

STRUTTURA COMPLESSA D.T. “Epidemiologia Salute Ambientale”

OGGETTO:

**VALUTAZIONE EPIDEMIOLOGICA DEGLI EFFETTI SULLA SALUTE DEI
 SOGGETTI RESIDENTI INTORNO ALL’ INCENERITORE PER RIFIUTI
 SOLIDI URBANI DI VERCELLI**

Redazione	Funzione: Analisi Statistico-epidemiologica Nome: Moreno Demaria	Data: 02/03/2015	Firmato in originale
	Funzione: Commento ai risultati Nome: Cristiano Piccinelli	Data: 03/04/2015	Firmato in originale
Verifica	Funzione: Responsabile S.C. 20 Nome: Cristiano Piccinelli	Data: 05/06/2015	Firmato in originale
Approvazione	Funzione: Responsabile S.C. 20 Nome: Ennio Cadum	Data: 28/06/2015	Firmato in originale

Enti coinvolti nello studio:

S.C. Epidemiologia e salute Ambientale - ARPA Piemonte

S.C. Sistemi Previsionali – ARPA Piemonte

Dipartimento ARPA di Vercelli

ASL Vercelli – Servizio di Igiene e Sanità Pubblica

Comune di Vercelli

Comune di Asigliano

SOMMARIO

OGGETTO:		1
1. INTRODUZIONE		4
2. SINTESI DELLE CONOSCENZE DISPONIBILI		6
3. L'INCENERITORE DI VERCELLI		7
OBIETTIVO DELLO STUDIO		8
METODI		10
MODELLO DI DISPERSIONE		11
4. RISULTATI		17
5. DISCUSSIONE		24
6. CONCLUSIONI		26
7. BIBLIOGRAFIA		28

1. Introduzione

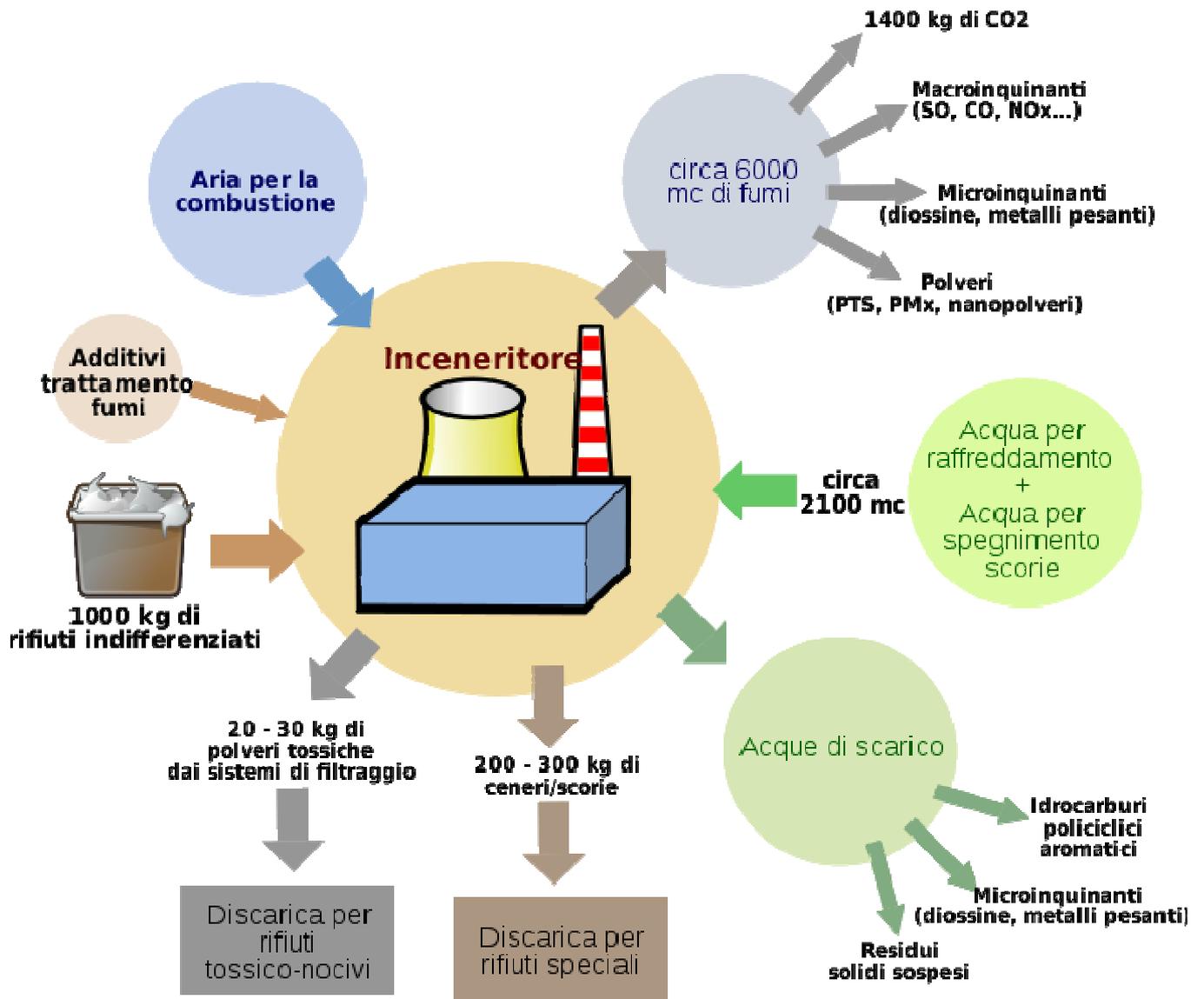
La gestione dei rifiuti è un processo complesso che interessa popolazioni diverse e migliaia di lavoratori sul territorio italiano. Le sostanze che si generano durante lo smaltimento possono contaminare l'ambiente e da qui la preoccupazione, soprattutto nelle popolazioni che vivono vicino agli impianti di trattamento e smaltimento rifiuti, che vi possano essere conseguenze sulla salute. In particolare i termovalorizzatori sono impianti d'incenerimento ad alta temperatura finalizzati alla produzione di energia elettrica il cui combustibile è derivato dai Rifiuti Solidi Urbani.

Gli impianti di incenerimento emettono ossidi di azoto, particolato e vari gas, determinando così una **"pressione" sull'ambiente** la cui dimensione è di complessa valutazione in campo epidemiologico. Occorre infatti tener conto delle infrastrutture intensamente trafficate (autostrade, superstrade, statali ecc.) e della presenza di attività produttive. Poi vanno considerati anche gli impianti di riscaldamento civili e l'impatto delle attività agricole. Quindi, anche se si può sicuramente affermare che gli inceneritori "insistono" sull'ambiente, per capire in quale misura lo facciano bisogna contestualmente valutare il peso delle altre fonti di pressione.

La formazione delle sostanze inquinanti, emesse in forma solida e gassosa da un inceneritore, dipende da diversi fattori quali: la tipologia del rifiuto trattato (composizione chimica), le condizioni di combustione e quelle operative dei sistemi di abbattimento degli inquinanti. Le sostanze chimiche emesse dal camino di un inceneritore comprendono: composti organici del cloro (diossine, furani, PCB - policlorobifenili), IPA (idrocarburi policiclici aromatici), VOC (composti organici volatili), elementi in traccia (piombo, cadmio e mercurio), acido cloridrico, ossidi di azoto, ossidi di zolfo ed ossidi di carbonio.

Molti composti emessi da un inceneritore sono persistenti, cioè resistenti ai processi naturali di degradazione, bio-accumulabili, perché si accumulano nei tessuti degli animali viventi trasferendosi da un organismo all'altro lungo la catena alimentare (fino a giungere all'uomo) e tossici, in quanto sono sostanze che per inalazione, ingestione o penetrazione cutanea possono comportare patologie acute o croniche fino a poter determinare la morte dell'organismo esposto.

Figura 1. Descrizione ciclo di incenerimento dei rifiuti



Gli indicatori che vengono monitorati, ovvero il PM10 e gli ossidi di azoto, non rappresentano le sostanze più pericolose in assoluto, ma sono quelle per le quali è più semplice fare delle stime. Gli inceneritori infatti emettono anche metalli pesanti e alcune sostanze organiche, ma per questo genere di inquinanti è molto più complesso effettuare confronti con le altre fonti di emissioni in atmosfera, perché i dati reperibili dagli inventari delle emissioni non sono così definiti come, per esempio, per gli ossidi azoto e per il PM10.

Negli ultimi anni, grande attenzione è stata posta alle emissioni (solide e gas) derivanti dall'incenerimento. Composizione delle emissioni 'dipende da molti fattori: tipo di rifiuti trattati (composizione chimica), condizioni di combustione, i sistemi per ridurre le sostanze inquinanti, e l'età della pianta (e il tipo di tecnologia utilizzata). Oltre a diossine e furani, un certo numero di altri composti vengono rilasciati nell'atmosfera, compresi gli idrocarburi policiclici aromatici (PCB),

metalli, vari composti organici volatili, particolato (PM10), ossidi di azoto e di zolfo e acido cloridrico.

La tossicità nota di diossine e altri componenti delle emissioni, nonché la loro possibile azione congiunta, giustifica la preoccupazione dell'opinione pubblica circa i potenziali impatti sulla salute di vivere in prossimità di inceneritori Rifiuti Solidi Urbani (MSWIs).¹

2. Sintesi delle conoscenze disponibili

Negli ultimi anni sono stati pubblicati numerosi studi sugli effetti sulla salute degli inceneritori di rifiuti urbani. Alcuni studi ecologici suggeriscono una relazione con esiti riproduttivi: mortalità infantile e malformazioni congenite, difetti di nascita^{2,3} anomalie congenite e nati morti,⁴ gestazionale age.⁵ Questi studi ecologici presentano gravi limiti metodologici nella valutazione dell'esposizione e possibili fattori confondenti nella popolazione in studio (per esempio caratteristiche individuali).

Per questi motivi l'interpretazione di questi risultati rimane incerta. Studi condotti in Italia e Francia sugli esiti di morbosità suggeriscono un aumento del rischio di incidenza di linfoma non-Hodgkin,^{6,7,8} sarcoma dei tessuti molli,^{9,10,11,12} anche se ci sono risultati¹³ negativi. Un altro studio riporta un aumento del rischio per malformazioni dell'apparato urinario alla nascita.¹⁴

Recenti revisioni di studi epidemiologici non forniscono una risposta chiara. Sembrano essere necessarie ulteriori ricerche per rispondere alle preoccupazioni delle persone che vivono nelle vicinanze degli inceneritori.¹

Uno studio caso-controllo condotto a Trieste¹⁵ ha mostrato che il rischio di cancro al polmone è inversamente proporzionale alla distanza dall'inceneritore. Un eccesso di rischio di tumore al polmone¹⁶ è stato trovato anche nel sesso femminile in popolazioni che vivono in aree esposte a inquinamento ambientale provocato da più fonti (tra cui un inceneritore di rifiuti industriali).

Questi studi avevano qualche limitazione: la stima dell'esposizione (distanza dalle fonti) e la potenziale confondimento provocato da altre fonti emissive.

Un recente studio italiano,¹⁷ che ha utilizzato un modello di dispersione di sostanze inquinanti che consentono una valutazione più accurata dell'esposizione, riporta alcuni eccessi di mortalità per cancro nelle aree dove è più alta la concentrazione di sostanze inquinanti (metalli pesanti).

Da queste pubblicazioni emergono limitazioni metodologiche relative in particolare alla caratterizzazione dell'esposizione dei residenti in prossimità degli impianti, dovute alla difficoltà di considerare le caratteristiche del territorio e la presenza di altre fonti emissive che concorrono all'emissione delle sostanze in studio. Risulta quindi necessario avviare una serie di studi

epidemiologici che permettano di approfondire lo studio delle fonti emmissive, permettendo di individuare con più accuratezza i contributi emissivi dei termovalorizzatori nei territori interessati. Recentemente è stato pubblicato uno studio (Ranzi A, 2011) che a livello metodologico introduce alcune novità, tra cui l'utilizzo di modelli di dispersione degli inquinanti (o meglio di alcuni marcatori dei quali si hanno le misure) che permette di assegnare dei valori di esposizione dei residenti con maggiore accuratezza. Gli autori riportano alcuni eccessi di mortalità per tumore nelle aree con più alta concentrazione di metalli pesanti.

3. L'inceneritore di Vercelli

L'inceneritore di Vercelli, attivo dall'inizio degli anni '70 fino al 2014, era di proprietà della società ATENA Patrimonio Spa (una controllata municipale), mentre la gestione era affidata alla ditta Veolia.

L'impianto era costituito da tre linee, aventi ciascuna una potenzialità termica di 7.140.000 kcal/h (8302 kW), autorizzate per smaltire ciascuna :

- 72.3 tonnellate al giorno di rifiuti solidi urbani (R.S.U.) e speciali assimilabili agli urbani
- 2.7 tonnellate al giorno di rifiuti speciali ospedalieri (R.S.O).

Il calore sviluppato durante la combustione veniva utilizzato per generare vapore surriscaldato inviato successivamente a due turboalternatori per la produzione di energia elettrica.

L'impianto svolgeva un servizio pubblico di smaltimento rifiuti solidi urbani esclusivamente per la Provincia di Vercelli (comune di Vercelli, comuni del vercellese e comuni della Valsesia).

Questo studio epidemiologico è stato possibile grazie al progetto CCM del Ministero della salute coordinato dal Dipartimento di Epidemiologia e Salute ambientale dell'Arpa Piemonte, il Dipartimento Arpa di Vercelli, il Comuni di Vercelli, il Comune di Asigliano Vercellese e l'Asl di Vercelli.

Obiettivo dello studio

L'obiettivo del presente studio era valutare le condizioni di salute della popolazione residente intorno all'inceneritore per RSU di Vercelli. In particolare si trattava di definire un quadro epidemiologico per quanto riguarda alcuni effetti sulla salute sia a breve termine che a lungo termine, con particolare riferimento ai dati di mortalità e ricoveri ospedalieri per alcune cause correlabili alla residenza in prossimità dell'impianto di incenerimento dei rifiuti. L'esposizione dei residenti nell'area interessata dalle emissioni dell'impianto è stata stimata attraverso modelli di dispersione, rafforzati da dati provenienti da campagne di campionamenti ad hoc .

Figura 2. Collocazione geografica dell'impianto

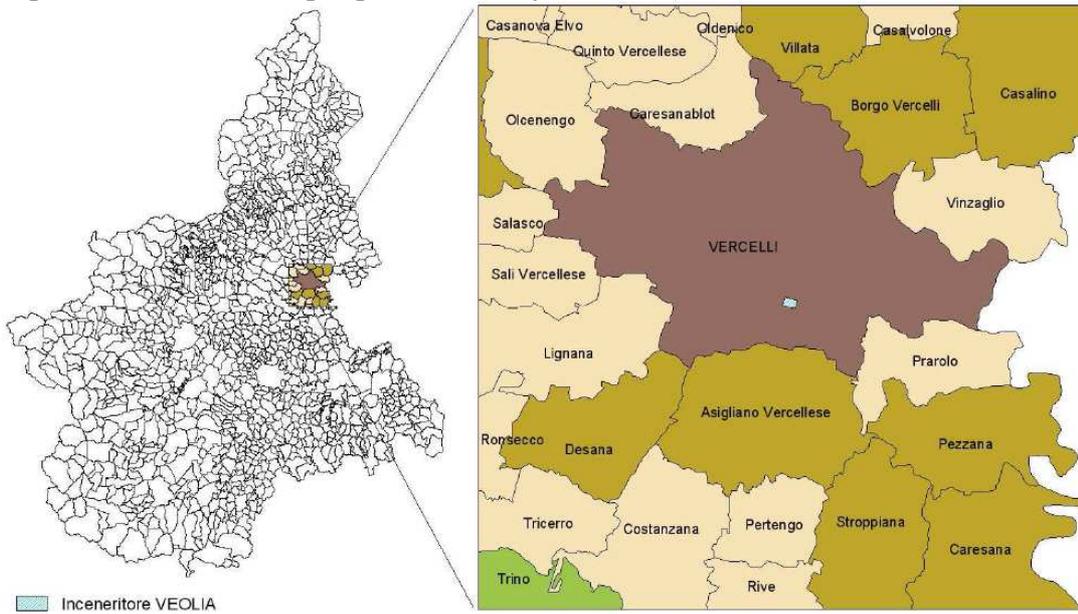
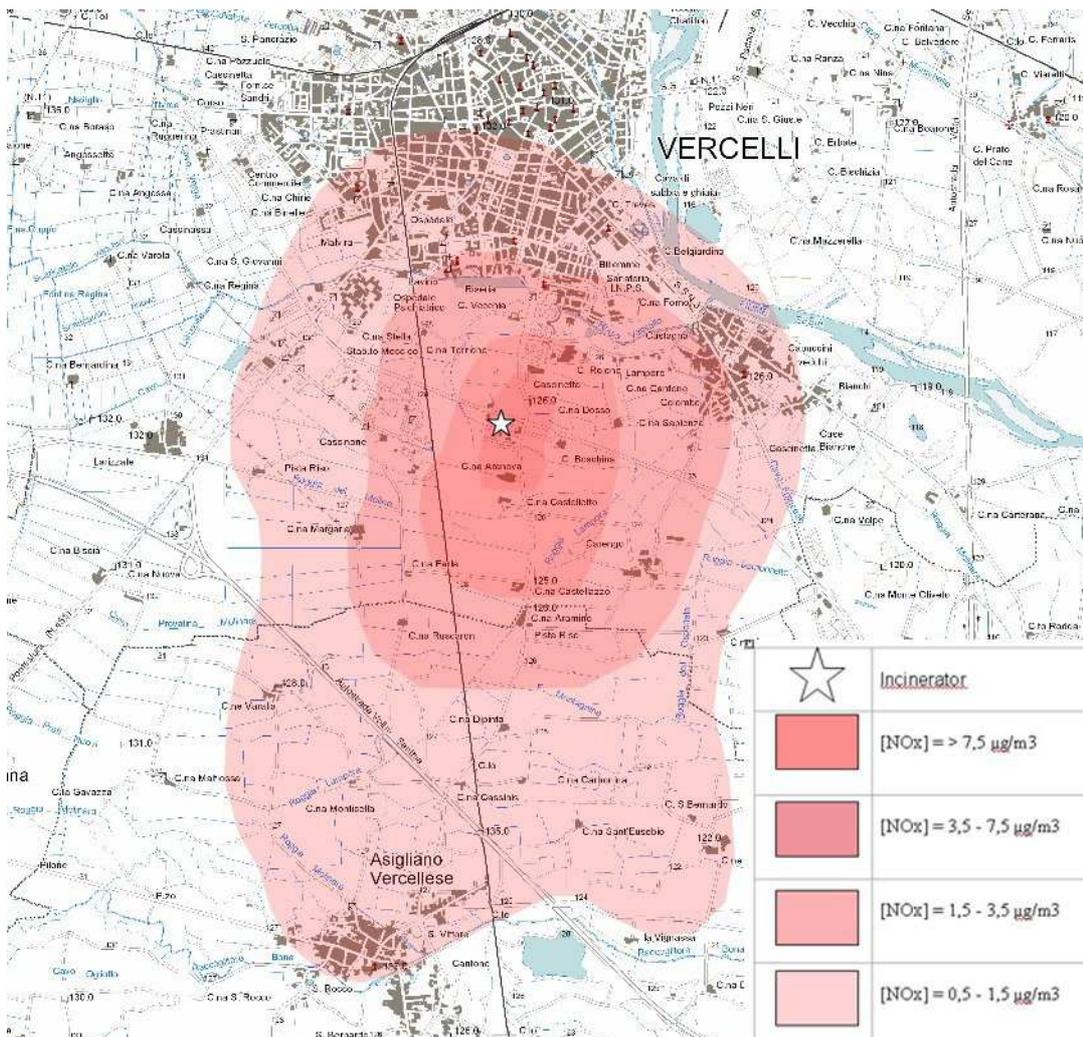


Figura 3. Area di studio intorno all'inceneritore di rifiuti solidi urbani di Vercelli, e livelli di concentrazione di NOx, media annua al suolo (modello di dispersione)



Metodi

Lo studio ha considerato **l'area identificata dalla ricaduta** delle emissioni, che comprende i comuni di Vercelli (47.282 abitanti nel 2012) e Asigliano Vercellese (1.398 abitanti 2012) della regione Piemonte (a nord-ovest d'Italia).

L'impianto è situato in un punto a metà strada tra i due comuni. Come si può vedere nella mappa sottostante il territorio su cui insiste l'impianto di incenerimento è prevalentemente ad uso agricolo fatta eccezione per la porzione sud di Vercelli e per Asigliano Vercellese.

Per quanto concerne il **disegno dello studio** è stato scelto quello di coorte individuale, perché tra gli studi epidemiologici è il disegno più ricco di informazioni: consente di ottenere stime di frequenza ed associazione, come tassi (sia di prevalenza, sia soprattutto di incidenza), rischi (relativi, assoluti, attribuibili), rapporti di rischio (o odds ratio).

Lo studio si è basato sulla storia residenziale della popolazione nei comuni di Vercelli e Asigliano con un follow-up di mortalità e morbilità da 1.1.1997 fino al 31.12.2012 (15 anni).

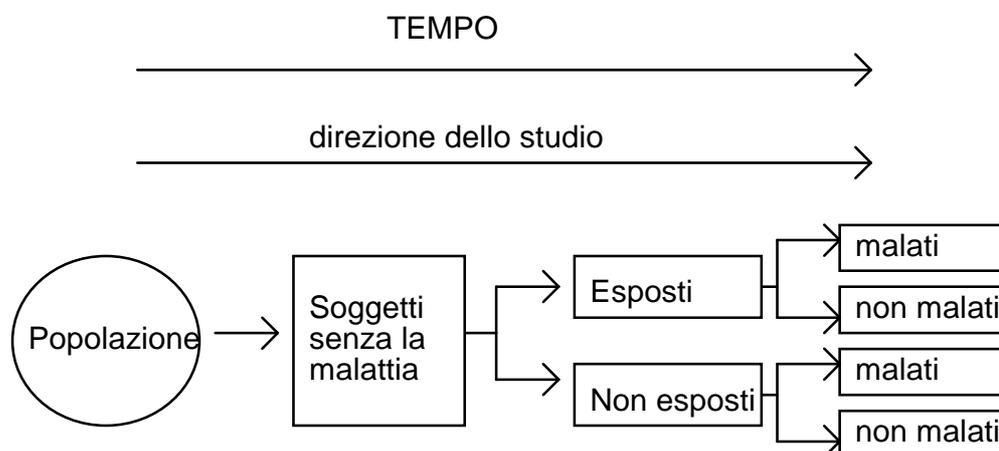
La coorte che è stata costituita è di tipo retrospettivo, su base residenziale storica utilizzando i dati dall'anagrafe storica della popolazione residente nei Comuni di Vercelli e Asigliano Vercellese. La coorte è stata divisa nei due bracci tradizionali di questo tipo di studio in relazione alle ricadute dell'inceneritore:

- Esposti
- Non esposti

Per ciascuna categoria di esposizione sono stati individuati i casi di malattia (definiti come primo ricovero nel tempo per una delle patologie in studio).

Il disegno di coorte retrospettivo, rispetto al classico disegno prospettico, differisce principalmente per la prospettiva rispetto all'investigazione, che nello studio retrospettivo procede a ritroso nel tempo.

Figura 4. Disegno di uno studio di coorte prospettico



Per ciascuno dei due bracci (Esposti / Non esposti) e per ogni causa in studio sono stati calcolati, in totale e separatamente per i due sessi i tassi di morbosità incidente corrispondenti.

Il tasso di morbosità incidente è definito come numero di primi ricoveri per la causa in studio tra i residenti (con eliminazione cioè dei ricoveri ripetuti dello stesso soggetto per la stessa causa). Tale definizione è pertinente solo per le patologie croniche, laddove per quelle acute gli eventi successivi (ad es, infettivi) non possono essere considerati prosecuzioni del primo evento.

Il numeratore dei tassi è dato dal numero di eventi, per sesso, fascia di età quinquennale e per ciascuna causa in studio.

Il denominatore è dato dal numero di anni-persona a rischio di avere l'evento in studio per ciascuna fascia di età quinquennale, sesso nei due bracci rispettivi della coorte.

Il rapporto dei tassi di morbosità incidente tra ESPOSTI e NON ESPOSTI è denominato Rischio Relativo, ed esprime la misura e la forza dell'associazione tra esposizione e malattia.

Modello di dispersione

Nel 2009 è stato realizzato, dall'Area Previsione e Monitoraggio Ambientale dell'Arpa Piemonte uno studio finalizzato alla stima delle ricadute al suolo (in termini di concentrazioni medie annue) di inquinanti originati dall'impianto Veolia S.p.A. di Vercelli, presso il quale si svolgono attività di termodistruzione di Rifiuti Solidi Urbani.

Tale indagine è stata avviata a seguito della richiesta della Struttura complessa SC13 (Dipartimento di Vercelli) all'Area Previsione e Monitoraggio Ambientale (prot. N. 114083/13 del 02/10/2008 e avente per oggetto "Richiesta della Procura della Repubblica di Vercelli relativamente alla Veolia S.p.a. di Vercelli").

I risultati di tale valutazione sono stati successivamente confrontati con le concentrazioni degli inquinanti monitorati presso le stazioni di misura della qualità dell'aria presenti nella zona al fine di valutare l'incidenza della sorgente sull'inquinamento atmosferico dell'area nel medio-lungo periodo.

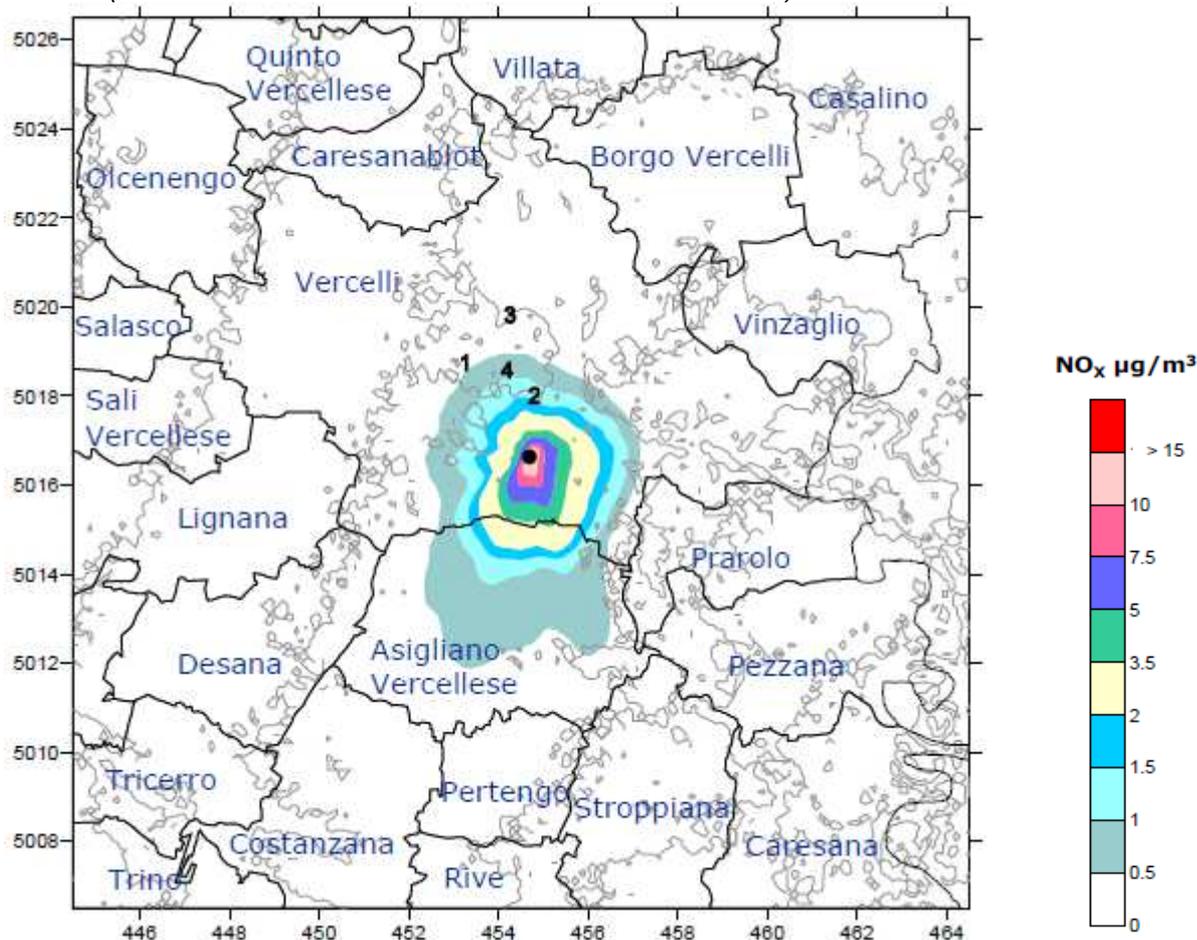
La rappresentazione della dispersione in atmosfera di inquinanti emessi da sorgenti puntuali e diffuse viene affrontata con modelli di complessità differente a seconda sia delle informazioni disponibili sia delle caratteristiche orografiche dell'area di studio.

Nel caso specifico e in accordo con la Struttura richiedente, tenuto conto delle informazioni meteorologiche ed emissive disponibili, delle caratteristiche orografiche del sito e della tipologia delle sostanze in esame, si è definito di realizzare la simulazione di dispersione con un modello di tipo stazionario, in grado di permettere una stima dei livelli di concentrazione al suolo sul lungo periodo degli inquinanti prodotti dalla Veolia S.p.a.. Il modello utilizzato è ARIA Impact, versione 1.6, un modello analitico di tipo gaussiano.

E' da precisare che il sistema di monitoraggio in continuo delle emissioni per l'impianto Veolia registra le concentrazioni delle polveri intese come particolato totale. Dal punto di vista della normativa sulla qualità dell'aria l'interesse è invece incentrato sulla frazione con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm (particolato PM10); non disponendo di dati relativi alla componente del PM10 sul totale, si è ipotizzato che tutto il particolato emesso sia rappresentato da tale frazione. Questa ipotesi, se da un lato risulta cautelativa, dall'altro tende a compensare la trattazione relativa alla formazione del particolato secondario che il modello di dispersione in uso, prendendo in considerazione i soli inquinanti primari, non è in grado di effettuare.

La struttura richiedente ha individuato, oltre alle centraline di misura della qualità dell'aria presenti nel comune di Vercelli, alcuni punti recettori ritenuti di particolare interesse per lo studio a causa della vicinanza allo stabilimento e la loro particolare sensibilità. Presso questi punti, situati nei dintorni dello stabilimento Veolia S.p.A. e internamente al dominio di simulazione, sono stati calcolati i valori di ricaduta per ogni simulazione modellistica effettuata e successivamente confrontati con le misure (quando esistenti).

Figura 5. Contributo del Termovalorizzatore RSU – VEOLIA - Concentrazioni di NOx, medie annuali (Attivazione del modulo calme di vento – anno 2008)





Per definire il **livello di esposizione** (esposti o non-esposti) è stato utilizzato il modello di dispersione di tipo gaussiano analitico: ARIA Impact, versione 1.6, che considera i cambiamenti meteorologici, le informazioni emissive disponibili e la topografia dell'area.

I dati da modello sono stati mappati su un'area, con una griglia 100x100 m², centrata sulle coordinate del camino dell'impianto e che comprende il comune di Vercelli ed i comuni limitrofi. Il modello è stato validato mediante misurazioni analitiche nel 2008-2009, e di nuovo nel 2011. La figura 1 mostra gli isolivelli di concentrazione medi annuali di NO_x al suolo.

I dati delle stime di ricaduta dell'inceneritore sono stati forniti dall'Area Previsione e Monitoraggio Ambientale dell'Arpa Piemonte.

I comuni di Vercelli ed Asigliano Vercellese hanno fornito i dati per i residenti nel periodo tra il 1 gennaio 1997 ed il 31 dicembre 2012 attraverso i loro registri storici.

Attraverso questi archivi è stato possibile ricostruire le **storie residenziali dei soggetti**, con le variazioni anagrafiche: i movimenti in ingresso e in uscita e le variazioni di indirizzo. Grazie a tali fonti informative sono state composte 'stringhe' abitative, complete di data di inizio e fine di residenza ad uno specifico indirizzo.

Ad ogni soggetto della coorte, sono state attribuite delle coordinate geografiche a partire dall'indirizzo di residenza laddove compilato, valido e riconosciuto dai sistemi di address location.

Le coordinate geografiche hanno permesso di attribuire alle stringhe residenziali una concentrazione media di NO_x stimata con il modello di dispersione. Ad ogni soggetto è inoltre stata attribuita la sezione di censimento di residenza all'inizio del periodo di studio. Ciò ha permesso di attribuire a livello individuale un valore contestuale di benessere sociale sintetizzato nell'indice di deprivazione.

Le stringhe residenziali sono state classificate come appartenenti all'area degli esposti o a quella dei non esposti, a seconda delle concentrazioni di NO_x. Sono stati considerati esposti tutti i soggetti che hanno risieduto almeno per un periodo di sei mesi agli indirizzi con livelli di NO_x > $\mu\text{g}_{0,5} / \text{m}^3$ (33,347 soggetti con 364,207 anni-persona) e non esposti tutti coloro che hanno risieduto presso indirizzi con NO_x < $\mu\text{g}_{0,5} / \text{m}^3$ (39,571 soggetti con 417,688 anni-persona). Periodi di residenza minori o uguali a sei mesi sono stati esclusi dalle analisi.

Il **follow-up di salute** dei soggetti nella coorte e' stato effettuato abbinando ad ogni soggetto, attraverso il codice fiscale, i dati di mortalità e ricovero ospedaliero:

- I dati di mortalità per cause correlate all'esposizione per gli anni dal 1997 al 2011, forniti dall'Asl Vercelli.
- i dati di dimissione ospedaliera relativi alla morbilità correlata per gli anni dal 1998 al 2012, forniti dall'Asl Vercelli.

Per quanto riguarda il follow-up di salute i soggetti sono stati seguiti all'interno del territorio ASL VC per la morbilità ed a livello di regione Piemonte per la mortalità; queste limitazioni sono dovute alla disponibilità dei dati sanitari.

Sono state quindi ricavate le **stime dei rischi** per cause correlate all'esposizione per le due aree: esposti e non-esposti e poi confrontarle.

Per l'analisi statistica è stato utilizzato un modello multivariato di Cox.

I rischi (Hazard Ratio) sono stati calcolati per genere e controllati per: fasce di età, periodi di calendario di cinque anni di follow-up, area di nascita, caratteristiche della zona di residenza (urbana Vs rurale) e indice di deprivazione. I livelli di fondo di NOx non sono stati considerati nel modello perché non vi erano variazioni significative nell'area in studio.

L'analisi è stata inoltre stratificata per tre periodi di latenza tra esposizione e primo evento (mortalità e morbilità): fino a 0,5 anni, fino a 5 anni e fino a 10 anni.

Sono stati considerati per l'interpretazione dei risultati intervalli di confidenza (IC) del 90% e il 95%.

La gestione dei dati è stata effettuata utilizzando il software SAS e l'analisi statistica è stata effettuata con STATA (versione 12, StataCorp).

Figura 6. Soggetti della coorte georiferiti nell'area di studio

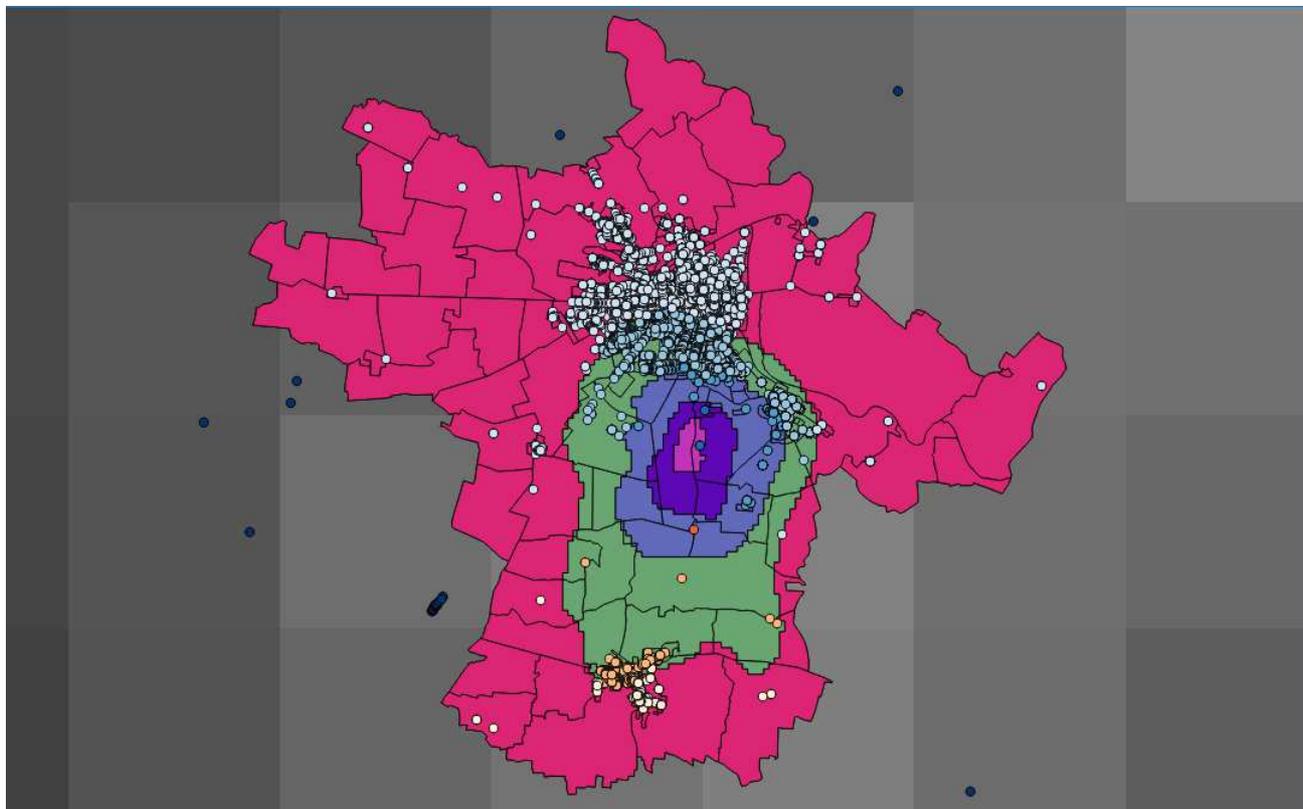


Tabella 1. Elenco cause selezionate per lo studio

Descrizione patologia	Codice Icd
Sistema circolatorio	390-459
Infarto	410-414
Apparato respiratorio	460-519
BPCO	491,496
Infarto miocardico acuto	410
Insufficienza cardiaca cronica	4280 4282 4289
Broncopneumopatie croniche ostruttive escluso asma	490-492, 494-496
M. respiratorie acute	460-466, 480-487
Asma	493
TUMORI maligni e benigni	140-239
Tumori maligni stomaco	151
Tumori maligni colon retto	153-154
Tumori maligni fegato	155
Tumori maligni laringe	161
Tumori maligni polmone	162
Sarcomi dei tessuti molli	171
Tumori maligni mammella	174
Tumori maligni prostata	185
Tumori maligni vescica e ns	188
Tumori snc e benigni	191-192,225
Tumori emolinfopoietici	200-208
Tumori maligni non Hodgkin	200,202
Mielomi	203
Leucemie	204-208

4. Risultati

Nell'area in studio il modello ha stimato una concentrazione media annuale di NOx di 45 $\mu\text{g} / \text{m}^3$ (anno: 2008). La Figura 2 mostra l'area interessata dalle emissioni dall'impianto di incenerimento e i livelli di concentrazione di NOx stimati dal modello di dispersione stazionaria. L'area di ricaduta comprende la parte sud di Vercelli, il comune di Asigliano Vercellese e un'ampia area rurale intermedia tra i due comuni.

Un totale di 72.918 individui sono stati arruolati nella coorte (51,5% femmine).

In Tabella 1 sono descritte le caratteristiche principali in relazione ai due gruppi di esposizione residenziale di NOx. Non si evidenziano differenze rilevanti tra esposti e non esposti per la distribuzione delle variabili: sesso, classi di età, area di nascita, tipologia di zona di residenza (rurale vs urbana). Per quanto riguarda la variabile "indice di deprivazione" si è evidenziata una percentuale più elevata di persone "molto deprivati" tra i non esposti e una maggiore percentuale di "non deprivati" tra gli esposti.

Tabella 1. Caratteristiche della coorte dei residenti nei Comuni di Vercelli e Asigliano Vercellese nel periodo 1997-2012 in relazione all'esposizione a NOx

	Esposti ($\geq 0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$)		Non esposti ($< 0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	N	%	N	%
Genere ^a				
Maschi	16,182	48.5	19,174	48.4
Femmine	17,165	51.4	20,397	51.5
Età ^a				
0-44	19,757	59.2	23,500	59.3
45-59	6,150	18.4	6,973	17.6
60-74	5,264	15.7	5,976	15.1
75+	2,176	6.5	3,122	7.8
Indice di deprivazione				
Molto ricco	5,900	17.6	6,515	16.4
Ricco	5,992	17.9	4,820	12.1
Medio	7,385	22.1	7,145	18.0
Deprivato	7,733	23.1	10,073	25.4
Molto deprivato	5,476	16.4	9,556	24.1
Area di nascita ^a				
Nord Ovest	21,292	63.8	24,835	62.7
Nord Est	1,677	5.0	2,157	5.4
Centro	542	1.6	643	1.6
Sud e Isole	5,200	15.5	5,672	14.3
Altro	4,636	13.9	6,264	15.8
NOx background ^a				
$< 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$	21,525	64.5	27,096	68.4
$\geq 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$	11,793	35.3	12,475	31.5
Area di residenza ^a				
Rurale	912	2.7	887	2.2
Urbana	32,012	96.0	38,310	96.8
Totale ^b	33,347	44.4	39,571	52.7
Persone-anno	364,207	44.51	417,688	51.0

^a categorie residuali omesse; ^b include valori mancanti

La tabella 2 mostra gli Hazard Ratio tra esposti e non esposti per la mortalità causa-specifica.

Dai dati emergono rischi mortalità significativamente più elevati nella popolazione esposta per tutte le cause, escluse le cause accidentali (HR = 1.2, 95% CI = 1.0-1,3). Per tutti i tumori maligni si evidenziano rischi più alti tra gli esposti rispetto ai non esposti; tali differenze sono significative in entrambi i sessi (HR = 1.6, 95% CI = 1,1-2,6). Anche per il tumore del colon-retto si evidenzia un risultato simile, con rischi significativamente più elevati in entrambi i sessi (HR = 5.9, 95% CI = 1,3-27). Anche per quanto riguarda i disturbi mentali si evidenziano rischi più elevati nelle donne e in entrambi i sessi (rischio aumentato dell'80% e più). Anche per nel caso dell'ipertensione (HR = 2.9, 95% CI = 1,2-7,1) e delle malattie ischemiche del cuore (IHD, HR = 1.9, 95% CI = 1,0-3,7) sono stati misurati rischi più elevati. Per le bronco pneumopatie cronico- ostruttive (BPCO) negli uomini vi è un rischio aumentato del 50%.

La tabella 3 riporta i risultati relativi alla morbilità per causa. Abbiamo utilizzato i dati di ricovero ospedaliero per calcolare l'incidenza di patologie correlate considerando solo il primo ricovero ospedaliero: i ricoveri successivi al primo per la stessa causa sono stati esclusi dall'analisi. Dall'analisi delle dimissioni ospedaliere emergono dei risultati che confermano molti dei rischi emersi dall'analisi dei dati di mortalità. Infatti emergono rischi aumentati per il tumore del colon-retto in entrambi i sessi e per gli uomini; si evidenziano rischi aumentati (aumento tra il 10% ed il 20%) di ricovero per disturbi mentali e ipertensione arteriosa tra gli uomini, tra le donne e per entrambi i sessi. Anche per le bronco pneumopatie cronico- ostruttive i rischi sono aumentati nello stesso modo tra le donne e per entrambi i sessi insieme.

Ci sono alcuni risultati che sono significativi solo nelle analisi di morbilità: rischio più alto di ricovero per diabete (tra le donne e per entrambi i generi) e per le malattie degenerative del sistema nervoso centrale tra gli uomini, le donne e per entrambi i generi (con il 10-20% di aumento del rischio). Rischi aumentati sono stati trovati anche per le patologie epatiche croniche e cirrosi in entrambi i generi insieme (HR = 1.3, 95% CI = 1,1-1,8).

Tabella 2. Mortalità nella coorte dei residenti nell'area di Vercelli e Asigliano Vercellese per genere e periodi di latenza

Causa (ICD-9)	Latenza(anni) ^a	Uomini				Donne				Totale			
		oss	HR ^b	95% CI		oss	HR ^b	95% CI		oss	HR ^b	95% CI	
Cause Naturali totali (000-799)	0	1843	0,99	0,9	1,08	1655	0,96	0,89	1,03	3498	0,97	0,91	1,04
	5	1221	1,07	0,96	1,19	1097	1,08	0,99	1,18	2318	1,07	0,98	1,17
	10	764	1,13	0,99	1,29	717	1,18	1,06	1,33	1481	1,16*	1,04	1,29
Tutti i tumori (140-208)	0	565	0,97	0,87	1,09	468	0,97	0,85	1,11	1033	0,97	0,88	1,08
	5	364	1,07	0,93	1,24	306	1,01	0,86	1,19	670	1,04	0,91	1,19
	10	32	1,78**	0,97	3,26	26	1,49	0,77	2,86	58	1,63*	1,05	2,55
T. stomaco (151)	0	27	0,87	0,52	1,45	16	0,73	0,38	1,39	43	0,81	0,54	1,22
	5	14	0,96	0,48	1,91	9	0,66	0,28	1,54	23	0,81	0,47	1,4
	10	2	nc	nc	nc	0	nc	nc	nc	2	1,01	0,1	10,57
T. colon-retto (153-154)	0	68	0,93	0,68	1,27	62	0,85	0,59	1,24	130	0,89	0,7	1,14
	5	45	1,09	0,73	1,61	42	1,1	0,67	1,79	87	1,09	0,79	1,5
	10	5	5,1	0,61	42,53	7	6,71**	0,76	59,03	12	5,9*	1,29	27,02
T. Fegato (155)	0	38	0,89	0,58	1,37	37	0,84	0,56	1,25	75	0,86	0,64	1,17
	5	29	1,19	0,69	2,05	22	0,75	0,45	1,25	51	0,93	0,64	1,36
	10	1	0,33	0,03	3,13	0	0	0	0	1	0,21	0,02	1,79
T. Pancreas (157)	0	27	nc	nc	nc	27	1,01	0,57	1,79	54	1,09	0,73	1,63
	5	19	1,28	0,62	2,66	21	1,38	0,7	2,75	40	1,34	0,81	2,22
	10	0	nc	nc	nc	0	nc	nc	nc	0	nc	nc	nc
T. Polmone (162)	0	191	1,04	0,85	1,28	57	1,32	0,87	2	248	1,09	0,86	1,38
	5	117	1,1	0,85	1,43	36	1,37	0,81	2,32	153	1,16	0,84	1,58
	10	11	nc	nc	nc	0	nc	nc	nc	11	2,77**	0,87	8,87
Sarcoma Tessuti molli (171)	0	3	0,75	0,19	2,95	0	nc	nc	nc	3	0,52	0,12	2,3
	5	3	1,53	0,31	7,51	0	nc	nc	nc	3	1,04	0,2	5,36
	10	1	nc	nc	nc	0	nc	nc	nc	1	nc	nc	Nc
T. Vescica (188)	0	14	1,07	0,5	2,31	10	nc	nc	nc	24	1,16	0,68	1,96
	5	10	0,88	0,38	2,07	6	nc	nc	nc	16	1,01	0,5	2,04
	10	3	2,95	0,17	50,84	0	nc	nc	nc	3	3,01	0,17	54,54
Linfoma Non-Hodgkin (200;202)	0	13	0,64	0,32	1,27	13	1,05	0,49	2,28	26	0,79	0,47	1,31
	5	8	0,62	0,27	1,44	8	2,65	0,72	9,73	16	1	0,51	1,96
	10	0	nc	Nc	nc	1	nc	nc	nc	1	0,95	0,06	15,32
Leucemie (204-208)	0	17	0,86	0,46	1,62	15	0,75	0,38	1,48	32	0,8	0,49	1,31
	5	7	0,7	0,27	1,81	7	0,41	0,17	1,01	14	0,52	0,27	1
	10	0	0,17	0,1	0,28	1	0,47	0,04	5,09	1	0,47	0,04	5,04
Diabete mellito (250)	0	30	0,87	0,55	1,36	64	1,29	0,88	1,9	94	1,12	0,83	1,52
	5	23	1,21	0,68	2,18	41	1,24	0,77	2,02	64	1,22	0,83	1,79
	10	2	1,94	0,18	21,32	6	3,33	0,65	16,98	8	2,79	0,72	10,75
Disturbi psichici (290-319)	0	22	1,63	0,91	2,9	44	1,78*	1,11	2,84	66	1,73*	1,2	2,5
	5	17	1,91**	0,95	3,82	35	2,15*	1,2	3,85	52	2,07*	1,32	3,24
	10	1	0,37	0,04	3,84	8	8,9*	1,08	73,2	9	2,5	0,73	8,52
Malattie degenerative del SNC (330-337)	0	44	1,51	0,97	2,35	63	1,02	0,74	1,39	107	1,17	0,9	1,5
	5	34	1,6	0,97	2,65	44	1,01	0,7	1,45	78	1,19	0,89	1,59
	10	4	1,43	0,32	6,45	8	1,73	0,54	5,55	12	1,61	0,64	4,04
Ipertensione (401)	0	56	1,24	0,84	1,83	86	1,2	0,88	1,64	142	1,21	0,95	1,55
	5	35	1,29	0,79	2,12	62	1,27	0,87	1,85	97	1,28	0,95	1,73
	10	6	2,12	0,5	9,01	13	3,56	1,14	11,08	19	2,93*	1,21	7,09
Infarto (410-414)	0	246	0,94	0,78	1,14	248	0,84	0,69	1,03	494	0,89	0,77	1,03
	5	169	1,23**	0,98	1,54	171	1,01	0,78	1,3	340	1,1	0,93	1,32
	10	16	2,39**	0,98	5,85	19	1,7	0,72	4,01	35	1,95*	1,04	3,66
infezioni	0	145	1,05	0,84	1,31	126	1,01	0,78	1,3	271	1,03	0,85	1,24

respiratorie Acute (460– 466)	5	97	1.16	0.9	1.52	76	0.97	0.71	1.32	173	1.06	0.85	1.34
	10	9	3.02**	0.82	11.15	12	1.19	0.51	2.81	21	1.56	0.77	3.15
BPCO (490–496)	0	69	1.27	0.94	1.7	48	1.06	0.73	1.53	117	1.16	0.89	1.5
	5	54	1.54*	1.13	2.12	28	0.83	0.51	1.36	82	1.18	0.87	1.61
	10	3	nc	nc	nc	5	1.14	0.36	3.63	8	1.72	0.56	5.3
Asma (493)	0	0	nc	nc	nc	2	0.63	0.1	3.9	2	nc	nc	nc
	5	0	nc	nc	nc	0	nc	nc	nc	0	nc	nc	nc
	10	0	nc	nc	nc	0	0.14	0.07	0.29	0	nc	nc	nc
Cirrosi e malattie epatiche croniche (571)	0	29	0.76	0.48	1.21	21	1.24	0.65	2.35	50	0.91	0.62	1.32
	5	18	0.96	0.52	1.77	11	1.01	0.44	2.3	29	0.99	0.6	1.63
	10	2	2.13	0.19	23.36	4	nc	nc	nc	6	6.29**	0.76	52.34
Anomalie Congenite (740–759)	0	1	nc	nc	nc	4	1.06	0.3	3.74	5	0.63	0.21	1.88
	5	1	0.27	0.03	2.23	4	1.46	0.37	5.79	5	0.78	0.26	2.37
	10	0	nc	nc	nc	1	nc	nc	nc	1	1.13	0.07	17.72

^aLatenza 0 corrisponde a 6 mesi; ^bHR aggiustati per età, periodo di calendario, residenza, urbano/rurale area di nascita, indice di deprivazione, e livelli background di NOx; * HR significativi al 95%;** HR significativi al 90%.

Table 3. Morbosità nella coorte dei residenti nell'area di Vercelli e Asigliano Vercellese per genere e periodi di latenza

Causa (ICD-9)	Latenza(anni) ^a	Uomini				Donne				Totale			
		oss	HR ^b	95% CI		oss	HR ^b	95% CI		oss	HR ^b	95% CI	
Tutti i tumori (140-208)	0	1497	1,02	0,95	1,1	1394	1,03	0,95	1,11	2891	1,02	0,96	1,09
	5	1035	0,98	0,91	1,07	996	1	0,92	1,1	2031	0,99	0,92	1,07
	10	582	1,07	0,95	1,19	558	1,05	0,94	1,18	1140	1,06	0,96	1,17
T. stomaco (151)	0	45	0,78	0,54	1,14	34	0,83	0,52	1,33	79	0,8	0,59	1,08
	5	30	0,73	0,48	1,12	22	0,75	0,43	1,32	52	0,74	0,52	1,05
	10	16	0,67	0,36	1,25	11	0,58	0,25	1,32	27	0,63	0,38	1,05
T. colon-retto (153-154)	0	198	1,16	0,94	1,42	189	1,04	0,84	1,27	387	1,09	0,94	1,27
	5	152	1,26*	1	1,58	135	1,04	0,83	1,32	287	1,15	0,97	1,36
	10	102	1,78*	1,32	2,4	72	1	0,74	1,34	174	1,35*	1,07	1,69
T. Fegato (155)	0	57	1,14	0,77	1,68	37	1,15	0,74	1,81	94	1,15	0,85	1,55
	5	39	1,11	0,72	1,7	24	1,08	0,65	1,79	63	1,1	0,79	1,55
	10	20	1,35	0,68	2,69	8	0,8	0,38	1,69	28	1,14	0,66	1,96
T. Pancreas (157)	0	34	1,08	0,66	1,77	42	1,35	0,84	2,18	76	1,21	0,86	1,72
	5	24	0,95	0,53	1,72	35	1,46	0,88	2,41	59	1,2	0,81	1,78
	10	18	1,28	0,69	2,38	22	1,9**	0,98	3,66	40	1,56**	0,98	2,49
T. Polmone (162)	0	250	1,02	0,85	1,21	70	0,98	0,7	1,36	320	1,01	0,83	1,22
	5	175	0,98	0,8	1,21	47	0,8	0,55	1,17	222	0,94	0,76	1,18
	10	97	0,99	0,75	1,3	22	0,66	0,4	1,1	119	0,91	0,66	1,24
Sarcoma Tessuti molli (171)	0	13	1,1	0,51	2,36	4	0,35	0,1	1,21	17	0,73	0,38	1,41
	5	10	1,12	0,5	2,47	3	0,32	0,08	1,27	13	0,72	0,36	1,46
	10	7	1,79	0,61	5,26	1	0,19	0,02	2,25	8	0,89	0,32	2,5
T. Vescica (188)	0	196	0,94	0,76	1,15	58	1,43	0,96	2,14	254	1,02	0,82	1,26
	5	125	0,79	0,62	1	39	1,26	0,82	1,95	164	0,87	0,68	1,11
	10	70	0,76	0,56	1,04	23	1,47	0,79	2,74	93	0,87	0,62	1,22
Linfoma Non-Hodgkin (200;202)	0	66	1,16	0,82	1,65	58	0,75	0,54	1,03	124	0,92	0,72	1,16
	5	50	1,21	0,82	1,79	41	0,68	0,47	0,98	91	0,89	0,68	1,16
	10	34	1,6**	0,97	2,64	26	0,7	0,44	1,13	60	1,03	0,73	1,45
Leucemie (204-208)	0	66	1,24	0,84	1,81	43	0,96	0,63	1,47	109	1,1	0,83	1,47
	5	40	1,12	0,72	1,74	28	0,89	0,55	1,45	68	1	0,72	1,39
	10	23	1,28	0,75	2,2	13	0,87	0,45	1,71	36	1,08	0,71	1,67
Diabete mellito (250)	0	737	1,09**	0,98	1,21	708	1,13*	1,01	1,26	1445	1,11*	1,02	1,2
	5	484	1,08	0,96	1,22	431	1,11**	0,98	1,26	915	1,1*	1	1,2
	10	223	1,09	0,92	1,28	168	1	0,82	1,22	391	1,05	0,92	1,21
Disturbi psichici (290-319)	0	504	1,17*	1,02	1,34	747	1,15*	1,03	1,28	1251	1,15*	1,06	1,26
	5	339	1,15**	0,99	1,34	505	1,09	0,96	1,24	844	1,11*	1,01	1,23
	10	174	1,29*	1,05	1,57	263	1,2*	1	1,43	453	1,23*	1,08	1,41
Malattie degenerative del SNC (330-337)	0	642	1,15*	1,02	1,29	565	1,09	0,97	1,22	1207	1,12*	1,03	1,22
	5	485	1,14*	1	1,3	444	1,14*	1	1,29	929	1,14*	1,03	1,25
	10	251	1,07	0,9	1,27	262	1,06	0,9	1,24	513	1,06	0,94	1,2
Ipertensione (401)	0	1505	1,1*	1,03	1,19	1636	1,09*	1,01	1,18	3141	1,1*	1,04	1,16
	5	1040	1,1*	1,01	1,19	1081	1,07	0,98	1,17	2121	1,09*	1,02	1,16
	10	595	1,29*	1,15	1,45	569	1,16*	1,02	1,32	1164	1,23*	1,12	1,34
Infarto (410-414)	0	1107	0,96	0,88	1,05	661	1,01	0,91	1,13	1768	0,98	0,9	1,08
	5	727	0,93	0,84	1,03	414	0,96	0,85	1,09	1141	0,95	0,85	1,05
	10	374	0,94	0,82	1,09	208	0,99	0,83	1,19	582	0,96	0,83	1,12
infezioni respiratorie Acute (460-466)	0	255	1	0,77	1,29	262	1,08	0,86	1,36	517	1,04	0,87	1,23
	5	69	0,51	0,35	0,73	82	0,57	0,41	0,78	151	0,54	0,42	0,68
	10	23	0,43	0,24	0,75	34	0,57	0,34	0,95	57	0,5	0,34	0,73
BPCO (490-	0	786	1,06	0,96	1,18	468	1,23*	1,08	1,4	1254	1,12*	1,01	1,24

496)	5	482	1,01	0,9	1,14	276	1,09	0,93	1,28	758	1,04	0,92	1,18
	10	257	1,1	0,92	1,33	170	1,17	0,94	1,47	427	1,13	0,95	1,34
Asma (493)	0	104	1,07	0,79	1,45	106	1,34**	0,97	1,85	210	1,19	0,94	1,5
	5	38	0,74	0,48	1,14	54	0,99	0,67	1,45	92	0,86	0,64	1,15
	10	16	0,84	0,39	1,81	25	1,05	0,62	1,76	41	0,96	0,61	1,5
Cirrosi e malattie epatiche croniche (571)	0	301	1,09	0,93	1,28	164	1,04	0,83	1,3	465	1,07	0,93	1,23
	5	147	0,98	0,81	1,2	88	0,97	0,73	1,28	235	0,98	0,83	1,15
	10	73	1,37**	0,98	1,91	48	1,42**	0,95	2,13	121	1,39*	1,07	1,81
Anomalie Congenite (740–759)	0	282	0,98	0,78	1,24	284	1,16	0,95	1,42	566	1,06	0,91	1,24
	5	128	0,65	0,5	0,86	146	0,89	0,69	1,15	274	0,76	0,63	0,92
	10	63	0,69	0,49	0,97	72	0,88	0,62	1,24	135	0,78	0,61	1

^a Latenza 0 corrisponde a 6 mesi; ^b HR aggiustati per età, periodo di calendario, residenza, urbano/rurale area di nascita, indice di deprivazione, e livelli background di NOx; * HR significativi al 95%; ** HR significativi al 90%.

5. Discussione

Questo studio ha stimato i rischi di mortalità e morbilità per le persone che vivono in prossimità di un inceneritore di rifiuti urbani con disegno di coorte individuale. Su questo tema sono stati pubblicati alcuni studi epidemiologici ed una revisione di studi che riportano risultati e conclusioni non sempre concordanti.^{1,11,17,18}

Il nostro studio si basa su una coorte di soggetti residenti in due aree definite come area di esposizione ed area di non esposizione, approccio piuttosto raro in letteratura per questa esposizione. Abbiamo utilizzato dei dati di incidenza (di mortalità e ricovero) per calcolare il rischio relativo di essere esposti o meno nella zona di ricaduta dell'inceneritore di Vercelli. Nonostante si differenzi dagli altri disegni di studio basati su approcci descrittivi,¹⁹ soffre tuttavia della mancanza di disponibilità di alcuni confondenti utili per un controllo ottimale dell'esposizione.

Per quanto riguarda eventuali disomogeneità nella distribuzione dei soggetti tra i due gruppi: esposti e non esposti, le differenze relative all'indice di deprivazione non sembrano influenzare le stime di rischio, in quanto i soggetti più deprivati sono maggiormente rappresentati tra i non esposti.

E' importante sottolineare che l'area geografica presenta un'elevata complessità ambientale, sia a causa dell'inquinamento atmosferico (la Pianura Padana mostra i più alti valori di inquinamento atmosferico in Italia e uno dei più alti in Europa) i saper la presenza di altri siti di inquinamento industriale, sia per la presenza di aree agricole (con correlato uso di pesticidi).

L'approccio di coorte, la disponibilità di dati delle anagrafi storiche dei residenti, il geo-riferimento dei soggetti e l'utilizzo di modelli di dispersione per stimare la concentrazione di NOx al suolo, ha consentito tuttavia di superare alcune delle limitazioni presenti nei precedenti studi epidemiologici basati su approcci geografico descrittivi.

Un ulteriore punto di forza di questo studio è stata la possibilità di tener conto di alcuni potenziali confondenti nella stima dell'associazione tra esposizione alle emissioni dell'impianto e condizioni di salute dei residenti. I fattori di confondimento considerati sono: i periodi di calendario relativi al follow-up, l'area di nascita, lo stato civile, la tipologia dell'area residenziale (urbano Vs rurale), l'indice di deprivazione censuario ed i livelli di NOx di fondo.

Con l'eccezione dei livelli di NOx di fondo e dell'indice di deprivazione (risultati non significativi) , tutte queste variabili sono state inserite nel modello multivariato utilizzato. Un punto di forza di questo studio è stata la possibilità di seguire il cambiamento di residenza dei soggetti che compongono la coorte. Questo ha permesso di produrre stime più affidabili.

Uno limite dello studio è stata la mancanza di valutazione del contributo delle altre fonti di emissioni della zona: impianti industriali e vicinanza a strade e autostrade (non erano disponibili informazioni attendibili su queste fonti, in particolare per il traffico stradale).

Un altro limite metodologico di questo studio è la mancanza di dati individuali sui potenziali fattori di confondimento quali le condizioni socio-economiche, l'esposizione professionale, e lo stile di vita dei soggetti (abitudine al fumo, consumo di alcol). I dati sullo stato socio-economico, disponibili a livello aggregato (sezione di censimento), come gli indici di deprivazione, hanno permesso di controllare indirettamente per alcuni di questi fattori, in particolare in relazione agli outcome tumorali (ad esempio abitudine al fumo ed esposizione professionale sono strettamente legate alle condizioni socio-economiche) . Tuttavia, si deve notare che i soggetti della nostra coorte risiedono nella stessa zona limitata e si può presumere che le differenze di abitudini di vita non siano così rilevanti.

È stata invece inserita nel modello finale di analisi un indicatore proxy di esposizione a pesticidi utilizzati in agricoltura (derivato da un indicatore urbano vs rurale a livello di sezione censuaria): a seconda della tipologia di residenza sono stati valutati probabili differenti livelli di esposizione a pesticidi.

In questo studio l'esposizione principale è stata definita come dovuta all'inquinamento prodotto dall'impianto di incenerimento, ma è necessario tenere presente che molti microinquinanti da altre fonti hanno un'elevata persistenza con accumulo nell'ambiente e richiedono un lungo periodo per la completa degradazione.²⁰⁻²³ Occorre infatti ricordare che l'esposizione può verificarsi non solo per inalazione, ma anche indirettamente, per ingestione di acqua e / o di alimenti che sono stati precedentemente contaminati.^{24,25}

Prendere in considerazione le abitudini alimentari dei soggetti della coorte (il consumo di prodotti locali, il consumo di acqua da pozzi comuni, etc.) potrebbe dare un notevole contributo alle analisi, anche se il lavoro da fare per ottenere tale informazione supera i tempi e le risorse disponibili. Queste considerazioni si basano principalmente su studi effettuati dall'Organizzazione Mondiale della Sanità e da Agenzie per la protezione dell'ambiente, che hanno sviluppato metodi ad hoc per valutare gli effetti sulla salute diretti e indiretti connessi con impianti di incenerimento dei rifiuti ed altre fonti ambientali di inquinamento.²⁶

Se consideriamo un intervallo di confidenza meno conservativo (al 90%), emergono, nella popolazione esposta, rischi più alti di mortalità per la mortalità naturale totale (cioè escluse le cause accidentali). Questi risultati sono in linea con un recente studio di coorte italiano.¹⁷

Tra i principali risultati sulle cause tumorali, è presente tra gli esposti un maggiore rischio di mortalità per tutti i tumori maligni e per il tumore del colon-retto. Risultati simili sono riportati in revisioni e studi precedenti,^{11,17,18} , in linea con alcuni risultati riportati nello studio descrittivo di Elliott.¹⁹ I nostri risultati mostrano anche un andamento in funzione del numero di anni di latenza tra esposizione ed outcome, soprattutto nei maschi.

Sono anche stati osservati rischi più elevati, con un intervallo di confidenza più ampio (CI 90%), di mortalità per tumore al polmone e per linfoma non-Hodgkin (morbilità nei maschi), in linea con i risultati riportati da revisioni precedenti.^{11,18}

Per quanto riguarda le cause non tumorali, il nostro studio ha mostrato un aumento significativo della mortalità per patologie cardio-vascolari e per ipertensione in entrambi i sessi, per la BPCO nei maschi e per i disturbi mentali nelle donne e nei generi insieme. I rischi per l'ipertensione, BPCO e disturbi mentali sono confermate dai dati di ricovero (morbilità). Tutti questi risultati possono essere correlati all'esposizione dovute alle emissioni di un impianto di incenerimento.^{11,18,27}

I risultati mostrano anche un rischio più elevato per i disturbi mentali, sia nei risultati di mortalità e di ricovero, sia nei maschi che nelle femmine ed in entrambi i generi, con un trend in aumento correlato alla latenza. Ciò solleva alcune domande circa la potenziale correlazione con altri fattori di rischio come i pesticidi.

La maggior parte dell'area in studio (vedi figura 1) è infatti caratterizzata da attività agricola intensiva, (coltivazioni di riso e mais), con l'eccezione della zona sud della città di Vercelli e del centro del comune di Asigliano.

Esistono alcuni studi epidemiologici che mettono in correlazione l'esposizione ai pesticidi con un aumento del rischio di disturbi psichiatrici e di suicidio. Questi studi, tuttavia, presentano diverse carenze metodologiche ed i risultati non sono molto consistenti. Una revisione di Freire²⁸ suggerisce che, se esiste una associazione tra esposizione a pesticidi e rischio di depressione o di suicidio, tale rischio non dovrebbe essere superiore a 3,0 (tre volte più alto).

Il nostro studio ha evidenziato un rischio significativo di depressione nelle donne e nella popolazione totale (1,6 IC 95%: 1,0-2,6; 1,5 IC 95%: 1,0-2,3), in linea con le conclusioni della revisione di Freire e di altri studi.^{28, 29} Anche rischi significativi di diabete correlati ad esposizione a pesticidi sono stati riportati in altri studi.³⁰ Infine, abbiamo osservato rischi significativamente più elevati per il tumore del pancreas nelle donne e in entrambi i sessi (IC 90%), come riportato anche dalla revisione di Bassil.³¹

6. Conclusioni

In conclusione, vivere in vicinanza di un inceneritore di rifiuti urbani (in particolare un impianto di vecchia generazione come quello di Vercelli) è risultato associato ad un aumento del rischio di mortalità e di morbilità per tutti i tumori maligni, per i tumori colon-rettali, per il tumore del polmone, per il linfoma non-Hodgkin (tra gli uomini), per le malattie ischemiche cardiache, per l'ipertensione

ed i disturbi respiratori cronico ostruttivi. L'area in studio è critica da un punto di vista ambientale, e i risultati soffrono di una povera caratterizzazione dell'esposizione occupazionale e di informazioni sui fattori di rischio individuali dei soggetti della coorte.

In particolare, lo studio suggerisce ulteriori approfondimenti per valutare il ruolo dei pesticidi in agricoltura sulla popolazione generale e quella esposta occupazionalmente .

7. Bibliografia

1. Porta D, Milani S, Lazzarino AI, Perucci CA, Forastiere F. Systematic review of epidemiological studies on health effects associated with management of solid waste. *Environ Health*. 2009;8:60.
2. Tango T, Fujita T, Tanihata T, Minowa M, Doi Y, Kato N, Kunikane S, Uchiyama I, Tanaka M, Uehata T. Risk of adverse reproductive outcomes associated with proximity to municipal solid waste incinerators with high dioxin emission levels in Japan. *J Epidemiol*. 2004;14:83-93.
3. Vinceti M, Malagoli C, Teggi S, Fabbi S, Goldoni C, De Girolamo G, Ferrari P, Astolfi G, Rivieri F, Bergomi M. Adverse pregnancy outcomes in a population exposed to the emissions of a municipal waste incinerator. *Sci Total Environ*. 2008;407:116-21.
4. Dummer TJ, Dickinson HO, Parker L. Adverse pregnancy outcomes around incinerators and crematoriums in Cumbria, north west England, 1956-93. *J Epidemiol Community Health*. 2003;57:456-61.
5. Lin CH, Li CY, Mao IF. Birth outcomes of infants born in areas with elevated ambient exposure to incinerators generated PCDD/F. *Environ Int*. 2006;32:624-629.
6. Floret N, Mauny F, Challier B, Arveux P, Cahn JY, Viel JF. Dioxin emissions from a solid waste incinerator and risk of non-Hodgkin lymphoma. *Epidemiology*. 2003;14:392-8.
7. Viel JF, Arveux P, Baverel J, Cahn JY. Soft-tissue sarcoma and non-Hodgkin's lymphoma clusters around a municipal solid waste incinerator with high dioxin emission levels. *Am J Epidemiol*. 2000;152:13-9.
8. Viel JF, Daniau C, Gorla S, Fabre P, de Crouy-Chanel P, Sauleau EA, Empereur-Bissonnet P. Risk for non Hodgkin's lymphoma in the vicinity of French municipal solid waste incinerators. *Environ Health*. 2008;7:51.
9. Comba P, Ascoli V, Belli S, Benedetti M, Gatti L, Ricci P, Tieghi A. Risk of soft tissue sarcomas and residence in the neighbourhood of an incinerator of industrial wastes. *Occup Environ Med*. 2003;60:680-3.
10. Comba P, Fazzo L, Berrino F. Soft tissue sarcomas in Mantua: epidemiological evidence and perspectives for environmental remediation. *Epidemiol Prev* 2004, 28:266-71.
11. Zambon P, Ricci P, Bovo E, Casula A, Gattolin M, Fiore AR, Chiosi F, Guzzinati S. Sarcoma risk and dioxin emissions from incinerators and industrial plants: a population-based case-control study (Italy). *Environ Health*. 2007;16:6-19.
12. Tessari R, Canova C, Canal F, Lafisca S, Inio A, Murer B, Stracca V, Tollot M, Simonato L. Environmental pollution from dioxins and soft tissue sarcomas in the population of Venice and Mestre: an example of the use of current electronic information sources. *Epidemiol Prev* 2006, 30:191-8.

13. Tuomisto JT, Pekkanen J, Kiviranta H, Tukiainen E, Vartiainen T, Tuomisto J: Soft-tissue sarcoma and dioxin: A case-control study. *Int J Cancer* 2004, 108:893-900.
14. Cordier S, Lehébel A, Amar E, Anzivino-Viricel L, Hours M, Monfort C, Chevrier C, Chiron M, Robert Gnansia E. Maternal residence near municipal waste incinerators and the risk of urinary tract birth defects. *Occup Environ Med.* 2010;67:493-499.
15. Biggeri A, Barbone F, Lagazio C, Bovenzi M, Stanta G: Air pollution and lung cancer in Trieste, Italy: spatial analysis of risk as a function of distance from sources. *Environ Health Perspect* 1996, 104:750-754.
16. Parodi S, Baldi R, Benco C, Franchini M, Garrone E, Vercelli M, Pensa F, Puntoni R, Fontana V. Lung cancer mortality in a district of La Spezia (Italy) exposed to air pollution from industrial plants. *Tumori* 2004, 90:181-185.
17. Ranzi A, Fano V, Erspamer L, Lauriola P, Perucci C, Forastiere F. Mortality and morbidity among people living close to incinerators: a cohort study based on dispersion modeling for exposure assessment. *Environ Health.* 2011;10:22.
18. Mattiello A, Chiodini P, Bianco E, Forgione N, Flammia I, Gallo C, Pizzuti R, Panico S. Health effects associated with the disposal of solid waste in landfills and incinerators in populations living in surrounding areas: a systematic review. *Int J Public Health.* 2013;58(5):725-35.
19. Elliott P, Eaton N, Shaddick G, Carter R: Cancer incidence near municipal solid waste incinerators in Great Britain. Part 2: histopathological and case-note review of primary liver cancer cases. *Br J Cancer.* 2000;82:1103-1106.
20. Chen HL, Su HJ, Liao PC, Chen CH, Lee CC. Serum PCDD/F concentration distribution in residents living in the vicinity of an incinerator and its association with predicted ambient dioxin exposure. *Chemosphere.* 2004;54(10):1421-9.
21. Llobet JM, Domingo JL, Bocio A, Casas C, Teixidó A, Müller L. Human exposure to dioxins through the diet in Catalonia, Spain: carcinogenic and non-carcinogenic risk. *Chemosphere.* 2003; 50(9):1193-200.
22. Linares V, Perellò G, NadalM, Gòmez-Catalàn J, Llobet JM, Domingo JL. Environmental versus dietary exposure to POPs and metals: a probabilistic assessment of human health risks. *J Environ Monit.* 2010;12(3): 681-8.
23. United States Environmental Protection Agency (EPA). Human health risk assessment protocol for hazardous waste combustion facilities. Report No. EPA530-R-05-006. Washington DC: EPA Office of Solid Waste; 2005.
24. Lippmann M (ed). Environmental toxicants: human exposures and their health effects. 3rd edition. Hoboken (New Jersey): JohnWiley and Sons; 2009.
25. United States Environmental Protection Agency (EPA). U.S. EPA response to comments on the human health risk assessment protocol for hazardous waste combustion facilities. Report No. EPA530-R-05-020. Washington DC: EPA Solid Waste and Emergency Response; 2005.
26. Global Environment Monitoring System. Food Contamination Monitoring and Assessment Programme (GEMS/Food). World Health Organization. 2006. http://www.who.int/nutrition/landscape_analysis/nlis_gem_food/en/.

27. Golini MN1, Ancona C, Badaloni C, Bolignano A, Bucci S, Sozzi R, Davoli M, Forastiere F. Morbidity in a population living close to urban waste incinerator plants in Lazio Region (Central Italy): a retrospective cohort study using a before-after design. *Epidemiol Prev.* 2014;38(5):323-334.
28. Freire C, Koifman S, Pesticides, depression and suicide: A systematic review of the epidemiological evidence. *International Journal of Hygiene and Environmental Health.* 2013;216: 445– 460.
29. Meyer A, Koifman S, Koifman RJ, Costa Moreira J, Chrisman J, Abreu-Villaça J. Mood disorders hospitalizations, suicide attempts, and suicide mortality among agricultural workers and residents in an area with intensive use of pesticides in brazil. *Journal of Toxicology and Environmental Health.* 2010;73:866–877.
30. Al-Othman A, Yakout S, Abd-Alrahman SH, Al-Daghri NM. Strong Associations Between the Pesticide Hexachlorocyclohexane and Type 2 Diabetes in Saudi Adults. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2014;11:8984-8995.
31. Bassil KL, Vakil C, Sanborn M, Cole DC, Kaur JS, Kerr KJ. Cancer health effects of pesticides. *Can Fam Physician.* 2007;53:1704-1711.