

**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 (H_2S), per la raffineria gli ossido di zolfo (SO_x) e per l'inceneritore il particolato atmosferico (PM_{10}).

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 ($1 \leq \text{FRC} \leq 5$).

Sono state stimate per ciascun indirizzo di residenza le concentrazioni di NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 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' NO_2 così stimato è stato suddiviso in tre livelli: basso ($\text{NO}_2 \leq 30$), medio ($30 < \text{NO}_2 \leq 40$) e alto ($\text{NO}_2 > 40$).

L'ultimo fattore considerato come possibile confondente è la concentrazione di NO_2 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. E' 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 NO_2 in un secondo per m^2 e di seguito è stata stimata la concentrazione ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) con un griglia di 100 m^2 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 500x500 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 PM_{10} 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 NO_2 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 causa-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, costituissero 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. PM_{10} 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 (PM_{10} 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' H_2S 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-Mullooli 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=076fef02fb1e80788b9630d7fadb813 .
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

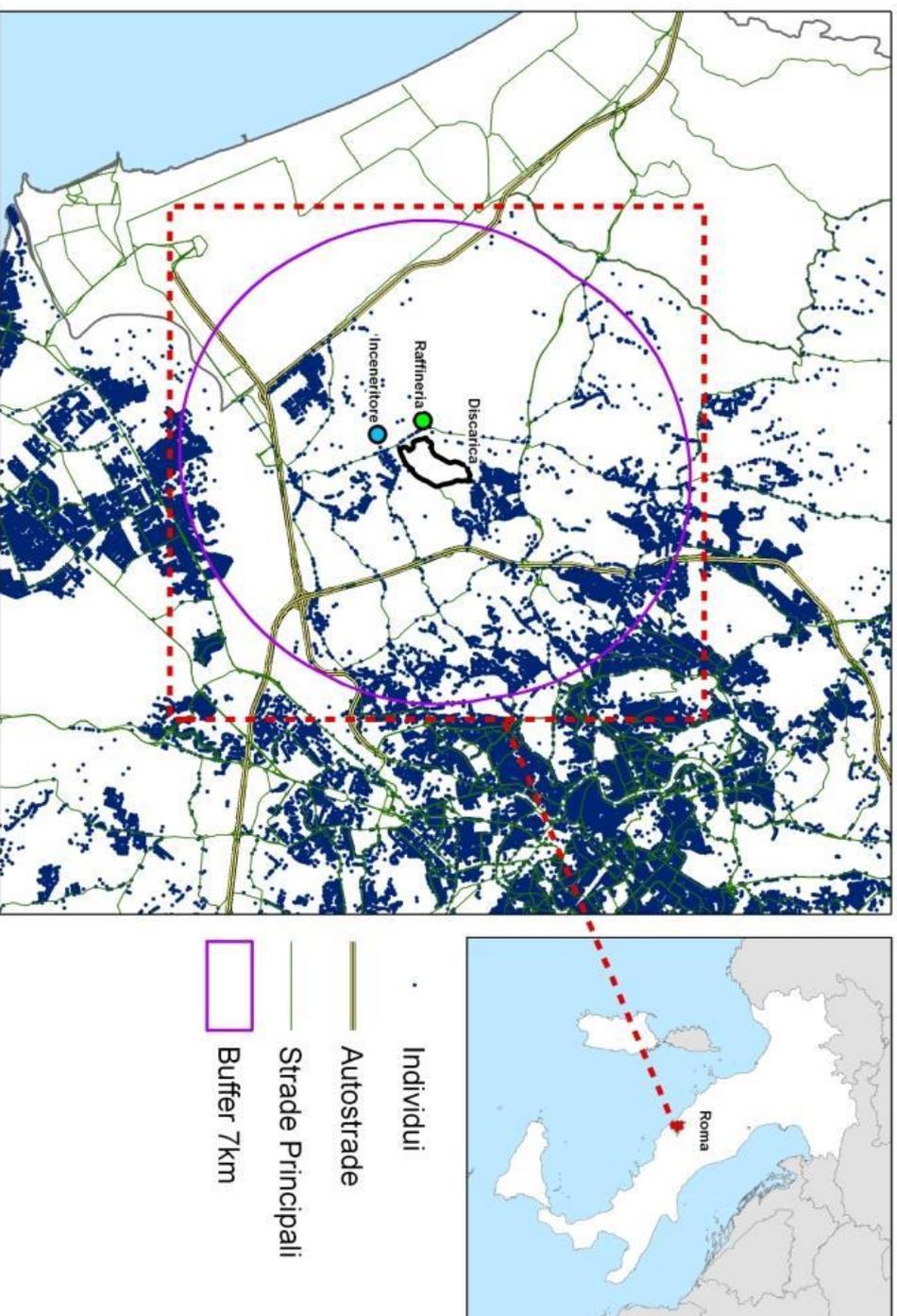
a

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

b

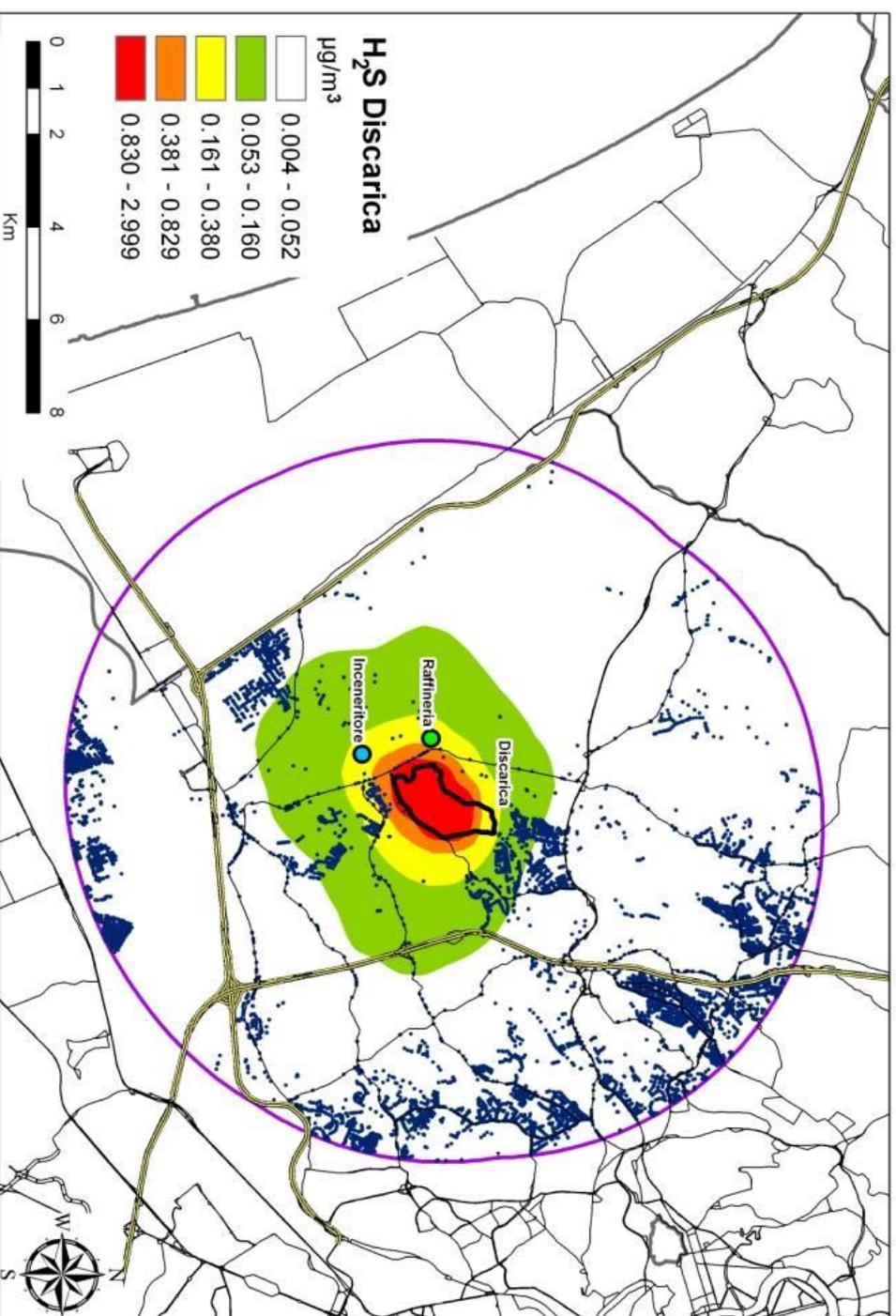
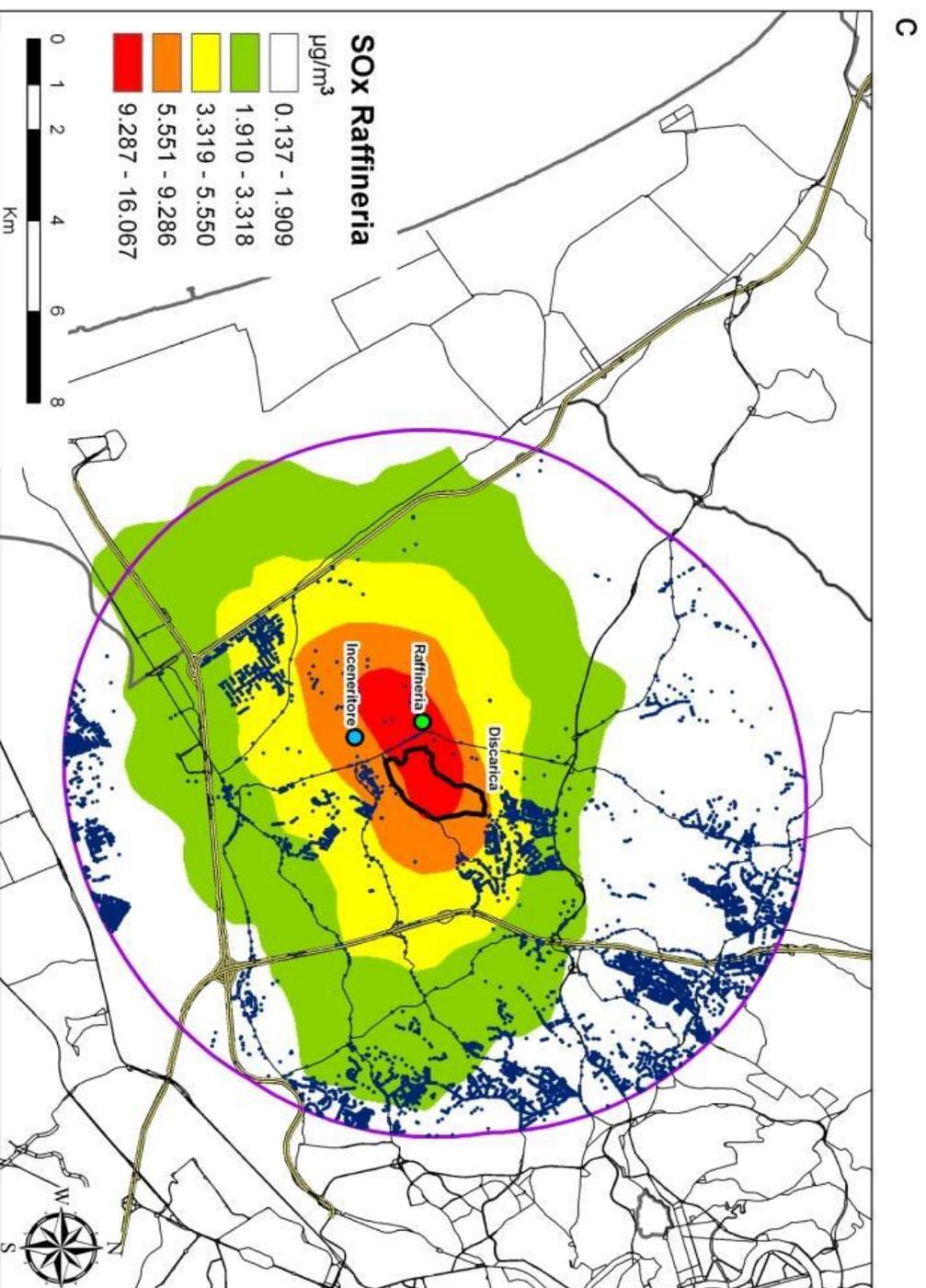


Figura 1 (c). Concentrazioni di ossidi di zolfo (SO_x) dalla raffineriaFigura 1 (d). Concentrazioni di polveri sottili (PM_{10}) dall'inceneritore di rifiuti speciali

Aprile 2013

d

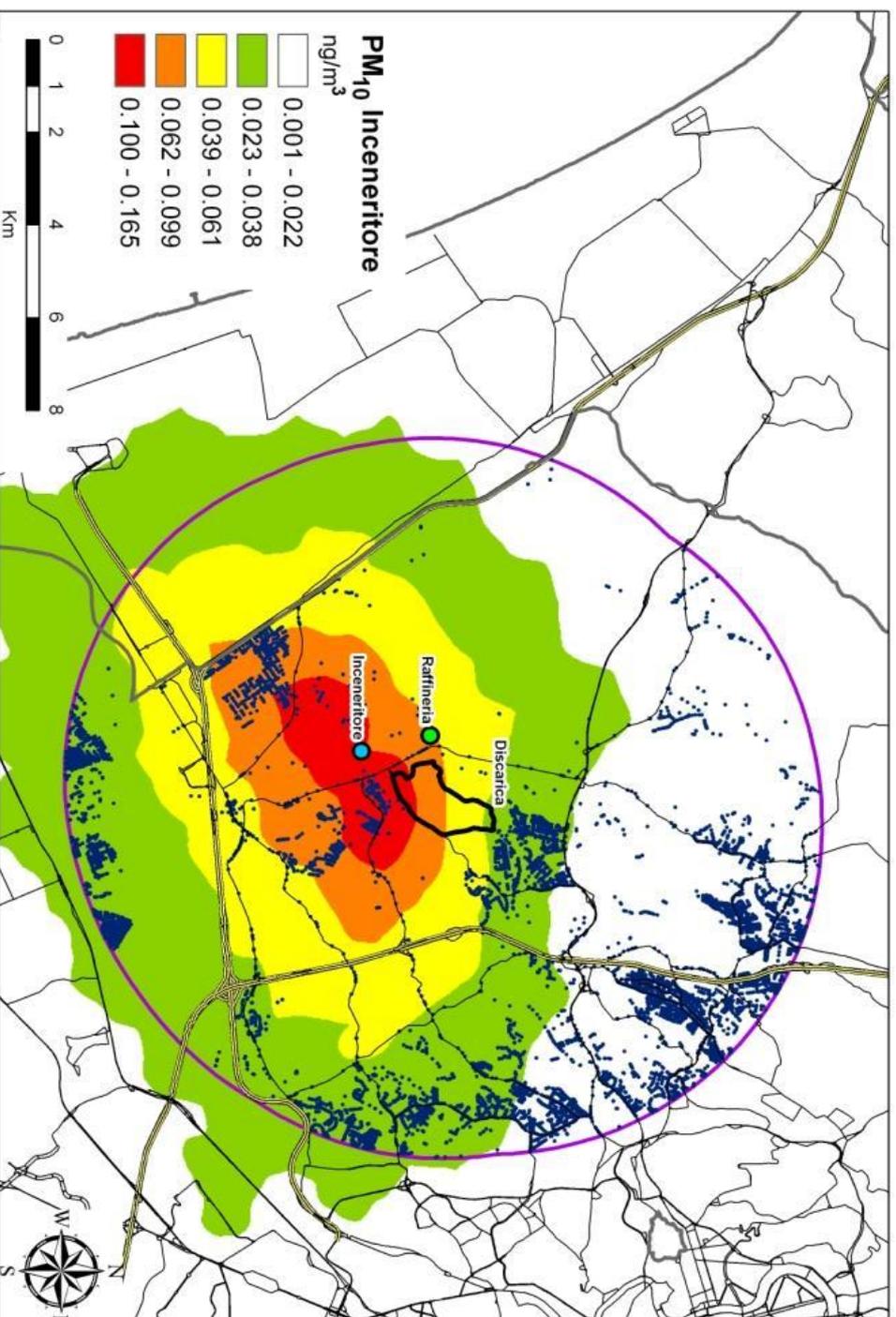


Figura 2. Distribuzione della popolazione per concentrazione di inquinante: H_2S ($\mu g/m^3$) dalla discarica, SO_x ($\mu g/m^3$) dalla raffineria e PM_{10} (ng/m^3) dall'inceneritore per rifiuti speciali

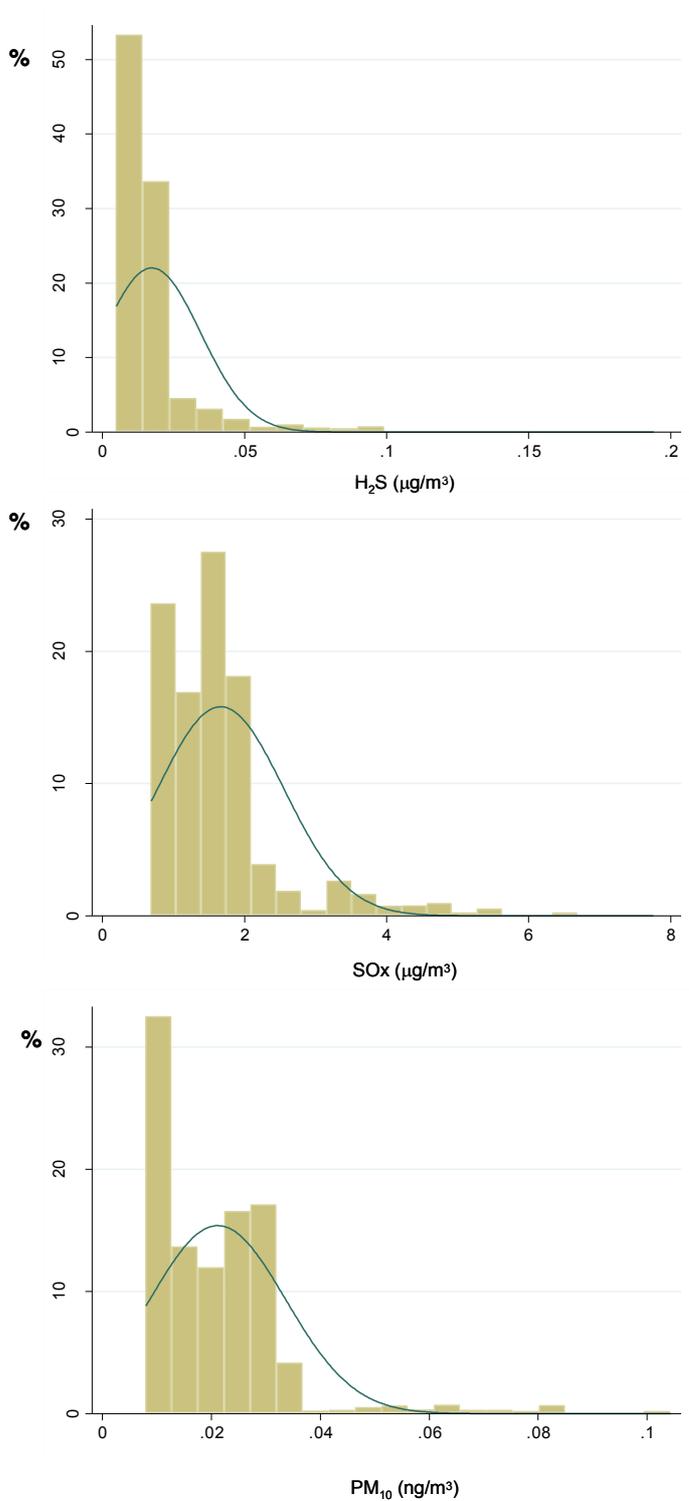


Tabella 1. Distribuzione di frequenza degli indicatori ambientali attribuiti ai membri della coorte

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

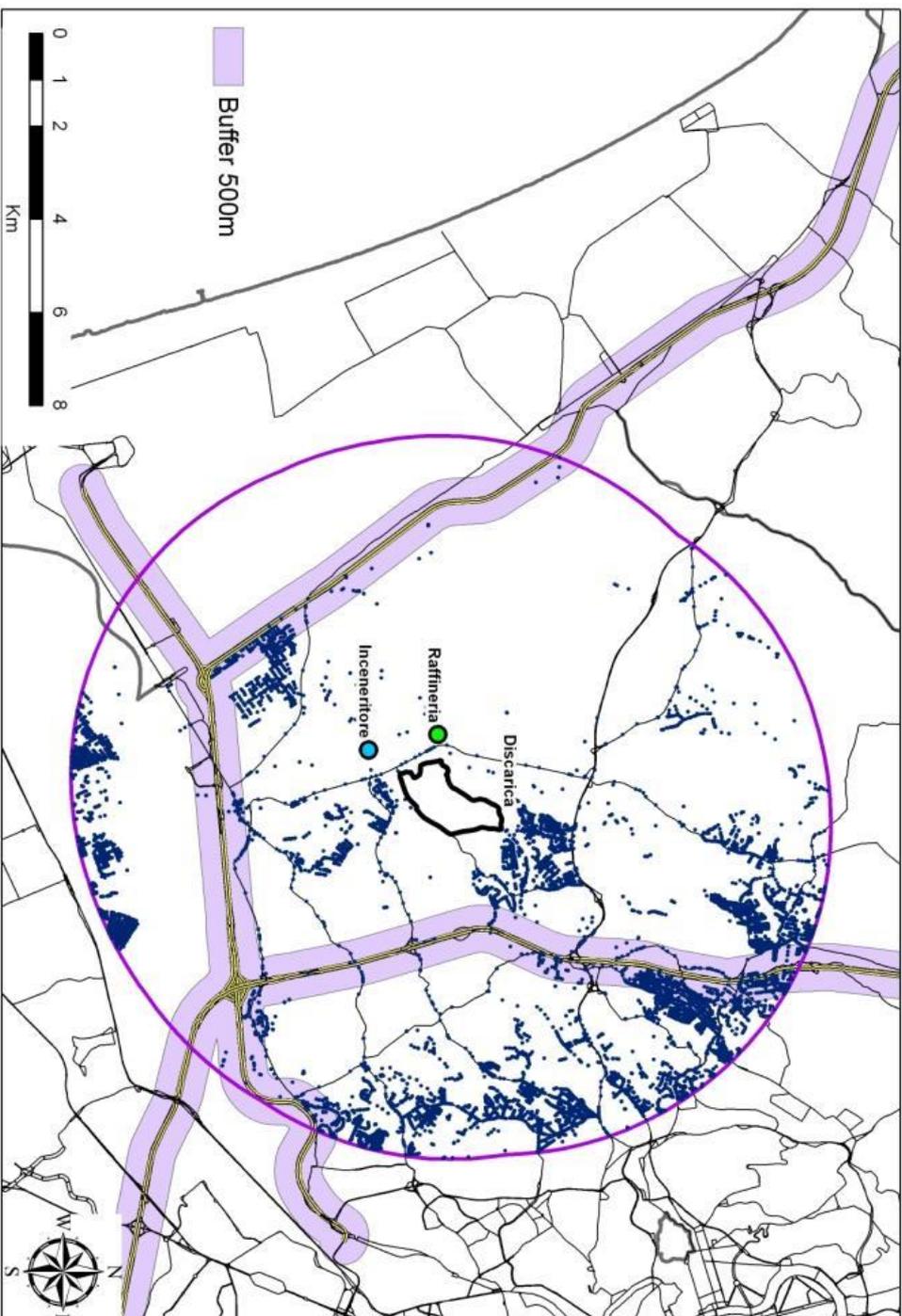
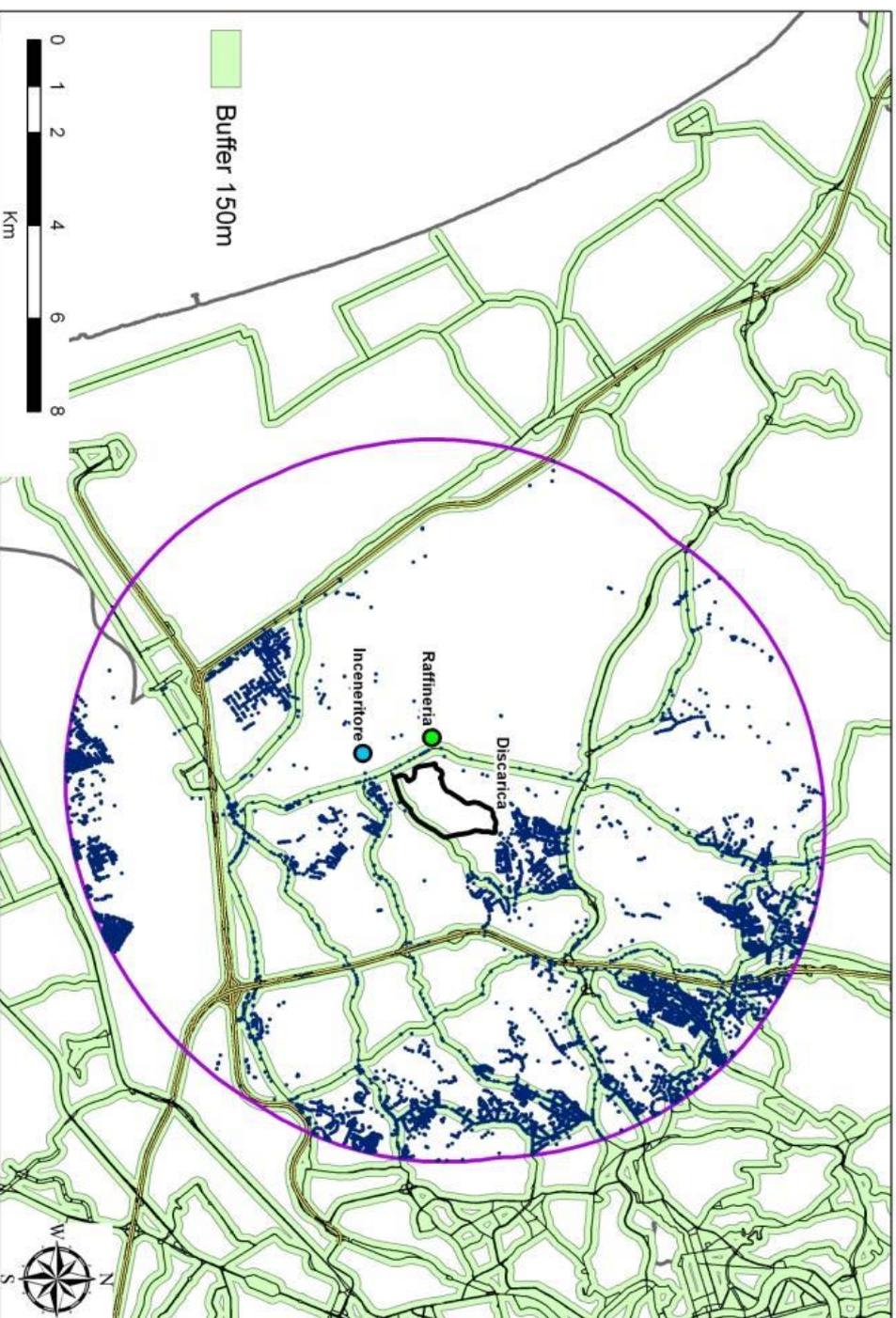


Figura 3 (b). Area di Malagrotta e strade principali

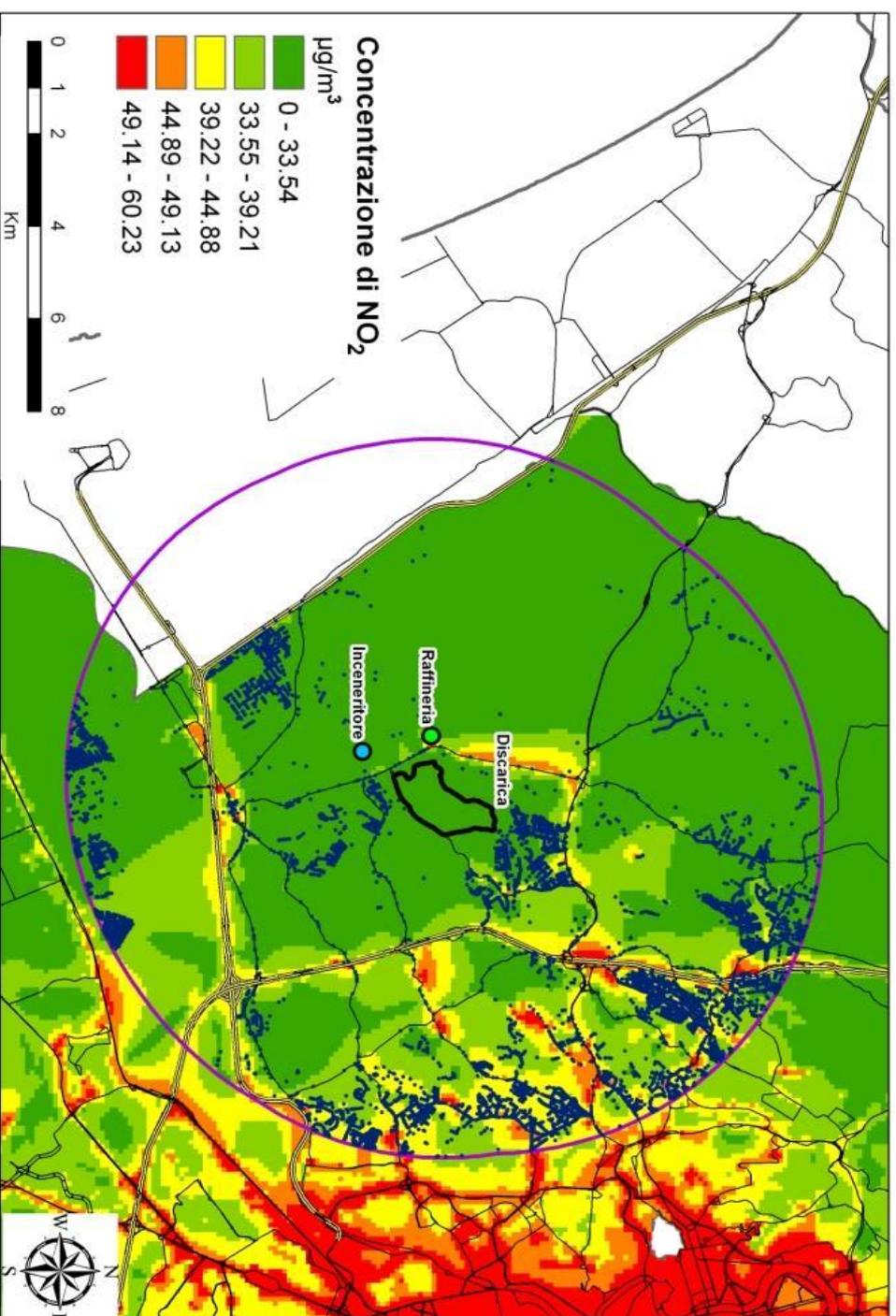
b

Figura 3 (c). Area di Malagrotta e concentrazioni di NO₂ (µg/m³) da traffico veicolare

426

Aprile 2013

C

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

Aprile 2013

427

d

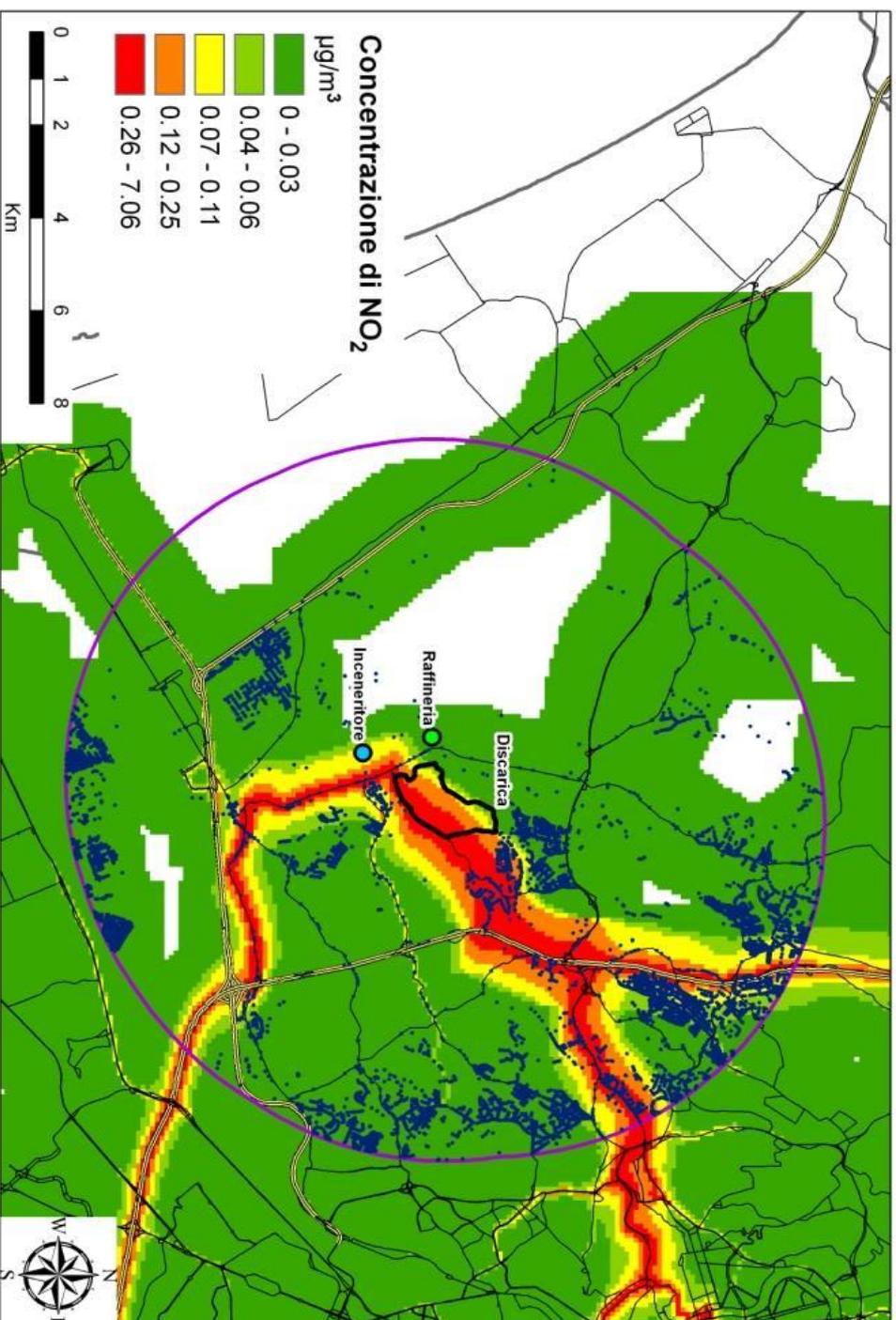


Tabella 2. Caratteristiche principali della coorte dei residenti nell'area di Malagrotta per livello di esposizione agli inquinanti: H₂S (discarica), SO_x (raffineria) e PM₁₀ (inceneritore per rifiuti speciali)

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	HR	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	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	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	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	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	-	-	-	2	2.05	0.47	8.90	2	0.70	0.16	3.02	40	0.90	0.68	1.18
Pancreas (157)	41	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	-	-	-	26	0.70	0.43	1.15
Trachea, bronchi e polmoni (162)	361	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	1.23	0.37	4.06	0	-	-	-	3	0.76	0.23	2.52	61	1.02	0.86	1.22
Rene (189)	34	-	-	-	2	1.93	0.44	8.36	2	0.69	0.16	2.98	39	1.05	0.85	1.31
Encefalo (191)	22	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	26	0.99	0.74	1.32
Tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	98	-	-	-	1	-	-	-	2	0.28	0.07	1.17	113	0.89	0.75	1.05
Malattie sistema circolatorio (390-459)	957	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	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	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	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	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	n	HR	I.C. 95%	n	n	HR	I.C. 95%	n	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	2.645	0.98	0.91	1.06	
Tumori maligni (140-208)	526	75	0.90	0.70	1.16	893	1.00	0.89	1.13	
Stomaco (151)	39	6	0.83	0.34	2.05	63	0.91	0.54	1.52	
Colon retto (153-154)	52	5	0.65	0.25	1.65	95	0.84	0.48	1.48	
Primitivi del fegato (155.0)	10	2	1.76	0.34	8.96	17	1.10	0.52	2.30	
Pancreas (157)	31	11	1.92	0.93	3.98	64	1.13	0.88	1.44	
Laringe (161)	1	3	17.5	-	-	6	1.36	1.02	1.83	
Trachea, bronchi e polmoni (162)	83	14	1.19	0.66	2.14	155	1.11	0.91	1.34	
Mammella (174)	98	12	0.72	0.39	1.34	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	
Encerfalo (191)	11	2	1.14	0.24	5.43	18	0.93	0.37	2.31	
Tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	41	4	0.63	0.22	1.80	67	0.56	0.21	1.48	
Malattie sistema circolatorio (390-459)	605	83	0.98	0.77	1.25	1.095	1.01	0.90	1.13	
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	202	31	1.16	0.79	1.72	356	1.09	0.94	1.26	
Malattie apparato respiratorio (460-519)	93	8	0.59	0.28	1.27	154	0.68	0.37	1.24	
Malattie apparato digerente (520-579)	53	7	0.79	0.34	1.82	99	0.94	0.61	1.43	
Malattie dell'apparato urinario (580-599)	27	3	0.85	0.25	2.91	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	HR	I.C. 95%	n	HR	I.C. 95%	n	HR	I.C. 95%
Cause naturali (001-799)	1.677	1.05	0.92 - 1.20	295	1.05	0.92 - 1.20	3.233	1.04	0.92 - 1.18
Tumori maligni (140-208)	669	0.97	0.79 - 1.19	116	0.97	0.79 - 1.19	1.303	0.95	0.79 - 1.14
Stomaco (151)	44	0.98	0.44 - 2.14	9	0.98	0.44 - 2.14	82	0.85	0.41 - 1.77
Colon retto (153-154)	79	1.10	0.63 - 1.91	16	1.10	0.63 - 1.91	149	0.68	0.38 - 1.24
Primitivi del fegato (155.0)	20	0.54	0.12 - 2.40	2	0.54	0.12 - 2.40	40	0.62	0.17 - 2.23
Pancreas (157)	25	1.85	0.81 - 4.23	8	1.85	0.81 - 4.23	52	1.62	0.80 - 3.26
Laringe (161)	15	-	-	1	-	-	26	0.82	0.18 - 3.85
Trachea, bronchi e polmoni (162)	203	0.90	0.62 - 1.31	33	0.90	0.62 - 1.31	416	0.94	0.68 - 1.30
Vescica (188)	35	1.27	0.57 - 2.83	8	1.27	0.57 - 2.83	61	1.14	0.54 - 2.43
Rene (189)	16	1.10	0.31 - 3.86	3	1.10	0.31 - 3.86	39	1.17	0.44 - 3.14
Encefalo (191)	16	0.87	0.19 - 3.93	2	0.87	0.19 - 3.93	26	0.69	0.15 - 3.18
Tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	60	0.63	0.28 - 1.41	7	0.63	0.28 - 1.41	113	0.89	0.47 - 1.69
Malattie sistema circolatorio (390-459)	615	1.06	0.85 - 1.32	101	1.06	0.85 - 1.32	1.145	1.08	0.89 - 1.31
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	276	1.10	0.80 - 1.50	49	1.10	0.80 - 1.50	491	1.05	0.79 - 1.41
Malattie apparato respiratorio (460-519)	111	1.27	0.78 - 2.07	23	1.27	0.78 - 2.07	230	1.31	0.88 - 1.95
Malattie apparato digerente (520-579)	72	1.30	0.75 - 2.24	18	1.30	0.75 - 2.24	140	1.21	0.75 - 1.94
Malattie dell'apparato urinario (580-599)	23	1.33	0.49 - 3.63	5	1.33	0.49 - 3.63	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%	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		
Encerfalo (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	n	HR	I.C. 95%	n	HR	I.C. 95%	r.e.
Cause naturali (001-799)	1.628	334	1.19	1.05	1.36		3.233	1.04	0.98	1.11
Tumori maligni (140-208)	657	137	1.10	0.90	1.35		1.303	1.02	0.92	1.12
Stomaco (151)	42	9	0.92	0.41	2.06		82	0.89	0.60	1.34
Colon retto (153-154)	80	12	0.79	0.42	1.48		149	0.82	0.58	1.16
Primitivi del fegato (155.0)	22	3	0.58	0.16	2.14		40	0.66	0.29	1.50
Pancreas (157)	24	8	1.89	0.82	4.37		52	1.40	1.03	1.90
Laringe (161)	12	3	1.52	0.38	6.09		26	1.01	0.49	2.09
Trachea, bronchi e polmoni (162)	200	50	1.33	0.96	1.85		416	1.04	0.88	1.23
Vescica (188)	35	8	1.18	0.53	2.65		61	1.05	0.70	1.57
Rene (189)	18	6	2.19	0.83	5.79		39	1.08	0.63	1.86
Encerfalo (191)	16	3	1.44	0.40	5.20		26	0.68	0.22	2.07
Tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	58	11	1.01	0.52	1.98		113	1.11	0.83	1.49
Malattie sistema circolatorio (390-459)	593	102	1.15	0.92	1.43		1.145	1.02	0.91	1.13
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	270	48	1.11	0.80	1.52		491	0.96	0.81	1.13
Malattie apparato respiratorio (460-519)	114	29	1.82	1.18	2.81		230	1.12	0.91	1.38
Malattie apparato digerente (520-579)	70	16	1.08	0.61	1.93		140	1.09	0.85	1.40
Malattie dell'apparato urinario (580-599)	23	3	0.76	0.22	2.60		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	2,645	1.02	0.94	1.09	
Tumori maligni (140-208)	476	93	1.05	0.83	1.32	893	1.04	0.92	1.17	
Stomaco (151)	36	8	1.02	0.45	2.31	63	0.97	0.62	1.50	
Colon retto (153-154)	50	9	1.10	0.53	2.29	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	64	1.47	1.12	1.93	
Laringe (161)	1	2	8.19	-	-	6	1.92	1.16	3.19	
Trachea, bronchi e polmoni (162)	70	20	1.62	0.96	2.73	155	1.24	0.96	1.60	
Mammella (174)	89	16	0.92	0.53	1.59	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	18	1.00	0.41	2.43	
Tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	41	4	0.55	0.19	1.57	67	0.61	0.31	1.19	
Malattie sistema circolatorio (390-459)	562	108	1.18	0.95	1.46	1,095	1.03	0.92	1.16	
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	184	36	1.27	0.88	1.83	356	1.06	0.87	1.30	
Malattie apparato respiratorio (460-519)	78	11	0.80	0.41	1.58	154	0.86	0.59	1.25	
Malattie apparato digerente (520-579)	48	10	1.08	0.51	2.28	99	1.10	0.78	1.56	
Malattie dell'apparato urinario (580-599)	26	6	1.62	0.63	4.16	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			Tend lineare (per 1 Km)		
	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 (001-629;677-799)	17.906	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	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	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	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	-	-	3	1.66	0.51 5.46	4	0.82	0.29 2.32	65	0.97	0.81 1.16			
Pancreas (157)	55	1.98	0.76 5.12	1	-	-	6	1.45	0.60 3.51	69	1.10	0.94 1.28			
Laringe (161)	52	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	0.98 1.03			
Broncopneumonia cronica 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	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 (001-629;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	1,02
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
Stomaco (151)	82	2	0,47	0,11	1,93	1	-	-	-	3	0,44	0,14	1,43	97	0,93	0,80
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
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
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
Laringe (161)	6	2	7,22	1,22	42,7	1	-	-	-	3	6,53	1,38	30,9	9	1,39	1,01
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
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
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
Rene (189)	49	2	0,83	0,20	3,50	0	-	-	-	2	0,52	0,12	2,19	53	0,88	0,70
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
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
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
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
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
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
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
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
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
Broncopneumonia cronica 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
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
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
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
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

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			Testi per il trend (per 0.043 µg/m ³)				
	n	n	HR	I.C. 95%	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	1.03
Tumori maligni (140-208)	1,804	283	0.88	0.77	1.01	3,258	0.97	0.91	1,03	1.03
Stomaco (151)	58	10	0.83	0.40	1.69	111	0.81	0.51	1,28	1.28
Colon retto (153-154)	212	34	0.96	0.65	1.40	370	0.93	0.76	1,14	1.14
Primitivi del fegato (1550)	34	4	0.60	0.21	1.74	65	0.66	0.30	1,46	1.46
Pancreas (157)	31	8	1.65	0.72	3.76	69	1.10	0.85	1,42	1.42
Laringe (161)	36	7	1.18	0.51	2.76	64	0.90	0.51	1,58	1.58
Trachea, bronchi e polmoni (162)	240	34	0.79	0.55	1.15	444	0.94	0.79	1,13	1.13
Vescica (188)	220	35	0.96	0.67	1.39	388	0.90	0.73	1,11	1.11
Rene (189)	68	11	0.81	0.42	1.56	111	0.87	0.58	1,31	1.31
Encefalo (191)	31	3	0.58	0.17	1.93	51	0.95	0.56	1,61	1.61
Tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	173	21	0.61	0.38	0.98	301	0.86	0.67	1,11	1.11
Disturbi ghiandola tiroidea (240-246)	191	41	1.17	0.81	1.69	335	1.04	0.91	1,20	1.20
Malattie sistema circolatorio (390-459)	3,467	653	1.04	0.95	1.13	6,324	1.02	0.98	1,05	1.05
Malattie cardiache (390-429)	2,221	416	1.07	0.96	1.19	4,001	1.01	0.96	1,06	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	1.06
Malattie cerebrovascolari (430-438)	779	154	1.11	0.92	1.32	1,398	1.03	0.96	1,10	1.10
Malattie apparato respiratorio (460-519)	1,659	341	1.10	0.97	1.26	3,244	1.02	0.97	1,07	1.07
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466;480-487, Broncopneumonia cronico ostruttiva (490-492;494;496)	453	67	0.79	0.61	1.04	786	0.98	0.88	1,10	1.10
Asma (493)	331	68	1.14	0.83	1.55	628	0.98	0.86	1,13	1.13
Malattie apparato digerente (520-579)	76	11	0.72	0.37	1.37	134	0.86	0.59	1,26	1.26
Malattie dell'apparato urinario (580-599)	3,252	625	1.00	0.92	1.10	6,079	0.99	0.95	1,03	1.03
Nefrite, sindrome nefrosica e nefrosi (580-589)	800	151	1.05	0.87	1.26	1,444	0.84	0.65	1,08	1.08
	179	29	0.91	0.61	1.36	344	0.88	0.70	1,12	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; Broncoppneumatia cronico ostruttiva (490-492;494,496)	375	58	0.91	0.67	1.23	633	0.95	0.81	1.11
Asma (493)	262	29	0.68	0.46	1.00	457	0.82	0.63	1.06
Malattie apparato digerente (520-579)	82	12	0.79	0.42	1.47	147	0.86	0.60	1.24
Malattie dell'apparato urinario (580-599)	2,711	533	1.09	0.98	1.20	5,021	0.99	0.94	1.03
Nefrite, sindrome nefrosica e nefrosi (580-589)	600	99	0.91	0.73	1.14	1,015	0.93	0.82	1.05
	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			Testi per il trend (per 2,882 µg/m ³)				
	n	n	HR	I.C. 95%	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	1.05
Tumori maligni (140-208)	1.717	285	0.89	0.78	1.02	3.258	0.90	0.80	1.02	1.02
Stomaco (151)	59	10	0.79	0.39	1.62	111	0.71	0.36	1.38	1.38
Colon retto (153-154)	195	35	1.02	0.70	1.48	370	0.95	0.67	1.34	1.34
Primitivi del fegato (1550)	34	4	0.58	0.20	1.68	65	0.62	0.25	1.55	1.55
Pancreas (157)	32	8	1.50	0.66	3.40	69	1.46	0.75	2.83	2.83
Laringe (161)	33	7	1.22	0.52	2.85	64	1.21	0.56	2.60	2.60
Trachea, bronchi e polmoni (162)	228	35	0.82	0.57	1.18	444	0.85	0.61	1.17	1.17
Vescica (188)	206	36	1.01	0.70	1.45	388	1.01	0.72	1.40	1.40
Rene (189)	61	11	0.87	0.45	1.68	111	0.73	0.38	1.40	1.40
Encefalo (191)	29	3	0.59	0.18	1.98	51	0.68	0.24	1.94	1.94
Tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	164	21	0.62	0.39	1.00	301	0.80	0.54	1.19	1.19
Disturbi ghiandola tiroidea (240-246)	181	41	1.19	0.82	1.72	335	1.01	0.71	1.43	1.43
Malattie sistema circolatorio (390-459)	3.315	659	1.06	0.97	1.15	6.324	1.01	0.93	1.10	1.10
Malattie cardiache (390-429)	2.117	418	1.08	0.97	1.20	4.001	1.00	0.90	1.11	1.11
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	968	166	0.90	0.75	1.08	1.786	0.87	0.74	1.02	1.02
Malattie cerebrovascolari (430-438)	745	156	1.13	0.94	1.35	1.398	1.08	0.92	1.27	1.27
Malattie apparato respiratorio (460-519)	1.595	345	1.12	0.98	1.27	3.244	1.13	1.01	1.27	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	1.05
Broncopneumatia cronica ostruttiva (490-492;494;496)	309	68	1.17	0.86	1.59	628	1.08	0.83	1.42	1.42
Asma (493)	74	11	0.71	0.37	1.35	134	0.71	0.39	1.31	1.31
Malattie apparato digerente (520-579)	3.117	630	1.02	0.93	1.11	6.079	0.97	0.89	1.05	1.05
Malattie dell'apparato urinario (580-599)	765	152	1.06	0.89	1.27	1.444	1.05	0.89	1.23	1.23
Nefrite, sindrome nefrosica e nefrosi (580-589)	174	28	0.87	0.58	1.31	344	0.88	0.61	1.26	1.26

b) Donne

CAUSA (ICD-9-CM)	<50° percentile		>90° percentile			Test per il trend (per 2,882 µg/m ³)			
	n	HR	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 (150)	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, Broncopneumonia cronica ostruttiva (490-492;494;496)	360	57	0.90	0.68	1.21	633	0.79	0.59	1.07
Asma (493)	255	28	0.64	0.43	0.95	457	0.72	0.51	1.03
Malattie apparato digerente (520-579)	83	12	0.75	0.40	1.39	147	0.89	0.51	1.54
Malattie dell'apparato urinario (580-599)	2,598	538	1.10	1.00	1.22	5,021	1.01	0.92	1.10
Neftite, sindrome nefrosica e nefrosi (580-589)	577	99	0.92	0.74	1.15	1,015	0.81	0.65	1.01
	159	30	1.02	0.68	1.52	277	0.79	0.52	1.20

Aprile 2013

443

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
Broncopneumonia cronica 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
Neftite, 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%	n	HR	I.C. 95%
Cause naturali (001-629;677-799)	12.259	2.385	0.94	0.89	0.99	0.97	0.94	0.99	0.94	0.99
Tumori maligni (140-208)	1.474	258	0.95	0.83	1.09	0.96	0.89	1.03	0.96	1.03
Stomaco (151)	53	11	1.06	0.51	2.21	1.07	0.76	1.52	1.07	1.52
Colon retto (153-154)	139	27	1.13	0.74	1.73	0.87	0.67	1.14	0.87	1.14
Primitivi del fegato (1550)	13	2	0.89	0.19	4.14	1.55	1.02	2.35	1.02	2.35
Pancreas (157)	40	6	0.75	0.31	1.83	1.11	0.76	1.63	1.11	1.63
Laringe (161)	3	2	3.07	0.48	19.9	1.83	1.09	3.06	1.83	3.06
Trachea, bronchi e polmoni (162)	83	18	1.08	0.64	1.84	0.98	0.72	1.33	0.98	1.33
Mammella (174)	352	76	1.22	0.94	1.57	1.13	1.00	1.27	1.13	1.27
Vescica (188)	47	3	0.35	0.10	1.17	0.75	0.43	1.29	0.75	1.29
Rene (189)	26	7	1.45	0.61	3.47	0.99	0.59	1.63	0.99	1.63
Encefalo (191)	25	4	0.84	0.28	2.52	0.49	0.20	1.24	0.49	1.24
Tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	124	12	0.57	0.31	1.05	0.66	0.45	0.95	0.66	0.95
Disturbi ghiandola tiroidea (240-246)	779	135	0.82	0.66	1.02	0.86	0.77	0.96	0.86	0.96
Malattie sistema circolatorio (390-459)	2.749	534	1.00	0.90	1.11	1.00	0.95	1.05	1.00	1.05
Malattie cardiache (390-429)	1.594	307	1.02	0.90	1.16	0.98	0.92	1.05	0.98	1.05
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	439	84	1.03	0.81	1.32	0.91	0.79	1.06	0.91	1.06
Malattie cerebrovascolari (430-438)	680	127	1.01	0.81	1.25	0.94	0.83	1.06	0.94	1.06
Malattie apparato respiratorio (460-519)	1.312	265	1.00	0.85	1.16	0.98	0.91	1.06	0.98	1.06
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466;480-487)	344	62	0.91	0.67	1.23	0.94	0.80	1.10	0.94	1.10
Broncopneumonia cronica ostruttiva (490-492;494;496)	249	46	0.97	0.70	1.35	0.82	0.66	1.01	0.82	1.01
Asma (493)	77	17	1.12	0.65	1.94	0.79	0.54	1.14	0.79	1.14
Malattie apparato digerente (520-579)	2.566	536	1.03	0.93	1.13	0.98	0.93	1.03	0.98	1.03
Malattie dell'apparato urinario (580-589)	558	94	0.82	0.65	1.03	0.85	0.75	0.97	0.85	0.97
Neftite, sindrome nefrosica e nefrosi (580-589)	153	31	0.97	0.65	1.45	0.96	0.77	1.20	0.96	1.20

Aprile 2013

445

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

ESPOSIZIONE	UOMINI				DONNE							
	MORTALITA'		RECOVERI		MORTALITA'		RECOVERI					
	CAUSA	HR	p value	q value	CAUSA	HR	p value	q value				
DISTANZA vicino	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				
					Cause naturali	1,01	0,00	0,02				
					Laringe	1,36	0,04	0,28				
					Malattie sistema circolatorio	1,03	0,00	0,02				
					Malattie apparato digerente	1,02	0,10	0,51				
Trend lineare (per 1 Km)	Malattie apparato respiratorio	1,08	0,08	0,73	Cause naturali	1,02	0,00	0,01	Laringe	1,56	0,02	0,30
					Disturbi ghiandola tiroidea	1,07	0,07	0,28				
					Malattie sistema circolatorio	1,02	0,01	0,08				
					Malattie dell'apparato unitario	1,05	0,30	0,72				
CONCENTRAZIONE DI H ₂ S >90° percentile					Laringe	17,48	0,02	0,37				
					Laringe	1,36	0,04	0,48	Laringe	1,36	0,01	0,12
Trend lineare (per 0,043 µg/m ³)					Vescica	1,35	0,05	0,48	Malattie sistema circolatorio	1,04	0,04	0,31
CONCENTRAZIONE DI SO _x >90° percentile					Laringe	17,53	0,02	0,36	Malattie apparato digerente	1,10	0,05	0,49
					Malattie apparato respiratorio	1,13	0,03	0,71	Laringe	4,19	0,01	0,22
Trend lineare (per 2,882 µg/m ³)					Laringe	4,99	0,01	0,11				
CONCENTRAZIONE DI PM ₁₀ >90° percentile	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								
Trend lineare (per 0,027 ng/m ³)	Pancreas	1,40	0,03	0,53	Pancreas	1,35	0,04	0,53	Pancreas	1,47	0,01	0,09
					Laringe	1,92	0,01	0,11	Primitivi del fegato	1,55	0,04	0,17
					Laringe	1,83	0,02	0,14	Laringe	1,83	0,02	0,14
					Mammella	1,13	0,05	0,18	Mammella	1,13	0,05	0,18