* della coorte di lavoratori, in vita al 01/01/2004, con il Sistema Informativo Ospedaliero (SIO) per gli anni 2004-2009. Sono stati selezionati i soggetti ricoverati almeno una volta, per ognuna delle cause considerate.

In appendice sono descritte in maggiore dettaglio le procedure seguite per l'accertamento dello stato in vita dei lavoratori di questa coorte.

Analisi statistica

Sono stati calcolati gli anni persona a rischio di morte e di prima ospedalizzazione per causa durante il periodo di *follow-up*, specifici per età (18 classi) e periodo di calendario (tre periodi per la mortalità ed uno per le ospedalizzazioni). Ogni soggetto ha contribuito al computo degli anni persona dalla data dell'arruolamento (01/01/1994), per l'analisi di mortalità, o dal 01/01/2004, per l'analisi delle ospedalizzazioni, ovvero a partire dal sesto anno in servizio per coloro che non avessero ancora maturato tale anzianità.

Analisi di mortalità

Per confrontare la mortalità dei lavoratori in studio con quella dei residenti nella regione Lazio, è stata calcolata la mortalità attesa utilizzando i tassi di mortalità del Lazio relativi al periodo 1994-2009 stratificati per classi d'età, per periodo di calendario (1994-1998, 1999-2003, 2004-2009) e sesso. Sono stati calcolati rapporti standardizzati di mortalità (SMR), aggiustati per età e periodo, specifici per causa e genere e i relativi intervalli di confidenza al 95%.

Analisi delle ospedalizzazioni

In analogia con l'analisi di mortalità, sono stati confrontati i lavoratori in studio ed in vita al 01/01/2004 ricoverati almeno una volta, per le diverse cause considerate, nel

periodo 2004-2009, con i ricoverati attesi calcolati utilizzando i tassi di ospedalizzazione del Lazio, relativi allo stesso periodo, stratificati per classi d'età e sesso. Le ospedalizzazioni oggetto di analisi sono esclusivamente il primo evento per causa per ogni lavoratore, quindi sono in studio le persone ricoverate e non i ricoveri. Sono stati calcolati rapporti standardizzati di ospedalizzazione (SHR), aggiustati per età, specifici per causa e genere. Il denominatore per il calcolo dei casi attesi è rappresentato dagli anni persona della coorte. Il numero di ospedalizzazioni osservato è stato rapportato al numero di ospedalizzazioni attese sulla base della popolazione di riferimento della regione Lazio. Sono stati calcolati gli intervalli di confidenza al 95% dei rapporti standardizzati.

RISULTATI

La coorte iniziale è composta da 6,839 lavoratori, dei quali 4,463 erano ancora in servizio, quindi vivi, alla data di fine *follow-up* (31/12/2009). Per gli altri 2,376 lavoratori è stato necessario accertare lo stato in vita alla data di fine *follow-up* (31/12/2009) attraverso *linkage* con i principali sistemi informativi disponibili e successivamente attraverso l'invio di lettere ai comuni di residenza (Appendice).

La tabella 1 mostra le caratteristiche principali dei 6,839 lavoratori, per tipologia di mansione svolta. Partecipano allo studio 1,471 autisti, 5,160 addetti alla raccolta e 208 addetti alla discarica per RU di Malagrotta. Le 1,271 donne della coorte sono tutte addette alla raccolta, e costituiscono il 25% del totale dei lavoratori addetti a questo settore del ciclo dei rifiuti. L'età media alla data di inizio del *follow-up* (01/01/1994) è più bassa tra gli addetti alla discarica (29 anni) rispetto agli addetti alla raccolta e agli autisti (34 e 35 anni). Tra gli addetti alla raccolta, gli uomini hanno un'età media all'inizio del *follow-up* maggiore di quella delle donne (35.4 vs 27.6 anni, rispettivamente). L'età media all'assunzione è invece simile tra i gruppi a confronto e compresa tra 32 e 34 anni. Da notare che il 21% degli addetti alla discarica sono stati assunti solo a partire dal 2005. Alla chiusura del *follow-up* la percentuale di decessi nella coorte degli autisti era 3.9%, per gli addetti alla raccolta era 4.2% e per gli addetti alla discarica 3.8%. Il totale degli anni-persona per gli autisti, gli addetti alla raccolta e al trattamento in discarica sono rispettivamente 18,039, 53,943 e 1,973.

Nella tabella 2 sono riportati i risultati dello studio della mortalità degli addetti alla raccolta degli RU (uomini e donne). La mortalità di questa categoria di lavoratori è sostanzialmente uguale a quella osservata nello stesso periodo tra i residenti della regione Lazio (SMR tutte le cause: 0.90 negli uomini e 1.08 nelle donne), non sono stati rilevati eccessi o difetti importanti per le singole cause. Nella tabella 3 sono riportati i risultati dello studio della mortalità degli autisti addetti al trasporto dei rifiuti (uomini). Nel periodo in studio si è osservato in questo gruppo una mortalità più bassa rispetto all'atteso regionale per tutte le cause, (SMR=0.70, IC95%=0.53-0.90) e per cause naturali (tutte le cause eccetto i traumatismi, SMR=0.70, IC95%=0.53-0.90). In particolare, si osserva una riduzione del rischio di mortalità per malattie del sistema circolatorio (SMR=0.39, IC95%=0.18-0.74), specialmente per malattie cardiache e ischemiche. I lavoratori presso la discarica di Malagrotta hanno un mortalità per tutte le cause sovrapponibile alla mortalità della popolazione del Lazio nello stesso periodo (Tabella 4).

Nelle tabella 5 sono riportati i risultati dello studio del ricorso alle cure ospedaliere per gli addetti alla raccolta (uomini e donne). La proporzione di uomini che si sono ricoverati almeno una volta per cause naturali è superiore nella coorte rispetto al riferimento regionale (SHR=1.14, IC95%=1.07-1.22). Si evidenzia un eccesso di donne ricoverate per cause naturali (SHR=1.65, IC95%=1.47-1.84), per malattie dell'apparato respiratorio (SHR=1.95, IC95%=1.33-2.77), per malattie dell'apparato digerente (SHR=1.37, IC95%=1.03-1.79) e per traumatismi e avvelenamenti (SHR=2.28, IC95%=1.69-2.99). Per gli autisti si osserva, per cause naturali, un ricorso alle ospedalizzazioni maggiore rispetto a quello dei residenti nella regione Lazio nello stesso periodo (SHR=1.25, IC95%=1.13-1.38), ad eccezione delle malattie cerebrovascolari per le quali sono stati riscontrati meno ospedalizzati rispetto all'atteso (SHR=0.55, IC95%=0.27-0.98) (tabella 6). Per gli addetti alla discarica le ospedalizzazioni osservate non si discostano sostanzialmente da quelle osservate tra gli uomini residenti nella regione Lazio nello stesso periodo (tabella 7).

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

I risultati di questo studio epidemiologico mostrano che a Roma i lavoratori dell'AMA addetti alla raccolta dei rifiuti e i lavoratori della discarica di Malagrotta presentano una mortalità generale che non si discosta da quella regionale, mentre gli autisti addetti al conferimento in discarica dei rifiuti hanno un minore rischio di mortalità rispetto alla popolazione generale della regione Lazio, in particolare per malattie del sistema circolatorio. Per quanto riguarda il ricorso alle cure ospedaliere, il confronto con la popolazione della regione, tenendo conto del genere e della classe d'età, ha mostrato per gli addetti alla discarica una situazione sovrapponibile a quella regionale. Per gli autisti e gli addetti alla raccolta, invece, il rischio di ospedalizzazione risulta maggiore rispetto all'atteso, soprattutto, tra le donne spazzine, per patologie dell'apparato digerente, respiratorio e per traumatismi.

Per l'interpretazione dei risultati dello studio è importante prendere in rassegna i dati della letteratura. Gelberg et al.⁷ hanno condotto uno studio trasversale per esaminare gli effetti acuti sulla salute dei lavoratori della discarica Fresh Kills della città di New York osservando una maggior prevalenza di patologie lavoro-correlate per cause respiratorie (OR 2.14, 95%IC=1.35-3.38), dermatologiche (OR=2.07, IC95%=1.11-3.84), neurologiche (OR=1.89, IC95%=1.08-3.32) e dell'apparato uditivo (OR=1.73, IC95%=1.03-2.90) rispetto al gruppo di controllo costituito dai dipendenti amministrativi.

Bresnitz et al.⁸ hanno studiato 89 lavoratori di sesso maschile presso l'inceneritore di Philadelphia. I lavoratori sono stati divisi in gruppi di esposizione potenzialmente alta e bassa sulla base del luogo in cui si svolgeva l'attività. Dopo aggiustamento per abitudine al fumo, non sono state trovate differenze nella funzionalità polmonare tra i due gruppi. Nel 1997, Rapiti et al.⁹ hanno condotto uno studio retrospettivo di mortalità su 532 lavoratori uomini occupati presso due inceneritori di rifiuti urbani a Roma tra il 1962 e il 1992. La mortalità per tutte le cause è risultata inferiore all'atteso e la mortalità per tutti i tumori sovrapponibile a quella della popolazione generale. La mortalità per cancro al polmone era inferiore all'atteso (SMR=0.55, IC90%=0.15-1.42), ma è stato trovato un aumento del rischio per cancro allo stomaco (SMR=2.79, IC90%=0.94-6.35). Hours et al.¹⁰ hanno analizzato 102 lavoratori uomini occupati presso tre inceneritori francesi nel corso del 1996, appaiati per età con 94 lavoratori uomini provenienti da altre attività industriali. I lavoratori

esposti sono stati distribuiti in 3 categorie di esposizione basate sulle analisi di campioni di aria raccolti sul posto di lavoro: gli operatori di gru e attrezzature, i lavoratori della fornace, i lavoratori della manutenzione e del trattamento degli scarichi. Nei gruppi esposti sono stati osservati eccessi di problemi respiratori, soprattutto tosse ($OR_{fornace}=6.58$, $IC95\%=2.18-19.85$ e $OR_{manutenzione/trattamento}=2.55$, $IC95\%=0.84-7.75$), e una relazione significativa tra l'esposizione e la diminuzione di alcuni parametri polmonari, anche dopo aggiustamento per il consumo di tabacco. Il gruppo di lavoratori della manutenzione e del trattamento degli scarichi e il gruppo lavoratori della fornace mostravano eccessi di rischio per sintomi cutanei. ($OR=4.85$, $IC95\%=2.04-11.51$ e $OR=5.03$, $IC95\%=2.00-12.67$, rispettivamente). Nello stesso anno, Takata et al.¹¹ hanno condotto uno studio trasversale in Giappone su 92 lavoratori di un inceneritore di rifiuti urbani per studiare gli effetti sulla salute dell'esposizione cronica alle diossine. Le concentrazioni di queste sostanze chimiche nel sangue dei lavoratori che erano impegnati nella manutenzione del forno, nella raccolta di polvere elettrica e nella pulizia ad umido dell'inceneritore, erano più alti rispetto a quelli dei residenti nelle aree circostanti, ma non vi erano segni clinici o evidenze correlati ai livelli ematici di diossine.

Ivens et al.¹² hanno studiato gli effetti nocivi per la salute degli addetti alla raccolta di RU in Danimarca. Sono stati somministrati questionari a 2.303 operatori ecologici e ad un gruppo di controllo di 1.430 lavoratori comunali di sesso maschile, per raccogliere informazioni sullo stato di salute e sulle condizioni di lavoro per metterle in relazione all'esposizione stimata di bioaerosol. Dopo l'aggiustamento per diversi fattori confondenti (tra i quali consumo medio giornaliero di alcool e abitudine al fumo), è emersa una relazione dose-risposta tra il livello di esposizione alle spore fungine ed episodi di diarrea auto-riferiti ($PPR_{alta\ esp}=5.60$, $IC95\%=2.39-13.08$; $PPR_{media}=3.45$, $IC95\%=2.24-5.31$; $PPR_{bassa}=3.02$, $IC95\%=1.86-4.92$). In contrasto con questi risultati, uno studio di Yang et al.¹³ su 853 lavoratori occupati presso 27 uffici comunali di raccolta dei rifiuti domestici a Taiwan non ha trovato alcun eccesso di sintomi gastrointestinali. I lavoratori hanno risposto ad un questionario e sono stati classificati in due gruppi secondo specifiche esposizioni occupazionali determinate in base alla mansione riportata dall'intervistato. Il gruppo esposto includeva i lavoratori nella raccolta di RU misti, di rifiuti differenziati e di particolari tipi di rifiuti domestici (carta, vetro, ecc), di rifiuti dei giardini, di rifiuti ingombranti per l'incenerimento ed i conducenti dei camion per il trasporto; il gruppo di controllo includeva commercialisti, cronometristi, personale addetto alla mensa, impiegati ed altri. Non sono state

riscontrate differenze significative nella prevalenza dei sintomi gastrointestinali, ma la prevalenza di tutti i sintomi respiratori, tranne la dispnea, è risultata significativamente più alta nel gruppo esposto, dopo aggiustamento per età, sesso, istruzione, abitudine al fumo, e durata del rapporto di lavoro. Anche lo studio *cross-sectional* di Athanasiou et al. del 2010¹⁴, su un campione di 184 lavoratori (104 nella discarica e 80 impiegati) nel comune di Keratsini in Grecia, ha evidenziato una maggiore prevalenza di sintomi respiratori, specialmente tosse (OR=3.0, IC95%=1.3-7.2) e catarro (OR=2.5, IC95%=1.1-6.1), e una maggiore riduzione della funzione polmonare tra gli esposti.

La riduzione della mortalità generale, osservata nel nostro studio per tutti i lavoratori, è spiegabile dalla ridotta mortalità per malattie cardiovascolari ed è in accordo con quanto rilevato dalla letteratura scientifica. L'effetto lavoratore sano, infatti, è un fenomeno osservato negli studi di epidemiologia occupazionale: i lavoratori, in genere, mostrano bassi tassi di mortalità per tutte le cause rispetto alla popolazione generale in quanto i malati cronici gravi e i disabili sono normalmente esclusi dal lavoro¹⁵⁻¹⁶.

L'eccesso di ospedalizzazioni tra le donne della coorte, attribuibile principalmente a malattie dell'apparato respiratorio, gastrointestinale e ai traumatismi, è dovuto probabilmente alla tipologia di mansione svolta ossia la raccolta dei RU.

Secondo lo studio di Ivens et al. del 1998¹⁷, il numero di lesioni tra i raccoglitori di rifiuti dipende, tra le altre cose, dall'età della persona, dall'anzianità di servizio, dalla mansione, dall'ora del giorno, il giorno della settimana, e la stagione. Lo studio ha anche suggerito una riduzione del rischio di sperimentare un infortunio con l'età, infatti l'età elevata è di solito associata ad una elevata anzianità di servizio e quindi maggiore esperienza. Visto che gli infortuni presso l'impianto di trattamento dei rifiuti non avvengono prevalentemente né tra i giovani né tra gli impiegati permanenti, sembra che l'inesperienza del lavoratore non sia una spiegazione plausibile. Al contrario, la causa di questi infortuni potrebbe essere il lavoro ripetitivo e pesante.

Nella coorte dei lavoratori dei rifiuti a Roma, si è osservato un eccesso di rischio di donne ricoverate per malattie dell'apparato digerente tra le addette alla raccolta dei rifiuti, anche se le evidenze di letteratura in merito al rischio di patologie a carico dell'apparato gastrointestinale tra i lavoratori addetti alla raccolta dei rifiuti sono controverse.¹²⁻¹³ L'effetto osservato potrebbe essere associato anche ad altri fattori, quali il consumo di alcool, una dieta scarsa di frutta e verdura ed uno stato socio-

economico più basso, dei quali non è stato possibile tenere conto in questo studio. Tuttavia, nel periodo considerato, tra queste lavoratrici non si è osservato nemmeno un ricovero per cirrosi epatica.

L'eccesso di ospedalizzazioni per malattie dell'apparato respiratorio è coerente con i risultati dello studio *cross-sectional* di Athanasiou et al. del 2010¹⁴ e con lo studio di Heldal et al. del 2003.¹⁸ Heldal sosteneva che il modo in cui vengono raccolti i rifiuti è particolarmente importante, infatti, ad esempio, la raccolta dei rifiuti organici potrebbe causare un aumento del rischio di infiammazione delle vie aeree superiori. I risultati forniti dal presente studio sono in linea con quanto riportato in letteratura, con particolare riferimento alla revisione di Kuijer et al. del 2010¹⁹: moderata evidenza di rischio aumentato per disturbi respiratori e lesioni muscolo-scheletriche e limitata evidenza di disordini gastrointestinali.

In questa coorte l'eccesso di rischio di ricorrere alle cure ospedaliere per malattie dell'apparato respiratorio (+95%), per malattie dell'apparato digerente (+37%) e per traumatismi (+128%) si osserva soltanto tra le donne addette alla raccolta dei rifiuti. Questa differenza di genere e i suoi determinanti meritano senz'altro di essere ulteriormente studiati.

Infine, dal punto di vista metodologico, le procedure di *record-linkage* con i Sistemi Informativi disponibili (anagrafe comunale, registro regionale di mortalità, sistema informativo ospedaliero della Regione Lazio), utilizzate per l'accertamento dello stato in vita dei lavoratori di questa coorte, hanno consentito di ridurre sensibilmente il numero di persone per le quali il *follow-up* è stato condotto con i metodi tradizionali (invio delle lettere ai comuni di residenza), diminuendo sensibilmente i tempi necessari per l'accertamento.

In conclusione, non vi sono particolari effetti sanitari tra i lavoratori di sesso maschile addetti alla raccolta e al trasporto di rifiuti ma le lavoratrici meritano una maggiore attenzione per rischi respiratori, gastrointestinali e da trauma. Ovviamente è rilevante la continua sorveglianza epidemiologica.

BIBLIOGRAFIA

1. Krajewski JA, Tarkowski S, Cyprowski M et al: Occupational exposure to organic dust associated with municipal waste collection and management. *Int J Occup Med Environ Health* 2002; 15(3):289-301.
2. Krajewski JA, Tarkowski S, Cyprowski M: Hazardous health effects in communal waste collection and disposal workers. *Med Pr* 2000; 51(2):159-72.
3. Ray MR, Roychoudhury S, Mukherjee G et al: Respiratory and general health impairments of workers employed in a municipal solid waste disposal at an open landfill site in Delhi. *Int J Hyg Environ Health* 2005; 208(4):255-62.
4. Shi TM, Weng SF, Liu YW et al: The analysis of adverse health effects of occupational hazards factors in one solid waste landfill. *Zhonghua Lao Dong Wei Sheng Zhi Ye Bing Za Zhi*. 2011 Jul; 29(7):514-8.
5. Porta D, Milani S, Lazzarino AI et al: Systematic review of epidemiological studies on health effects associated with management of solid waste. *Environ Health* 2009 Dec 23; 8:60.
6. Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro: I rischi professionali. Milano: INAIL, 2009 (La sicurezza per gli operatori della raccolta dei rifiuti e dell'igiene urbana. Edizione 2009). Disponibile online all'indirizzo [http://www.inail.it/Portale/appmanager/portale/desktop?nfpb=true&pageLabel=PAGE_PUBBLICAZIONI&nextPage=PUBBLICAZIONI/Tutti i titoli/Rischio professionale/La sicurezza per gli operatori della raccolta dei rifiuti e dell'igiene urbana/info-606956441.jsp](http://www.inail.it/Portale/appmanager/portale/desktop?nfpb=true&pageLabel=PAGE_PUBBLICAZIONI&nextPage=PUBBLICAZIONI/Tutti+i+titoli/Rischio+professionale/La+sicurezza+per+gli+operatori+della+raccolta+dei+rifiuti+e+dell+igiene+urbana/info-606956441.jsp) (ultimo accesso 20/04/2012).
7. Gelberg KH: Health study of New York City Department of Sanitation landfill employees. *Journal of Occup Environ Med* 1997; 39:1103-1110.
8. Bresnitz EA, Roseman J, Becker D, Gracely E: Morbidity among municipal waste incinerator workers. *Am J Ind Med* 1992; 22(3):363-78.
9. Rapiti E, Sperati A, Fano V et al: Mortality among workers at municipal waste incinerators in Rome: a retrospective cohort study. *Am J Ind Med* 1997 May; 31(5):659-61.
10. Hours M, Anzivino-Viricel L, Maitre A et al: Morbidity among municipal waste incinerator workers: a cross-sectional study. *Int Arch Occup Environ Health* 2003 Jul; 76(6):467-72.
11. Takata T: Survey on the health effects of chronic exposure to dioxins and its accumulation on workers of a municipal solid waste incinerator, rural part of

- Osaka Prefecture, and the results of extended survey afterwards. *Ind Health* 2003 Jul; 41(3):189-96.
12. Ivens UI, Hansen J, Breum NO et al: Diarrhoea among waste collectors associated with bioaerosol exposure. *Ann Agric Environ Med* 1997; 4:63-68.
 13. Yang CY, Chang WT, Chuang HY et al: Adverse health effects among household waste collectors in Taiwan. *Environ Res* 2001 Mar; 85(3):195-9.
 14. Athanasiou M, Makrynos G, Dounias G: Respiratory health of municipal solid waste workers. *Occup Med (Lond)* 2010 Dec; 60(8):618-23.
 15. Last J: A Dictionary of Epidemiology. 3rd ed. Oxford, UK: *Oxford University Press* 1995.
 16. McMichael AJ: Standardized mortality ratios and the "healthy worker effect": Scratching beneath the surface. *J Occup Med* 1976 Mar; 18(3):165-8.
 17. Ivens UI, Lassen JH, Kaltoft BS, Skov T: Injuries among domestic waste collectors. *Am J Ind Med* 1998 Feb; 33(2):182-9.
 18. Heldal KK, Halstensen AS, Thorn J et al: Upper airway inflammation in waste handlers exposed to bioaerosols. *Occup Environ Med* 2003 Jun; 60(6):444-50.
 19. Kuijter PP, Sluiter JK, Frings-Dresen MH: Health and safety in waste collection: Towards evidence-based worker health surveillance. *Am J Ind Med* 2010 Oct; 53(10):1040-64.

Tabella 1. Caratteristiche delle coorti di lavoratori addetti alla raccolta, al trasporto e al trattamento dei Rifiuti Urbani a Roma

		Addetti alla raccolta						Autisti	
		<i>Uomini</i>		<i>Donne</i>		<i>Totale</i>		<i>Uomini</i>	
Numerosità		3889	(75%)	1271	(25%)	5160		1471	
Età media in anni al 01/01/1994 (DS)		35.4	(12.2)	27.6	(8.5)	33.5	(11.9)	34.8	(11.7)
Periodo di assunzione	<=1984	0	(0%)	0	(0%)	0	(0%)	0	(0%)
	1985-1994	2808	(72%)	422	(33%)	3230	(63%)	1236	(84%)
	1995-2004	1019	(26%)	773	(61%)	1792	(35%)	107	(7%)
	>=2005	62	(2%)	76	(6%)	138	(3%)	128	(9%)
Età media all'assunzione in anni (DS)		33.4	(7.9)	31.6	(7.2)	32.9	(7.7)	32.1	(7.9)
Stato in vita al 31/12/2009	Vivi	3664	(94.2%)	1258	(99.0%)	4922	(95.4%)	1412	(96.0%)
	Morti	204	(5.3%)	11	(0.9%)	215	(4.2%)	57	(3.9%)
	Persi*	21	(0.5%)	2	(0.2%)	23	(0.4%)	2	(0.1%)
Anni persona	<=19		0.1%		0.4%		0.1%		0.0%
	20-29		1.6%		3.3%		1.9%		1.7%
	30-39		24.0%		39.4%		26.6%		30.7%
	40-49		32.1%		41.7%		33.7%		32.3%
	>=50		42.3%		15.2%		37.8%		35.3%

* Lo stato in vita non è stato accertato al 31/12/2009 bensì alla data di 'ultima volta visto'.

Tabella 2. Decessi per causa nella coorte di lavoratori addetti alla raccolta di RU. Numero di casi osservati (OSS), attesi (ATT) e rapporti standardizzati indiretti di mortalità (SMR) aggiustati per età e periodo con i relativi Intervalli di Confidenza (IC) al 95% per causa. Riferimento regione Lazio. Uomini e donne. Periodo 1994 -2009

CAUSA (ICD-9-CM)										
	MORTI	ATTESI	SMR	INF	SUP	MORTI	ATTESI	SMR	INF	SUP
Tutte le cause	204	226.25	0.90	0.78	1.03	11	10.19	1.08	0.54	1.93
Cause naturali (001-799)	181	207.47	0.87	0.75	1.01	8	9.32	0.86	0.37	1.69
Malattie infettive e parassitarie (001-139)	5	2.86	1.75	0.57	4.09	0	0.11			
Tumori maligni (140-208)	86	95.84	0.90	0.72	1.11	5	5.71	0.88	0.28	2.04
Tumori maligni dello stomaco (151)	6	6.35	0.94	0.35	2.06	0	0.27			
Tumori maligni del colon e del retto (153,154)	5	9.65	0.52	0.17	1.21	0	0.47			
Tumori maligni del fegato e dotti biliari (155, 156)	7	6.68	1.05	0.42	2.16	0	0.17			
Tumori maligni del pancreas (157)	4	5.37	0.74	0.20	1.91	1	0.21			
Tumori maligni della laringe (161)	3	1.88	1.60	0.33	4.66	1	0.02			
Tumori maligni della trachea, dei bronchi e dei polmoni (162)	33	31.92	1.03	0.71	1.45	0	0.83			
Tumori maligni della pleura (163)	1	0.57				1	0.02			
Tumori maligni del connettivo e di altri tessuti molli (171)	1	0.49				0	0.05			
Tumori maligni della mammella della donna (174)						1	1.56			
Tumori maligni della vescica (188)	4	3.24	1.23	0.34	3.16	0	0.03			
Tumori maligni del rene e di altri non specificati organi urinari (189)	2	2.79	0.72	0.09	2.59	0	0.06			
Tumori maligni della prostata (185)	1	3.29								
Tumori maligni del sistema nervoso centrale (191,192,225)	4	3.78	1.06	0.29	2.71	0	0.00			
Tumori maligni del tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	6	7.65	0.78	0.29	1.71	0	0.44			
Malattie neurologiche (330-349)	2	3.53	0.57	0.07	2.05	0	0.20			
Malattie del sistema circolatorio (390-459)	51	64.90	0.79	0.59	1.03	2	1.54	1.30	0.16	4.69
Malattie cardiache (390-429)	40	49.81	0.80	0.57	1.09	1	0.99			
Malattie ischemiche (410-414)	27	31.59	0.85	0.56	1.24	0	0.42			
Malattie cerebrovascolari (430-438)	10	10.88	0.92	0.44	1.69	1	0.46			
Malattie dell'apparato respiratorio (460-519)	3	7.15	0.42	0.09	1.23	0	0.18			
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466, 480-487)	1	1.21				0	0.05			
Malattie polmonari cronico ostruttive (490-492,494,496)	1	3.56				0	0.05			
Malattie dell'apparato digerente (520-579)	17	12.87	1.32	0.77	2.11	1	0.39			
Malattie renali (580-599)	1	1.83				0	0.07			
Traumatismi e avvelenamenti (800-999)	20	16.81	1.19	0.73	1.84	3	0.79	3.78	0.78	11.04

Tabella 3. Decessi per causa nella coorte di lavoratori che svolgono la mansione di autisti. Numero di casi osservati (OSS), attesi (ATT) e rapporti standardizzati indiretti di mortalità (SMR) aggiustati per età e periodo con i relativi Intervalli di Confidenza (IC) al 95% per causa. Riferimento regione Lazio. Uomini. Periodo 1994 -2009

CAUSA (ICD-9-CM)	OSS	ATT	SMR	INF	SUP
Tutte le cause	57	81.70	0.70	0.53	0.90
Cause naturali (001-799)	47	74.18	0.63	0.47	0.84
Malattie infettive e parassitarie (001-139)	2	1.08	1.85	0.22	6.67
Tumori maligni (140-208)	27	33.62	0.80	0.53	1.17
Tumori maligni dello stomaco (151)	1	2.23			
Tumori maligni del colon e del retto (153,154)	3	3.38	0.89	0.18	2.59
Tumori maligni del fegato e dotti biliari (155, 156)	4	2.33	1.72	0.47	4.40
Tumori maligni del pancreas (157)	2	1.87	1.07	0.13	3.86
Tumori maligni della laringe (161)	2	0.65	3.07	0.37	11.08
Tumori maligni della trachea, dei bronchi e dei polmoni (162)	7	11.08	0.63	0.25	1.30
Tumori maligni della pleura (163)	0	0.19			
Tumori maligni del connettivo e di altri tessuti molli (171)	0	0.18			
Tumori maligni della vescica (188)	1	1.13			
Tumori maligni del rene e di altri non specificati organi urinari (189)	2	0.97	2.05	0.25	7.41
Tumori maligni della prostata (185)	0	1.16			
Tumori maligni del sistema nervoso centrale (191,192,225)	0	1.35			
Tumori maligni del tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	1	2.76			
Malattie neurologiche (330-349)	0	1.27			
Malattie del sistema circolatorio (390-459)	9	23.10	0.39	0.18	0.74
Malattie cardiache (390-429)	4	17.73	0.23	0.06	0.58
Malattie ischemiche (410-414)	3	11.12	0.27	0.06	0.79
Malattie cerebrovascolari (430-438)	3	3.88	0.77	0.16	2.26
Malattie dell'apparato respiratorio (460-519)	3	2.57	1.17	0.24	3.42
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466, 480-487)	0	0.44			
Malattie polmonari cronico ostruttive (490-492,494,496)	2	1.26	1.59	0.19	5.73
Malattie dell'apparato digerente (520-579)	2	4.65	0.43	0.05	1.55
Malattie renali (580-599)	0	0.65			
Traumatismi e avvelenamenti (800-999)	8	6.78	1.18	0.51	2.33

Tabella 4. Decessi per causa nella coorte di lavoratori addetti al trattamento di RU (in discarica). Numero di casi osservati (OSS), attesi (ATT) e rapporti standardizzati indiretti di mortalità (SMR) aggiustati per età e periodo con i relativi Intervalli di Confidenza (IC) al 95% per causa. Riferimento regione Lazio. Uomini. Periodo 1994 -2009

CAUSA (ICD-9-CM)	OSS	ATT	SMR	INF	SUP
Tutte le cause	8	6.62	1.21	0.52	2.38
Cause naturali (001-799)	4	5.79	0.69	0.19	1.77
Malattie infettive e parassitarie (001-139)	0	0.09			
Tumori maligni (140-208)	2	2.51	0.80	0.10	2.88
Tumori maligni dello stomaco (151)	0	0.16			
Tumori maligni del colon e del retto (153,154)	0	0.25			
Tumori maligni del fegato e dotti biliari (155, 156)	0	0.17			
Tumori maligni del pancreas (157)	0	0.14			
Tumori maligni della laringe (161)	0	0.05			
Tumori maligni della trachea, dei bronchi e dei polmoni (162)	2	0.80	2.51	0.30	9.07
Tumori maligni della pleura (163)	0	0.01			
Tumori maligni del connettivo e di altri tessuti molli (171)	0	0.02			
Tumori maligni della vescica (188)	0	0.08			
Tumori maligni del rene e di altri non specificati organi urinari (189)	0	0.07			
Tumori maligni della prostata (185)	0	0.09			
Tumori maligni del sistema nervoso centrale (191,192,225)	0	0.11			
Tumori maligni del tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	0	0.22			
Malattie neurologiche (330-349)	0	0.11			
Malattie del sistema circolatorio (390-459)	1	1.83			
Malattie cardiache (390-429)	0	1.39			
Malattie ischemiche (410-414)	0	0.84			
Malattie cerebrovascolari (430-438)	1	0.32			
Malattie dell'apparato respiratorio (460-519)	0	0.21			
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466, 480-487)	0	0.04			
Malattie polmonari cronico ostruttive (490-492,494,496)	0	0.10			
Malattie dell'apparato digerente (520-579)	1	0.36			
Malattie renali (580-599)	0	0.05			
Traumatismi e avvelenamenti (800-999)	3	0.77	3.91	0.81	11.43

Tabella 5. Soggetti ricoverati per causa nella coorte di lavoratori addetti alla raccolta di RU. Numero di casi osservati (OSS), attesi (ATT) e rapporti standardizzati indiretti di ospedalizzazione (SHR) aggiustati per età con i relativi Intervalli di Confidenza (IC) al 95% per causa. Riferimento regione Lazio. Uomini e donne. Periodo 2004 -2009

CAUSA (ICD-9-CM)	uomini					donne				
	OSS	ATT	SHR	INF	SUP	OSS	ATT	SHR	INF	SUP
Tutte le cause	1102	960.38	1.15	1.08	1.22	539	259.48	2.08	1.91	2.26
Cause naturali (001-629, 677-799)	1001	875.69	1.14	1.07	1.22	323	196.06	1.65	1.47	1.84
Malattie infettive e parassitarie (001-139)	19	28.03	0.68	0.41	1.06	5	4.26	1.17	0.38	2.74
Epatite (070)	6	5.01	1.20	0.44	2.61	2	0.51	3.89	0.47	14.06
Tumori maligni (140-208)	113	132.12	0.86	0.70	1.03	29	21.47	1.35	0.90	1.94
Tumori maligni dello stomaco (151)	4	5.38	0.74	0.20	1.90	2	0.33	6.06	0.73	21.89
Tumori maligni del colon e del retto (153,154)	18	17.18	1.05	0.62	1.66	0	1.34			
Tumori maligni del fegato (155)	6	4.76	1.26	0.46	2.74	0	0.14			
Tumori maligni del pancreas (157)	1	3.43	0.29	0.01	1.62	1	0.26			
Tumori maligni della laringe (161)	3	3.34	0.90	0.19	2.62	0	0.06			
Tumori maligni della trachea, dei bronchi e dei polmoni (162)	16	19.17	0.83	0.48	1.36	2	0.91	2.21	0.27	7.97
Tumori maligni della pleura (163)	2	0.54	3.71	0.45	13.41	0	0.02			
Tumori maligni del connettivo e di altri tessuti molli (171)	0	1.03				1	0.15			
Tumori maligni della mammella della donna (174)						11	7.87	1.40	0.70	2.50
Tumori maligni della prostata (185)	14	18.97	0.74	0.40	1.24					
Tumori maligni della vescica (188)	18	16.78	1.07	0.64	1.70	0	0.33			
(189)	2	6.00	0.33	0.04	1.20	0	0.34			
Tumori maligni dell'encefalo (191)	2	3.11	0.64	0.08	2.33	0	0.33			
Tumori maligni della ghiandola tiroidea (193)	3	4.11	0.73	0.15	2.13	6	3.39	1.77	0.65	3.85
Tumori maligni del tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	7	9.51	0.74	0.30	1.52	0	1.06			
Malattie della tiroide (240-246)	10	11.25	0.89	0.43	1.63	7	8.08	0.87	0.35	1.78
Malattie del sistema nervoso centrale (330-349)	24	20.00	1.20	0.77	1.79	8	3.86	2.07	0.89	4.08
Malattie del sistema circolatorio (390-459)	273	283.52	0.96	0.85	1.08	28	23.06	1.21	0.81	1.75
Malattie cardiache (390-429)	172	194.09	0.89	0.76	1.03	12	10.85	1.11	0.57	1.93
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	98	107.07	0.92	0.74	1.12	2	3.14	0.64	0.08	2.30
Malattie cerebrovascolari (430-438)	57	57.00	1.00	0.76	1.30	1	3.58			
Malattie dell'apparato respiratorio (460-519)	104	112.98	0.92	0.75	1.12	31	15.87	1.95	1.33	2.77
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466, 480-487)	25	31.29	0.80	0.52	1.18	5	3.61	1.38	0.45	3.23
Malattie polmonari cronico ostruttive (490-492,494,496)	18	15.23	1.18	0.70	1.87	3	0.86	3.49	0.72	10.21
Malattie dell'apparato digerente (520-579)	217	236.05	0.92	0.80	1.05	53	38.65	1.37	1.03	1.79
Cirrosi epatica (5712,5715)	14	11.61	1.21	0.66	2.02	0	0.56			
Malattie dell'apparato genitourinario (580-629)	116	120.23	0.96	0.80	1.16	65	53.50	1.21	0.94	1.55
Nefrite, sindrome nefrosica e nefrosi (580-589)	13	14.25	0.91	0.49	1.56	1	1.13	0.89	0.02	4.94
Traumatismi e avvelenamenti (800-999)	166	171.55	0.97	0.83	1.13	51	22.41	2.28	1.69	2.99

Tabella 6. Soggetti ricoverati per causa nella coorte di lavoratori che svolgono la mansione di autisti. Numero di casi osservati (OSS), attesi (ATT) e rapporti standardizzati indiretti di ospedalizzazione (SHR) aggiustati per età con i relativi Intervalli di Confidenza (IC) al 95% per causa. Riferimento regione Lazio. Uomini. Periodo 2004 -2009

CAUSA (ICD-9-CM)	OSS	ATT	SHR	INF	SUP
Tutte le cause	438	345.79	1.27	1.15	1.39
Cause naturali (001-629, 677-799)	395	315.26	1.25	1.13	1.38
Malattie infettive e parassitarie (001-139)	10	10.78	0.93	0.44	1.71
Epatite (070)	0	1.98			
Tumori maligni (140-208)	42	46.34	0.91	0.65	1.23
Tumori maligni dello stomaco (151)	1	1.90			
Tumori maligni del colon e del retto (153,154)	4	5.97	0.67	0.18	1.72
Tumori maligni del fegato (155)	3	1.66	1.80	0.37	5.27
Tumori maligni del pancreas (157)	4	1.20	3.32	0.90	8.50
Tumori maligni della laringe (161)	2	1.16	1.72	0.21	6.21
Tumori maligni della trachea, dei bronchi e dei polmoni (162)	4	6.64	0.60	0.16	1.54
Tumori maligni della pleura (163)	0	0.18			
Tumori maligni del connettivo e di altri tessuti molli (171)	0	0.37			
Tumori maligni della prostata (185)	5	6.38	0.78	0.25	1.83
Tumori maligni della vescica (188)	2	5.82	0.34	0.04	1.24
Tumori maligni del rene e di altri non specificati organi urinari (189)	3	2.12	1.41	0.29	4.13
Tumori maligni dell'encefalo (191)	2	1.11	1.80	0.22	6.49
Tumori maligni della ghiandola tiroidea (193)	2	1.56	1.28	0.16	4.63
Tumori maligni del tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	2	3.44	0.58	0.07	2.10
Malattie della tiroide (240-246)	6	4.14	1.45	0.53	3.15
Malattie del sistema nervoso centrale (330-349)	3	7.37	0.41	0.08	1.19
Malattie del sistema circolatorio (390-459)	97	101.55	0.96	0.77	1.17
Malattie cardiache (390-429)	66	68.64	0.96	0.74	1.22
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	35	37.42	0.94	0.65	1.30
Malattie cerebrovascolari (430-438)	11	20.17	0.55	0.27	0.98
Malattie dell'apparato respiratorio (460-519)	39	41.46	0.94	0.67	1.29
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466, 480-487)	12	11.46	1.05	0.54	1.83
Malattie polmonari cronico ostruttive (490-492,494,496)	1	5.39			
Malattie dell'apparato digerente (520-579)	102	85.98	1.19	0.97	1.44
Cirrosi epatica (5712,5715)	2	4.30	0.47	0.06	1.68
Malattie dell'apparato genitourinario (580-629)	42	42.85	0.98	0.71	1.33
Nefrite, sindrome nefrosica e nefrosi (580-589)	6	5.12	1.17	0.43	2.55
Traumatismi e avvelenamenti (800-999)	60	64.63	0.93	0.71	1.19

Tabella 7. Soggetti ricoverati per causa nella coorte di lavoratori addetti al trattamento di RU (in discarica). Numero di casi osservati (OSS), attesi (ATT) e rapporti standardizzati indiretti di ospedalizzazione (SHR) aggiustati per età con i relativi Intervalli di Confidenza (IC) al 95% per causa. Riferimento regione Lazio. Uomini. Periodo 2004 -2009

CAUSA (ICD-9-CM)	OSS	ATT	SHR	INF	SUP
Tutte le cause	37	40.12	0.92	0.65	1.27
Cause naturali (001-629, 677-799)	35	35.07	1.00	0.70	1.39
Malattie infettive e parassitarie (001-139)	2	1.26	1.59	0.19	5.73
Epatite (070)	0	0.25			
Tumori maligni (140-208)	4	3.80	1.05	0.29	2.70
Tumori maligni dello stomaco (151)	0	0.15			
Tumori maligni del colon e del retto (153,154)	0	0.47			
Tumori maligni del fegato (155)	0	0.13			
Tumori maligni del pancreas (157)	0	0.10			
Tumori maligni della laringe (161)	0	0.09			
Tumori maligni della trachea, dei bronchi e dei polmoni (162)	0	0.51			
Tumori maligni della pleura (163)	0	0.01			
Tumori maligni del connettivo e di altri tessuti molli (171)	0	0.04			
Tumori maligni della prostata (185)	1	0.45			
Tumori maligni della vescica (188)	2	0.46	4.39	0.53	15.88
Tumori maligni del rene e di altri non specificati organi urinari (189)	0	0.18			
Tumori maligni dell'encefalo (191)	0	0.10			
Tumori maligni della ghiandola tiroidea (193)	0	0.16			
Tumori maligni del tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	0	0.32			
Malattie della tiroide (240-246)	0	0.39			
Malattie del sistema nervoso centrale (330-349)	0	0.75			
Malattie del sistema circolatorio (390-459)	11	9.27	1.19	0.59	2.12
Malattie cardiache (390-429)	9	5.94	1.52	0.69	2.88
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	4	3.13	1.28	0.35	3.28
Malattie cerebrovascolari (430-438)	1	1.65			
Malattie dell'apparato respiratorio (460-519)	3	4.51	0.66	0.14	1.94
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466, 480-487)	0	1.16			
Malattie polmonari cronico ostruttive (490-492,494,496)	0	0.44			
Malattie dell'apparato digerente (520-579)	5	8.77	0.57	0.19	1.33
Cirrosi epatica (5712,5715)	0	0.38			
Malattie dell'apparato genitourinario (580-629)	2	3.98	0.50	0.06	1.81
Nefrite, sindrome nefrosica e nefrosi (580-589)	1	0.46			
Traumatismi e avvelenamenti (800-999)	3	8.10	0.37	0.08	1.08

APPENDICE ALLO STUDIO

Accertamento dello stato in vita

La coorte iniziale è composta da 6,839 lavoratori, dei quali 4,463 erano ancora in servizio, quindi vivi, alla data di fine *follow-up* (31/12/2009). Per gli altri 2,376 lavoratori è stato necessario accertare lo stato in vita alla data di fine *follow-up* (31/12/2009) attraverso *linkage* con i principali sistemi informativi disponibili e successivamente attraverso l'invio di lettere ai comuni di residenza. Le procedure seguite (Figura 1) sono così riassumibili:

1. verifica se la residenza disponibile, fornita dai database aziendali, fosse dentro o fuori il Comune di Roma;
2. *linkage* con la prima 'foto dell'anagrafe del Comune di Roma' successiva alla fine del *follow-up*;
3. *linkage* con il registro nominativo delle cause di morte (ReNCaM) della Regione Lazio, per gli anni dal 1994 al 2009;
4. *linkage* con il sistema informativo ospedaliero (SIO) del 2010.

Per 668 lavoratori, per i quali non è stato possibile stabilire lo stato in vita alla data di fine *follow-up* (31/12/2009), se residenti a Roma, è stata effettuata una ricerca manuale sull'anagrafe online (Figura 2).

Per 595 lavoratori, emigrati da Roma prima del 31/12/2009 o residenti fuori comune, sono state inviate lettere ai comuni di residenza (Figura 3).

Alla fine del processo di accertamento dello stato in vita si è stabilito che, dei 6,839 lavoratori della coorte iniziale, 6,529 sono vivi al 31/12/2009, 30 alla data di "ultima volta visto" e 280 sono deceduti (Figura 4).

Figura 1. Accertamento dello stato in vita, I fase

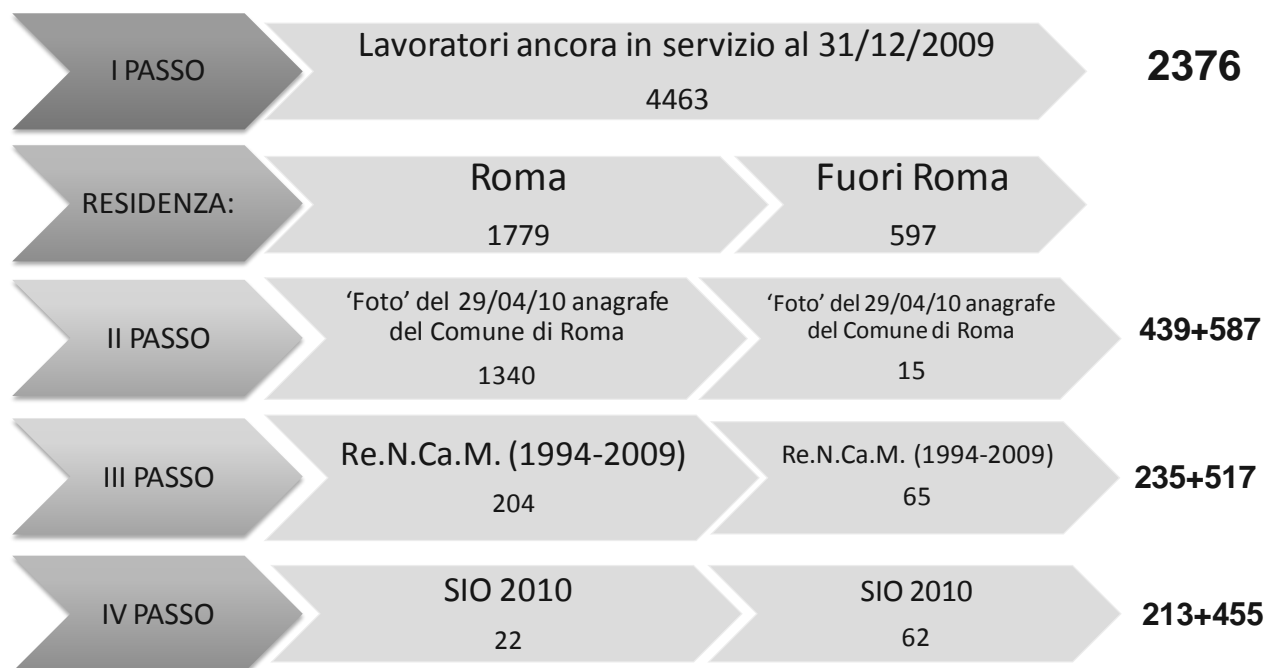


Figura 2. Accertamento dello stato in vita, II fase (1° parte - Ricerca manuale sull'anagrafe online del Comune di Roma)



Figura 3. Accertamento dello stato in vita, II fase (2° parte – Invio di lettere ai comuni di residenza)

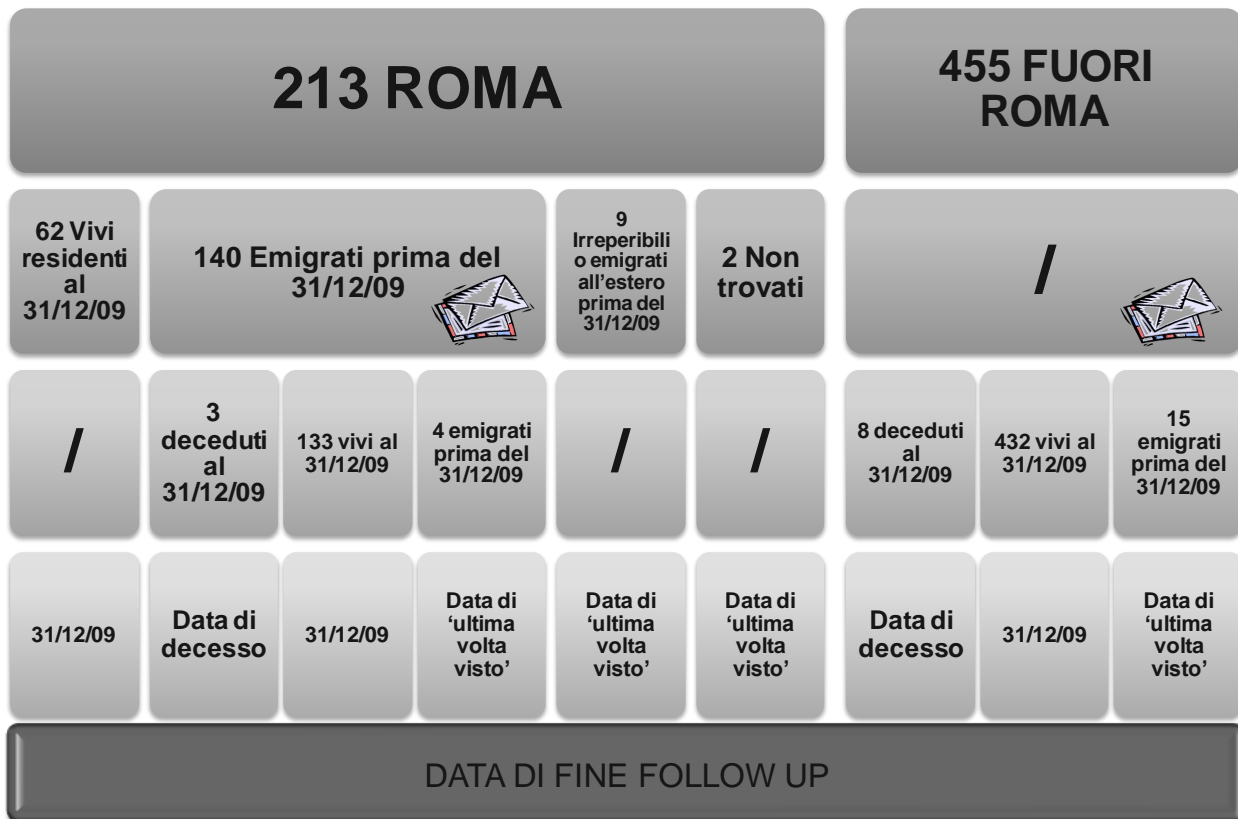
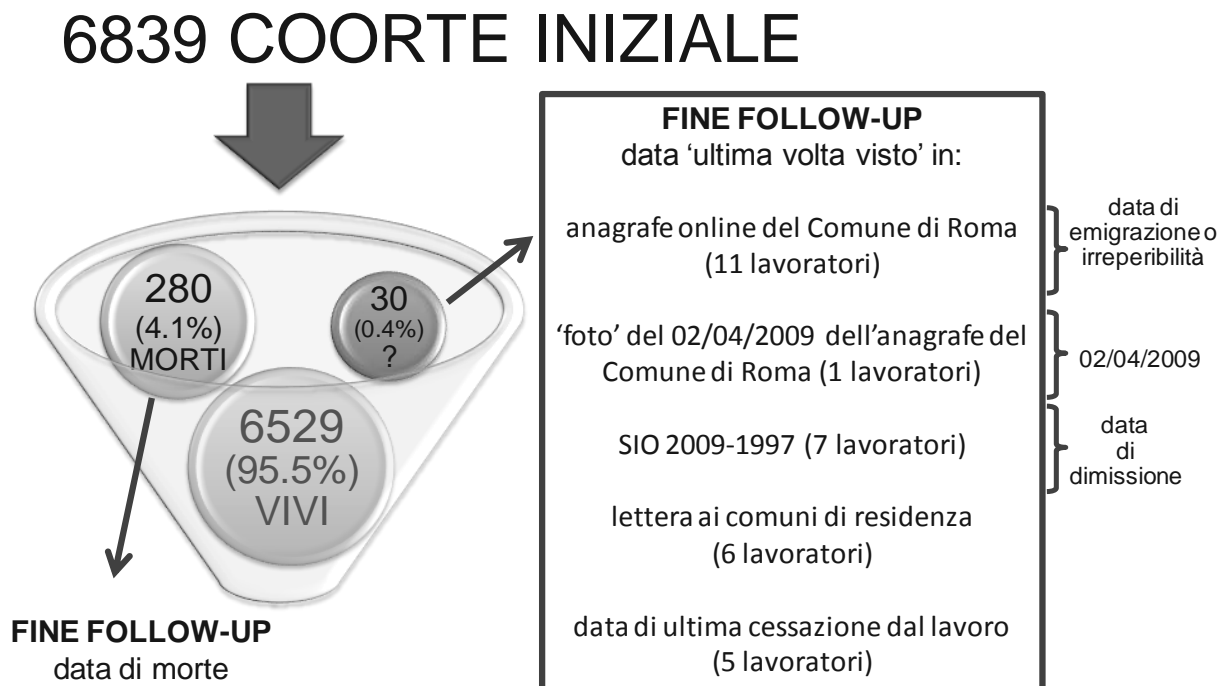


Figura 4. Risultato dell'accertamento dello stato in vita



APPENDICI